



DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK E MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE DESGASTE PARA DISPOSITIVO DE CORTE DE CABO NO SETOR AU

MATILDE MAGALHÃES GOMES DA COSTA TOJAL

novembro de 2020

**DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE
SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK E MELHORIA DAS
CONDIÇÕES DE DESGASTE PARA DISPOSITIVO DE CORTE
DE CABO NO SETOR AUTOMÓVEL**

Matilde Magalhães Gomes da Costa Tojal
1121394

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Materiais e Tecnologias de Fabrico



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK E MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE DESGASTE PARA DISPOSITIVO DE CORTE DE CABO NO SETOR AUTOMÓVEL

Matilde Magalhães Gomes da Costa Tojal
1121394

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 Professor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Professor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho.

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Materiais e Tecnologias de Fabrico



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira
Professor Adjunto, ISEP

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, ISEP

Coorientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor Adjunto, ISEP

Arguente

Doutor Milton Borsato
Full Professor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Curitiba

PALAVRAS CHAVE

Indústria Automóvel; Manutenção; Peças de Desgaste; Redução de Consumos de Peças de Desgaste; Ações de Melhoria; Redução de custos; Melhoria de Condições de Trabalho; Injeção de Zamak; Corte de Cabo.

RESUMO

A indústria automóvel sempre foi caracterizada por se manter na vanguarda do desenvolvimento de sistemas produtivos. Estes são definidos pela necessidade de suportar cadências de produção elevadas e constantes otimizações ao processo de fabrico. Visando a preservação da competitividade no mercado atual, deverão ser mitigados quaisquer fatores perturbadores da produção. É então responsabilidade da manutenção o controlo, conservação e reparação destes sistemas.

O âmbito da presente dissertação foi apresentado pela empresa Fico Cables - Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda, do grupo Ficoso Internacional S.A.. Foi definido como objetivo a redução do consumo das peças de desgaste que apresentassem o maior número de requisições. Adicionalmente, deverão ser implementadas ações de melhoria que impulsionem a redução do custo de aquisição e das condições gerais de trabalho, elevando a qualidade do processo produtivo.

Posto isto, foi efetuado um estudo consolidando os dados obtidos, através do *software*, e a recolha de informação por intervenção e observação. Isto teve como objetivo efetuar a definição e caracterização técnica de todos os problemas que impulsionavam o consumo excessivo das peças de desgaste selecionadas. Foi desenvolvido o planeamento e efetuada a implementação bem como a consequente validação das ações de melhoria projetadas, com o intuito de mitigar todos os problemas encontrados. Os equipamentos em análise foram as MIZ (Máquina de Injeção de Zamak) e as LMEJ (Linha de Montagem de Elevadores de Janela), mais propriamente um de cada um dos seus subsistemas, o Subconjunto de Injeção de Zamak e o Dispositivo de Corte de Cabo. Estes são caracterizados pela injeção de terminais de Zamak na ponta de cabos e o corte mecânico de cabos de aço, respetivamente.

Em suma, ambos os sistemas produtivos em estudo apresentaram resultados altamente positivos quer a nível financeiro quer a nível de qualidade do processo, disponibilidade dos equipamentos e de desenvolvimento produtivo.

KEYWORDS

Automotive Industry; Maintenance; Spare Parts; Spare Part Consumption Reduction; Improvement Upgrading Actions; Cost reduction; Improvement of Working Conditions; Zamak Injection; Cable Cutting.

ABSTRACT

The automotive industry has always been characterized for being positioned in the forefront of the development of productive systems. These are defined by the need of sustaining high production cadency and constant optimizations of the manufacturing process. Aiming for the preservation of competitiveness within the current market, any disturbing factors of production must be appeased. Thus, maintenance is the activity to which the responsibility of control, preservation, and repair of said systems was attributed to.

The subject of the present dissertation was presented by the company FicoCables – Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda of the group Ficosa International S.A.. The goal was defined as the consumption reduction of the spare parts which presented the highest number of requests. Additionally, there must be implemented improvement actions that propel the reduction of the acquisition cost and the general conditions of work consequently raising the quality of the productive process.

Therefore, a study was made consolidating the obtained data through software and the gathering of information by intervention and observation. The goal was to perform the definition and technical characterization of the problems that propelled the excessive consumption of the selected spare parts. A plan was developed, the implementation was executed, and the consequent validation of actions were projected, with the aim for the mitigation of all the problems found. The equipments in analysis were the MIZ (Máquinas de Injeção de Zamak) and the LMEJ (Linha de Montagem de Elevadores de Janela), more precisely one of each of their subsystems, the Zamak Injection, and the Subset of Cable Cutting Device. These are characterized by the Zamak injection on cable end and the mechanical cutting of cable, respectively.

In conclusion, both productive systems in study presented highly positive results regarding the levels of process quality, equipment availability, financially and the productive development.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

<Termo>	<Designação>
ACEA	<i>Association des Constructeurs Européens d'Automobiles</i>
BIZ	Bico de Injeção de Zamak
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i>
CLCC	Contra Lâmina de Corte de Cabo
CMS	<i>Content Management System</i>
CPS	<i>Cyber-Physical System</i>
DCC	Dispositivo de Corte de Cabo
DEP	Departamento de Engenharia de Processos
DIM	Departamento Técnico Injeção/Moldes
DM	Departamento de Manutenção
DP	Departamento de Produção
DPC	Dispositivos de Preparação de Cabo
EDS	<i>Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ETD	<i>Electron-Transfer Dissociation</i>
FR01	Fornecedor 1
FR02	Fornecedor 2
FR03	Fornecedor 3
FR04	Fornecedor 4
GDP	<i>Gross Domestic Product</i>
GICS®	<i>Global Industry Classification Standard</i>
LCC	Lâmina de Corte de Cabo
LMEJ	Linha de Montagem Elevadores de Janela
MIZ	Máquina de Injeção de Zamak
MR	Mecanismo de Rotação
MSCI	<i>Morgan Stanley Capital International</i>
MT01	Material 1
MT02	Material 2
MT03	Material 3
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTF	<i>Mean Time to Failure</i>
MTRR	<i>Mean Time To Repair</i>
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
OICA	<i>Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles</i>
OT	Ordem de Trabalho
PIZ	Ponteira de Injeção de Zamak
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
R&D	<i>Research and Development</i>
S&P	<i>Standard&Poor's</i>
SAR	Sistema de Acionamento da Rotação
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TT01	Empresa de Tratamento Térmico 1
TT02	Empresa de Tratamento Térmico 2

<Termo>	<Designação>
UAP	Unidade Autónoma de Produção
UE	União Europeia
ZE	Zona de Encosto

Lista de Unidades

<Termo>	<Designação>
%	Percentagem
% v/v	Percentagem de concentração em volume-volume
€	Euro
°C	Grau Celsius
bar	Bar
HRC	Dureza <i>Rockwell C</i>
ml	Mililitro
mm	Milímetro
rpm	Rotações Por Minuto

Lista de Símbolos

<Termo>	<Designação>
NOK	Componente Não Conforme
OK	Componente Conforme

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESTRUTURA GICS [2]	7
FIGURA 2 - SETORES QUE CONSTITUEM A ECONOMIA GLOBAL [2]	7
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL NO SETOR <i>CONSUMER DISCRETIONARY</i> [4]	8
FIGURA 4 - S&P GLOBAL 1200 VALORIZAÇÃO DO MERCADO DE AÇÕES GLOBAL PARA OS DIFERENTES SETORES GICS [7]	10
FIGURA 5 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS LIGEIROS DE PASSAGEIROS 2000-2018 [9]	10
FIGURA 6 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE VEÍCULOS DE PASSAGEIROS POR REGIÃO [8] [10]	11
FIGURA 7 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE VEÍCULOS COMERCIAIS POR REGIÃO [8] [10]	11
FIGURA 8 - AUMENTO PERCENTUAL DE R&D POR % DE GDP MUNDIAL	13
FIGURA 9 - VALOR TOTAL DESPENDIDO COM R&D EM DÓLARES AMERICANOS NAS QUATRO PRINCIPAIS REGIÕES	13
FIGURA 10 - MODOS DE FALHA CARACTERIZADOS POR NOWLAN E HEAN [15]	14
FIGURA 11 - NORMAS PUBLICADAS E RESPECTIVAS DEFINIÇÕES RELATIVAS À MANUTENÇÃO - CEN/TC 319 [17]	15
FIGURA 12 - OBJETIVO E RESPONSABILIDADES DA MANUTENÇÃO - EXEMPLO DE MODELO DE GESTÃO [25]	16
FIGURA 13 - FLUXO DE RECEITAS DE UMA INDÚSTRIA PRODUTIVA AO LONGO DO SEU CICLO DE VIDA [22]	18
FIGURA 14 - OS OITO PILARES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO TPM [36]	20
FIGURA 15 - INSTALAÇÕES DA FICO CABLES EM VERMOIM, MAIA [60]	27
FIGURA 16 - EXEMPLOS DE SISTEMAS DE CONFORTO E SISTEMAS DE CABOS PRODUZIDOS PELA FICO CABLES [62]	28
FIGURA 17 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO NA FICO CABLES	29
FIGURA 18 - ANÁLISE SWOT DO DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO	30
FIGURA 19 - DIAGRAMA DE PARETO DA TABELA CLASSIFICATIVA POR RELEVÂNCIA QUANTITATIVA DE REQUISIÇÕES DE PEÇAS DE DESGASTE DE JANEIRO A OUTUBRO DO ANO DE 2019	31
FIGURA 20 -DIAGRAMA DE PARETO DO CUSTO DE AQUISIÇÃO DOS COMPONENTES DA TABELA CLASSIFICATIVA POR RELEVÂNCIA QUANTITATIVA DE REQUISIÇÕES DE PEÇAS DE DESGASTE DE JANEIRO A OUTUBRO DO ANO DE 2019	32
FIGURA 21 - REQUISIÇÕES DE BICOS DE INJEÇÃO PARA OS PRIMEIROS MESES DO ANO DE 2019	33
FIGURA 22 - REQUISIÇÕES EM ARMAZÉM DE LÂMINAS DE CORTE DE CABO RELATIVAS ÀS LMEJ PARA OS PRIMEIROS MESES DO ANO DE 2019	33
FIGURA 23 - EXEMPLO DE TERMINAIS DE ZAMAK INJETADOS EM CABO	34
FIGURA 24 - PROCESSO PRÉ INJEÇÃO CABO REVESTIDO	34
FIGURA 25 - PROCESSO PRÉ INJEÇÃO DE CABO DE APARAR	35
FIGURA 26 - PROCESSO PRÉ INJEÇÃO - PORMENOR DA FLOR	35
FIGURA 27 - PRINCIPAIS SISTEMAS DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA MIZ	36
FIGURA 28 – ESTAÇÃO DE TRABALHO DE UMA MIZ	37

FIGURA 29 - DIAGRAMA DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DOS CONJUNTOS DO SISTEMA DE INJEÇÃO DE UMA MIZ	37
FIGURA 30 – COMPONENTES DO SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO - BICO E PONTEIRA DE INJEÇÃO	38
FIGURA 31 - PAINEL (A) E Sonda (B) DE MONITORIZAÇÃO DE TEMPERATURA	38
FIGURA 32 – SUPORTE DE BOMBA E BOMBA COM PONTEIRA DE INJEÇÃO AJUSTADA (A), SUA FURAÇÃO PARA ADMISSÃO DE ZAMAK (B) E ÊMBOLO (C) RESPONSÁVEL PELA INJEÇÃO	39
FIGURA 33 - LOCALIZAÇÃO DE COMPONENTES DO SISTEMA DE INJEÇÃO EM MÁQUINA	39
FIGURA 34 – COMPONENTES DO CONJUNTO DA RESISTÊNCIA	40
FIGURA 35 – SEQUÊNCIA DE ACOPLAMENTO DO CONJUNTO DA RESISTÊNCIA NO BICO DE INJEÇÃO DE ZAMAK	40
FIGURA 36 - ELEMENTOS DE UMA MIZ MONTADOS NA BASE DE SUPORTE	41
FIGURA 37 - EXEMPLO DE MOLDE PARA TERMINAL DE INJEÇÃO DE ZAMAK	41
FIGURA 38 - PRINCIPAIS CONSTITUINTES DE UMA ESTRUTURA DE UMA MIZ	42
FIGURA 39 - ELEMENTOS DO SISTEMA DE EXTRAÇÃO E LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA	43
FIGURA 40 - AJUSTAMENTO DO ELEVADOR DO PORTA EXTRATORES E DA PLACA INFERIOR DA ESTRUTURA NA BASE DA ESTRUTURA	43
FIGURA 41 – LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ENCOSTO NUMA MIZ	44
FIGURA 42 - PRINCIPAIS CONSTITUINTES DO MECANISMO DE ROTAÇÃO	44
FIGURA 43 - PRINCIPAIS CONSTITUINTES DO SISTEMA DE ACIONAMENTO DA ROTAÇÃO	45
FIGURA 44 - ELEMENTOS CONSTITUINTES DO SISTEMA DE ENCOSTO (MR E SAR) E A BASE DE SUPORTE (BS)	46
FIGURA 45 - SEQUÊNCIA DE MOVIMENTO ROTATIVO DO SISTEMA DE ENCOSTO	46
FIGURA 46 - PARAFUSOS DA 2ª FASE DA AFINAÇÃO DO SISTEMA DE ENCOSTO	47
FIGURA 47 - OBTENÇÃO DA CONCENTRICIDADE DA ESTRUTURA E BIZ [64]	47
FIGURA 48 - CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS PARA A AFINAÇÃO 1	48
FIGURA 49 - CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS PARA A AFINAÇÃO 2	48
FIGURA 50 - PROCESSO PRODUTIVO DE UMA MIZ	49
FIGURA 51 - DIFERENTES MODOS DE FALHA PARA OS COMPONENTES DO SISTEMA DE INJEÇÃO	51
FIGURA 52 – MECANISMO DE ROTAÇÃO DE UMA MIZ DESDOBRADO	52
FIGURA 53 – FERRAMENTAS PARA PROCESSO DE INTERVENÇÃO DE REMOÇÃO DA RESISTÊNCIA (A) E BICO DE INJEÇÃO (B) E A MASSA UTILIZADA PARA LIGAÇÕES ROSCADAS (C)	53
FIGURA 54 - CALIBRE DE VALIDAÇÃO DE BOMBA APÓS RETIFICAÇÃO EXTERNA	54
FIGURA 55 - EXEMPLO DE CONJUNTO DO SISTEMA DE CABO PARA ELEVADORES DE JANELA (A) E SUBCONJUNTOS UTILIZADOS PARA O FABRICO DESTES COMPONENTES (B)	55
FIGURA 56 - EXEMPLO DE LINHA DE MONTAGEM DE CONJUNTOS PARA SISTEMAS DE ELEVADORES DE JANELA	56
FIGURA 57 - ESTAÇÃO 1 DE LINHA DE MONTAGEM DE CONJUNTOS PARA SISTEMA DE ELEVADORES DE JANELA	56
FIGURA 58 - ESTAÇÃO 3 DE LINHA DE MONTAGEM DE CONJUNTO PARA SISTEMAS DE ELEVADORES DE JANELA	57
FIGURA 59 - ETAPAS PARA CORTE DE CABO MECÂNICO	57
FIGURA 60 – CONTRA LÂMINA DE CORTE DE CABO (A) E LÂMINA DE CORTE DE CABO (B) E (C)	58

FIGURA 61 - COMPONENTES PRINCIPAIS DO DISPOSITIVO DE CORTE DE CABO E MOVIMENTAÇÃO DA LCC CARACTERÍSTICA DO ACIONAMENTO PNEUMÁTICO	58
FIGURA 62 – METODOLOGIA DE SUPORTE PARA A CLCC (A) E (B)	59
FIGURA 63 - METODOLOGIA DE LIGAÇÃO AO CILINDRO PNEUMÁTICO	59
FIGURA 64 - CALIBRE DE VERIFICAÇÃO (A) DE TOLERANCIAMENTO DIMENSIONAL PARA O TERMINAL E PONTA DE CABO (B)	59
FIGURA 65 - MODOS DE FALHA POR FRATURA PARA AS CLCC (A) E LCC (B)	60
FIGURA 66 - PROGRESSÃO DA FALHA DE CORTE DE CABO PRODUZIDA PELO DESGASTE DA LCC	60
FIGURA 67 - DESGASTE A SER ELIMINADO DURANTE O PROCESSO DE RETIFICAÇÃO DA ARESTA DE CORTE DE UMA LCC	61
FIGURA 68 - DISPOSITIVO E FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO DAS LCC	61
FIGURA 69 - ETAPAS PARA DESENVOLVIMENTO TÉCNICO DO PROBLEMA DAS MIZ	65
FIGURA 70 - ORDEM DE TRABALHOS PARA A ANÁLISE DE DADOS RECOLHIDOS DO <i>SOFTWARE</i>	65
FIGURA 71 - TEMPOS DE INTERVENÇÃO E IMOBILIZAÇÃO POR ORDEM DE TRABALHO PARA AS CATEGORIAS DO CONJUNTO DE INJEÇÃO	67
FIGURA 72 - ANÁLISE DE PARETO PARA OS MODOS DE FALHA DE BIZ ENTRE JANEIRO E SETEMBRO DE 2019	69
FIGURA 73 - FALHA DE INJEÇÃO PARA INTERVENÇÃO COM BIZ PARTIDO	70
FIGURA 74 - FALHA DE INJEÇÃO PARA INTERVENÇÃO COM DESGASTE NA ZONA DE ENCOSTO	71
FIGURA 75 - FALHA DE INJEÇÃO PARA INTERVENÇÃO PARA FALHA NO ENCOSTO	72
FIGURA 76 - GITOS ALOJADOS NO MECANISMO DE ROTAÇÃO (A E B) E SISTEMA DE AFINAÇÃO (B E C)	72
FIGURA 77 - CORRETA E INCORRETA MONTAGEM DO EXCÊNTRICO NA BIELA	73
FIGURA 78 - LOCALIZAÇÃO EM MÁQUINA DA CHAPA DE PROTEÇÃO DA RESISTÊNCIA, RAMPA DE LIGAÇÃO À PAINEL E AS MANGUEIRAS PARA REFRIGERAÇÃO DA ESTRUTURA	74
FIGURA 79 - LOCALIZAÇÃO EM MÁQUINA DA CHAPA DE PROTEÇÃO DA BASE DA ESTRUTURA	75
FIGURA 80 - RESISTÊNCIA DANIFICADA PELO ZAMAK FUNDIDO DEVIDO À FALTA DE VEDAÇÃO	75
FIGURA 81 - PROBLEMAS TÉCNICOS COM A VEDAÇÃO DO CONJUNTO DA RESISTÊNCIA E DO CORPO DO BIZ	76
FIGURA 82 - DESGASTE NOS RASGOS PARA O AJUSTAMENTO DOS PARAFUSOS DE AFINAÇÃO	77
FIGURA 83 - COMPONENTES SUPOSTOS PELO MR DURANTE O PROCESSO DE INTERVENÇÃO	78
FIGURA 84 – PROBLEMAS RELATIVOS À GEOMETRIA DO BIZ E A SUA INTERAÇÃO COM A ZE DA ESTRUTURA	79
FIGURA 85 – CONSEQUÊNCIAS NOS ESFORÇOS RELATIVOS A UMA SOLICITAÇÃO NÃO CONFORME	80
FIGURA 86 - DEFEITOS ENCONTRADOS NA ZONA DE ENCOSTO DA ESTRUTURA	81
FIGURA 87 - DIAGRAMA CAUSA-EFEITO PARA A FALHA PRECOCE DO BIZ	83
FIGURA 88 - MODELO <i>STANDARD</i> DO BICO DE INJEÇÃO DE ZAMAK NA FICO CABLES	84
FIGURA 89 - ETAPAS PARA DESENVOLVIMENTO DE NOVO CONCEITO DE SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO	85
FIGURA 90 - CÍRCULO PDCA PARA CADA FASE DO DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO DE SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO	86
FIGURA 91 - ETAPAS PARA A PRIMEIRA FASE DO DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO DE SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO	86
FIGURA 92 - CONDIÇÕES A REUNIR PARA UM ACOPLAMENTO DA ZE CONFORME	87

FIGURA 93 - DIMENSÕES DE FUNCIONAMENTO INTRÍNSECAS À ZE DA ESTRUTURA (A) E NOVA ZE DO BIZ (B)	88
FIGURA 94 - MODELO V02 (A) E MODELO V03 (B)	89
FIGURA 95 - MODELO V04	90
FIGURA 96 - DESGASTE NA ZE APRESENTADO PARA OS MODELOS TESTADOS NA PRIMEIRA FASE	91
FIGURA 97 - ETAPAS PARA A SEGUNDA FASE DO DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO DE SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO	91
FIGURA 98 - NOVO AJUSTAMENTO DO CONJUNTO DA RESISTÊNCIA AO BIZ PROVENIENTE DA CRIAÇÃO DE APOIO	92
FIGURA 99 - MODELO V05	93
FIGURA 100 - MODELO V06 (A) E RESPETIVA PONTEIRA DE INJEÇÃO (B)	93
FIGURA 101 - DESGASTE NA ZE APRESENTADO PARA OS MODELOS TESTADOS NA SEGUNDA FASE	94
FIGURA 102 - ETAPAS PARA A SEGUNDA FASE DO DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO DE SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO	95
FIGURA 103 - DIFERENTES TIPOS E DESGASTE APRESENTADOS PARA O MODO DE FALHA DESGASTE DA ZE	95
FIGURA 104 – ESTADO SUPERFICIAL PROVENIENTE DO PROCESSO DE MAQUINAGEM POR CNC	96
FIGURA 105 - RESULTADOS DO SEM A BICO DE INJEÇÃO E RESPETIVA ANÁLISE	97
FIGURA 106 - SEQUÊNCIA DE PREPARAÇÃO DO ESTADO SUPERFICIAL DO BIZ	98
FIGURA 107 - EQUIPAMENTO PARA LIXAMENTO E POLIMENTO (A), LUBRIFICANTE E ABRASIVOS DE DIAMANTE (B) E ÁCIDO NITAL 4 % PARA ATAQUE À SUPERFÍCIE	98
FIGURA 108 - ENSAIO DE METALOGRAFIA A MEIA SECÇÃO DO BIZ	100
FIGURA 109 - FUSÃO DE MODELOS PARA DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO	103
FIGURA 110 - MODELO V07 (A), RESPETIVA PONTEIRA DE INJEÇÃO (B) E ACOPLAMENTO (C)	104
FIGURA 111 - MODELO V08 (A) E RESPETIVO CASQUILHO INTERIOR JÁ ADAPTADO PARA ESTE TESTE	105
FIGURA 112 - DESGASTE APRESENTADO APÓS TRÊS MESES DE TRABALHO PARA O MODELO V07	106
FIGURA 113 - VARIAÇÃO DO AJUSTAMENTO ENTRE A ZE DO BIZ E A PLACA INFERIOR DA ESTRUTURA AO LONGO DE 250 INJEÇÕES PARA O MODELO V07	107
FIGURA 114 - MODELO V09 (A) E RESPETIVA PONTEIRA DE INJEÇÃO (B)	108
FIGURA 115 - DEGRAU DE VEDAÇÃO (A) E AJUSTE DO CONJUNTO DA RESISTÊNCIA (B)	108
FIGURA 116 - SEQUÊNCIA DE ACOPLAMENTO PARA O NOVO CONCEITO DE BICO DE INJEÇÃO DE ZAMAK	109
FIGURA 117 - MODO DE FALHA DO MODELO V09.1	109
FIGURA 118 - MODO DE FALHA DO MODELO V09.2	110
FIGURA 119 - MODELO V01.2	112
FIGURA 120 - PRINCIPAIS ETAPAS DO PROCESSO DE INTERVENÇÃO PARA O NOVO MODELO DE SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK	113
FIGURA 121 – DIMENSÕES E FACES DE DESGASTE (A) E CAIXA DE LCC PARA RETIFICAÇÃO LOCALIZADA DO ARMAZÉM DA MANUTENÇÃO	115
FIGURA 122 – DIFERENTES TIPOS DE CABOS UTILIZADOS NAS LMEJ E RESPETIVA COMPOSIÇÃO E MATERIAL DE FABRICO	116
FIGURA 123 - LIXO ACUMULADO NO RASGO DA ARESTA DE CORTE DE UMA LCC	117
FIGURA 124 - COTA DE SAÍDA (A), APARA RESULTANTE (B) E CORTE ELÉTRICO DAS LMEJ	117

FIGURA 125 - APARAS DESFEITAS À ENTRADA DO COLETOR DE APARAS (A) E NA ZONA DE CORTE (B)	118
FIGURA 126 - CONCENTRAÇÃO DE APARAS EM CALHAS (A) E EM ELEMENTOS ROTATIVOS E ACIONADORES PNEUMÁTICOS (B)	118
FIGURA 127 - RECLAMAÇÕES RELATIVAS AO ESTADO NÃO CONFORME DA ZONA DE TRABALHO	119
FIGURA 128 - DIAGRAMA DE PARETO DAS REQUISIÇÕES EM ARMAZÉM DE LCC EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO EM UTILIZAÇÃO	120
FIGURA 129 - OBSERVAÇÃO PRELIMINAR AO DESGASTE DA ARESTA DE CORTE DA CLCC	123
FIGURA 130 - DESGASTE APRESENTADO PELA CLCC 1 DEVIDO A REBARBAS EXISTENTES NA FURAÇÃO UTILIZADA PARA O SEU SUPORTE	124
FIGURA 131 - CONSEQUÊNCIAS DO FENÓMENO DE ABRASÃO APRESENTADO PARA AS LCC	124
FIGURA 132 - OBSERVAÇÃO PRELIMINAR AO DESGASTE DA ARESTA DE CORTE DA LCC E RESPECTIVA PROFUNDIDADE DE DESGASTE	125
FIGURA 133 - AMOSTRAS EM ANÁLISE SEM PARA O ESTUDO DA NUCLEAÇÃO E PROPAGAÇÃO DA FISSURA	126
FIGURA 134 - ANÁLISE SEM E EDS DA AMOSTRA LCC 6	126
FIGURA 135 - ESTUDO DA NUCLEAÇÃO DA FISSURA PARA AS AMOSTRAS LCC 6 (A, B E C) E CLCC 4 (D, E, F, G E H)	127
FIGURA 136 - FENÓMENOS DE PROPAGAÇÃO DE DESGASTE PARA A LCC 7	128
FIGURA 137 - AMOSTRA LCC 8 APÓS CORTE POR ELETROEROSÃO A FIO (A) E APÓS PROCESSOS DE PREPARAÇÃO PARA ATAQUE QUÍMICO À SUPERFÍCIE (B)	129
FIGURA 138 - ENSAIO DE METALOGRAFIA A MEIA SECÇÃO DA LCC 8	130
FIGURA 139 – ANÁLISE DE ELEMENTOS EXTERNOS FUNDIDOS NA CAMADA SUPERFICIAL DO AÇO	132
FIGURA 140 - ANÁLISE SEM (B), ETD (A) E EDS (D) PARA ANÁLISE DA "PASTA" LOCALIZADA NO RASGO DA ARESTA DE CORTE PARA A AMOSTRA LCC 6 (C)	133
FIGURA 141 - ANÁLISE EDS PARA ESTUDO DE MARCAS DE DESGASTE NA FACE DE CONTACTO COM A CLCC PARA A AMOSTRA LCC 6	134
FIGURA 142 - ANÁLISE SEM RELATIVAMENTE A CONDIÇÕES DE RETIFICAÇÃO	135
FIGURA 143 - NOVO MODELO DE CLCC	136
FIGURA 144 - NOVO MODELO DE DCC	136
FIGURA 145 - ELEMENTOS DE AFINAÇÃO DE AMBOS O SUPORTE DA CLCC (A E B) E SUPORTE DA LCC (C) DO SISTEMA DE ADAPTAÇÃO AO DESGASTE TRANSVERSAL	137
FIGURA 146 - AJUSTAMENTO DO SISTEMA DE ADAPTAÇÃO AO DESGASTE TRANSVERSAL À LIGAÇÃO ROSCADA DO CILINDRO PNEUMÁTICO	138
FIGURA 147 – COMPRIMENTO INICIAL DE CORTE; COMPRIMENTO MÁXIMO DE RETIFICAÇÃO; NOVO COMPRIMENTO MÁXIMO DE RETIFICAÇÃO (A) E ALTURA NORMALIZADA DA PORCA EM UTILIZAÇÃO (B)	138
FIGURA 148 - DIFERENTES COMPRIMENTOS DE APARA TESTADOS	140
FIGURA 149 - NOVA METODOLOGIA DE AFINAÇÃO DO COMPRIMENTO DA PONTA DO CABO PARA AS LMEJ	140
FIGURA 150 - MODO DE FALHA APRESENTADO PARA A UTILIZAÇÃO DE UMA ARESTA DE CORTE QUE APRESENTE ELEVADA DEFORMAÇÃO PLÁSTICA	141

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - IMPORTÂNCIA DOS VEÍCULOS LIGEIROS DE PASSAGEIROS NA SOCIEDADE [5]	9
TABELA 2 – PERCENTAGEM DE POSTOS DE TRABALHO POR REGIÃO EM 2017 [8]	12
TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO DAS DIFERENTES GERAÇÕES DA MANUTENÇÃO E RESPECTIVAS MUDANÇAS NAS ÁREAS ESPECIFICADAS	14
TABELA 4 - EXEMPLO DE ALGUMAS FUNÇÕES PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS DA MANUTENÇÃO [19]	16
TABELA 5 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE MANUTENÇÃO CENTRALIZADA E DESCENTRALIZADA	17
TABELA 6 - FERRAMENTAS DE CONTROLO AVANÇADO PARA MONITORIZAÇÃO E CONTROLO DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO [26]	18
TABELA 7 - CONTRIBUIÇÃO DA MANUTENÇÃO PARA UM PROCESSO PRODUTIVO SUSTENTÁVEL [31]	19
TABELA 8 - BENEFÍCIOS DECORRENTES DA TPM PODEM SER CLASSIFICADOS SEGUNDO AS SEIS PRIORIDADES DESCRITAS [39]	20
TABELA 9 - TABELA RESUMO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA O MÉTODO DE ANÁLISE: DIAGRAMA DE PARETO	21
TABELA 10 - TABELA RESUMO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA O MÉTODO DE ANÁLISE: DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i>	22
TABELA 11 - TABELA RESUMO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA O MÉTODO DE ANÁLISE: CICLO PDCA 23	
TABELA 12 - DESCRIÇÃO DO TIPO DE FABRICO E EQUIPAMENTOS INSERIDOS DENTRE DE CADA UNIDADE DE PRODUÇÃO	28
TABELA 13 – TABELA CLASSIFICATIVA POR RELEVÂNCIA QUANTITATIVA DE REQUISIÇÕES DE PEÇAS DE DESGASTE EM ARMAZÉM E RESPECTIVOS CUSTOS DE AQUISIÇÃO NO PERÍODO DE JANEIRO A SETEMBRO DO ANO DE 2019	31
TABELA 14 - COMPONENTES SOB FOCO NESTA DISSERTAÇÃO E RESPECTIVOS CONJUNTOS, SUBCONJUNTOS E EQUIPAMENTO EM QUE ESTÃO INSERIDOS	32
TABELA 15 - OBJETIVOS A ALCANÇAR PARA O SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO E DISPOSITIVO DE CORTE MECÂNICO	33
TABELA 16 - PROCESSOS DE PREPARAÇÃO DE CABO PARA AS MIZ DA FICO CABLES	34
TABELA 17 - CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DAS MIZ	35
TABELA 18 – GRUPOS DE COLABORADORES COM ACESSO A MECANISMOS E RESPONSÁVEL PELO FUNCIONAMENTO DE UMA MIZ E RESPECTIVA FUNÇÃO	35
TABELA 19 - TIPOLOGIAS DE AFINAÇÃO PARA O SISTEMA DE ENCOSTO	47
TABELA 20 – PROCESSO DE FABRICO DE UMA MIZ	49
TABELA 21 - CARACTERIZAÇÃO DE PRESSUPOSTOS SOBRE AÇÕES REALIZADAS NAS MIZ	50
TABELA 22 – DESCRIÇÃO DO TIPO DE INTERVENÇÃO REALIZADA CONSOANTE O COMPONENTE E MODO DE FALHA PARA O CONJUNTO DE INJEÇÃO E CONJUNTO DA RESISTÊNCIA	51
TABELA 23 - TEMPO DE INTERVENÇÃO QUALITATIVO PARA CADA TIPO DE AÇÃO PRIMÁRIA	54
TABELA 24 - PRESSUPOSTOS SOBRE AS TAREFAS DE INTERVENÇÃO	54
TABELA 25 - LINHAS DE MONTAGEM DE ELEVADORES DE JANELA E RESPECTIVOS DISPOSITIVOS DE CORTE MECÂNICO	55

TABELA 26 – CATEGORIAS E RESPECTIVAS ORDENS DE TRABALHO, TEMPOS DE INTERVENÇÃO E IMOBILIZAÇÃO RELATIVOS AOS SISTEMAS DEFINIDOS	66
TABELA 27 - CATEGORIZAÇÃO DE ORDENS DE TRABALHO POR CONJUNTO PARA O SISTEMA DE INJEÇÃO	66
TABELA 28 - CATEGORIZAÇÃO DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA O CONJUNTO DE INJEÇÃO	67
TABELA 29 - CATEGORIZAÇÃO DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA O CONJUNTO DA RESISTÊNCIA	67
TABELA 30 - CATEGORIZAÇÃO DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA O CONJUNTO DE MOLDAÇÃO	68
TABELA 31 - CATEGORIZAÇÃO DE ORDENS DE TRABALHO POR CONJUNTO PARA O SISTEMA DE ENCOSTO	68
TABELA 32 - CUSTOS DE RETIFICAÇÃO EXTERNA PARA A ZE E A TOTALIDADE DA PLACA INFERIOR DA ESTRUTURA	81
TABELA 33 - TABELA RESUMO DOS PROBLEMAS TÉCNICOS ENCONTRADOS NA 1ª E 2ª ETAPA DE RECOLHA E ANÁLISE DE INFORMAÇÃO	82
TABELA 34 – DIÂMETROS DO CANAL DE INJEÇÃO, CARACTERÍSTICAS DA ZONA ROSCADA E GEOMETRIA DE VEDAÇÃO PARA O MODELO <i>STANDARD</i> BICO DE INJEÇÃO	85
TABELA 35 - ESPECIFICAÇÕES DE FABRICO PARA MODELO <i>STANDARD</i> DE BICO DE INJEÇÃO DA FICO CABLES	85
TABELA 36 – AÇÕES INTERDEPARTAMENTAIS A REALIZAR PARA A 1ª FASE DE DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO	87
TABELA 37 – ESPECIFICAÇÕES DE FABRICO PARA OS MODELOS DA PRIMEIRA FASE DE TESTES	87
TABELA 38 - AÇÕES A REALIZAR PARA A 1ª FASE DE DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO	88
TABELA 39 - DIÂMETROS DO CANAL DE INJEÇÃO, CARACTERÍSTICAS DA ZONA ROSCADA E GEOMETRIA DE VEDAÇÃO PARA O MODELO V02 E MODELO V03	89
TABELA 40 - DIÂMETRO DO CANAL DE INJEÇÃO, CARACTERÍSTICA DA ZONA ROSCADA E GEOMETRIA DE VEDAÇÃO PARA O MODELO V04	90
TABELA 41 - TABELA DE RESULTADOS PARA A PRIMEIRA FASE DE TESTES	91
TABELA 42 - AÇÕES INTERDEPARTAMENTAIS A REALIZAR PARA A 2ª FASE DE DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO	92
TABELA 43 - ESPECIFICAÇÕES DE FABRICO PARA OS MODELOS DA SEGUNDA FASE DE TESTES	92
TABELA 44 - AÇÕES A REALIZAR PARA A 2ª FASE DE DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO	93
TABELA 45 - DIÂMETRO DO CANAL DE INJEÇÃO, CARACTERÍSTICA DA ZONA ROSCADA E GEOMETRIA DE VEDAÇÃO PARA O MODELO V06	94
TABELA 46 - TABELA DE RESULTADOS PARA A SEGUNDA FASE DE TESTES	94
TABELA 47 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÁCIDO NÍTRICO UTILIZADO PAR AO ATAQUE À SUPERFÍCIE DO BIZ	98
TABELA 48 - PARÂMETROS UTILIZADOS PARA ENSAIO DE DUREZA	100
TABELA 49 - ENSAIO DE DUREZA À MEIO SECÇÃO DO BIZ	100
TABELA 50 - VARIAÇÃO EM COMPOSIÇÃO QUÍMICA ENTRE <i>STANDARD</i> H13, MT01, <i>PREMIUM</i> H13 E O PRESSUPOSTO PARA O MG50 [66] [67] [68]	101
TABELA 51 - AÇÕES A REALIZAR PARA A 3ª FASE DE DESENVOLVIMENTO DO NOVO CONCEITO	102

TABELA 52 - ESPECIFICAÇÕES DE FABRICO PARA OS MODELOS DA TERCEIRA FASE DE TESTES	103
TABELA 53 - DIÂMETRO DO CANAL DE INJEÇÃO, CARACTERÍSTICA DA ZONA ROSCADA E GEOMETRIA DE VEDAÇÃO PARA O MODELO V07	104
TABELA 54 - DIÂMETRO DO CANAL DE INJEÇÃO, CARACTERÍSTICA DA ZONA ROSCADA E GEOMETRIA DE VEDAÇÃO PARA O MODELO V08	105
TABELA 55 - TABELA DE RESULTADOS PARA A TERCEIRA FASE DE TESTES	106
TABELA 56 - ESPECIFICAÇÕES DE FABRICO PARA OS MODELOS DO NOVO CONCEITO	107
TABELA 57 - TABELA DE RESULTADOS PARA A TERCEIRA FASE	109
TABELA 58 - MELHORIAS RELATIVAMENTE À UTILIZAÇÃO E AQUISIÇÃO DO MODELO V09.2 EM COMPARAÇÃO COM O MODELO V01	110
TABELA 59 - ESPECIFICAÇÕES DE FABRICO PARA O NOVO MODELO <i>STANDARD</i> DA FICO CABLES	111
TABELA 60 – DIÂMETROS DO CANAL DE INJEÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ZONA ROSCADA PARA O MODELO <i>STANDARD</i> BICO DE INJEÇÃO	111
TABELA 61 - MELHORIAS RELATIVAMENTE À UTILIZAÇÃO E AQUISIÇÃO DO MODELO V01 E MODELO V01.2	112
TABELA 62 - MELHORIAS OBTIDAS ATRAVÉS DE MELHORIAS AO SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK E RESPECTIVAS CONSEQUÊNCIAS DE IMPLEMENTAÇÃO	112
TABELA 63 - TABELA RESUMO DOS PROBLEMAS TÉCNICOS ENCONTRADOS PARA O DCC	119
TABELA 64 - MTBF PARA AS LCC DE JANEIRO A SETEMBRO DE 2019	120
TABELA 65 - MTBF PARA A UTILIZAÇÃO DE LCC NOVAS DE 11 DE OUTUBRO A 22 DE NOVEMBRO DE 2019	121
TABELA 66 - REFERENCIAÇÃO ALFANUMÉRICA DAS INDENTAÇÕES E RESPECTIVOS VALORES DE DUREZA PARA AS LCC	121
TABELA 67 - RESULTADOS DO ENSAIO DE DUREZA ÀS CLCC E RESPECTIVA REFERENCIAÇÃO NUMÉRICA DAS INDENTAÇÕES	122
TABELA 68 - RESULTADOS DO ENSAIO DE DUREZA A MEIA SECÇÃO DA LCC 8	131
TABELA 69 - ELEMENTO QUÍMICO APRESENTADO PARA CADA IMAGEM DA FIGURA 141 E RESPECTIVA LEGENDA	133
TABELA 70 - NÚMERO DE RETIFICAÇÕES ADMISSÍVEIS COM E SEM A UTILIZAÇÃO DA PORCA HEXAGONAL ISO 4032-M5-8 PARA TRÊS NÍVEIS DISTINTOS DE DESGASTE, E CONSEQUENTE PROFUNDIDADE DE DESBASTE	139
TABELA 71 - MTBF RELATIVO À UTILIZAÇÃO DO NOVO DCC PARA A LMEJ-KL PARA OS PRIMEIROS MESES DO ANO DE 2020	141
TABELA 72 - TABELA RESUMO DO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO PARA O SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK E DISPOSITIVO DE CORTE DE CABO	145
TABELA 73 - LOCALIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES RELATIVAS A RECOLHA DE DADOS NO ANEXO 1	156
TABELA 74 – CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR SISTEMA DEFINIDO	160
TABELA 75 – CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR CONJUNTO PARA A ESTAÇÃO DE TRABALHO	160
TABELA 76 - CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR CONJUNTO PARA O SISTEMA DE INJEÇÃO	160
TABELA 77 – CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR CONJUNTO PARA O SISTEMA DE ENCOSTO	160

TABELA 78 - CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA A ESTAÇÃO DE TRABALHO	161
TABELA 79 - CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA O CONJUNTO DE INJEÇÃO	161
TABELA 80 - CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA O CONJUNTO DA RESISTÊNCIA	161
TABELA 81 - CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA O CONJUNTO DE MOLDAÇÃO	161
TABELA 82 - CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA O MECANISMO DE ROTAÇÃO	162
TABELA 83 - CATEGORIZAÇÃO COMPLETA DE ORDENS DE TRABALHO POR GRUPOS PARA O SISTEMA DE ENCOSTO	162
TABELA 84 - LOCALIZAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS DESTA DISSERTAÇÃO NO ANEXO 2	163
TABELA 85 - ENSAIOS DE DUREZA AO MODELO V01 PARA OS FORNECEDORES FR01 E FR02	192
TABELA 86 - LISTAGEM DE DESENHOS TÉCNICOS DO SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO PARA O ANEXO 4	207
TABELA 87 - LISTAGEM DE DESENHOS TÉCNICOS DO DISPOSITIVO DE CORTE MECÂNICO DE CABO PARA O ANEXO 4	207

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	3
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	3
1.2 OBJETIVO.....	3
1.3 METODOLOGIA.....	3
1.4 ESTRUTURA.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 INDÚSTRIA AUTOMÓVEL.....	7
2.1.1 Introdução à Indústria Automóvel.....	7
2.1.2 Desenvolvimento Económico	9
2.1.3 Desenvolvimento Tecnológico	12
2.2 MANUTENÇÃO.....	13
2.2.1 Conceitos Base da Manutenção	15
2.2.2 Importância da Manutenção na Indústria Atual	17
2.3 MÉTODOS DE ANÁLISE.....	21
2.3.1 Diagrama de Pareto.....	21
2.3.2 Diagrama <i>Ishikawa</i>	22
2.3.3 Ciclo PDCA	23
3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO INICIAL	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	27
3.1.1 Departamento de Manutenção.....	28
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	30
3.3 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO.....	32
3.4 CARATERIZAÇÃO DO PROCESSO.....	34
3.4.1 Máquina de Injeção de Zamak	34
3.4.1.1 Caracterização dos Sistemas do Processo.....	36
3.4.1.1.1 Apresentação do Sistema de Injeção	37
3.4.1.1.2 Apresentação do Sistema de Encosto.....	44
3.4.1.2 Descrição do Processo Produtivo	49
3.4.1.3 Descrição do Processo de Intervenção.....	50
3.4.2 Linha de Montagem Elevadores de Janela	54
3.4.2.1 Apresentação dos Principais Componentes do DCC	58
3.4.2.2 Descrição do Processo de Intervenção.....	59
4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	65
4.1 SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK.....	65
4.1.1 Definição Técnica do Problema	65
4.1.1.1 Recolha de Dados Através do Software	65
4.1.1.2 Estudo do Processo, Condições Gerais de Trabalho e Acompanhamento de Intervenções	69
4.1.1.3 Conclusões e Diagrama Causa-Efeito	82
4.1.2 Novo Conceito de Subconjunto de Injeção	84

4.1.2.1	Primeira Fase de Testes.....	86
4.1.2.2	Segunda Fase de Testes	91
4.1.2.3	Análise e Caracterização do Desgaste do BIZ.....	94
4.1.2.4	Terceira Fase de Testes	101
4.1.2.5	Novo Conceito	107
4.1.3	Implementação e Processo de Intervenção do Novo Conceito.....	110
4.1.4	Observações para Trabalhos Futuros	113
4.2	DISPOSITIVO DE CORTE DE CABO.....	114
4.2.1	Definição Técnica do Problema	114
4.2.1.1	Recolha de Informação por Intervenção e Observação	114
4.2.1.2	Análise, Caracterização do Desgaste e Condições de Trabalho para a LCC e CLCC.....	119
4.2.2	Implementação de Novas Condições de Corte	135
4.2.2.1	Novo Dispositivo de Corte de Cabo.....	135
4.2.2.2	Melhoria das Condições de Trabalho.....	138
5	CONCLUSÕES	145
6	BIBLIOGRAFIA.....	149
7	ANEXOS.....	156
7.1	ANEXO 1	156
7.1.1	ANEXO 1.1	157
7.1.2	ANEXO 1.2	158
7.1.3	ANEXO 1.3	159
7.1.4	ANEXO 1.4	160
7.1.4.1	ANEXO 1.4.1	160
7.1.4.2	ANEXO 1.4.2	160
7.1.4.3	ANEXO 1.4.3	161
7.2	ANEXO 2	163
7.2.1	ANEXO 2.1	164
7.2.2	ANEXO 2.2	165
7.2.2.1	ANEXO 2.2.1	177
7.2.2.2	ANEXO 2.2.2	178
7.2.2.3	ANEXO 2.2.3	180
7.2.3	ANEXO 2.3	186
7.2.4	ANEXO 2.4	187
7.2.5	ANEXO 2.5	188
7.2.6	ANEXO 2.6	190
7.3	ANEXO 3	192
7.4	ANEXO 4	207

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVO

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria automóvel foi sempre caracterizada por uma grande evolução ao longo dos anos, relacionando-se, devido à natureza da sua indústria, de forma intrínseca com a vanguarda do desenvolvimento dos sistemas produtivos. A automatização e a complexidade dos sistemas produtivos revelam uma necessidade constante de monitorização e implementação de ações de melhoria, em linha com os dados recolhidos. Esta monitorização caiu sobre os objetivos, funções e responsabilidades da manutenção. A indústria automóvel e as atividades, conceitos e as metodologias de manutenção, são objeto de uma relação de codependência de evolução e de melhoria geral de processos e de sistema produtivos.

1.2 OBJETIVO

A presente dissertação foi desenvolvida durante um período de oito meses (16 de julho de 2019 a 29 de fevereiro de 2020) numa empresa sediada na Maia no âmbito de estágio curricular para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

O objetivo facultado pela empresa de acolhimento prende-se com a redução do consumo de peças de desgaste, fornecidas aos sistemas produtivos pelo armazém do Departamento de Manutenção, que apresentem o maior número de requisições. É pretendida, também, a sua consolidação com a implementação de melhorias ao sistema, bem como às condições gerais de trabalho, para ambas as atividades de produção e manutenção, elevando a qualidade do processo produtivo. Em prol deste objetivo, estarão sob foco as MIZ e as LMEJ, mais especificamente dois subsistemas que as integram, o Subconjunto de Injeção de Zamak e o Dispositivo de Corte de Cabo, respetivamente.

1.3 METODOLOGIA

A elaboração do presente trabalho seguiu a seguinte metodologia:

- Leitura sobre a indústria automóvel;
- Análise sobre o seu desenvolvimento económico e tecnológico;
- Estudo sobre a manutenção, elaborando uma análise profunda relacionada com a importância desta na indústria atual;
- Apresentação dos sistemas produtivos da empresa de acolhimento;
- Definição de um intervalo de estudo;
- Recolha de informação sobre as requisições de peças de desgaste em armazém;
- Efetuar uma tabela classificativa atendendo à relevância quantitativa das requisições de peças de desgaste;
- Considerar o custo da peça de desgaste em questão;
- Escolha dos elementos sob os quais esta dissertação irá incidir;
- Levantamento e recolha de dados relativos ao histórico de avarias das máquinas que consomem as peças em estudo;

- Estabelecimento dos principais modos de falha e desgaste para cada elemento;
- Estudo das condições de trabalho;
- Acompanhamento de intervenções;
- Definição técnica dos problemas;
- A partir dos dados recolhidos, efetuar ações de melhoria;
- Desenvolver estratégia para a implementação dessas melhorias;
- Informar e inserir a equipa técnica em todas as ações a implementar;
- Implementar controlo da máquina e intervenções em tempo real, para monitorização de resultados;
- Análise dos resultados obtidos produto das ações de melhoria;
- Validação dos novos processos;
- Redação da presente dissertação.

1.4 ESTRUTURA

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos principais: introdução, revisão bibliográfica, caracterização da empresa, problema, objetivo e processo, desenvolvimento e conclusão. A introdução contextualiza o leitor com o tema desenvolvido neste projeto. A revisão bibliográfica está dividida em dois temas: a indústria automóvel e a manutenção. Esta insere a indústria em questão no panorama global e permite a obtenção de conceitos teóricos indispensáveis a este projeto. São ainda caracterizados os conceitos fundamentais relativos à manutenção, assim como a importância que esta atividade apresenta atualmente para a indústria. No terceiro capítulo, é efetuada a caracterização da empresa de acolhimento, é definido o problema, é estabelecido o objetivo e posteriormente são caracterizados os processos dos elementos em estudo. O desenvolvimento focou-se em dois problemas principais: Subconjunto de Injeção de Zamak e Dispositivo de Corte de Cabo. Inserido dentro de ambos estes capítulos, está a descrição técnica de todos os problemas encontrados, encontram-se descritas todas as ações de melhoria correspondentes e as respetivas conclusões. Por último, temos o capítulo das conclusões, onde é efetuada a comparação entre os objetivos definidos para a dissertação e os resultados obtidos, verificando o seu cumprimento.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

2.1 MANUTENÇÃO

2.1 MÉTODOS DE ANÁLISE

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

2.1.1 Introdução à Indústria Automóvel

Ao longo das duas últimas décadas foi estabelecido um panorama de globalização do mercado financeiro [1]. Este fenómeno admitiu o aparecimento de uma maior diversidade de áreas de investimento financeiro. Tornou-se então imperativo, na ótica do investidor, agrupar as organizações cujos negócios e fatores económicos apresentassem um impacto semelhante [2].

Tomando como objetivo a obtenção de um mercado transparente e de fácil análise financeira, a MSCI (*Morgan Stanley Capital International*) classificou cada uma das atividades que são parte integrante da economia global [3]. Esta classificação é denominada de GICS (*Global Industry Classification Standard*) podendo a sua estrutura ser observada na Figura 1. Esta pressupõe onze setores primários, que se subdividem em vinte e quatro grupos industriais, que por sua vez correspondem a sessenta e nove indústrias correspondentes a cento e cinquenta e oito subindústrias, sendo as últimas pouco relevantes na perspetiva macroeconómica.



Figura 1 - Estrutura GICS [2]

A indústria automóvel situa-se no setor de *Consumer Discretionary* (Figura 2). Este, pretende caracterizar todos os serviços considerados como não essenciais estabelecendo que o consumidor só adquire o ativo se tiver na sua posse poder e estabilidade económica para tal, ou seja, bens de consumo discricionário.



Figura 2 - Setores que constituem a economia global [2]

Inserido dentro deste setor, encontram-se os subgrupos de indústrias que são parte integrante da temática a considerar. Estes são *Automobile&Components* e uma pequena fração do subgrupo de *Retailing*. As indústrias que as caracterizam são *Auto Components* e *Automobiles*, assim como *Speciality Retail*, respetivamente como representado na Figura 3.

A primeira remete ao fabrico de peças e componentes para veículos automóveis e outros veículos motorizados. Esta categoria contém também as indústrias de fabrico de borracha e pneus. A indústria *Automobiles* engloba todas as organizações que produzem veículos automóveis e de transporte ligeiro, assim como motocicletas. Todos os veículos envolvidos em atividades de construção e agricultura, em adição a veículos pesados, são excluídos desta secção. Como último constituinte relevante, existe o *Automotive Retail*, tendo como função retratar todas as atividades relacionadas com automóveis, desde a sua venda, a postos de gasolina e aos variados acessórios e componentes necessários durante toda a utilização do produto.

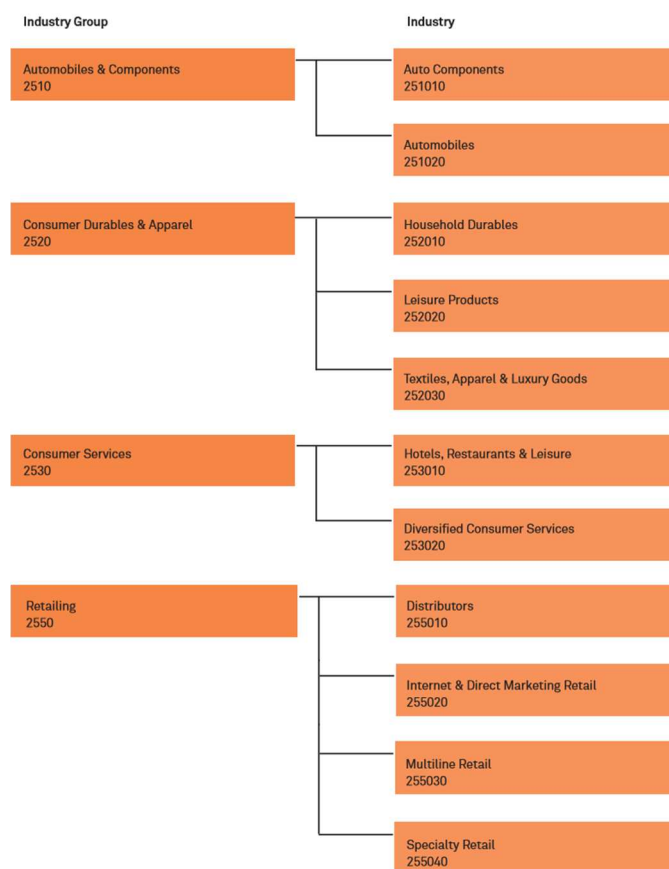


Figura 3 - Localização da indústria automóvel no setor *Consumer Discretionary* [4]

Importância do Veículo Automóvel Ligeiro de Passageiros

A produção de veículos automóveis para utilização pessoal transformou a sociedade moderna tornando-se o principal modo de transporte em todo o mundo. O sistema de classificação europeu descreve os veículos automóveis ligeiros de passageiros aqueles, que possuam até oito, lugares em adição ao lugar do condutor, e uma massa até 3,5 toneladas [5].

Na Tabela 1, apresentam-se alguns factos que tornaram este meio de transporte no mais importante para o quotidiano da sociedade.

Tabela 1 - Importância dos veículos ligeiros de passageiros na sociedade [5]

1	Promove independência e liberdade de transporte.
2	Mobilidade é cada vez mais importante devido ao aumento da distância entre casa e trabalho, organizações educacionais e outras instalações essenciais.
3	Estes veículos são essenciais aquando da necessidade de um serviço de emergência médico ou de outra natureza.
4	Sem um método de transporte individual a participação na vida social e económica torna-se um desafio para indivíduos a viver em áreas remotas, indivíduos com deficiência e idosos.
5	As deslocações para o emprego são de particular importância já que metade de todos os quilómetros percorridos na UE são referentes a este tipo de transporte.
6	Mais de 70% de todos os transportes utilizam veículos automóveis – individual, táxi ou outras alternativas.
7	Dentro da UE os veículos automóveis representam 82.9% de todo o transporte rodoviário.
8	Os veículos que circulam na Europa apresentam as melhores considerações ambientais, são os mais silenciosos e seguros.
9	O ruído proveniente da utilização de veículos automóveis reduziu 90% desde 1970.
10	Os veículos de combustíveis alternativos (elétrico; híbrido; gás natural; GPL) representam 3.6% da frota total da Europa.

2.1.2 Desenvolvimento Económico

Neste capítulo, pretende-se relevar a importância da indústria automóvel no panorama económico global, através da identificação e análise da evolução de alguns indicadores do desenvolvimento. O papel da indústria automóvel no desenvolvimento do panorama económico de um país é determinado pela localização do setor no sistema económico nacional, sendo que, atualmente, se tem estabelecido uma relação intrínseca entre o desenvolvimento do padrão socioeconómico de um país e a aposta do mesmo nesta indústria.

A sua expansão envolve cada vez mais países na produção de veículos automóveis conseguindo deste modo abranger mercados distintos. De tal modo que com as facilidades de fluxo de mercado, as novas adições ao mercado difundem-se facilmente no panorama económico, estabelecendo bases importantes para o seu desenvolvimento [6]. Visando a caracterização do desenvolvimento desta indústria no mercado internacional, foi efetuado o levantamento do desenvolvimento e valorização das ações nos últimos dez anos para os setores da GICS (Figura 2). A denotar que o setor *Real Estate* foi excluído da análise já que só entrou em vigor no ano 2016.

A S&P (*Standard&Poor's*) é uma organização focada na recolha de dados, análise e avaliação das movimentações do mercado e, segundo a mesma, os seus serviços abrangem 70% da capitalização do mercado global de ações. O *S&P Global 1200*, o índice abaixo utilizado como ferramenta de análise, é um índice ponderado dos índices do mercado de ações de trinta e um países. O setor de informação tecnológica apresenta a maior taxa de desenvolvimento juntamente com o setor de serviços de saúde e consumos essenciais [7].

Como representado na Figura 4, a indústria automóvel encontra-se entre os quatro setores que sofreram o maior aumento de valorização de ações no mercado nos últimos dez anos. Este aumento chama a atenção de cada vez mais investidores que incrementam o crescimento económico em redor desta indústria [8].

Tendo situado este mercado a nível global ficam então reunidas as condições para uma melhor análise dos indicadores económicos que podem caracterizar o seu desenvolvimento:

- Produção mundial de veículos automóveis;
- Postos de trabalho estabelecidos.

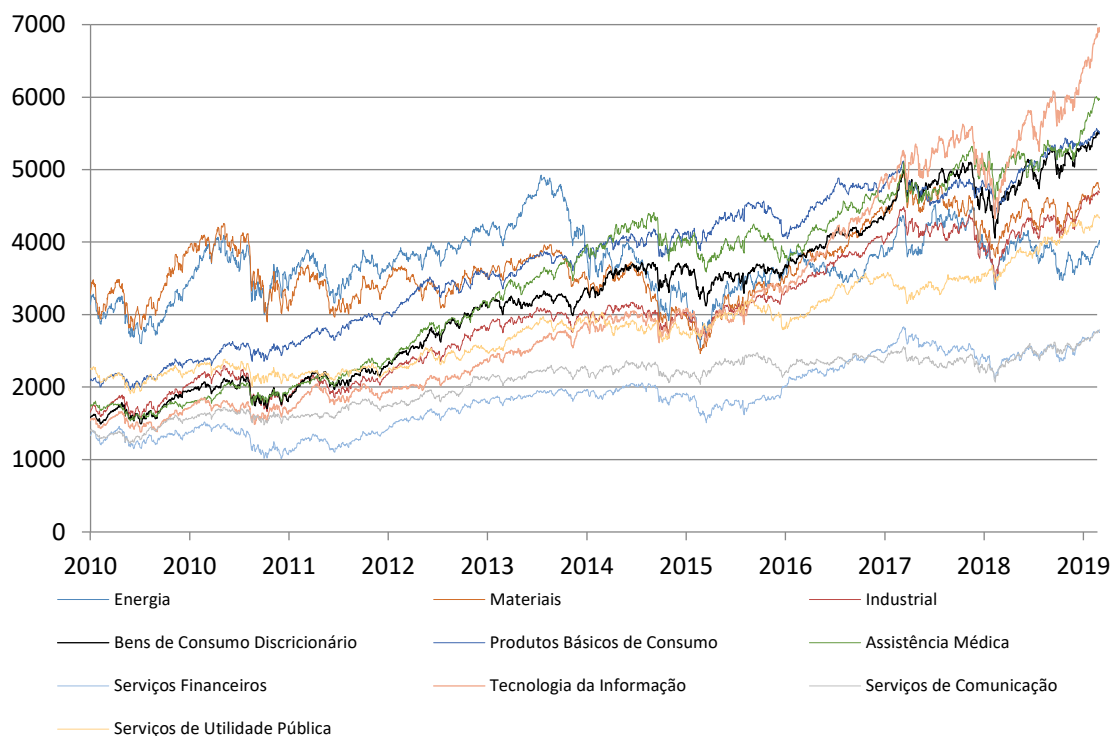


Figura 4 - S&P Global 1200 valorização do mercado de ações global para os diferentes setores GICS [7]

Produção Mundial de Veículos Automóveis

Ao longo das últimas duas décadas, tem existido uma expansão da indústria automóvel. Um sólido indicador deste facto é o crescente nível de produção demonstrado ao longo deste período (Figura 5).

Durante um período inicial, pode-se verificar um crescimento estável. No entanto, a indústria automóvel sofreu as consequências da crise financeira que se estava a fazer sentir entre os anos 2007 e 2009, sendo as regiões mais afetadas os Estados Unidos, Europa e Ásia [9]. Concluindo esta análise, é de denotar que a produção mundial de veículos automóveis aumentou em aproximadamente 40% durante o intervalo estudado.

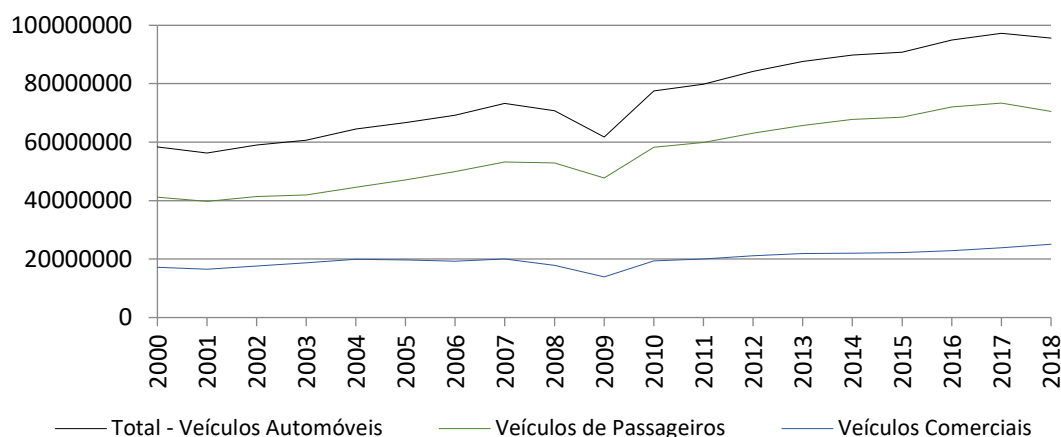


Figura 5 - Produção mundial de veículos automóveis ligeiros de passageiros 2000-2018 [9]

Como é expectável, o fluxo de mercado para esta indústria é variável e totalmente dependente da região integrante. Esta relação pode ser demonstrada nas Figura 6 e Figura 7, onde está

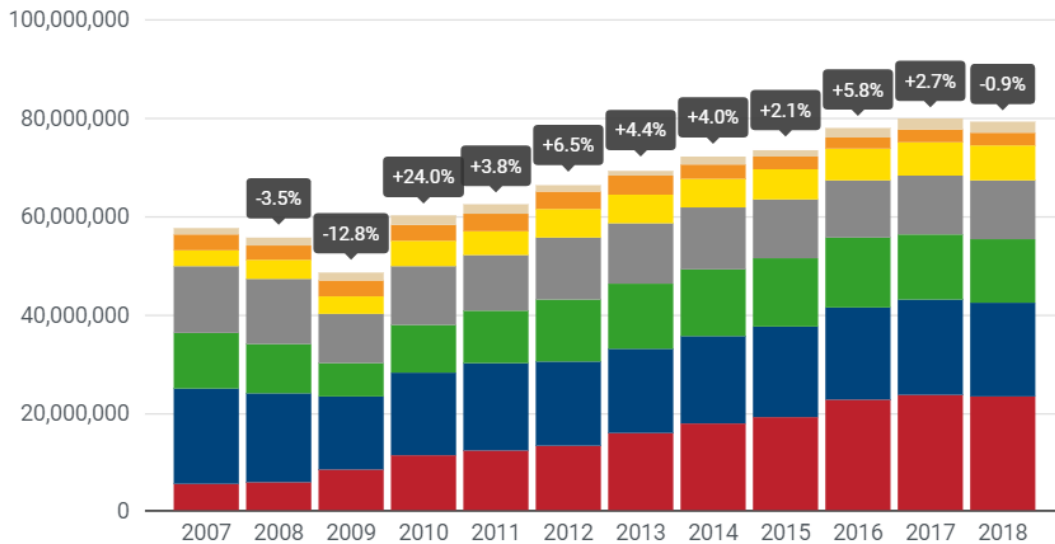
caracterizada a evolução dos níveis de produção para cada uma das sete regiões caracterizadas pela OICA (*Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*), para veículos de passageiros e veículos comerciais, respetivamente.

World passenger car production

In units, % change



- Greater China
- Europe
- North America
- Japan/Korea
- South Asia
- South America
- Middle East/Africa



Created with LocalFocus

Source: IHS MARKIT, OICA

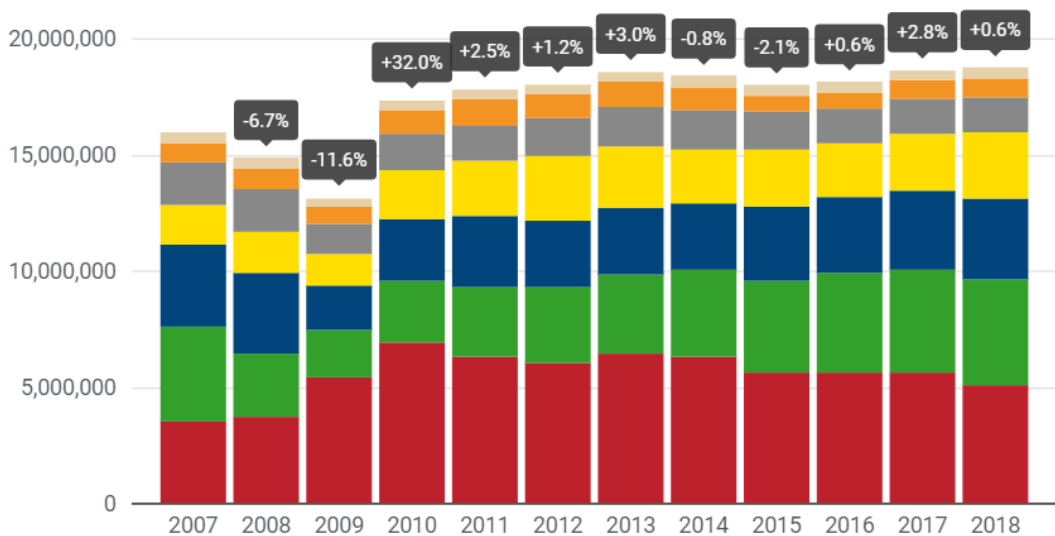
Figura 6 - Produção mundial de veículos de passageiros por região [8] [10]

World commercial vehicle production

In units, % change



- Greater China
- North America
- Europe
- South Asia
- Japan/Korea
- South America
- Middle East/Africa



Created with LocalFocus

Source: IHS MARKIT, OICA

Figura 7 - Produção mundial de veículos comerciais por região [8] [10]

A última década fica então marcada pela instituição da *Great China* (China; Hong Kong; Macau; Taiwan) como uma das potências da indústria automóvel, tendo tido, no período referido, um aumento de aproximadamente 20% na sua contribuição para a produção total global. Tornou-se assim a maior produtora de veículos automóveis em 2018, representando 29% da receita mundial, seguida Europa -23%; América do Norte-18%; Japão/Coreia-14%; Ásia Meridional-10%; América do Sul-4%; Médio Oriente/África-3%.

Postos de Trabalho Estabelecidos

Como consequência do desenvolvimento da indústria automóvel, advém um aumento no número de fábricas dedicadas. Segundo a ACEA (*European Automobile Manufacturers' Association*) [10], entre os anos de 1995 e 2007 existiu um aumento de 30% nos postos de trabalhos diretamente ligados a esta indústria. Atualmente a Alemanha encontra-se destacada a nível europeu relativamente a este índice representando um terço de todos os postos de trabalho. Aproximadamente 50% dos mesmos são situados em França, Polónia, Reino Unido, Roménia, República Checa, Itália e Espanha (Tabela 2).

Tabela 2 – Percentagem de postos de trabalho por região em 2017 [8]

País	Nº Postos de Trabalho	%
Alemanha	869118	33,33%
França	223000	8,55%
Polónia	202858	7,78%
Reino Unido	186000	7,13%
Roménia	185242	7,10%
República Checa	177156	6,79%
Itália	162876	6,25%
Espanha	157610	6,04%
Outros	443617	17,01%

2.1.3 Desenvolvimento Tecnológico

Um grande indicador da importância de uma determinada indústria numa economia pode ser dado pelo indicador intensidade de R&D (*Research and Development*). Este indicador é utilizado para comparações de mercados, alocando-os segundo grupos, alta, média e baixa intensidade [11]. Categoriza assim o sucesso de todos os esforços de desenvolvimento do produto comparando o lucro do novo produto com o investimento no mesmo.

Estabelece-se assim como uma ferramenta essencial para atrair o investimento público apresentando resultados tanto quantitativos como qualitativos, quanto ao desenvolvimento de uma dada atividade. Retira assim informações quanto a metodologias, eficiência, eficácia, impacto social entre outros indicadores de elevada importância [12].

De modo a concluir sobre a intensidade da aposta no desenvolvimento de novas indústrias, torna-se então imperativa a análise dos gastos mundiais por valor percentual de GDP (*Gross Domestic Product*), retratando este o valor de mercado de todos os serviços produzidos ao longo de um determinado intervalo de tempo.

Este desenvolvimento está caracterizado na Figura 8, onde se consegue verificar uma grande depressão durante os anos da crise financeira. Este intervalo foi marcado pelas taxas de desenvolvimento mais reduzidas dos últimos quarenta anos, salientando mais uma vez a relação intrínseca entre a estabilidade económica e um desenvolvimento tecnológico de grande dimensão.

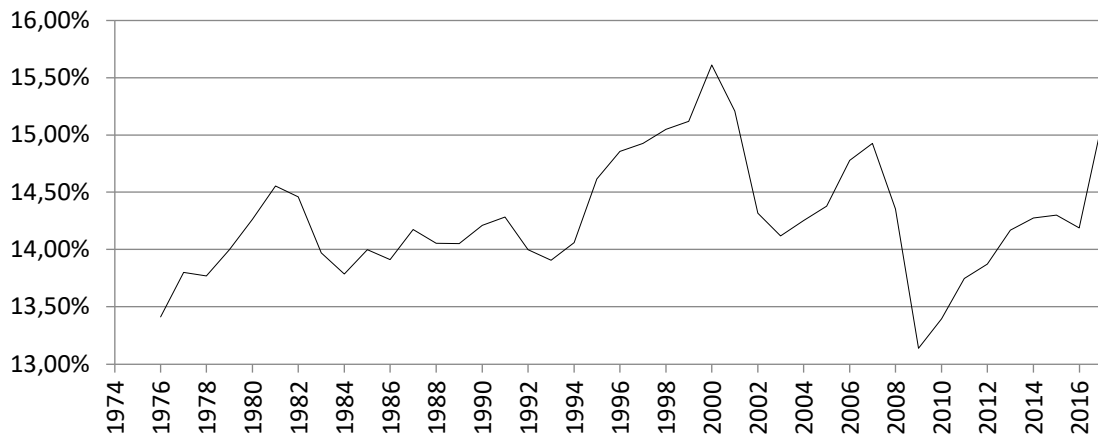


Figura 8 - Aumento percentual de R&D por % de GDP mundial

Como anteriormente referido, a China tem demonstrado um desenvolvimento contínuo de extraordinário carácter evolutivo. Ao longo do período de dezassete anos, descrito na Figura 9, a mesma teve a oportunidade e a estabilidade financeira necessária para um aumento no seu investimento no desenvolvimento tecnológico. Este investimento de 2000 a 2017 contou com um acréscimo de 90%. Relativamente às restantes potências de investigação tecnológica é notório o desenvolvimento crescente contínuo. Este é consequência do crescimento global económico e a necessidade de evoluir tecnologicamente de uma forma constante.

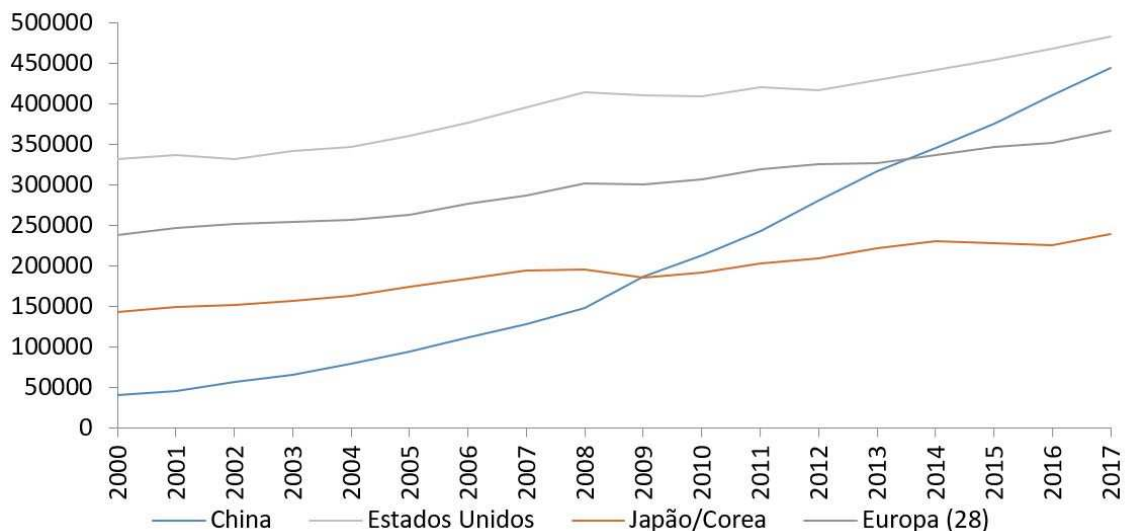


Figura 9 - Valor total despendido com R&D em dólares americanos nas quatro principais regiões

2.2 MANUTENÇÃO

Ao longo das últimas duas décadas o papel da manutenção dentro das organizações mudou drasticamente. Evoluiu de uma mera componente inevitável na produção para um fator essencial de estratégia, para mais facilmente atingir os objetivos de negócio pretendidos [13].

Esta evolução, até à geração que se encontra atualmente instaurada, decorreu ao longo de três períodos distintos (Tabela 3) e foi caracterizada por mudanças em três áreas distintas [14]: expectativas da manutenção, modos de falha e técnicas de manutenção.

Tabela 3 - Caracterização das diferentes gerações da manutenção e respectivas mudanças nas áreas especificadas

Expectativa	Modo de Falha	Técnicas Aplicadas
1ª Geração (1930-1950)		
Reparação do equipamento quando danificado.	<i>Wear Out</i>	Técnicas de reparação fundamentais.
2ª Geração (1950-1990)		
Maior disponibilidade do equipamento.	<i>Bathtub</i>	Calendarização de inspeções.
Aumento do tempo de vida do equipamento.		Sistemas de planeamento.
Redução dos custos de manutenção.		
3ª Geração (1990-2000)		
Aumento da taxa de disponibilidade e fiabilidade do equipamento.	Os seis modos de falha (Figura 10) estudados por Nowlan e Heap [15]	Monitorização das condições de funcionamento.
Aumento do tempo de vida do equipamento.		Análise de modos de falha (FMEA).
Melhorias na segurança de utilização.		<i>Design</i> que visa a sustentabilidade e fiabilidade.
Redução do impacto ambiental.		
Aumento da qualidade do produto.		
Aumento do tempo de vida do equipamento.		Trabalho em equipa e o <i>empowerment</i> .
Eficiência de custos.		Estudos de risco.

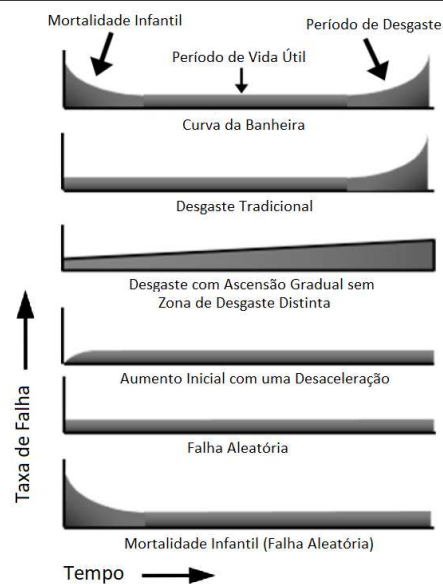


Figura 10 - Modos de falha caracterizados por Nowlan e Hean [15]

Em suma, a primeira geração ficou marcada por uma reduzida mecanização da indústria e utilização de equipamentos simples e robustos, mas sobre dimensionados. Em termos de ações de manutenção estas eram somente focadas na reparação após avaria. Posteriormente à 2ª Guerra Mundial, o desenvolvimento da segunda geração, ficou marcado por acentuados níveis de produção que levaram ao estabelecimento de sistemas de alguma complexidade tecnológica. No entanto, levou a um maior impacto nas avarias, mudando o foco para a prevenção das mesmas, juntamente com o planeamento preventivo e controlo, maximizando a vida dos ativos.

As características principais da terceira geração da manutenção são os tempos de paragem, que têm impacto direto na disponibilidade do equipamento, o desenvolvimento dos sistemas JIT e os padrões de qualidade mais restritos. O controlo de todas as novas metodologias e processos elevam os custos de manutenção em termos absolutos.

2.2.1 Conceitos Base da Manutenção

Neste capítulo, serão descritos os conceitos base intrínsecos para a compreensão do funcionamento desta atividade.

Definição e Normalizações em Vigor

Remetendo à norma EN 13306:2010 [16], esta caracteriza a manutenção como o culminar de todas as ações por parte do corpo técnico, administrativo e de gestão, que têm por objetivo manter ou repor o estado de funcionamento ótimo de um dado equipamento.

A gestão da mesma é o conjunto das atividades que visam a determinação dos objetivos, responsabilidades e as estratégias da manutenção implementados através do planeamento, supervisão e controlo. Deste controlo, advém também uma melhoria da gestão, incluindo o aspeto económico. Segundo a classificação formalizada pela CEN, CEN/TC 319 – *Maintenance* [17], estão em vigor as normas identificadas na Figura 11 e respetivas definições.

CEN/TC 319 Published Standards	
Reference, Title	Publication date
CEN/TS 17385:2019 (WI=00319017) Method for condition assessment of immobile constructed assets	2019-11-06
EN 13269:2016 (WI=00319021) Maintenance - Guideline on preparation of maintenance contracts	2016-05-18
EN 13306:2017 (WI=00319023) Maintenance - Maintenance terminology	2017-11-29
EN 13460:2009 (WI=00319011) Maintenance - Documentation for maintenance	2009-04-01
EN 15331:2011 (WI=00319013) Criteria for design, management and control of maintenance services for buildings	2011-08-17
EN 15341:2019 (WI=00319018) Maintenance - Maintenance Key Performance Indicators	2019-08-28
EN 15628:2014 (WI=00319015) Maintenance - Qualification of maintenance personnel	2014-08-13
EN 16646:2014 (WI=00319016) Maintenance - Maintenance within physical asset management	2014-12-17
EN 16991:2018 (WI=00319020) Risk-based inspection framework	2018-04-25
EN 17007:2017 (WI=00319022) Maintenance process and associated indicators	2017-10-18

Figura 11 - Normas publicadas e respetivas definições relativas à Manutenção - CEN/TC 319 [17]

Objetivo e Responsabilidades

Manzini et al. [18] caracterizam os objetivos e responsabilidades da manutenção segundo quatro áreas:

1. Estratégia - por definição, caracteriza o modo de implementação do objetivo (tarefas; procedimentos; ações; recursos; tempo)
2. Planeamento - tarefas documentadas e estruturadas, que incluem as atividades, procedimentos, recursos e a sua caracterização no horizonte temporal;
3. Execução;
4. Controlo e Supervisão dos Sistemas de Produção - no local, *online* ou remotamente.

Na Figura 15 encontra-se caracterizado um diagrama representativo da implementação de um sistema de gestão que utiliza as áreas anteriormente descritas. A estratégia será desenvolvida segundo ações ao nível estratégico, tático e operacional.

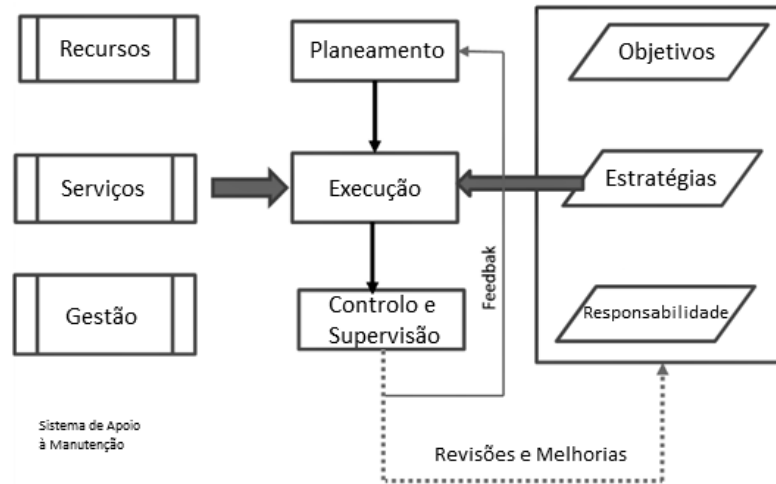


Figura 12 - Objetivo e responsabilidades da manutenção - exemplo de modelo de gestão [25]

Atualmente, ainda não existe uma metodologia mundialmente aceite de desenvolvimento e implementação de modelos de gestão da manutenção.

Funções da Manutenção

As funções da manutenção são divididas em primárias e secundárias como representado na Tabela 4. As primeiras são relacionadas com as ações diárias do departamento de manutenção e as últimas somente são adjudicadas por questões práticas, históricas ou outras.

Tabela 4 - Exemplo de algumas funções primárias e secundárias da manutenção [19]

Funções Primárias	Funções Secundárias
Instalação, desmantelamento e manutenção dos equipamentos.	Administração e proteção de armazéns, fábricas e outras instalações.
Manutenção do edifício e das áreas circundantes.	Gestão de equipamentos obsoletos, sucatas e resíduos.
Geração e distribuição de consumíveis produtivos e não produtivos.	Gestão de incidentes e participações ao seguro.
Limpeza, lubrificação e inspeção.	Cumprimento dos requisitos legais e regulamentares.

Estrutura da Manutenção

A estrutura da manutenção deve ser o mais reduzida possível, e proporcional à quantidade de imprevistos, aos quais terá necessidade de atender. Os fatores determinantes e condicionantes para uma definição de estratégia ótima são [20]:

- Dimensão do mercado da organização;
- Número de instalações e dispersão de localização;
- Características específicas técnicas das zonas de produção;
- Zonas com utilização de ferramentas específicas;
- Elementos da equipa técnica de manutenção;
- Organização da produção;
- Custo dos tempos de paragem.

Esta decisão deve ser tomada tendo em consideração o panorama geral da organização, assim como o desenvolvimento pretendido. Deste modo, a escolha de estratégia cai sobre uma análise

interna a ser efetuada, que, se bem interpretada, será uma guia na tomada desta decisão. A estrutura da manutenção pode ser centralizada, descentralizada ou uma solução híbrida resultado da fusão destas.

A manutenção centralizada corresponde a unidades de produção e departamento de manutenção subordinados a uma administração superior. Existe um menor compromisso entre a equipa de manutenção e as necessidades de produção, já que as mesmas são atendidas conforme vão sendo disponibilizados recursos, e as unidades de produção não têm uma intervenção consoante a urgência da situação. A mão de obra não especializada tem a possibilidade de ficar apta a trabalhar com um maior número distinto de máquinas.

Já as unidades de produção de uma manutenção descentralizada contam com as suas próprias equipas de manutenção. Isto evita a priorização de ordens de trabalho e estabelece um serviço mais especializado e com uma melhor relação manutenção produção. O tempo de espera por intervenção torna-se assim mais rápido. No entanto, existirá um aumento de custos associados devido ao nível de especialização necessário.

Tanto as vantagens como desvantagens da utilização de ambas as estruturas podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Vantagens e desvantagens da implementação de uma estrutura de manutenção centralizada e descentralizada

Vantagens	
Mão de obra especializada e uso de recursos específicos para a tarefa.	Tempo de resposta mais reduzido assim como a posterior tomada de decisão.
Formação e supervisão simplificadas e a especialização da mão de obra por intervenção frequente.	<i>Know-how</i> das operações sobre as quais incide.
Controlo da execução, tempo e qualidade mais simples.	Melhorias de comunicação coordenação e supervisão.
Desvantagens	
Dificuldade na deteção de problemas recorrentes para as mesmas tipologias de equipamentos.	Maior dificuldade no reconhecimento do erro comum.
Experiência reduzida na utilização e manuseamento de equipamentos e utensílios complexos.	Ferramentas e equipamentos específicos acarretam com custos extra.
Departamento de manutenção não tem compromisso tão vital para com os objetivos da produção.	Dificuldade no diagnóstico de problemas recorrentes.

CENTRALIZADA

DESCENTRALIZADA

2.2.2 Importância da Manutenção na Indústria Atual

Com os níveis de produção que atualmente estão em vigor, qualquer paragem não calendarizada de um ativo de uma organização provoca graves consequências no fluxo da produção. Isto leva a um aumento do interesse no desenvolvimento das capacidades do departamento de manutenção. Adicionalmente, o fator sustentabilidade [21] torna-se empírico, já que estes sistemas de manufatura apresentam elevados níveis de impacto no consumo de energia e recursos, emissões para o ambiente e para a sociedade. Pelas razões descritas, é necessário garantir a sustentabilidade do processo produtivo e, conseqüentemente, a sustentabilidade do desenvolvimento [22].

As fábricas industriais apresentam tempos de vida de trinta a cinquenta anos. Usualmente, os fluxos positivos de receita são atingidos durante a fase de operação (Figura 13). Deste modo, torna-se essencial o melhor aproveitamento da vida útil da infraestrutura [23]: aumento dos

lucros durante o período; a diminuição do custo da operação; redução do capital destinado à aquisição de novos equipamentos.

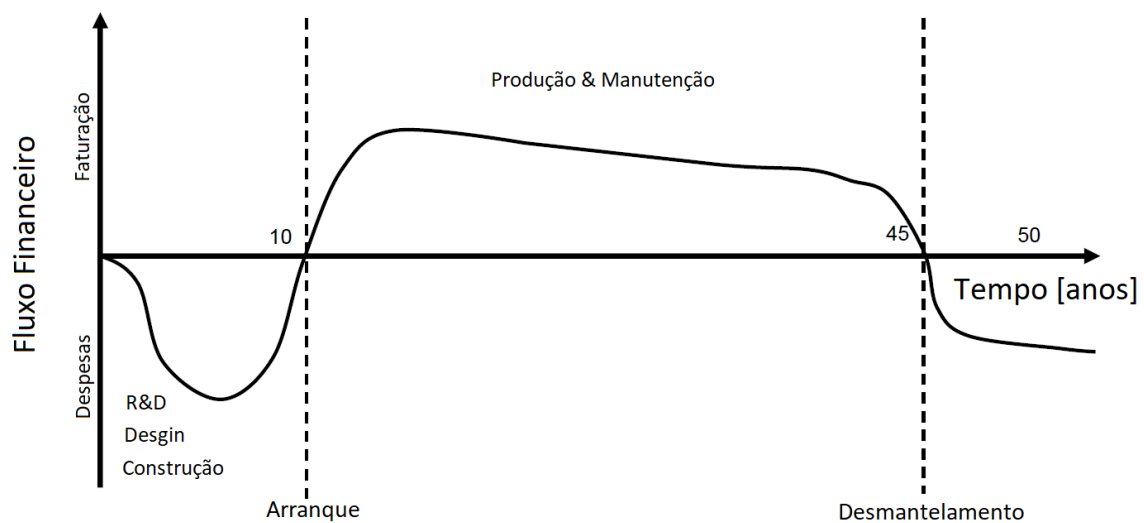


Figura 13 - Fluxo de receitas de uma indústria produtiva ao longo do seu ciclo de vida [22]

O problema de manter um dado ativo em funcionamento à sua capacidade máxima de produção, coloca um desafio às organizações. No entanto, cada vez mais o impacto das atividades de manutenção está a ser traduzido em qualidade de produto, e numa redução de custos de produção [23].

De forma a manter a sua competitividade no mercado, deverão ser eliminados quaisquer fatores perturbadores da produção [24], implementando ações que permitam manter o ativo a operar no seu estado de funcionamento ótimo [25]. O investimento financeiro na obtenção de ferramentas de controlo avançadas, que medem índices de desenvolvimento tais como MTTR (*Mean Time To Repair*), MTTF (*Mean Time To Failure*), MTBF (*Mean Time Between Failures*) e OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) [26], tornam-se fundamentais para sustentar os níveis de competitividade (Tabela 6). Estes índices funcionam como uma variável quantitativa demonstrativa do quão eficaz a organização foi no cumprimento dos objetivos a que se propôs [27].

Tabela 6 - Ferramentas de controlo avançado para monitorização e controlo da atividade de manutenção [26]

Índice	Descrição
MTTR	Caracteriza o tempo médio entre reparações analisando o tempo necessário até ao equipamento voltar às condições de trabalho normais. $MTTR = (\text{Tempo total de reparo}) / (\text{Número de Falhas})$
MTTF	De uma forma geral, representa o tempo que um determinado item é capaz de suportar até ao momento de falha. Este índice é de grande utilidade quando utilizado para estimar o tempo de vida de produtos não reparáveis. $MTTF = (\text{Tempo total de operação}) / (N^{\circ} \text{ unidades})$
MTBF	O tempo médio entre falha caracteriza a frequência de intervenções efetuadas no equipamento ao longo de um intervalo de tempo específico não envolvendo os tempos de reparação. $MTBF = (\text{Tempo total disponível} - \text{Tempo Perdido}) / (N^{\circ} \text{ de paragens})$

Maintenance 4.0

Recentemente, tem sido denotada uma crescente taxa de influência da tecnologia na dimensão económica, com o ambiente e com a sociedade. Comporta-se também como uma ferramenta de recurso que pode ser utilizada para construir a ponte entre a geração presente na organização e a agilidade para a criação de condições de produção para a geração futura.

Maintenance 4.0 é uma ferramenta de assistência digital para todas as tarefas que eram anteriormente efetuadas por colaboradores para assegurar o valor da organização. Isto inclui uma visão holística de fontes de informação, formas de recolha, análise e partilha, assim como as ações recomendadas que garantem a fiabilidade do ativo que passam a ser assistidas digitalmente [28]. As recentes tecnologias emergentes, como IoT, rede de sensores sem fios e sistemas computacionais de tratamento de dados embutidos nos sistemas produtivos, estão a iniciar a sua introdução no ambiente de fabrico.

Segundo Michael E. Porter et al. [29], a inteligência e as relações estabelecidas permitem a criação de novas funções de produto e capacidades. A organização deverá selecionar um conjunto de capacidades com o intuito de aumentar o valor acrescentado do seu produto e definir a sua estratégia competitiva. A sua sustentabilidade é caracterizada em três aspetos, que se encontram subdivididos em variados fatores descritos na Tabela 7. A manutenção evolui [30] de uma função reativa para uma abordagem preventiva, seguida pela *Lean Maintenance*, e terminando na *Green Maintenance*, que visa que todo o processo produtivo seja gerido segundo uma perspetiva sustentável [31].

Tabela 7 - Contribuição da manutenção para um processo produtivo sustentável [31]

Económica	Ambiental	Social
Qualidade e produtividade.	Prevenção de danos ambientais.	Relação da função manutenção com os seus acionistas dentro e fora da empresa, assim como o grupo de colaboradores do departamento de manutenção.
Entregas dentro dos prazos estipulados.	Redução das emissões e conservação de terreno.	
Inovação.	Redução do consumo de energia.	Segurança de toda a infraestrutura fabril.
Redução dos custos de manutenção e totais de operação.	Eficiência na utilização de recursos (água; ar; energia; materiais).	Saúde e segurança do colaborador.

Smart Maintenance

O desenvolvimento da complexidade dos sistemas das indústrias devido à elevada aposta na automação e difusão de sistemas, a fiabilidade e a disponibilidade, estão cada vez mais a solidificar a sua importância dentro do setor da manutenção [32]. Destaca-se também a necessidade de uma mão-de-obra mais especializada, que acompanhe as ditas evoluções. A transformação do equipamento para sistemas CPS (*Cyber-Physical System*), controlados e monitorizados por computadores, estando os seus componentes físicos e de *software* intrinsecamente relacionados, leva a um aumento radical da quantidade e qualidade da informação produzida em tempo real.

Uhlmann et al. [33] desenvolveram um sistema interativo, contextualizado e flexível de assistência ao técnico de manutenção. Isto é facilmente conseguido estabelecendo uma ligação entre o equipamento, o sistema integrado de rede e outras tipologias de sistemas como ERP, PLM ou CMS. Esta informação, pode ser transformada em instruções pré-definidas para a implementação de ações ou, se necessário, apresentar soluções mais específicas, mas sempre baseadas em informação atualizada e fidedigna.

É também de relevar as quatro dimensões da *Smart Maintenance*, que são a tomada de decisões baseadas em dados reais, recursos do capital humano, integração interna e integração externa [34].

Total Productive Maintenance (TPM)

Através da implementação de um pensamento *Lean*, as organizações obtiveram níveis mais elevados de produção e de competitividade, assim como outros objetivos, tais como a redução

de custos, o envolvimento de todos os grupos de colaboradores nas atividades e determinação da estratégia. A manutenção *Lean* classifica e agrupa técnicas e ferramentas cujo objetivo é a redução ou eliminação de resíduos e desperdícios desnecessários [35].

A TPM foi desenvolvida no Japão em 1971 pela Nippon Denso, tendo sido considerada uma abordagem inovadora. No cenário atual [36], continuam a existir elevados desperdícios relacionados com os operários, técnicos de manutenção, processo, problemas com ferramentas e a não disponibilidade de determinados componentes a tempo [37]. TPM propõe-se à criação de sistemas produtivos que maximizem a eficiência do sistema, estabelecendo mecanismos de prevenção de ocorrência de todas as perdas que ocorrem na infraestrutura e ao longo de todo o sistema produtivo [38]. A seleção de uma estratégia facilita a obtenção de benefícios e objetivos [39], para a TPM, estes são classificados segundo seis prioridades distintas (Tabela 8). Esta é aplicável a todos os departamentos e setores da organização e caracterizada pela participação de todos os membros do grupo de colaboradores.

Tabela 8 - Benefícios decorrentes da TPM podem ser classificados segundo as seis prioridades descritas [39]

Prioridades	Considerações TPM
Produtividade (P)	Redução de paragens não planeadas e melhoria da disponibilidade e produtividade. Providencia uma customização de capacidades adicionais, fácil mudança e <i>design</i> de produto.
Qualidade (Q)	Redução dos problemas de qualidade do produto numa produção insustentável. Através da melhoria da qualidade redução das falhas na produção.
Custo (C)	Custo do tempo de vida. Procedimentos de manutenção eficientes. Redução da qualidade e paragens relacionadas com desperdício.
Entrega (D)	Apoio dos esforços JIT para equipamentos dependentes. Melhorias na eficiência, velocidade e fiabilidade da entrega.
Segurança (S)	Melhorias ao ambiente de trabalho. Retratar zero acidentes no trabalho. Eliminar situações de perigo.
Moral (M)	Melhorias significativas no <i>kaizen</i> e sugestões. Aumento do conhecimento do processo e do produto por parte do colaborador.

Toda a implementação desta metodologia tem como base os já conhecidos oito pilares TPM. Estes são descritos e caracterizados na Figura 14, e têm por objetivo a classificação da implementação de uma dada organização segundo a metodologia TPM.

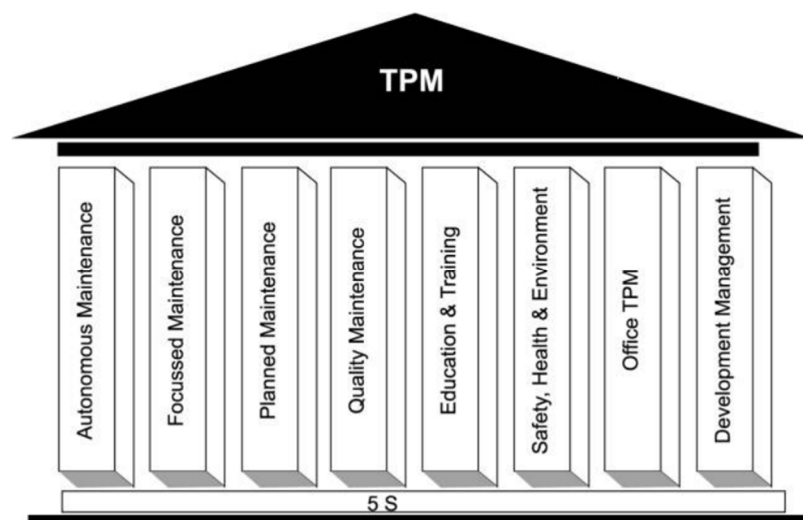


Figura 14 - Os oito pilares para a implementação do TPM [36]

Recorrendo ao estudo realizado por Guariente *et al.* [40], o desenvolvimento da prática de um destes pilares, a manutenção autónoma, apresentou consequências diretas no número de intervenções, disponibilidade do equipamento e OEE. Isto resultou num aumento do MTBF e redução do MTTR, somente através da utilização de técnicas visuais de gestão. Adicionalmente, foram criadas condições para que facilmente sejam detetados quaisquer problemas, tendo a resolução destes sido previamente identificada e providenciada tanto ao operador, como ao técnico de manutenção. Martins *et al.* [41] obteve resultados ainda mais positivos, tendo apresentado uma surpreendente redução de falhas de equipamento de 66 %. Isto foi possível não só com a manutenção autónoma, mas também através de um planeamento de manutenções preventivas, classificação de criticidade de equipamentos e organização de ações de manutenção de acordo com as necessidades de produção.

2.3 MÉTODOS DE ANÁLISE

2.3.1 Diagrama de Pareto

Também denominada de Curva ABC, esta ferramenta é uma técnica estatística que auxilia a tomada de decisão, através da priorização da necessidade de resolução dos problemas em mão. Com isto, impulsiona a otimização da aplicação de ambos os recursos financeiros e materiais da organização, controlando a aquisição, consumo e desperdício.

Tabela 9 - Tabela resumo de revisão bibliográfica para o método de análise: Diagrama de Pareto

Referência	Desenvolvimento e Resultados
[42]	A gestão de peças de desgaste para equipamentos produtivos, conforme descrito por Teixeira <i>et al.</i> , é um processo que afeta o desempenho da gestão da manutenção e, consequentemente, da produtividade. As peças de desgaste são essenciais para o funcionamento eficiente do equipamento, evitando perdas de produção e qualidade. Por outro lado, níveis de inventário elevados produzem perdas de capital e imobilização de espaço de armazém. Para isto, os fatores que influenciam as decisões relativas à aquisição e armazenamento destes componentes, têm de ser conhecidos. O desenvolvimento de uma nova ferramenta de classificação de critérios múltiplos irá melhorar a tomada de decisão relativamente à quantidade de peças de desgaste em armazém.
[43]	De acordo com Chen <i>et al.</i> , a eficiência e eficácia da gestão de <i>stocks</i> ajuda a organização a manter-se em vantagem competitiva. O objetivo contempla a introdução da análise ABC a múltiplos critérios tais como tempo de espera e criticidade dos SKUs (<i>Stock Keeping Units</i>) os quais são expectáveis fornecerem uma gestão mais flexível. Foi concluído que a introdução extra de critérios (tempo de ciclo e criticidade por SKU) produz uma melhor e mais específica obtenção da classificação dos SKUs resultando numa gestão mais flexível, não exclusivamente baseada em gastos anuais.
[44]	Chu <i>et al.</i> afirma que o estabelecimento de que <i>stocks</i> distintos não podem ser controlados de formas equivalentes. Releva também o facto desta metodologia somente incidir sobre um critério e propõem-se ao desenvolvimento de um novo modelo. Este estará apto a lidar com variáveis nominais e não nominais, poderá incorporar a experiência da gestão, capacidade crítica de pessoal qualificado para a classificação de peças de desgaste, e terá uma implementação simplificada. Deste modo, foi então desenvolvido um modelo mais útil em termos práticos, tendo obtido uma maior precisão de qualificação.
[45]	Foi proposta a melhoria do desempenho da tolerância de produto final, controlo e estabilidade do processo numa fábrica de pneus. Barbosa <i>et al.</i> identificou, através de uma análise de Pareto à conformidade do produto, as principais causas de falha, seguido do desenvolvimento de propostas com o intuito de as solucionar. Através da implementação de ações, foi então possível elevar a qualidade do processo e reduzir o

Referência	Desenvolvimento e Resultados
	número de não conformidades, o que elevou conseqüentemente a taxa de qualidade do produto final, o controlo e a capacidade do processo.
[46]	Segundo Torabi et al. a curva ABC é uma forma eficiente de uma organização controlar o fluxo de <i>stock</i> . No entanto, as generalidades dos modelos assumem somente critérios quantitativos. O objetivo será a modificação deste modelo, para que admitisse variáveis qualitativas desenvolvendo resultados mais práticos e lógicos. Este novo programa foi validado, possibilitando a análise de ambos os tipos de variáveis, qualitativas e quantitativas abordando cada uma com pesos semelhantes, sendo que é essencial para uma compreensão mais realista da classificação de inventário.
[47]	Existe, de acordo com Masoud Mehdizadeh, dados extremamente vagos e incertos que afetam a qualidade da previsão da procura e, conseqüente, ordem de aquisição de peças para automóveis. O objetivo é a comparação entre o valor da procura das peças de desgaste e o aumento número de quilómetros. Após a aplicação deste modelo, foi validado o reconhecimento correto dos fatores que afetam a decisão do revendedor. Isto traduz-se no aumento do valor monetário das requisições efetuadas pelo revendedor, e a classificação das peças de desgaste segundo o impacto no desempenho do distribuidor, o que se tornou possível através do estabelecimento de padrões de consumo para o período que se segue, resultando numa maior fluidez de requisições.
[48]	A indústria alimentar é associada a padrões elevadíssimos e cuidados específicos que levam à introdução de um ambiente extremamente competitivo, quer em qualidade, quer em produção. Quaisquer falhas que resultem em paragens de produção de emergência ou não conformidades com o produto final, deverão ser evitadas. Para tal, foram caracterizados todos os equipamentos da organização segundo três níveis de criticidade, correspondentes a cinco critérios distintos, tendo os resultados sido expostos num diagrama de Pareto. O estudo de Santos <i>et al.</i> apresentou resultados sem precedentes relativamente à utilização desta metodologia, como modo de classificação de ativos críticos, de acordo com a sua importância para o processo produtivo. Esta metodologia está apta a ser aplicada a todo o tipo de indústria.
[49]	Ferreira <i>et al.</i> afirma que no mercado atual, em constante mudança e com um nível de exigência elevadíssimo, as operações de manutenção tornam-se fulcrais. No entanto, mesmo existindo conceitos e ferramentas habitualmente utilizados, nenhum procedimento padrão foi até hoje estabelecido no que toca à avaliação do sucesso da implementação de melhorias. Como tal, neste artigo encontra-se descrita a correta sequência de utilização de ferramentas, conduzindo as operações de manutenção a um maior nível de eficiência e eficácia. O princípio de Pareto foi uma das ferramentas da qualidade utilizadas, por forma a priorizar ações de melhoria a uma linha de montagem, equipamento ou componente específicos. As conclusões apresentadas foram extremamente positivas, tendo o modelo desenvolvido sido validado.

2.3.2 Diagrama *Ishikawa*

Esta metodologia é um formato extremamente acessível de identificação da causa e conseqüente efeito, no processo que uma determinada variável apresenta. É também utilizado no controlo e gestão da qualidade, para ajudar a eliminar as dispersões de um determinado processo.

Tabela 10 - Tabela resumo de revisão bibliográfica para o método de análise: Diagrama de *Ishikawa*

Referência	Desenvolvimento e Resultados
[50]	Visando a redução do número de operações de acabamento superficial ao produto final Silva et al. propôs a otimização dos parâmetros de injeção e da configuração do molde com o intuito de reduzir o número de operações de acabamento necessárias. Foi utilizado um diagrama de <i>Ishikawa</i> por forma a enumerar todos os fatores desestabilizadores da qualidade superficial. O objetivo foi cumprido, tendo esta ferramenta sido essencial para o estabelecimento dos conceitos que permitiram a sua resolução.

Referência	Desenvolvimento e Resultados
[51]	O mercado atual requer uma constante flexibilidade de adaptação de fornecedores por parte de uma organização. Por forma a mesma manter em permanência um elevado nível de competitividade, então é crucial que procure atingir a excelência operacional dos seus sistemas produtivos, através da melhoria e redução de custos contínua. Após a recolha dos dados, estes foram analisados e todas as causas raiz do problema foram determinadas e expostas num diagrama de <i>Ishikawa</i> . Costa et al. apresentou resultados positivos, tendo esta ferramenta apresentado vantagens na identificação e eficiente resolução dos problemas.
[52]	Tavares et al. propôs a otimização do processo de branqueamento de tecido 100 % algodão. Após o estudo e caracterização deste processo, foi efetuado o levantamento de todas as variáveis que influenciam a perda de cor e os parâmetros que causam a variabilidade do processo de branqueamento. Foram testados variados métodos por forma a solucionar os problemas encontrados. Este estudo obteve sucesso já que a causa-raiz da problemática foi identificada tendo sido traduzida em melhorias significativas ao processo.
[53]	Foi desenvolvido um estudo a uma tipologia de máquinas de fabrico de pneus específicas. Como principal objetivo foi estabelecido que, devido ao número substancial de falhas apresentadas nestes equipamentos, se deveria desenvolver condições para limitar o tempo de falha para 50 % e o desempenho em 6 %. Este projeto adotou uma metodologia de cinco fases: revisão bibliográfica; análise dos mecanismos; identificação dos problemas; mitigação de problemas e a implementação. Na terceira fase, Santos <i>et al.</i> , utilizaram um diagrama de <i>Ishikawa</i> como forma de dissecar todos os problemas, bem como as respetivas causas raiz. Todas as soluções implementadas para a sua resolução levaram a uma redução do tempo de falha de 62 % e a um aumento de desempenho em 9 %, valores superiores ao estipulado no início do projeto.
[54]	Os processos de fundição injetada apresentam um número elevado de sobras e desperdícios. Uma das principais preocupações passa pela ocorrência de defeitos tais como falha de injeção, bolhas ou porosidades. Os defeitos foram categorizados, sendo a totalidade das suas causas raiz identificadas através de um diagrama de <i>Ishikawa</i> e solucionadas segundo as sete ferramentas base da qualidade. Após um acompanhamento durante um mês, e seguindo os novos parâmetros estipulados, o desperdício foi reduzido de 14 % para 9 %. Como tal, as metodologias utilizadas foram benéficas para a otimização do processo e, conseqüentemente, redução de custos e tempo.

2.3.3 Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA é uma ferramenta de melhoria contínua. Esta representa um processo sem fim, ou seja, todas as suas fases são instauradas e, de forma cíclica, questiona-se repetidamente os trabalhos relativos à mesma. De um modo geral, um ciclo envolve o desenvolvimento de um plano (*P-Plan*), a sua execução (*D-Do*), conseqüente verificação de resultados (*C-Check*) e implementação de ações (*A-Act*), por forma a eliminar quaisquer outros problemas que tenham surgido.

Tabela 11 - Tabela resumo de revisão bibliográfica para o método de análise: Ciclo PDCA

Referência	Desenvolvimento e Resultados
[55]	A conservação do nível de competitividade da empresa e a satisfação do cliente requerem a implementação contínua de procedimentos de melhoria. Neves et al. propôs a combinação do Ciclo PDCA com ferramentas <i>Lean</i> , por forma a atingir este objetivo. Isto foi conseguido através do aumento dos requisitos relativamente à garantia da qualidade e monitorização do processo. Ficou assim provada a eficácia desta metodologia: identificação do problema através de um diagrama <i>Ishikawa</i> ; solução através do controlo e seleção adequada de fornecedores, ajuste da carga entre setores internos, direção de manutenção e manutenções preventivas.

Referência Desenvolvimento e Resultados

- [56] Ben-Daya et al. referem as expectativas e pressão da sociedade relativamente à adoção de normas mais restritas para a saúde e segurança, bem como à qualidade do trabalho. No que respeita a manutenção dos ativos, esta necessita de evoluir continuamente através de todas as fases do ciclo PDCA, por forma a impulsionar o crescimento sustentável da organização a nível económico, ambiental e social. Logo, por forma a diminuir o risco de sustentabilidade, todas as organizações devem empregar processos de melhoria, por forma a atingir as melhores práticas.
-
- [57] Segundo Silva et al., as organizações que obtenham uma gestão ambiental bem sucedida, ganham notoriedade no mercado competitivo e geram melhorias consideráveis aos seus processos. Foi desenvolvido um programa baseado no ciclo PDCA visando a redução de desperdícios. Para tal, as normas foram estudadas, planos de manutenção revistos, matriz de escalonamento definida, e foi efetuada a consolidação e definição das diferentes funções. Estes concluíram que com a utilização desta ferramenta é possível um aumento de produtividade e qualidade do processo, assim como melhorias económicas.
-
- [58] Rosa *et al.* propôs-se à otimização do produto e/ou processo, incremento de competitividade e redução de custos de produção, sem recorrer a investimento complementar. Possibilitando a implementação das soluções desenvolvidas, foram utilizadas metodologias *Lean* e PDCA. Isto foi efetuado em variadas fases, entre as quais o ciclo PDCA foi reiniciado. Através da atualização dos equipamentos e redução de desperdícios em diferentes áreas e normalização de metodologias de trabalho, o desempenho do sistema produtivo em estudo sofreu otimizações drásticas.
-

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO INICIAL

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

3.3 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO

3.4 CARATERIZAÇÃO DO PROCESSO

3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO INICIAL

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa de acolhimento, designada por Fico Cables - Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda, foi fundada em 1971. É uma organização de fabrico de componentes automóveis para veículos comerciais e de passageiros, situada na Rua do Cavaco 115 apartado 1075, Vermoim, 4470-263 Maia [59].



Figura 15 - Instalações da Fico Cables em Vermoim, Maia [60]

A Fico Cables pertence ao grupo Ficosa Internacional S.A., fundado a 1949, o qual se encontra ativo em todo o mundo [61]:

- O grupo Ficosa é composto por mais de dez mil colaboradores que são a base do seu sucesso;
- A receita em 2017 foi de 1.2 biliões de euros;
- Investimento de 6,5% dos ganhos anuais em R&D, tendo catorze centros de R&D pelo mundo;
- A presença global é robusta, estando representada em dezasseis países na Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia.

Esta é constituída não só por fábricas, mas também por centros de investigação e escritórios comerciais, o que se traduz numa grande competitividade no mercado global e permite criar um serviço mais dedicado ao OEM.

Produtos, Ativos e Instalações

A Fico Cables concentra-se somente na produção de sistemas de conforto e sistemas de cabos [62] que podem ser observados na Figura 16. Nos sistemas de conforto são fabricados coxins, grelhas de apoio lombar e de apoio lateral. Já os sistemas de cabos desenvolvidos são relativos ao acionamento de portas, abertura do capô, mala, e cabos para assentos.

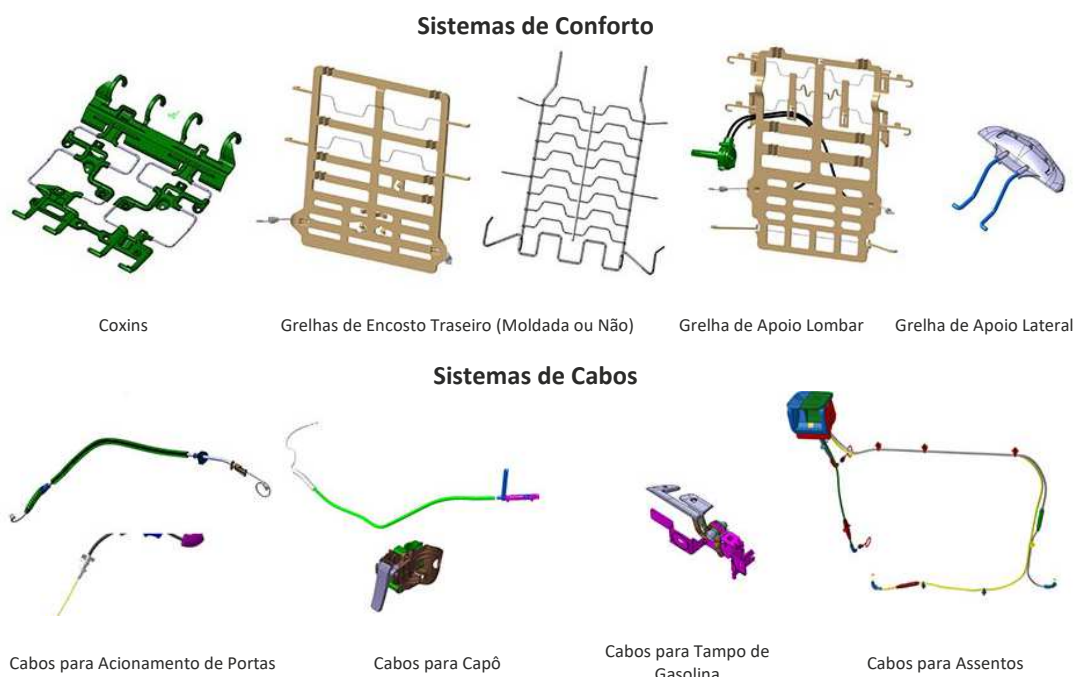


Figura 16 - Exemplos de sistemas de conforto e sistemas de cabos produzidos pela Fico Cables [62]

A organização conta com um leque extremamente abrangente de famílias e tipologias de máquinas que permite o fabrico dos seus produtos, como por exemplo, máquinas de injeção de Zamak, injeção de plástico, fabrico de espiral, corte abrasivo, corte elétrico de cabo, conformação de arame, planetárias e extrusão. Estes ativos são utilizados de forma individual ou como meio para abastecer a produção de uma enorme gama de linhas de montagem. Este poder produtivo está distribuído por cinco unidades autónomas de produção distintas localizadas ao longo das instalações da Fico Cables [63]. Na Tabela 12 estão descritas para cada UAP as tipologias de máquinas utilizadas.

Tabela 12 - Descrição do tipo de fabrico e equipamentos inseridos dentro de cada unidade de produção

UAP	Descrição	Equipamentos
UAP 1	Fabrico de espiral	Máquinas de fabrico de espiral armado e laminado; Laminadores; Extrusoras; Máquinas de corte de espiral
UAP 2	Fabrico de grandes séries	Máquinas de corte de cabo e espiral; Máquinas de injeção de plástico; Máquinas de injeção de Zamak; Linhas de montagem
UAP 3	Fabrico de grandes séries	Máquinas de corte de cabo e espiral; Máquinas de injeção de Zamak; Linhas de montagem
UAP 4	Fabrico de sistemas de conforto	Máquinas de corte de arame; Máquinas de corte e conformação de arame; Fornos para tratamento térmico de arame; Linhas de montagem
UAP 5	Fabrico de pequenas séries	Máquinas de corte de cabo; Linhas de montagem

3.1.1 Departamento de Manutenção

O DM (Departamento de Manutenção), organograma representado na Figura 17, é um de dezanove departamentos que compreendem a estrutura organizacional da Fico Cables. De todos, somente três são intrínsecos aos trabalhos realizados nesta dissertação, são eles o Departamento de Produção, o Departamento Técnico Injeção/Moldes e o Departamento de Engenharia de Processos.

A instrução interna da empresa definiu e caracterizou as funções da manutenção como o departamento responsável pela conservação e reparação de todas as máquinas e infraestruturas pertencentes à organização. É então da responsabilidade da manutenção:

- Gerir na globalidade o sistema de manutenção;
- Atribuir as ações específicas de manutenção aos diversos elementos do departamento;
- Garantir o registo das atividades;
- Garantir que todo o material produtivo utilizado em todas as intervenções de manutenção é devidamente sucitado, para posterior avaliação ou seleção por parte da produção;
- É responsabilidade de toda a organização cumprir com as tarefas de manutenção que lhes são atribuídas, e cuja respetiva formação tenha sido efetuada.

Dentro deste espetro de gestão, não caem custos e responsabilidades relacionadas com moldes ou estruturas, já que estes são responsabilidade de um departamento unicamente dedicado a estas atividades.

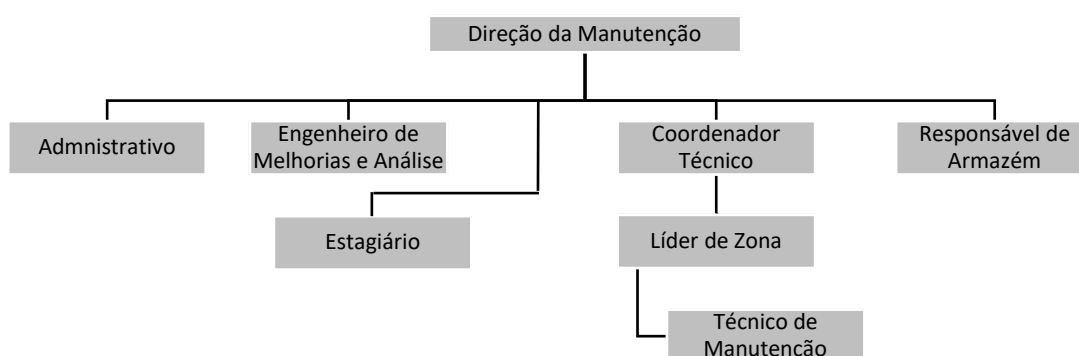


Figura 17 - Estrutura organizacional do Departamento de Manutenção na Fico Cables

No decorrer desta dissertação, irão ser abordados os conceitos de manutenção corretiva, preditiva e melhorativa. Para o DM, a manutenção corretiva, atividade técnica executada depois da ocorrência da avaria, é aplicável a todos os técnicos de manutenção, sendo da responsabilidade do armazém a imputação do material necessário para o restauro do ativo. A manutenção preditiva é relativa à capacidade de toda a organização em alertar a deteção de situações anormais, para se atuar sem chegar a uma situação de rutura ou emergência, devendo monitorizar, inspecionar, acompanhar e analisar as tendências de falha. A manutenção melhorativa tem como objetivo a realização de alterações no equipamento, por forma a reduzir ou eliminar operações e custos de manutenção. Para tal, deverão ser equacionadas melhorias/modificações sempre que:

- Forem detetados problemas repetitivos/reincidentes num equipamento, cujo efeito represente aumento de operações e custos de manutenção e, por conseguinte, redução da disponibilidade do equipamento;
- Se detetar um consumo frequente ou exagerado de um tipo de peças/componentes;
- Aquando de uma intervenção preventiva ou corretiva, se se detetar uma potencial oportunidade que reduza operações de manutenção futura e consequentemente, aumente a disponibilidade do equipamento.

A metodologia a utilizar para a implementação, inicia-se com o desenvolvimento de propostas e realização de estudos que justifiquem a execução, teste, validação e sua normalização. Adicionalmente deve ser efetuado o registo das melhorias em forma de OT (Ordem de Trabalho).

Este departamento conta ainda com a intervenção de um *software* de apoio às atividades de manutenção, sendo que inicialmente era utilizado o MAC, e ao longo do estágio este foi substituído pelo MAPEX, em novembro de 2019. Destes dois *software* provém o mesmo tipo de informação relativamente a requisições em armazém e as OTs requeridas, pelo que uma distinção entre a utilização dos dois não será necessária. Exemplos de ambas as tipologias de informação recolhida estão expostas no ANEXO 1.1 e ANEXO 1.2, respetivamente.

Relativamente à produção, é também fornecido acesso ao Citrix. Esta é uma ferramenta de controlo de produção na qual é possível a recolha de dados, tabela exemplo no ANEXO 1.3, relativos à quantidade de peças fabricadas em cada máquina.

Por último, foi caracterizado o departamento, por forma a criar uma fundação para todo o planeamento estratégico a ser desenvolvido, segundo as suas fraquezas, pontos fortes, oportunidades e ameaças, de acordo com a análise da Figura 18.

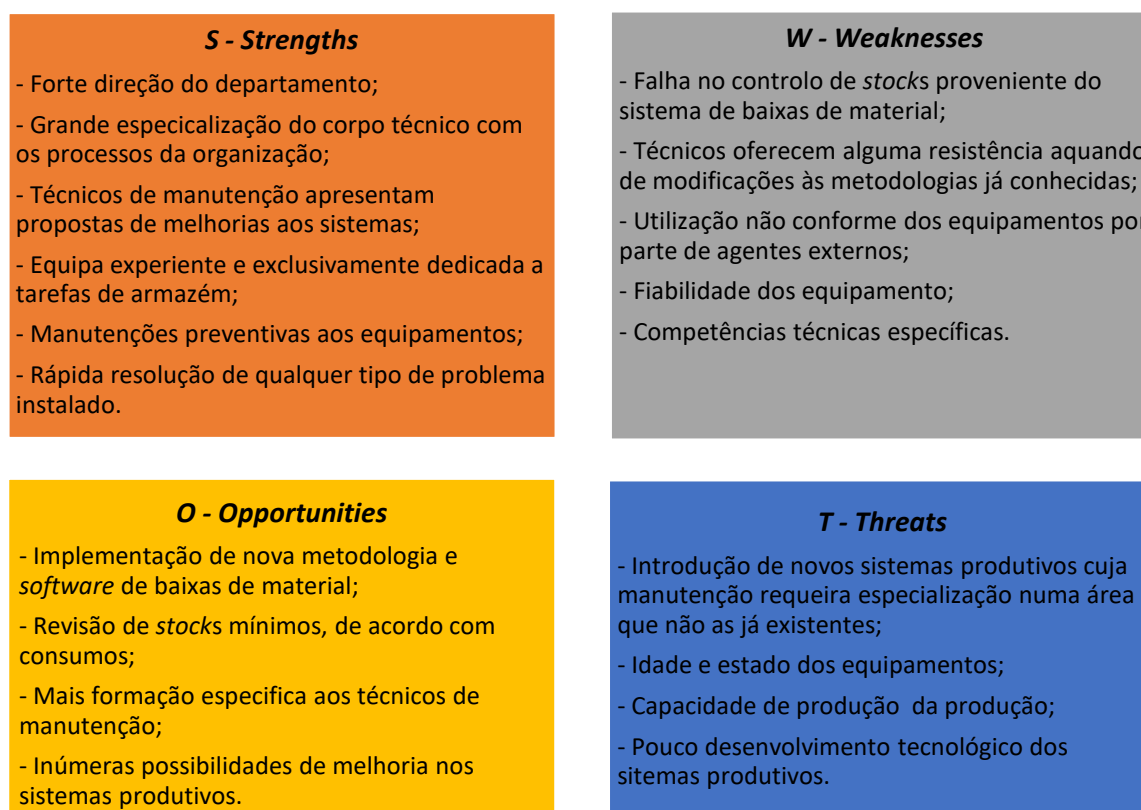


Figura 18 - Análise SWOT do departamento de manutenção

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O consumo excessivo e não controlado de determinadas peças de desgaste agregadas a processos e linhas de montagem distintas é um dos principais assuntos em foco no DM. Isto prende-se com o facto de serem alocados recursos para a resolução de um problema solucionável, quando o foco principal deste departamento deveria ser o planeamento e execução de manutenções preventivas. Primeiramente, foi definido o período para o qual a análise iria ser realizada: nove primeiros meses de 2019. Deste modo, e utilizando a ferramenta destinada à função (MAC/MAPEX), foi efetuada a recolha de dados relativos ao consumo de peças de desgaste em armazém. Foi definido, junto da direção do departamento, que após a obtenção dos dados, estes iriam ser tratados visando a obtenção de uma listagem dos dez

primeiros componentes com maior número de requisições. No entanto, esta variável única não oferece base para uma seleção ponderada de componentes. Como tal foi realizado o levantamento do respetivo custo de aquisição (Tabela 13).

Tabela 13 – Tabela classificativa por relevância quantitativa de requisições de peças de desgaste em armazém e respetivos custos de aquisição no período de janeiro a setembro do ano de 2019

	Designação	Nº Requisições	Custo por Peça	Custo Total
1	Bico de Injeção	527	38,00 €	20 026,00 €
2	Sensor M8 NO s/cabo	448	9,00 €	4 032,00 €
3	Lâmina de Corte de Cabo	309	55,00 €	16 995,00 €
4	Sensor Cilindro GR NO	261	7,35 €	1 918,35 €
5	Roletto Arrasto (borracha)	258	7,00 €	1 806,00 €
6	Resistência	227	52,00 €	11 804,00 €
7	Casquilho Interior	219	6,30 €	1 379,70 €
8	Casquilho Exterior	218	5,15 €	1 122,70 €
9	Eléctrodo - 1,25	206	22,50 €	4 635,00 €
10	Veio Sistema Fecho de Molde	198	21,00 €	4 158,00 €

Seguidamente, a informação foi trabalhada e analisada através de dois diagramas de Pareto, um relativo ao número de requisições e o outro aos custos de aquisição, Figura 19 e Figura 20, respetivamente. A utilização destes diagramas prendeu-se com a simplicidade da seleção dos componentes com a maior urgência de intervenção.

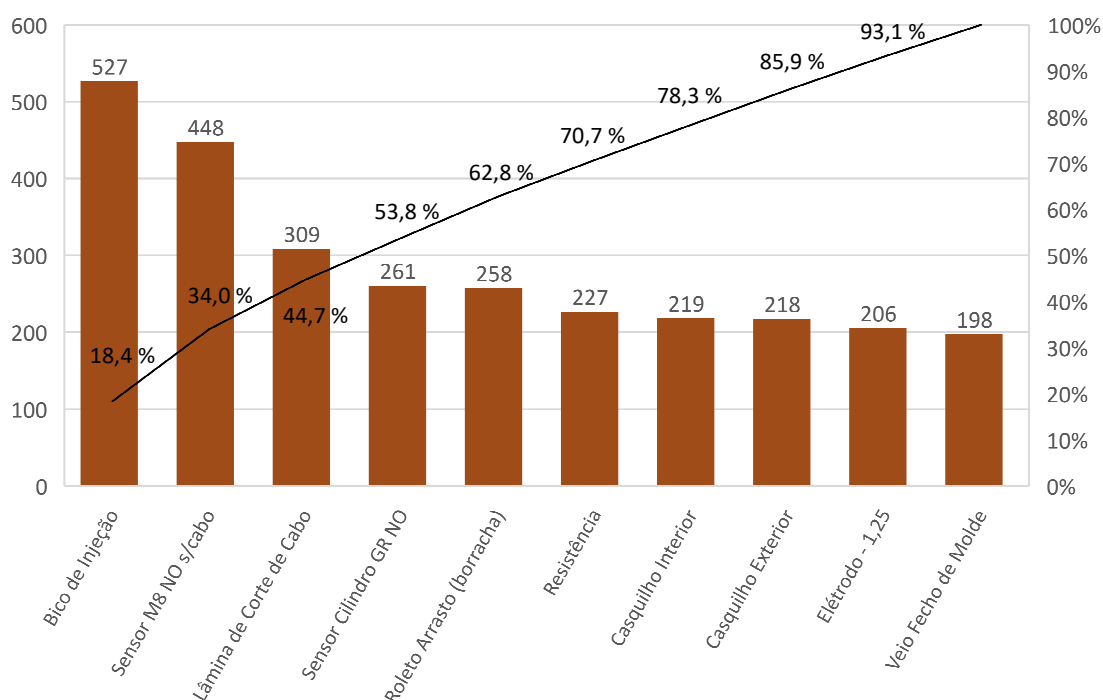


Figura 19 - Diagrama de Pareto da tabela classificativa por relevância quantitativa de requisições de peças de desgaste de janeiro a outubro do ano de 2019

A Figura 19 indica somente que o Bico de Injeção e o Sensor M8 NO s/cabo se encontram destacados com a maior variação, 8 % e 5 % respetivamente, relativamente à Lâmina de Corte de Cabo, sendo que os restantes variam entre 1,7 % e 0,03 % no global.

No entanto, observando a Figura 20, é notória a discrepância entre o valor dos três primeiros componentes, já que estes compreendem 71,9 % de todo o custo despendido para a aquisição dos elementos desta lista o Bico de Injeção constitui 29,5 %, a Lâmina de Corte de Cabo 25,1 % e a Resistência 17,3 %.

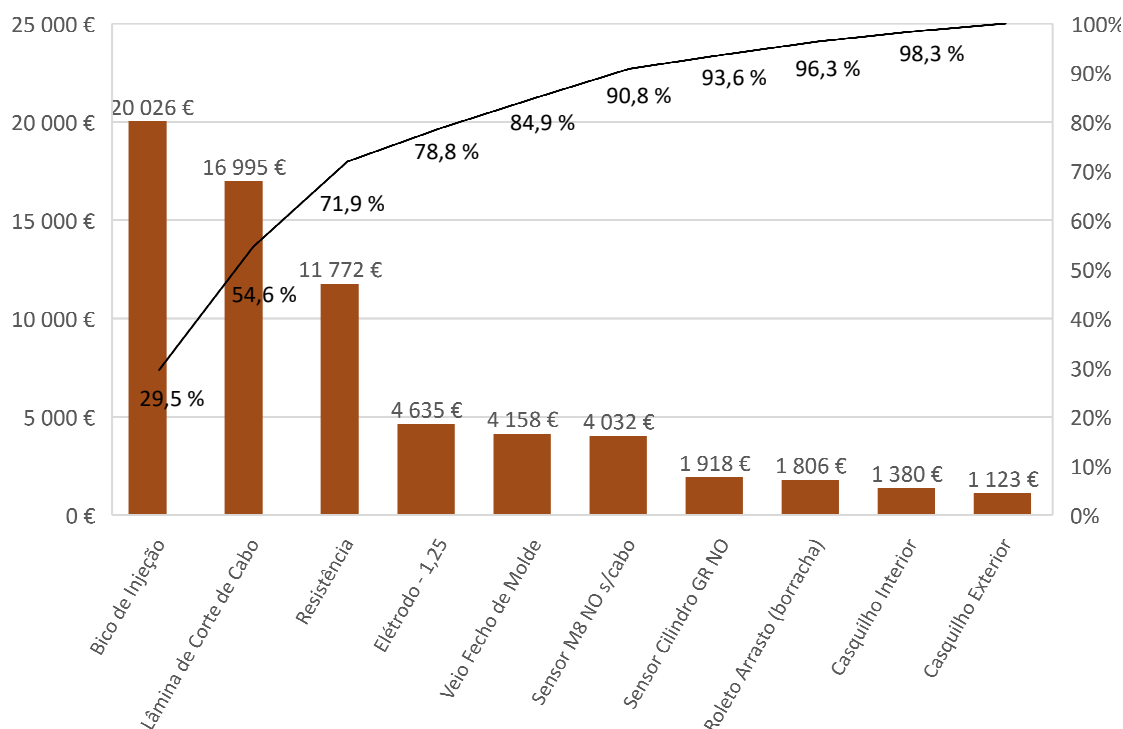


Figura 20 -Diagrama de Pareto do custo de aquisição dos componentes da tabela classificativa por relevância quantitativa de requisições de peças de desgaste de janeiro a outubro do ano de 2019

Em suma, depreende-se que 56,7 % dos recursos despendidos são utilizados para a aquisição de componentes intrínsecos ao processo de injeção de Zamak, sendo eles: Bico de Injeção; Resistência; Casquilho Interior; Casquilho Exterior; Veio Sistema Fecho de Molde.

3.3 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO

Remetendo ao Capítulo 3.2, verifica-se que as peças de desgaste que apresentam maior urgência de melhoria são o Bico de Injeção e a Lâmina de Corte de Cabo. Ambos são parte integrante de dispositivos secundários pertencentes a sistemas produtivos. No caso do Bico de Injeção, este pertence ao sistema produtivo de injeção de Zamak, sendo que a Resistência, Casquilho Interior, Casquilho Exterior e o Veio Sistema Fecho de Molde são, também, componentes intrínsecos à conformidade deste processo. Do mesmo modo a Lâmina de Corte de Cabo faz parte de um dispositivo de corte mecânico de cabo inserido em variadas tipologias de linhas de montagem. No entanto, 70 % das requisições advêm das Linhas de Montagem de Elevadores de Janela.

Foi então definido que o foco principal desta dissertação, como pode ser observado na Tabela 14, seriam os BIZ (Bico de Injeção de Zamak) e as LCC (Lâmina de Corte de Cabo).

Tabela 14 - Componentes sob foco nesta dissertação e respetivos conjuntos, subconjuntos e equipamento em que estão inseridos

	BIZ	LCC
Equipamento	MIZ	LMEJ
Sistema	Sistema de Injeção	Estação 3
Conjunto	Conjunto de Injeção	Dispositivo de Corte Mecânico

Não obstante da decisão acima referida, o estabelecimento e implementação de condições padrão, por forma a ser estabelecido um fluxo constante e mínimo das requisições em armazém (Figura 21 e Figura 22), para os componentes selecionados continua como objetivo base.

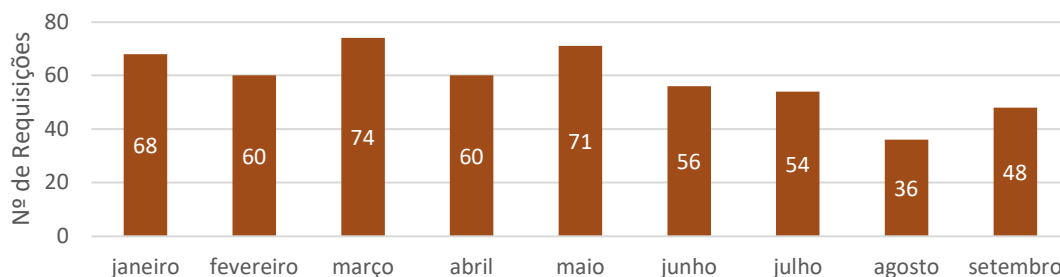


Figura 21 - Requisições de Bicos de Injeção para os primeiros meses do ano de 2019

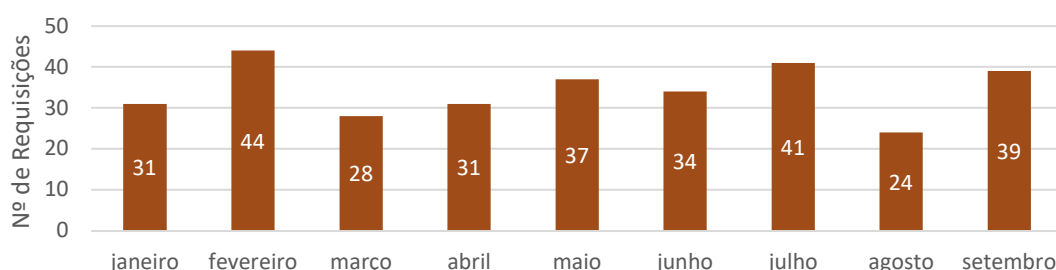


Figura 22 - Requisições em armazém de Lâminas de Corte de Cabo relativas às LMEJ para os primeiros meses do ano de 2019

Irão então ser desenvolvidas ações de melhoria, de acordo com a instrução interna de manutenção, visando os objetivos definidos na Tabela 15 para os componentes, dispositivos e equipamentos da Tabela 14, finalizando com a execução e implementação de tais ações seguidas de uma análise de resultados que permita a validação das modificações.

É de referir que, aquando da iniciação do estágio já teriam sido efetuadas modificações ao Veio Sistema Fecho de Molde e, como tal, ações de melhoria a este componente não serão desenvolvidas.

Tabela 15 - Objetivos a alcançar para o Subconjunto de Injeção e Dispositivo de Corte Mecânico

Objetivos da Dissertação
Redução do número de requisições em armazém
Prolongar tempo de trabalho das peças de desgaste
Redução do custo de aquisição
Redução do tempo de intervenção relacionado com intervenções nestes componentes
Melhoria das condições de trabalho (acessibilidade; estado geral do equipamento)
Elevar a qualidade do processo de fabrico com cada melhoria efetuada

Concluindo, não foram impostas quaisquer limitações à tipologia de melhorias a efetuar sendo que todo o sistema produtivo e dispositivos secundários, geometria da peça, material, tratamento superficial e fabricante, estão habilitados a sofrer alterações.

3.4 CARATERIZAÇÃO DO PROCESSO

3.4.1 Máquina de Injeção de Zamak

Estes equipamentos são caracterizados como máquinas de injeção a baixa pressão sendo que a sua utilização se prende com peças de pequenas dimensões. Têm como função a injeção de Zamak 5 (ANEXO 2.1) na extremidade de um cabo ou arame, exemplos destes terminais encontram-se representados na Figura 23. Esta tese irá somente incidir sobre a utilização de cabo, já que o arame é utilizado para uma gama de referências de extensão reduzida diferindo em apenas um dispositivo.



Figura 23 - Exemplo de terminais de Zamak injetados em cabo

A Fico Cables conta com a capacidade de setenta e três máquinas de injeção para a produção de uma elevada gama de referências. No entanto, nem todas as máquinas partilham o mesmo sistema produtivo, sendo que existem duas tipologias: as MIZ de primeira injeção e as MIZ de segunda injeção. A denominação destas é representativa da ordem de fabrico dos terminais de ambos os lados do cabo. A primeira injeção é realizada aquando do abastecimento de cabo às linhas de montagem, que contam com uma MIZ para a injeção do segundo terminal. Estes equipamentos contam com DPC (Dispositivos de Preparação de Cabo) que precedem a injeção. Na Tabela 16 estes encontram-se descritos, bem como representadas as suas etapas, a sua utilização para cabo revestido (Figura 24), cabo de aparar (Figura 25) e cabo normal. A execução da flor (Figura 26) é imperativa, sendo a utilização dos restantes DPC em concordância com a referência de produto final.

Tabela 16 - Processos de preparação de cabo para as MIZ da Fico Cables

Decapar Cabo	<p>Esta necessidade prende-se com o facto de o cabo em questão ser revestido, o que leva à necessidade de este ser decapado, por forma a executar a flor.</p>	
---------------------	---	--

Figura 24 - Processo pré Injeção cabo revestido



Mesmo apresentando os mesmos tipos de mecanismos para o processo de injeção, as produções destes dois tipos de equipamentos diferem. Na primeira injeção das MIZ, são usados equipamentos com maior cadência de produção. O máximo de injeções que este equipamento pode efetuar é totalmente dependente habilidade do operador para o tipo de tarefa e a referência a ser fabricada (terminais de maior dimensão, são traduzidos num menor número de injeções por hora).

Tabela 17 - Capacidade de produção das MIZ

	Tipo de Equipamento	Capacidade
MIZ	1ª Injeção	[600; 900] injeções/hora
	2ª Injeção	[500; 600] injeções/hora

Manuseamento e Acessibilidade aos Mecanismos de uma MIZ

As MIZ são equipamentos em que os seus mecanismos são manuseados por variados grupos de colaboradores. Sendo que qualquer tipo de intervenção pode ser essencial para a compreensão do processo, então a Tabela 18 descreve-nos a função de cada elemento com acesso aos sistemas produtivos destes equipamentos.

Tabela 18 – Grupos de colaboradores com acesso a mecanismos e responsável pelo funcionamento de uma MIZ e respetiva função

Designação	Função
Operador	Produção
	Monitorização das condições gerais do equipamento e processo
	Validação do produto final
	Registo de todos os dados da atividade relativa à produção
Afinador	Habilitados com capacidade crítica para conformidade do processo
	Realização do <i>setup</i>
	Afinação do equipamento
	Verificação do estado geral do equipamento para arranque de produção
Técnico de Manutenção	Controlo da qualidade do processo
	Intervir na ocorrência de uma ordem de trabalho
	Análise técnica do problema
	Examinação da causa clarificando o motivo da falha no equipamento
	Projeto de uma resolução e consequente execução
	Análise crítica do tempo necessário, materiais e recursos necessários para a intervenção
	Condição do equipamento para continuar a produção

Designação	Função
	Recorrer à Direção da Manutenção na eventualidade de quaisquer problema ou requisições de carácter urgente que facilitem o arranque de produção
	Registo de todas as tarefas realizadas ao longo da intervenção no <i>software</i> de apoio às atividades de manutenção
	Manutenção de estruturas e moldes
Departamento Técnico de Injeção/Moldes	Encarregados de todas as retificações a moldes e estruturas, quer interna quer externamente
	Assegurar <i>stock</i> mínimo para as necessidades de produção
Departamento de Produção	Controlo e monitorização das tarefas dos colaboradores associados a este departamento, nomeadamente Operador e Afinador

3.4.1.1 Caracterização dos Sistemas do Processo

Visando uma melhor compreensão de todos os sistemas envolvidos no processo de injeção de uma MIZ, ao longo deste capítulo, irá ser efetuada a sua apresentação, caracterização e descrita a sua função. Como observado na Figura 27, onde foram expostos os principais sistemas do processo produtivo, o Sistema de Injeção e o Sistema de Encosto são os subsistemas que compõe as Máquinas de Injeção de Zamak.

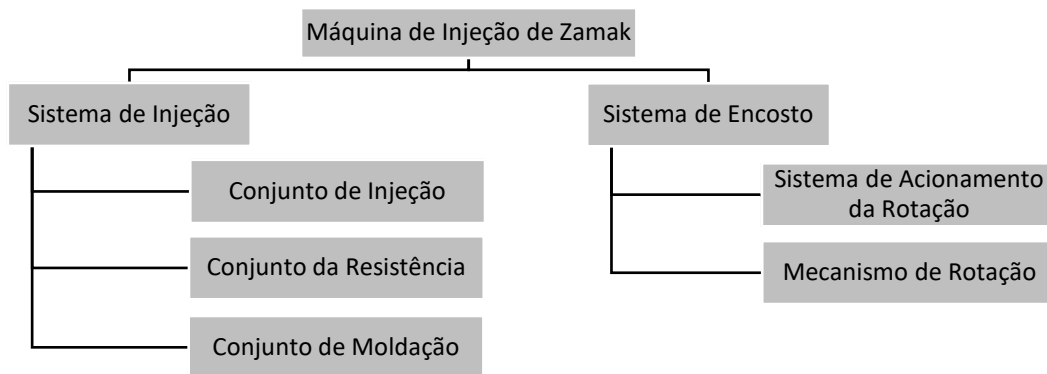


Figura 27 - Principais sistemas do processo produtivo de uma MIZ

Todos estes sistemas do processo de uma MIZ estão inseridos na Estação de Trabalho. Na Figura 28 esta é apresentada, assim como todos os principais elementos identificados e localizados. De notar que no diagrama dos sistemas acima demonstrado, não foram tomados em consideração DPC, sendo que estes se inserem na Estação de Trabalho.

Como já referido, o metal injetado é o Zamak, sendo este fornecido em barras. Sempre que é necessária a admissão de mais material ao Sistema de Injeção, esta é efetuada através da regulação do sistema de Suporte da Barra de Zamak. As Mangueiras de Água e Ar têm como função o arrefecimento e acionamento pneumático de sistemas, respetivamente. Após o processo de injeção, o cabo é largado por um *transfer* no Suporte para Produto Final onde após seja atingido o objetivo o lote é inspecionado na Mesa de Trabalho, sendo posteriormente realizada a validação do produto.

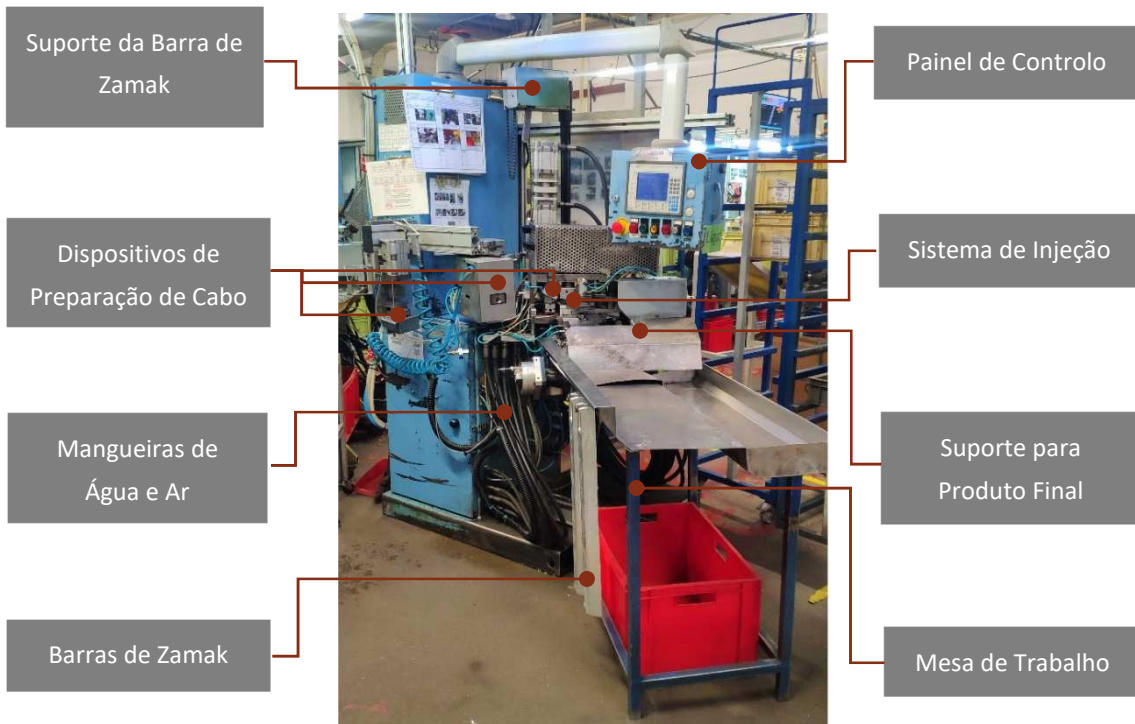


Figura 28 – Estação de trabalho de uma MIZ

3.4.1.1.1 Apresentação do Sistema de Injeção

Neste capítulo será efetuada a apresentação de todos os componentes, sua localização e função, bem como revelada a sua importância para o funcionamento do equipamento. Inserido e intrínseco ao funcionamento do Sistema de Injeção (Figura 29), temos o Conjunto de Injeção, Conjunto da Resistência e o Conjunto de Moldação.

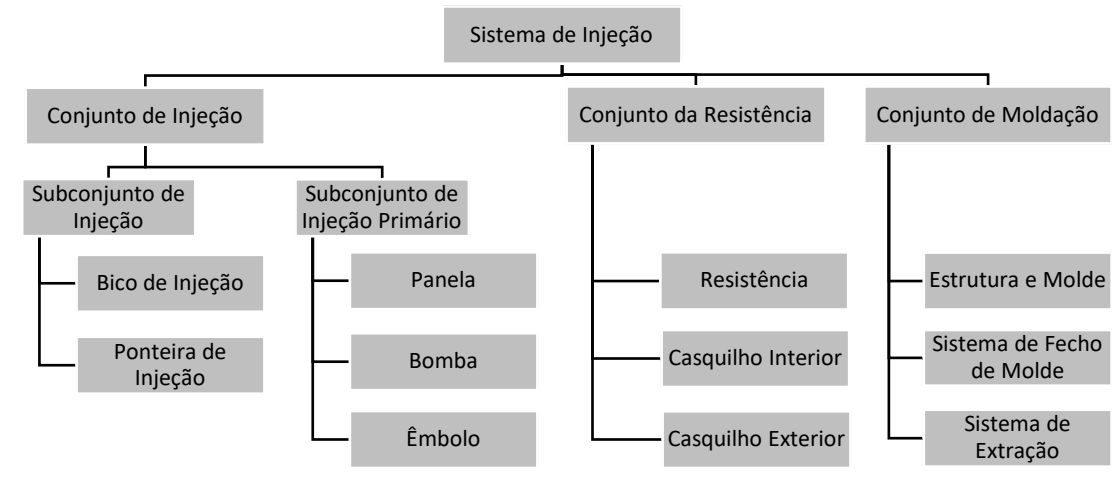


Figura 29 - Diagrama dos principais componentes dos conjuntos do Sistema de Injeção de uma MIZ

Conjunto de Injeção

Esta apresentação irá focar-se no subconjunto que tem como principal componente o objeto de estudo desta dissertação, o Subconjunto de Injeção. Este contém o BIZ e PIZ (Ponteira de Injeção de Zamak), Figura 30-A, sendo o primeiro caracterizado por efetuar a acoplagem de todo o Conjunto de Injeção ao Conjunto de Moldação. Ajustado a este mecanicamente, Figura 30-B, temos a PIZ, que tem como função efetuar a ligação do BIZ ao Subconjunto de Injeção Primário,

o qual efetua a alimentação da matéria prima. Os materiais de fabrico destes componentes são o MG50 - *Uddeholm Orvar® Supreme* (ANEXO 2.2) e o PM300 - *Uddeholm Impax® Supreme* para o BIZ e a PIZ, respetivamente. A caracterização total destes elementos encontra-se no ANEXO 4 (01-SCI-V01 e 02-SCI-VP01), sendo que irá ser aprofundada no Capítulo 4.1.



Figura 30 – Componentes do Subconjunto de Injeção - Bico e Ponteira de Injeção

Dentro deste subconjunto primário, deparamo-nos com a Panela (Figura 31-A), que é o componente que contém o Zamak fundido. Esta, com o auxílio de uma Sonda (Figura 31-B), mantém-se nas condições necessárias para que o material permaneça dentro dos parâmetros de injeção, sendo que regista o valor da temperatura instantânea do metal. A temperatura da Panela é limitada, sendo que se encontra a cerca de 440 °C.

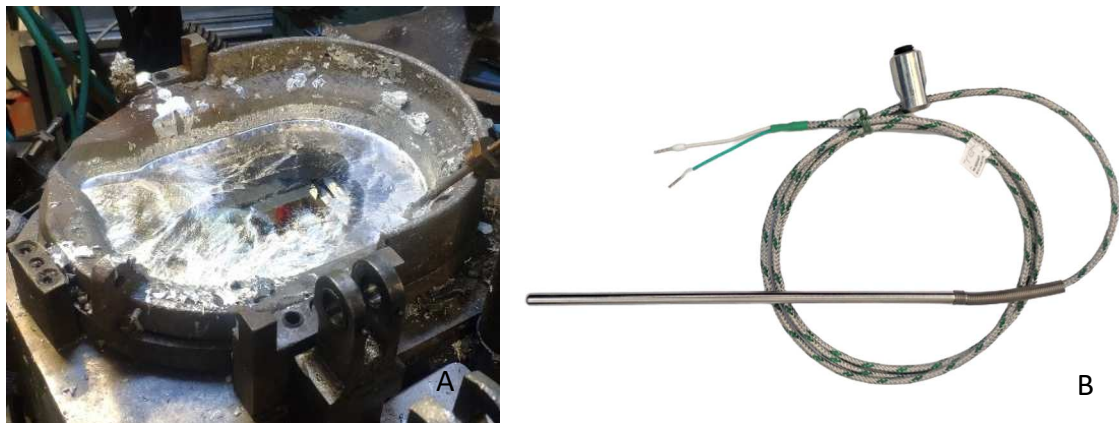


Figura 31 - Panela (A) e Sonda (B) de monitorização de temperatura

A Bomba, Figura 32-A, encontra-se inserida dentro da Panela, estando suspensa e sustentada pelo Suporte da Bomba (Figura 32-A e Figura 33). Este é um elemento de elevado rigor dimensional, já que também funciona como modo de alinhamento e posicionamento de todo o Conjunto de Injeção. O enchimento da câmara é efetuado devido ao recuo do Êmbolo (Figura 32-C), criando condições para a admissão de Zamak a partir de uma furação no corpo da Bomba (Figura 32-B), preparando assim o Conjunto de Injeção para o próximo ciclo.

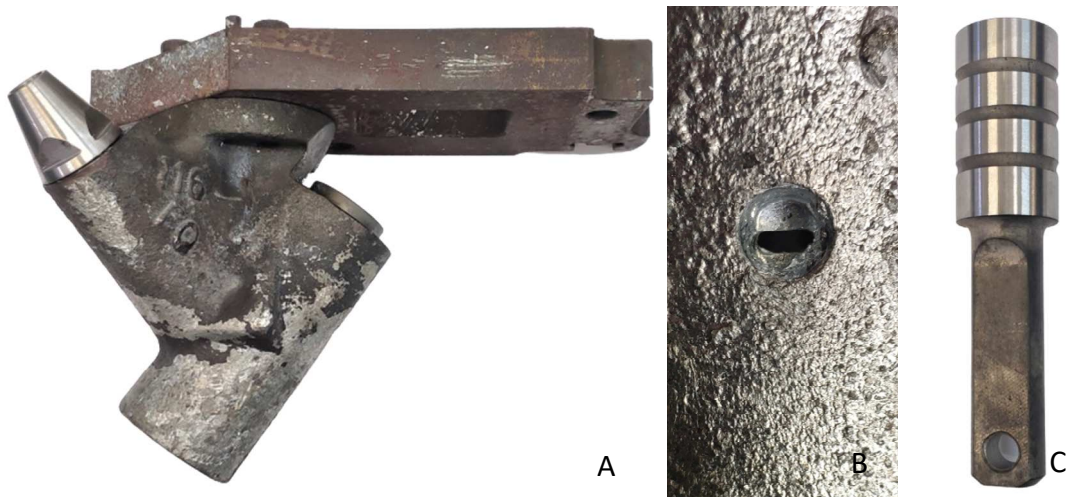


Figura 32 – Suporte de Bomba e Bomba com Ponteira de Injeção ajustada (A), sua furação para admissão de Zamak (B) e Êmbolo (C) responsável pela injeção

O movimento do Êmbolo está diretamente relacionado com um cilindro pneumático. Este confere-lhe o movimento a partir de um conjunto de eixos (Figura 33 – Alavanca do Êmbolo) posicionando-o a um ângulo coincidente, e atingindo a concentricidade com a camisa da Bomba, não desenvolvendo assim qualquer tipo de atritos desta natureza.

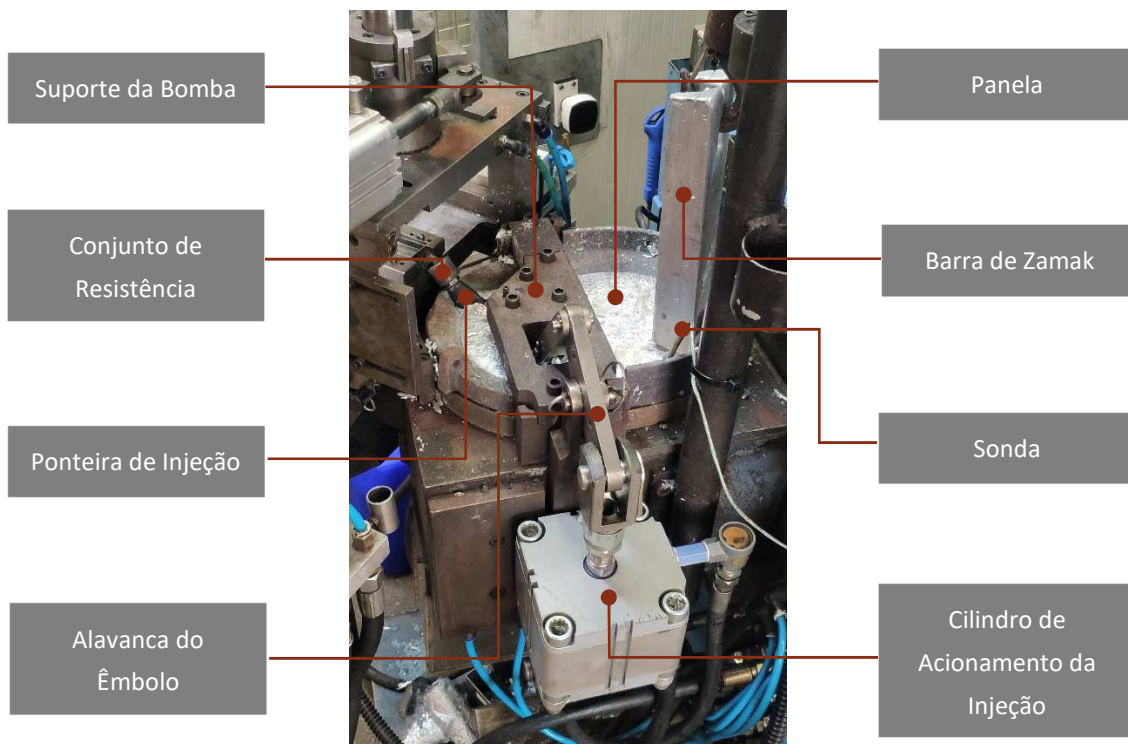


Figura 33 - Localização de componentes do Sistema de Injeção em máquina

O cilindro de acionamento pneumático (Figura 33 – Cilindro de Acionamento da Injeção) encontra-se diretamente ajustado à Alavanca do Êmbolo, levando o Êmbolo a empurrar o Zamak que se encontra na câmara. Isto faz com que o material fundido passe pelos canais de injeção da Bomba e do Subconjunto de Injeção seguidos do Conjunto de Moldação. A sua pressão de injeção varia entre os 4 bar e os 5,5 bar, segundo os parâmetros de variação anteriormente referidos.

Conjunto da Resistência

Expectavelmente, a temperatura do Zamak não se mantém constante ao longo dos canais de injeção da Ponteira e do Bico de Injeção, sendo esta a função do Conjunto da Resistência. Constituído pela Resistência (Figura 34-A), Casquilho Exterior (Figura 34-B) e Casquilho Interior (Figura 34-C), acoplados tem como função manter a temperatura do material na zona fria da injeção (parte não submersa na panela).



Figura 34 – Componentes do Conjunto da Resistência

Após o seu ajustamento, executado sob pressão, é efetuado o encaixe destes no corpo do BIZ, de acordo com a Figura 35. Os desenhos técnicos de todos os elementos deste conjunto encontram-se no ANEXO 4, de acordo com a Tabela 86. O Casquilho Interior é fabricado em AMPCO® 18, uma liga de bronze, sendo que esta apresenta elevada condutividade térmica, como pode ser observado no ANEXO 2. Esta propriedade é tida como de extrema importância, já que é o que permite uma variação de temperatura reduzida ao atravessar este material, tendo como consequência que a temperatura proveniente da Resistência, a oscilar entre 585 °C e 600 °C, atravesse o Casquilho Interior e mantenha o Bico de Injeção segundo os parâmetros necessários.



Figura 35 – Sequência de acoplamento do Conjunto da Resistência no Bico de Injeção de Zamak

Por sua vez, para o Casquilho Exterior foi selecionado um material com excelentes propriedades de resistência à corrosão, o AISI 316 (ANEXO 2.), extremamente necessária para o trabalho em contacto com Zamak fundido.

A localização deste conjunto na MIZ pode ser observada na Figura 33.

Conjunto da Moldação

Como a Figura 29 sugere, este conjunto tem como constituintes o Sistema de Fecho de Molde, que como acima referido, não será discutido, o Sistema de Extração e a Estrutura e Molde.

De todos os conjuntos que integram as MIZ, este contém os componentes com menor relevância para o objeto de estudo desta dissertação. Não obstante, sofre as consequências de qualquer não conformidade que se possa fazer sentir em todo o processo de injeção, devido à sua

proximidade ao Subconjunto de Injeção. Todos os componentes do Conjunto da Moldação, assim como os restantes elementos representados na Figura 36, encontram-se localizados na Base de Suporte, estando esta, por conseguinte, apoiada no Mecanismo de Rotação (Figura 27- Mecanismo de Rotação).

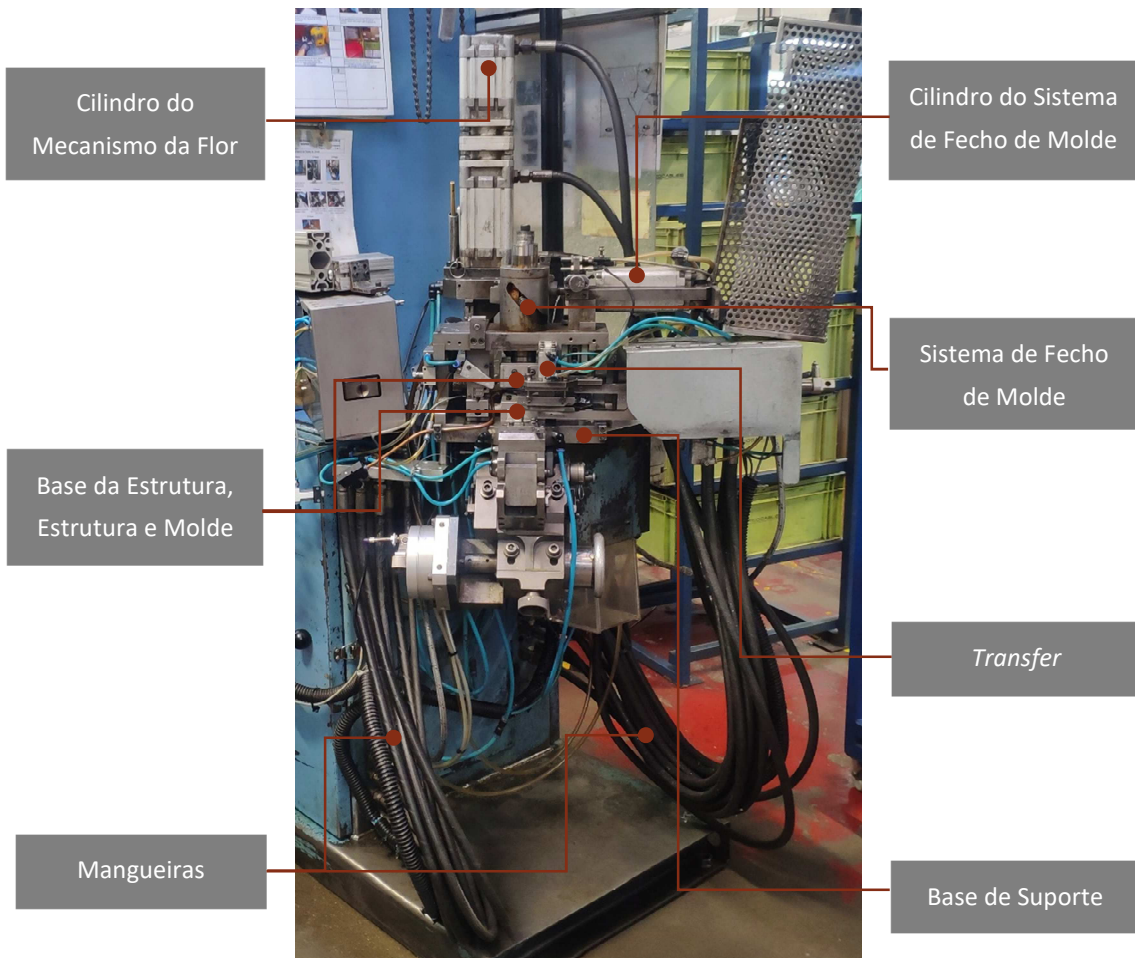


Figura 36 - Elementos de uma MIZ montados na Base de Suporte

O Molde, representado na Figura 37, é o componente responsável pela obtenção do terminal da referência a ser produzida. Este também tem como função fixar o cabo durante o processo de injeção, através da Guia do Cabo.

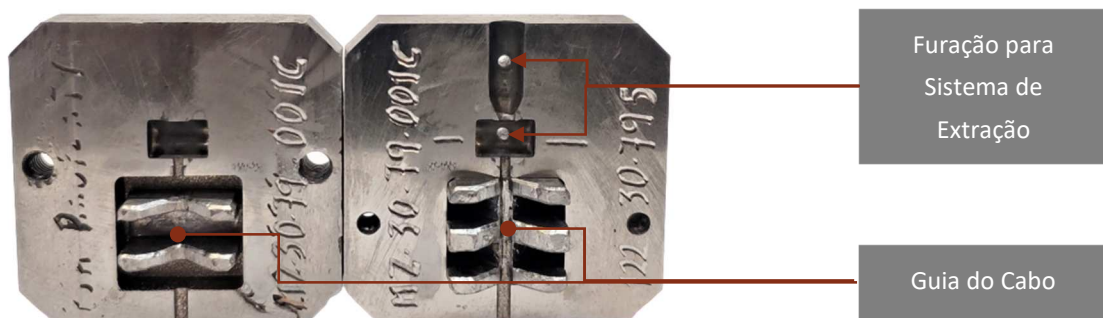


Figura 37 - Exemplo de molde para terminal de injeção de Zamak

A Estrutura, mais especificamente a Placa Inferior da Estrutura, é o elemento do Conjunto de Moldação responsável pela admissão de Zamak para o interior do Molde. Este processo é conseguido através do acoplamento do Bico de Injeção no corpo da mesma. Estes interagem

por meio de uma Zona de Encosto com contacto cíclico de frequência, como definido na Tabela 17 de cadência de produção por tipologia de MIZ.

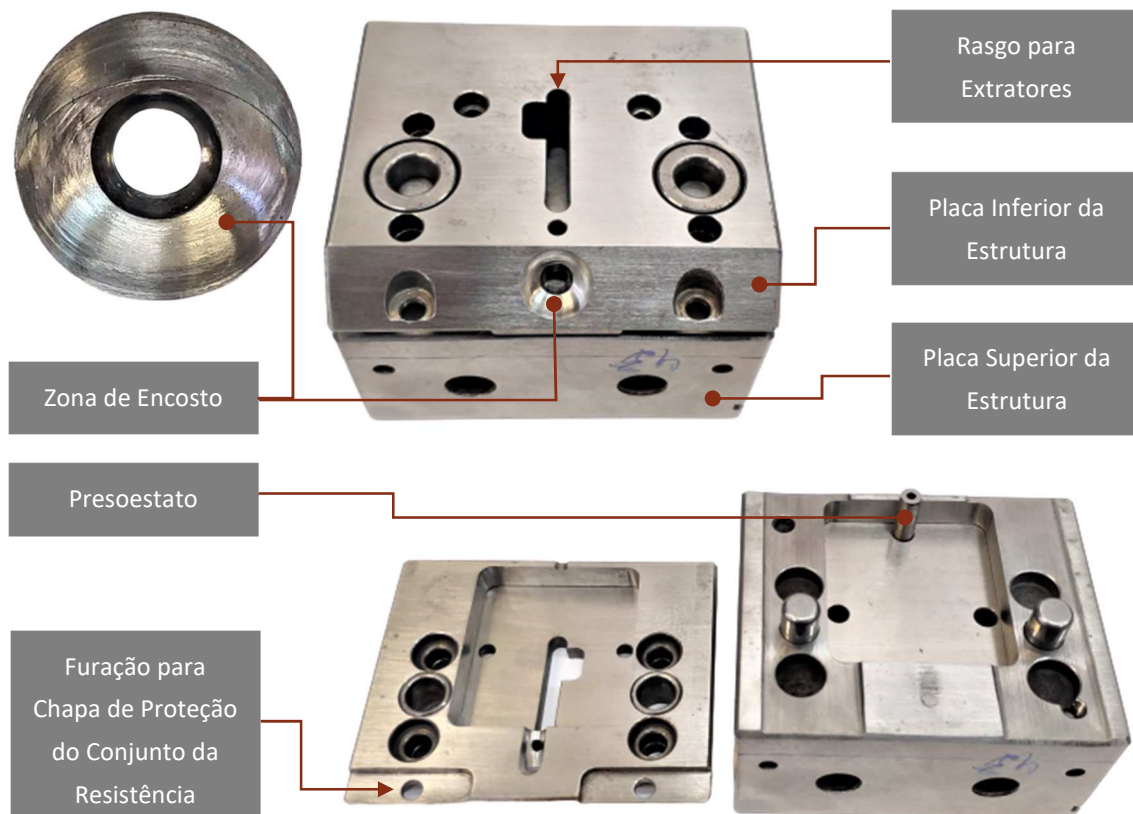


Figura 38 - Principais constituintes de uma Estrutura de uma MIZ

Este componente é fabricado em aço rápido (ANEXO 2.) e apresenta uma dureza, em toda a sua extensão, de 66 a 67 HRC. Como a Figura 38 nos demonstra, é constituída por duas placas, inferior e superior, sendo cada uma responsável pelo ajuste de uma meia moldação do Molde, inferior e superior, respetivamente. O ajustamento de ambas as placas é efetuado através de duas cavilhas, garantindo assim que aquando do fecho do molde, todos os canais estejam coincidentes com a sua contraparte. Conta também com um Presoestado, o qual é de extrema importância para o processo produtivo, sendo responsável por enviar o sinal de validação da presença do cabo ao autómato, sem o qual o processo é interrompido.

Seguidamente, temos o Sistema de Extração, que é responsável pela desmoldagem do terminal e respetivo gito do Molde e Estrutura. Constituído por apenas três elementos, é acionado por uma mola que ergue o Elevador da Extração transmitindo esse mesmo movimento ao Porta Extratores, conseqüentemente empurrando os Extratores contra o terminal e gito já injetados, elevando-os. Todos estes elementos encontram-se caracterizados na Figura 39.

No entanto, os Extratores não são a única abordagem à desmoldagem, já que esta é complementada com a admissão de óleo para a Placa Inferior da Estrutura, bem como um sopro de ar. Este último é utilizado para que quando o gito for separado do terminal durante a desmoldagem, possa ser removido em direção à rampa de ligação à Painela sendo então reaproveitada a matéria prima. Porém, para que esta separação possa ser possível, o canal de alimentação à figura tem de ser estreito o suficiente para que seja possível a fácil remoção, bem como largo o suficiente para que material consiga, dentro do tempo de injeção definido, preencher a figura do terminal, assim como gito.

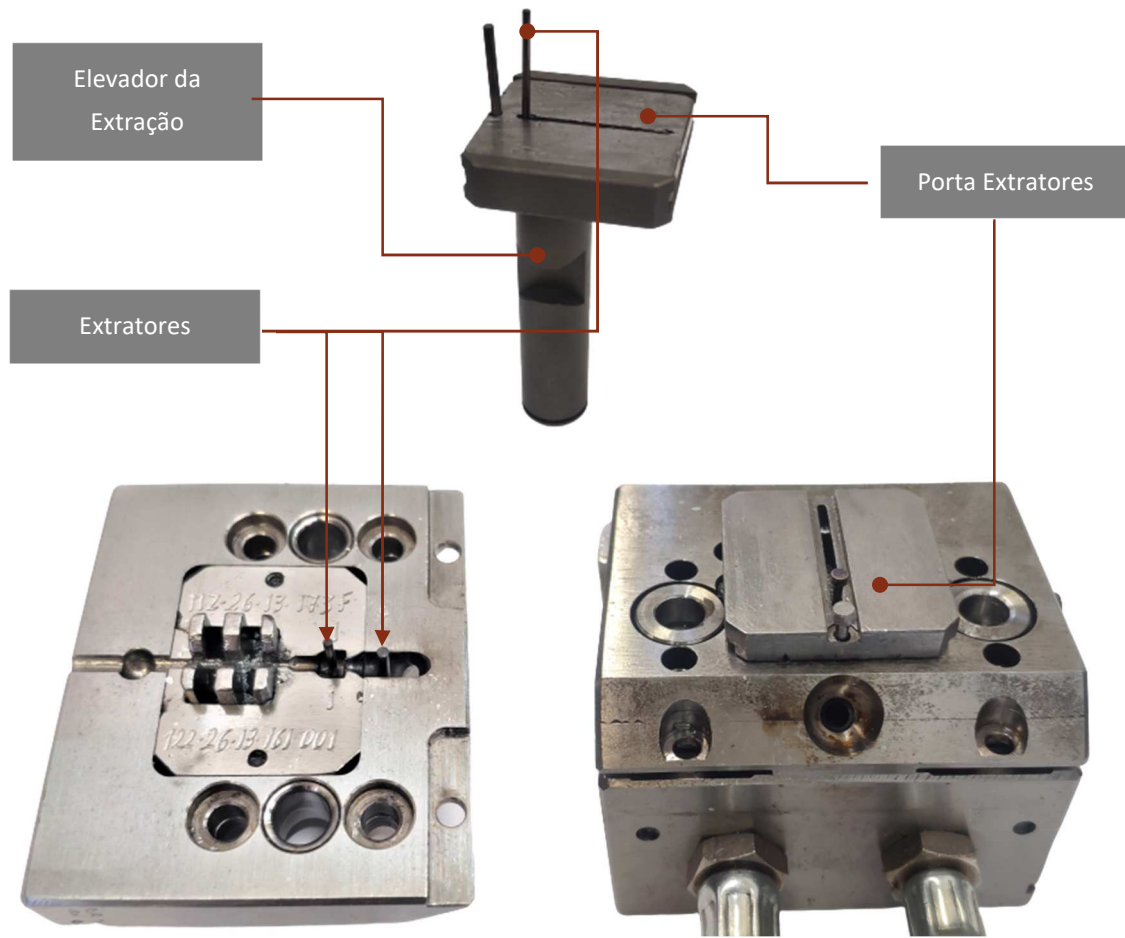


Figura 39 - Elementos do sistema de extração e localização na estrutura

Este reaproveitamento só é exequível devido à proximidade do Conjunto de Moldação ao Conjunto de Injeção, como representado na Figura 40. O Elevador da Extração é montado no interior da Base da Estrutura, seguido do Porta Extratores e Extratores, terminando com o ajustamento da Placa Inferior da Estrutura às cavilhas de posicionamento da base.



Figura 40 - Ajustamento do Elevador do Porta Extratores e da Placa Inferior da Estrutura na Base da Estrutura

3.4.1.1.2 Apresentação do Sistema de Encosto

Na Figura 41 encontram-se legendados e localizados os principais integrantes deste sistema. Este tem como principal função a aproximação da Base de Suporte e todos os seus elementos ao Sistema de Injeção, mais propriamente à Placa Inferior da Estrutura ao BIZ. Ambos os constituintes deste sistema são fixos ao corpo do equipamento por meio de dois elementos de suporte independentes.

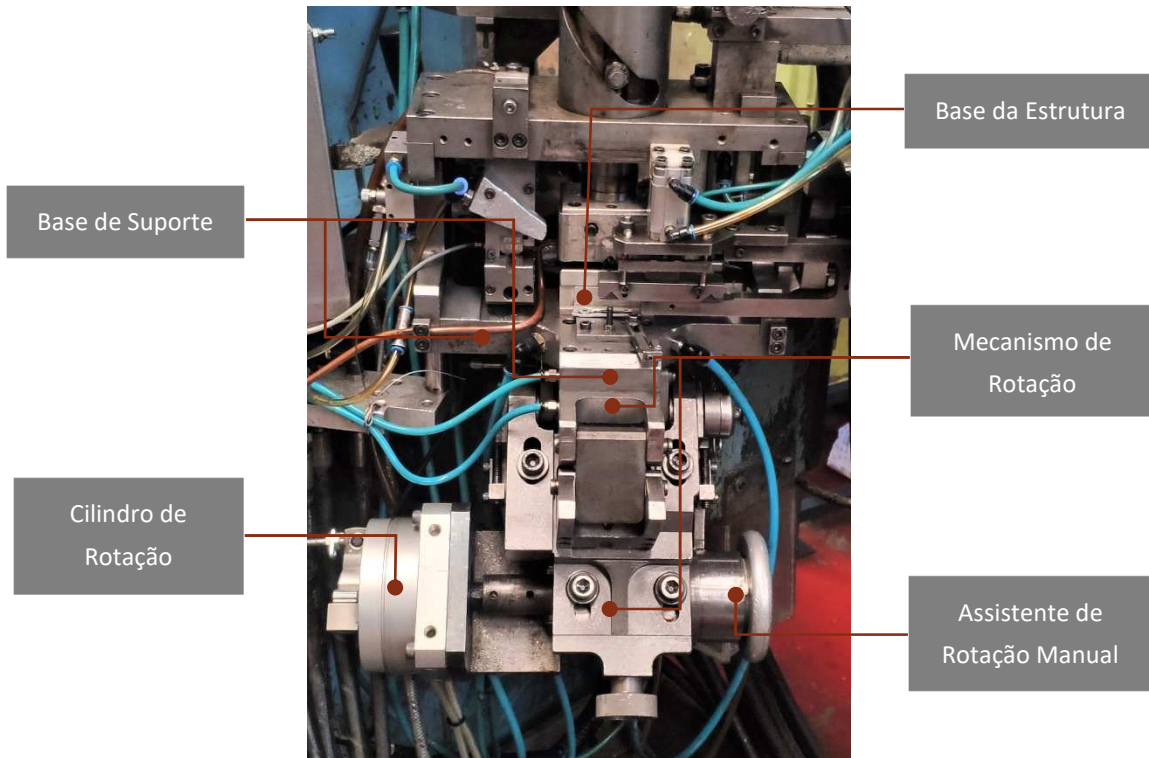


Figura 41 – Localização do Sistema de Encosto numa MIZ

O Mecanismo de Rotação é constituído por dois componentes fixos (Figura 42 – Suporte Fixo 1 e 2) e três com movimento (Figura 42 – Componente Móvel 1, 2 e 3). Estes interagem em

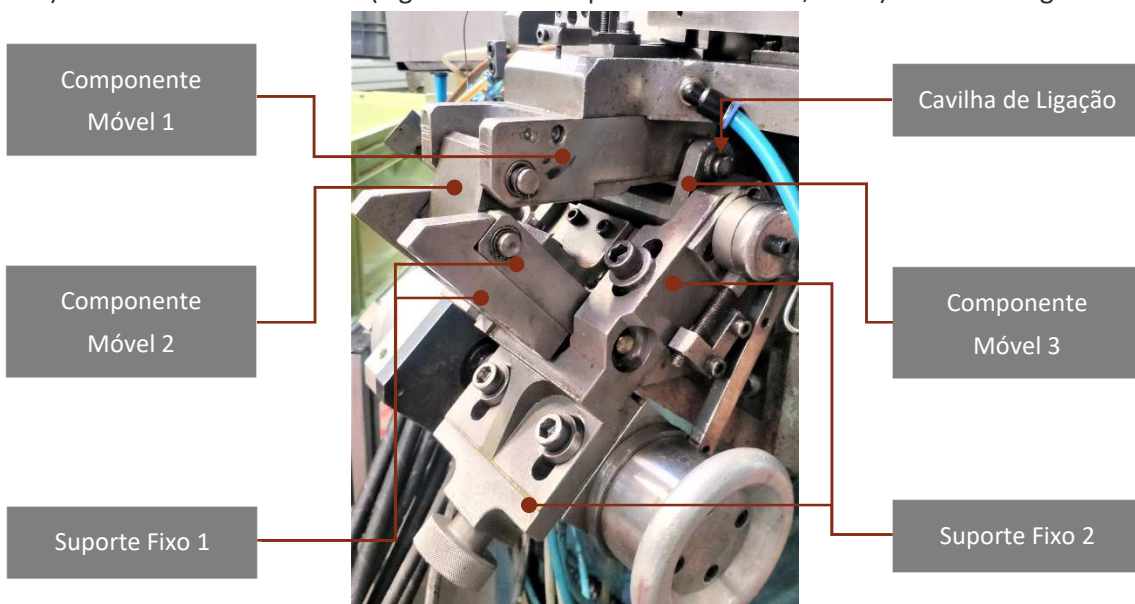


Figura 42 - Principais constituintes do Mecanismo de Rotação

movimento solidário, e encontram-se ajustados aos componentes fixos por meio de cavilhas e ligações mecânicas de rolamentos ou casquilhos.

O movimento de rotação é conseguido através do Sistema de Acionamento da Rotação. Este é acionado por um cilindro pneumático (Figura 41-Cilindro de Rotação), transmitindo a rotação por meio de um veio a uma Biela (Figura 43-Biela). Esta contém dois componentes no seu interior, o Excêntrico (Figura 43-Excêntrico) coincidente com o seu movimento rotativo e o Fixador (Figura 43-Fixador). O último, prende a rotação do Excêntrico, permitindo a transmissão de movimento ao Braço e Articulação, tendo estes o seu movimento diretamente ajustado ao componente móvel que efetua a ligação entre o SAR e o MR (Figura 42-Componente Móvel 3).

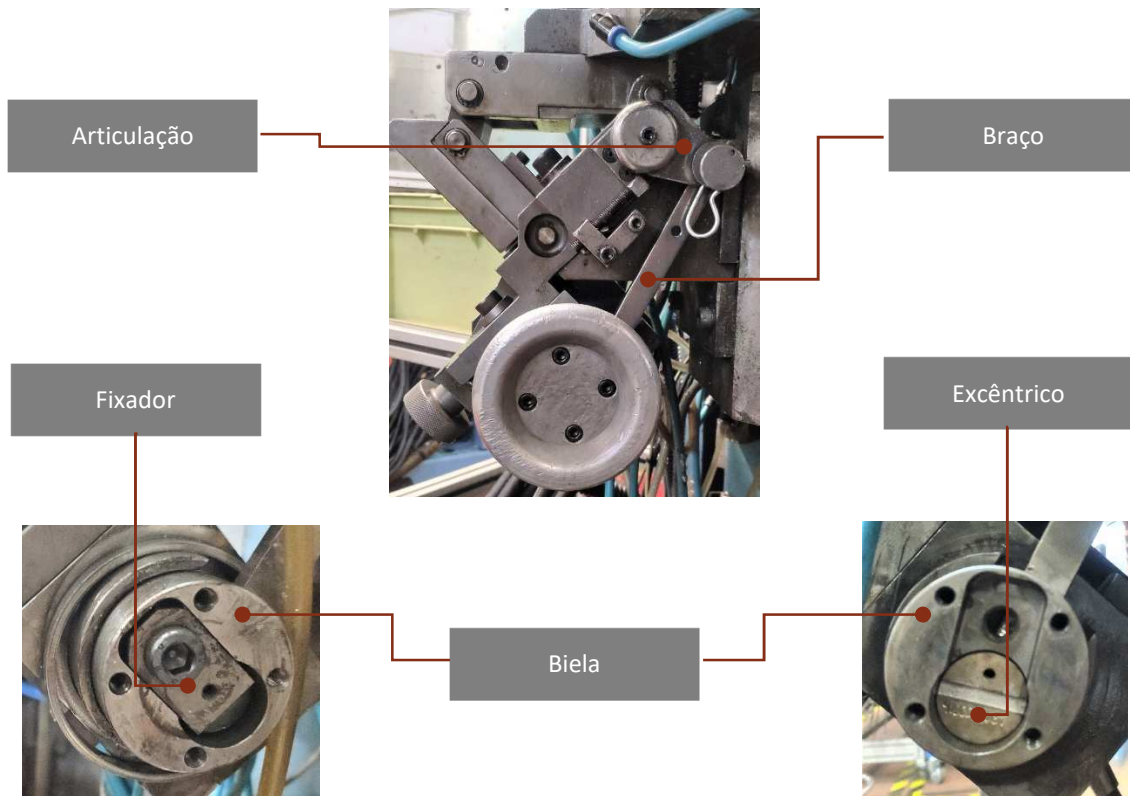


Figura 43 - Principais constituintes do Sistema de Acionamento da Rotação

De notar que a ligação do Braço ao Assistente de Rotação Manual é efetuada através de ligações aparafusadas à Biela. Devido à complexidade de funcionamento deste mecanismo, foi utilizado o *software* SolidWorks® do qual foram retirados todos os componentes de suporte e apoio ao Sistema de Encosto, ficando destacados somente o MR (Figura 44-MR), SAR (Figura 44-SAR) e a Base de Suporte.

Todo este mecanismo, não só efetua a aproximação e encosto ao Bico de Injeção, como é também caracterizado pela posterior execução de uma pressão de encosto. Esta ação tem como objetivo a garantia de que o encosto será tal que não permitirá que a pressão de injeção ou qualquer fator externo, tenha capacidade para provocar o afastamento da Placa Inferior da Estrutura e Bico de Injeção.

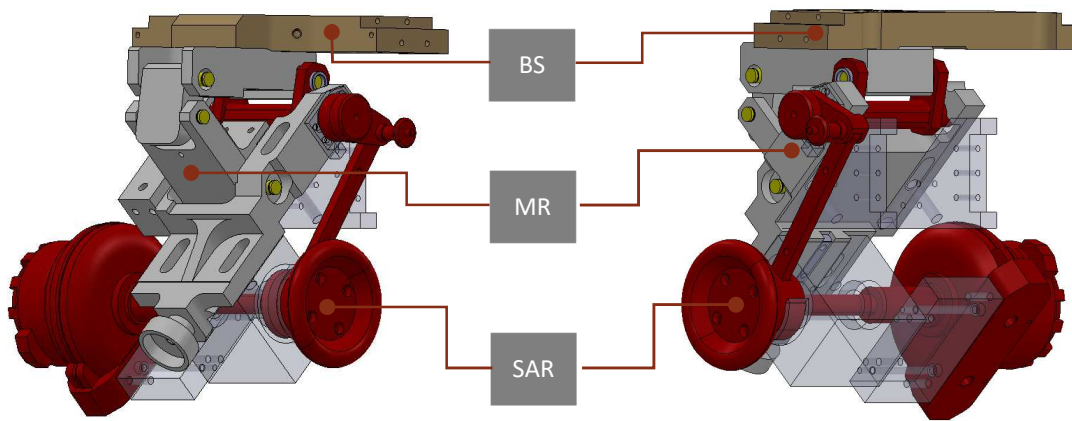


Figura 44 - Elementos constituintes do Sistema de Encosto (MR e SAR) e a Base de Suporte (BS)

A interação entre o Excêntrico, o seu Fixador e a Biela, que descreve um movimento não concêntrico com o eixo do veio que lhe transmite movimento, é a responsável pela descrição do mesmo. Quer a aproximação (Figura 45-A e B), quer a pressão de encosto (Figura 45-C) do Sistema de Encosto estão caracterizadas na Figura 45, onde as três etapas da ação são demonstradas. Por forma a facilitar a compreensão, o Assistente Manual de Rotação foi suprimido, permitindo observar a posição do Fixador ao longo do procedimento.

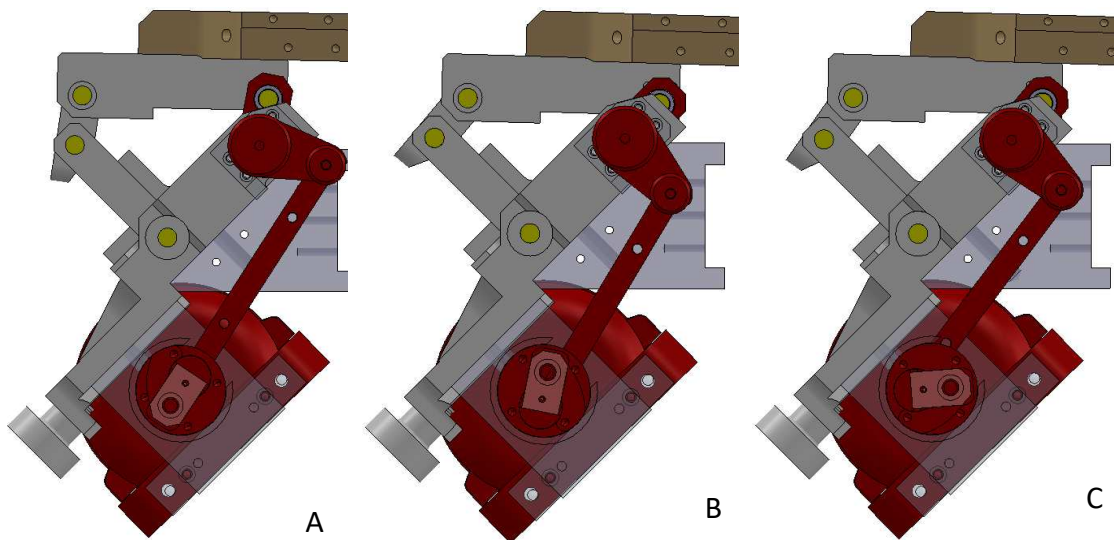


Figura 45 - Sequência de movimento rotativo do Sistema de Encosto

3.4.1.1.2.1 Sistema de Afinação

Devido aos constantes processos de *setup*, intervenções, condições de trabalho e uma panóplia de variáveis externas, a necessidade de afinar o movimento de aproximação torna-se uma tarefa de execução regular. Este sistema é subjetivo, na medida em que possui variadíssimos graus de liberdade, levando à execução inconsistente e não constante da tarefa.

Sendo que acarreta grande importância para o processo produtivo destes equipamentos, então o esclarecimento de todos os pontos que o evidenciem serão tomados em consideração de forma equivalente.

A afinação é efetuada segundo quatro fases, e conta com ajustes ao encosto segundo duas tipologias, estando estas caracterizadas na Tabela 19.

Tabela 19 - Tipologias de afinação para o Sistema de Encosto

Tipologia	Descrição
Afinação 1	Afinação em prol da obtenção da concentricidade entre o gito da Placa Inferior da Estrutura e o canal de injeção do BIZ
Afinação 2	Afinação da pressão do encosto da Placa Inferior da Estrutura ao BIZ

A primeira fase consiste na validação dos ajustes da estrutura à base da mesma, garantindo a sua fixação e evitando descentramentos durante o movimento de encosto. A segunda fase é assinalada pela criação de folgas nos ajustamentos, que posteriormente serão utilizadas para efetuar a afinação dos mesmos. Isto é conseguido através do desaperto dos dois parafusos relativos às duas tipologias de afinação, localizados segundo a Figura 46.

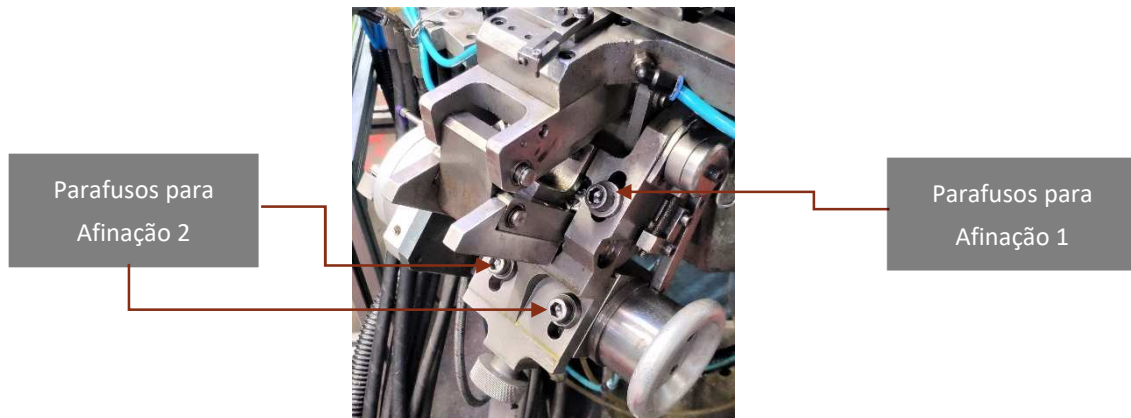


Figura 46 - Parafusos da 2ª Fase da afinação do Sistema de Encosto

A Afinação 1 tem início na terceira fase. Esta tem como função a obtenção da concentricidade do canal de admissão de Zamak à Placa Inferior da Estrutura com o canal de injeção do BIZ. Este processo pode ser observado na Figura 47, onde foi atingido o objetivo desta afinação (Figura 47-B).



Figura 47 - Obtenção da concentricidade da Estrutura e BIZ [64]

O afinador utilizado para esta fase é como indicado na Figura 48.

Se ambos os parafusos foram apertados o mesmo número de revoluções, então a altura da Placa Inferior da Estrutura é aumentada, do mesmo modo que se forem desapertados, esta é reduzida.

No caso da Figura 47-A, por forma a atingir a concentricidade, o afinador da direita foi apertado, para que o centro da Placa Inferior da Estrutura se deslocasse, posicionando-se de forma conforme. Após este alinhamento, os Parafusos para a Afinação 1 (Figura 46) são apertados e a quarta fase é iniciada.

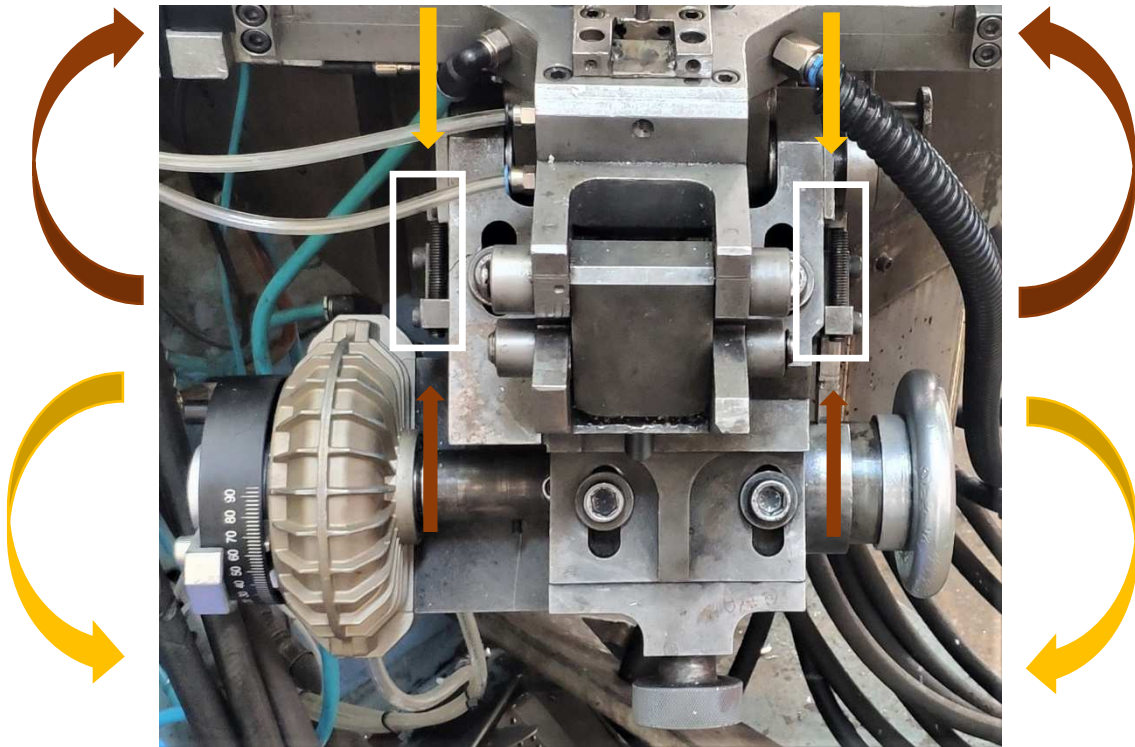


Figura 48 - Caracterização dos movimentos para a Ajustagem 1

Por último, temos a ajustagem da pressão do encosto representada pelos movimentos indicados na Figura 49. Deverá afastar-se o Sistema de Encosto do BIZ, seguido da regulação da pressão através da rotação de um manípulo. Com a ajuda do Assistente Manual de Rotação, é validada a aproximação e tranca através da verificação do posicionamento do canal de injeção do BIZ com o canal do gito. Este procedimento deverá ser repetido até o movimento estar de acordo com o pretendido, finalizando com o aperto dos Parafusos para Ajustagem 2 (Figura 46).

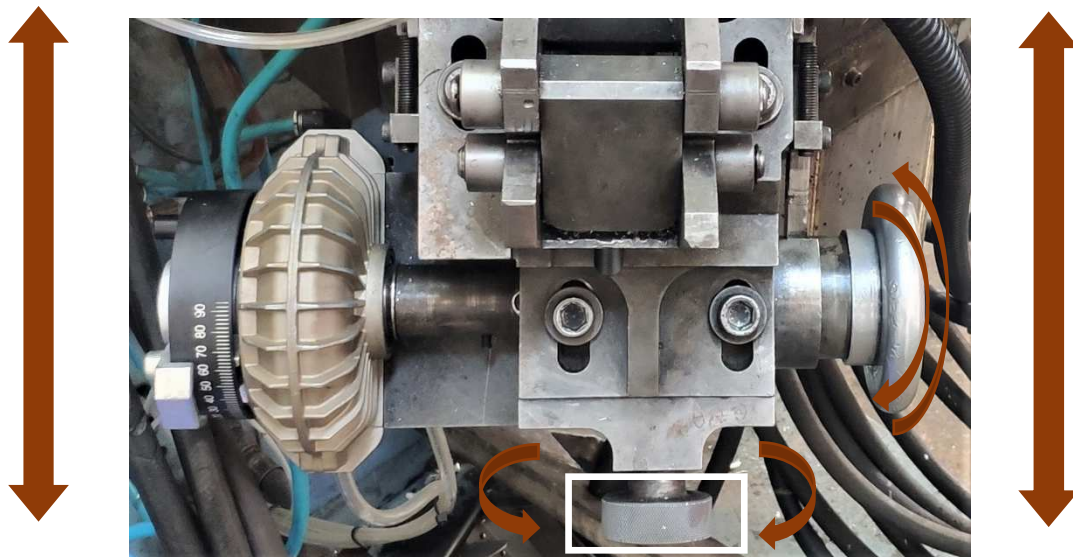


Figura 49 - Caracterização dos movimentos para a Ajustagem 2

Como já referido, toda esta capacidade de movimentação induz alguma subjetividade, já que poderão existir inúmeras formas de alcançar o objetivo. Isto advém da falta de sistema de apoio à concentricidade de ambas as ZE (BIZ e PIZ), por forma a garantir uma ajustagem consistentemente conforme, sendo este fator somente atribuído à experiência do colaborador.

3.4.1.2 Descrição do Processo Produtivo

Após a apresentação de todos os sistemas envolvidos no processo produtivo de uma MIZ temos a descrição de todas as suas etapas, bem como todos os pressupostos de funcionamento inerentes ao mesmo. O processo produtivo inicia-se com a inserção do cabo no mecanismo da flor (Figura 50-1) e a execução da mesma. Ao receber o sinal deste mecanismo, um *transfer* efetua o transporte, até este ficar apoiado num canal na estrutura (Figura 50-2) designado para este propósito, deixando a flor centrada com a figura da referência a produzir. A injeção de Zamak para o interior do Molde ocorre neste ponto, sendo que posteriormente o *transfer* agarra novamente no cabo (Figura 50--3), retirando-o da Placa Inferior da Estrutura e depositando-o no Suporte para Produto Final (Figura 28-Suporte para Produto Final).

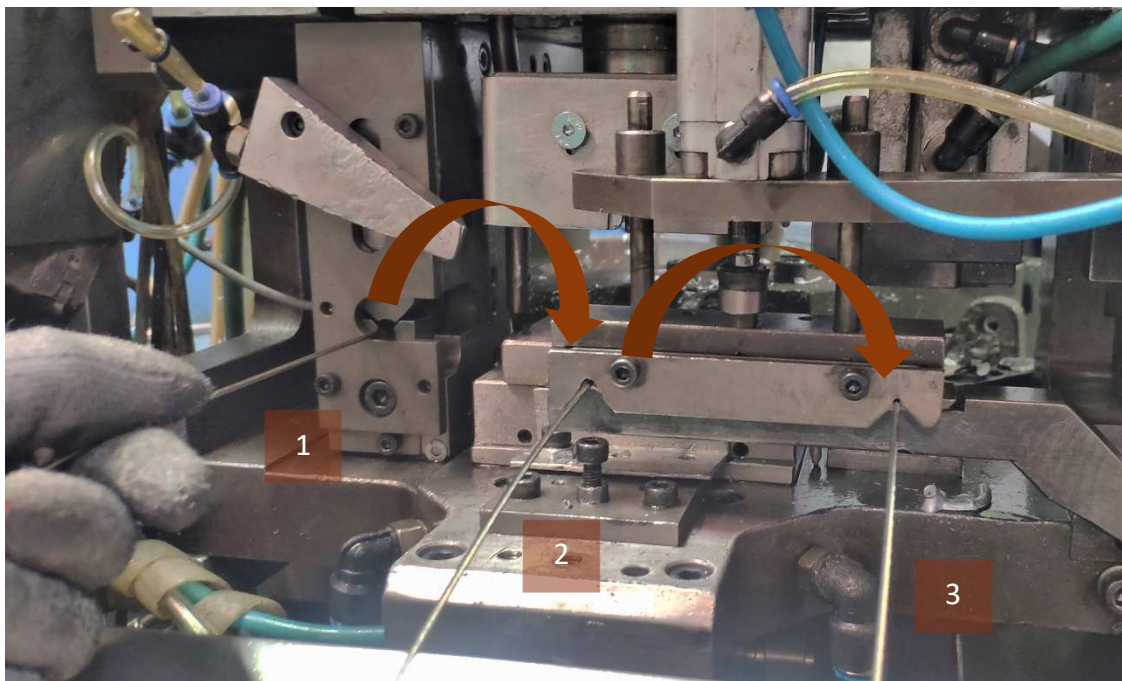


Figura 50 - Processo produtivo de uma MIZ

Concluindo este capítulo, temos a Tabela 20, tabela resumo do processo produtivo, onde se encontram todos os sinais, intrínsecos aos elementos em foco, a serem validados, por forma a que a próxima etapa possa ser iniciada.

Tabela 20 – Processo de fabrico de uma MIZ

Etapa/Sinal	Descrição
1	Inserção do cabo no mecanismo da flor
2	Execução da flor na extremidade do cabo
3	<i>Transfer</i> agarra cabo
4	Transporte do cabo apoiando-o na estrutura
SINAL	Mecanismo da Flor Presoestado
5	Fecho do molde
SINAL	Fecho Molde Presoestado
6	Avanço do equipamento para posição de injeção
7	Execução da pressão de encosto
SINAL	Fecho Molde Presoestado Sensor de Rotação do SAR
8	Injeção
SINAL	Parâmetros de injeção
9	Abertura do molde
SINAL	Fecho Molde

Etapa/Sinal	Descrição
10	Extração
11	O sopro de ar é ativado e gito cai na rampa de ligação à panela
12	<i>Transfer</i> agarra cabo
13	Deposição do cabo injetado no suporte para produto final

Pressupostos de Funcionamento

Por fim, são apresentadas todas as ações fundamentais ao processo de injeção, assim como a sua caracterização. Pretende-se, deste modo, descrever todos os pressupostos sobre quaisquer variáveis externas que devam ser tomadas em consideração sobre este processo.

Tabela 21 - Caracterização de pressupostos sobre ações realizadas nas MIZ

Ação	Caracterização
Barra de Zamak	Sistema de Suporte da Barra de Zamak é manuseado pelo operador manualmente O operador tem total controlo sobre a quantidade de Zamak na panela
Programação do Painel de Controlo	Neste dispositivo, podem ser ajustados os parâmetros de injeção, sendo este o nível um de acesso Os tempos de abertura do Mecanismo da Flor e do Sistema de Extração, que pertencem ao nível dois de funções programáveis, têm como função a existência de uma forma simplificada de coincidir os seus movimentos com os do <i>Transfer</i> , também programável Operador tem acesso ao nível um das funções programáveis do painel Técnico de manutenção tem acesso a todos os níveis das funções programáveis do painel
Parâmetros de Injeção	Os parâmetros de injeção acessíveis no Painel de Controlo são: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pressão da bomba ➤ Tempo de enchimento ➤ Tempo de arrefecimento Cada referência apresenta parâmetros distintos e únicos à sua geometria Conformidade é imperativa ao bom funcionamento do processo de injeção
Programação do PLC	Os tempos e funções de todo o processo produtivo podem ser ajustados Só os técnicos de manutenção estão aptos a efetuar alterações ao PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>) da máquina, se necessário para o arranque
Quadro Elétrico	Pode ser ajustada a temperatura da Resistência e da Panela Só os técnicos de manutenção têm a chave de acesso e permissão para alteração destes parâmetros
Setup	Processo de alteração de referência de terminal a utilizar implica a substituição do molde e/ou estrutura (se estrutura for adaptada à utilização do molde em questão), extratores e cabo Estrutura tem sempre de ser removida para o molde ser substituído Afinação após qualquer tipo de <i>setup</i> é recomendada Parâmetros de injeção devem ser modificados Se a tarefa envolver uma mudança de estrutura, então o processo de afinação é imperativo Operadores muitas vezes executam o <i>setup</i>
Validação de Produto Final	Segundo requisições do cliente bem como normativas Inspeção visual Remoção de quaisquer rebarbas do terminal com o auxílio de uma escova Ensaio de carga normalizados para cada lote

3.4.1.3 Descrição do Processo de Intervenção

Neste capítulo, serão descritos e caracterizados todos os principais aspetos de um processo de intervenção numa MIZ aquando de uma ordem de trabalho relacionada com o componente em

estudo neste capítulo, bem como componentes intrínsecos ao seu funcionamento. O processo inicia-se então com o levantamento de todos os tipos de trabalhos relativos ao Conjunto de Injeção e Conjunto da Resistência, os quais se podem encontrar na Tabela 22. Isto, pretende restringir a descrição deste processo, de forma a que esta só se foque nos elementos em estudo.

Tabela 22 – Descrição do tipo de intervenção realizada consoante o componente e modo de falha para o Conjunto de Injeção e Conjunto da Resistência

Componente(s)/Modo de Falha	Intervenção
Resistência não conforme.	Alteração de todo o Conjunto da Resistência.
BIZ partido (Figura 51 - A) ou com desgaste (Figura 51 - C).	Substituição do componente. Falha na remoção do BIZ resulta na substituição da Bomba.
Conjunto da Resistência agarrado ao BIZ (Figura 51 - B).	Substituição de todos os componentes. Se remoção do BIZ não for possível, é efetuada a substituição da Bomba.
Êmbolo com prisão, desgaste ou partido (Figura 51 - F).	
Ponteira partida (Figura 51 - E), zona roscada dentro da bomba (Figura 51 - D).	Substituição imediata da Bomba.
Bomba com desgaste.	



Figura 51 - Diferentes modos de falha para os componentes do Sistema de Injeção

Como definido na Tabela 18 de mapeamento de funções, o técnico de manutenção deverá principiar a intervenção com uma análise primária do problema em questão. Posteriormente, e de acordo com os regulamentos, delinea o plano de ações, intervindo de forma concordante

com a situação. Por forma a cobrir todos os passos de uma intervenção a uma MIZ, será descrita a remoção de todos os elementos do Conjunto de Injeção e da Resistência.

Abertura da Máquina

Primeiramente, é desligada a resistência agregada ao BIZ, para que este possa arrefecer, permitindo um manuseamento ao longo de todo o processo seguro e conforme. De seguida, é efetuada a remoção da cavilha (Figura 42-Cavilha de Ligação) de ligação entre os subsistemas MR e o SAR. Após esta ação, o equipamento encontra-se sob as condições necessárias para se proceder à abertura da máquina, como demonstrado na Figura 52. Esta tarefa é essencial, já que o Conjunto de Injeção se encontra inacessível em condições normais de trabalho.

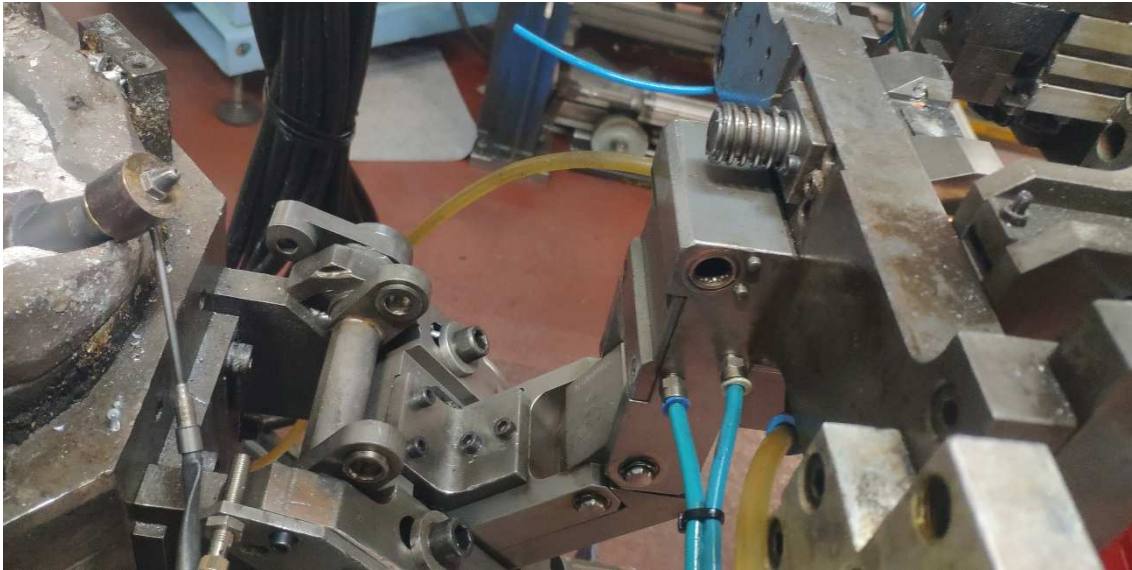


Figura 52 – Mecanismo de Rotação de uma MIZ desdobrado

Redução do Nível de Zamak da Panela

De notar que se encontra uma quantidade considerável de Zamak nos canais de injeção da Bomba, Ponteira de Injeção e a parte do BIZ, contido dentro desta última. Isto deve-se ao facto de os canais estarem contidos abaixo do nível de Zamak na Panela, o que faz com que seja imperativa a sua redução. Esta é efetuada com o auxílio de uma colher e balde de aço, sendo que uma grande quantidade de Zamak terá de ser retirado, não existindo a hipótese de ser recuperado. Esta tarefa é essencial, não só para a remoção do BIZ sem que a zona roscada da Ponteira de Injeção fique cheia de Zamak, mas também para a segurança da intervenção, já que qualquer toque no Êmbolo cria pressão suficiente para o metal fundido passar por todos os canais de injeção.

Remoção do Conjunto da Resistência

O Conjunto da Resistência é removido com uma Ferramenta Auxiliar de Remoção de Resistências (Figura 53-A). Esta foi desenvolvida para melhorar a operação de remoção do conjunto sem danificar a Resistência, culminando num melhor reaproveitamento. Quando a sua utilização não é eficaz então é substituída por um alicate de pressão, sendo a probabilidade de reaproveitamento muito baixa. Esta ferramenta encontra-se totalmente caracterizada no ANEXO 4 (06-SCI-SR01).

A partir deste ponto, duas intervenções podem ocorrer: a simples remoção do BIZ ou a remoção de toda a Bomba, qualquer que seja o tipo de falha envolvido. Primeiramente, será retratada a substituição do BIZ, seguida pela da Bomba.

Substituição do Bico de Injeção de Zamak

O BIZ é removido através de um roquete com uma chave de caixa sextavada coincidente com a sua geometria, como na Figura 53-B. Após este passo, deverá ser aplicada na zona roscada a massa *MOLYKOTE*[®] 1000 *Thread Paste* (Figura 53-C) sendo as suas especificações técnicas como descritas no ANEXO 2..

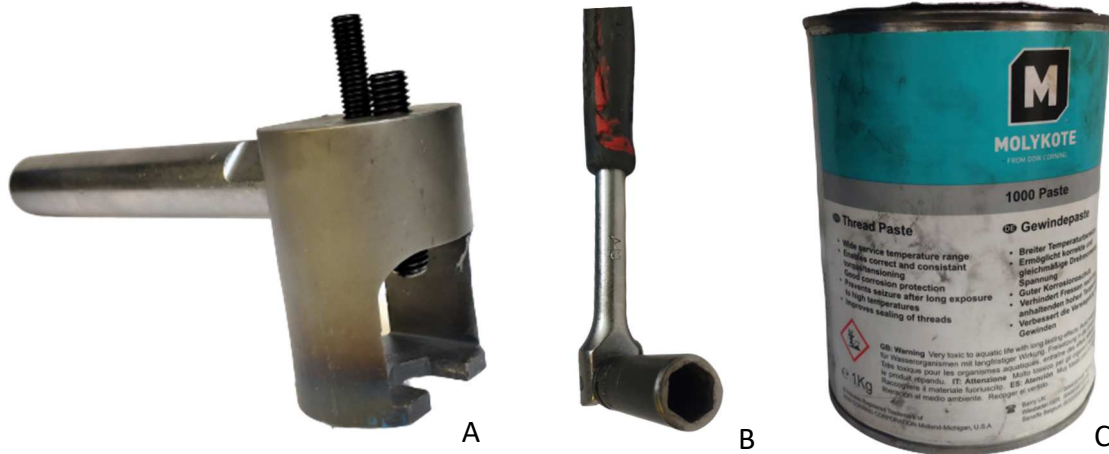


Figura 53 – Ferramentas para o processo de intervenção de remoção da Resistência (A), Bico de Injeção (B) e a massa utilizada para ligações roscadas (C)

A sua aplicação é extremamente importante para a execução de futuras intervenções a este componente já que:

- Ideal para ligações aparafusadas não permanentes;
- Melhora condições de vedação na rosca;
- Oferece proteção contra o ambiente corrosivo;
- Temperatura de trabalho elevada, ideal para o tipo de trabalho (650 °C);
- Possibilita a correta e consistente distribuição de tensões;
- Previne fratura após longa exposição a altas temperaturas.

Estão então reunidas as condições para que se possa efetuar o ajustamento do novo BIZ à Ponta de Injeção com o auxílio do roquete.

Substituição da Bomba

Após a remoção do Conjunto da Resistência, só permanecem em máquina os elementos ligados à Bomba, sendo eles o Subconjunto de Injeção e o Êmbolo, os quais terão de ser removidos. Primeiramente é removida a golpilha do apoio da Alavanca do Êmbolo (Figura 33), de modo a que esta e o Êmbolo possam ser retirados. Após se encontrarem fora da máquina, são separados, já que o Êmbolo entrará em armazém sempre em conjunto com a Bomba. Com um alicate de pressão, o Suporte da Bomba é removido de dentro da Panela com a Bomba agregada.

Todo o Zamak fundido dentro da camisa da mesma deverá ser retirado e depositado novamente na Panela. A Bomba, com o Subconjunto de Injeção e o suporte da mesma, são colocados no chão, assim como os parafusos de fixação ao Suporte da Bomba. Após este passo, terá de haver um período de arrefecimento para que a Bomba de substituição possa ser novamente fixa no suporte e montada de forma segura.

De todas estas intervenções advém consequências não só para o Departamento de Manutenção, mas também para o Departamento de Produção sendo que se traduzem em aumentos de:

- Tempo de intervenção (alocação de recursos da manutenção, Tabela 23);
- Tempo de imobilização (redução da disponibilidade do equipamento);

- Custo de aquisição (peças de desgaste);
- Desperdício de matéria prima (descida do nível de Zamak da Panela).

Tabela 23 - Tempo de intervenção qualitativo para cada tipo de ação primária

Intervenção	Tempo de Intervenção
Remoção do Conjunto da Resistência com BIZ conforme	30 min
Substituição do BIZ	[30; 45] minutos
Substituição da Bomba	[2; 3,5] horas

Por fim, estão caracterizados na Tabela 24 todos os pressupostos de funcionamento relativos ao processo de intervenção.

Tabela 24 - Pressupostos sobre as tarefas de intervenção

Intervenção	Pressuposto
Bico de Injeção	O componente não conforme terá de ser entregue em armazém em troca pelo novo, e o seu modo de falha registado.
Troca de Bomba	As Bombas em <i>stock</i> no armazém já se encontram com Bico e Ponteira de Injeção acoplados, segundo os parâmetros anteriormente definidos, estando preparadas para instalação imediata.
Troca de Bomba com Bico de Injeção conforme	Sempre que uma troca de Bomba é requerida, então todo o Conjunto de Injeção (menos a Panela) é substituído. A bomba que foi retirada é então guardada para posterior retificação e remoção do bico de injeção, resultando na consequente inutilização do mesmo. Ponteira de Injeção parte na Bomba e técnico responsável não consegue remover. Bico de Injeção parte na Ponteira de Injeção e não consegue ser removido, nem a Ponteira retirada da Bomba. Sempre que é admitida uma nova Bomba em armazém, esta tem de ser validada através de um calibre (Figura 54-A). Calibre valida a concentricidade da furação da Ponteira de Injeção. O calibre garante que o ângulo entre a base dos ajustamentos para o Suporte da Bomba e a base para o ajustamento da ponteira façam 135°, garantindo assim o alinhamento da Zona de Encosto do Bico de Injeção (Figura 54-B) com a da Estrutura.

Retificação Externa de Bombas



Figura 54 - Calibre de validação de Bomba após retificação externa

3.4.2 Linha de Montagem Elevadores de Janela

A Lâmina de Corte de Cabo, é uma peça de desgaste de um determinado tipo de linhas de montagem que se dedicam exclusivamente à produção de conjuntos (Figura 55-A) utilizados

como parte integrante de sistemas de elevadores de janela. Estes são constituídos por um subconjunto (Figura 55-B), um cabo e dois terminais.

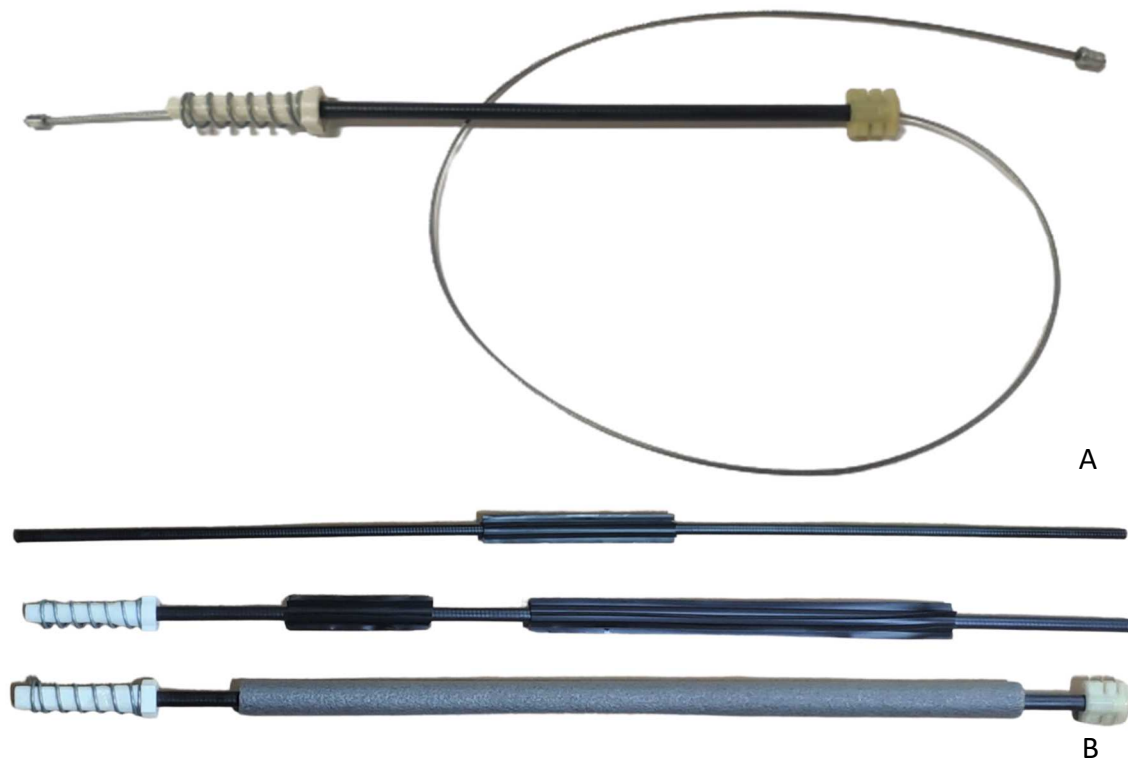


Figura 55 - Exemplo de conjunto do sistema de cabo para elevadores de janela (A) e subconjuntos utilizados para o fabrico destes componentes (B)

O corte mecânico é então efetuado por um mecanismo em ambos os lados do subconjunto, se a referência assim o requerer, ou somente de um lado, sendo estes dispositivos situados no penúltimo e/ou antepenúltimo posto. Apresentado na Tabela 25, encontram-se o número de dispositivos de corte em função da máquina em questão.

Tabela 25 - Linhas de montagem de elevadores de janela e respetivos dispositivos de corte mecânico

Código da Máquina	Número de Dispositivos de Corte
EJ-KL	2
EJ-CD	2
EJ-2	2
EJ-1	1
EJ-B	1

Todas as linhas desta família são semelhantes e compostas por três estações cada uma responsável por uma parte do processo. Na Estação 1 o operador faz a admissão de um subconjunto (Figura 55-B) através de um mecanismo que os admite de acordo com a produção (Figura 57-Alimentador de Subconjuntos)).

O abastecimento do cabo é efetuado através de uma bobine que com o auxílio de um desenrolador e um mecanismo de arrasto que faz com que este seja inserido dentro da espiral, coincidente com o subconjunto em utilização. Este processo só cessa quando o cabo atinge a ferramenta de prensar (Figura 56 - Prensa Hidráulica), onde um terminal aguarda o início da próxima fase. Enquanto o terminal é prensado corte elétrico (Figura 57-Corte Elétrico) efetua o corte do cabo à cota específica para a referência em utilização. Seguidamente um transportador efetua a mudança de estação.



Figura 56 - Exemplo de linha de montagem de conjuntos para sistemas de elevadores de janela



Figura 57 - Estação 1 de linha de montagem de conjuntos para sistema de elevadores de janela

Após o transportador ajustar o subconjunto aos suportes da Estação 2, a ponta do cabo cortada pelo corte elétrico é inserida numa ferramenta para prensar, com exatamente o mesmo tipo de processo da sua contraparte. O transportador da Estação 3 ajusta os terminais nos suportes existentes para o efeito, em ambos os dispositivos de corte de cabo localizados, segundo a Figura 58 (Figura 58-Dispositivo de Corte de Cabo 1; Figura 58-Dispositivo de Corte de Cabo 2).

Após o ajustamento do terminal ao suporte (Figura 59-A), um calcador desce, prendendo o terminal como na Figura 59-B. Seguidamente, através de acionamento pneumático, todo o DCC é elevado, Figura 59-C, ajustando a ponta do cabo segundo o rasgo existente na contra lâmina

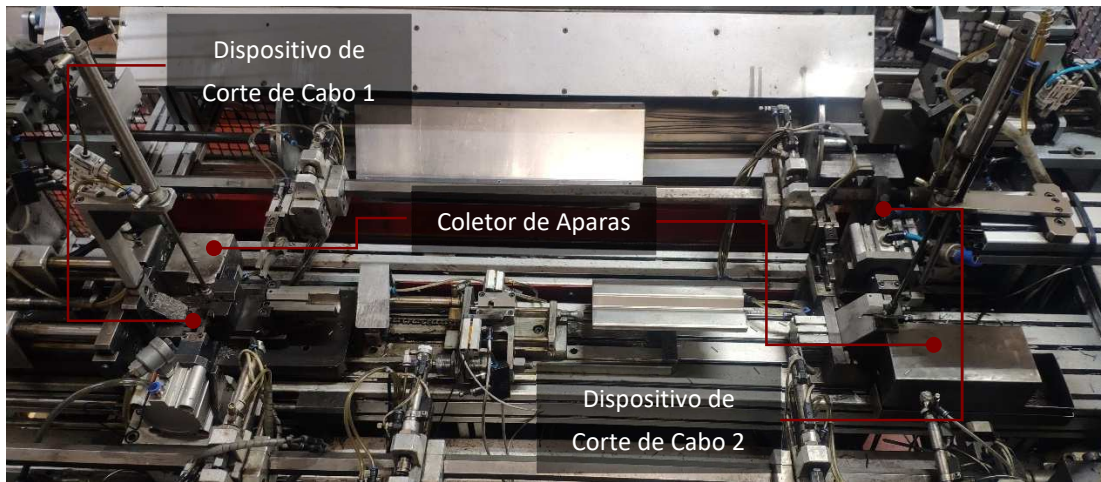


Figura 58 - Estação 3 de linha de montagem de conjunto para sistemas de elevadores de janela

Posteriormente, é acionado o corte, sendo que a avara, após a separação, e devido ao movimento e solicitação da lâmina, é enviada para dentro do coletor de aparas (Figura 59-Coletor de Aparas). Por último, é efetuado o retorno do DCC à posição original (Figura 59-D) e o transportador da Estação 3 agarra todo o conjunto, depositando-o na estação de produto final.

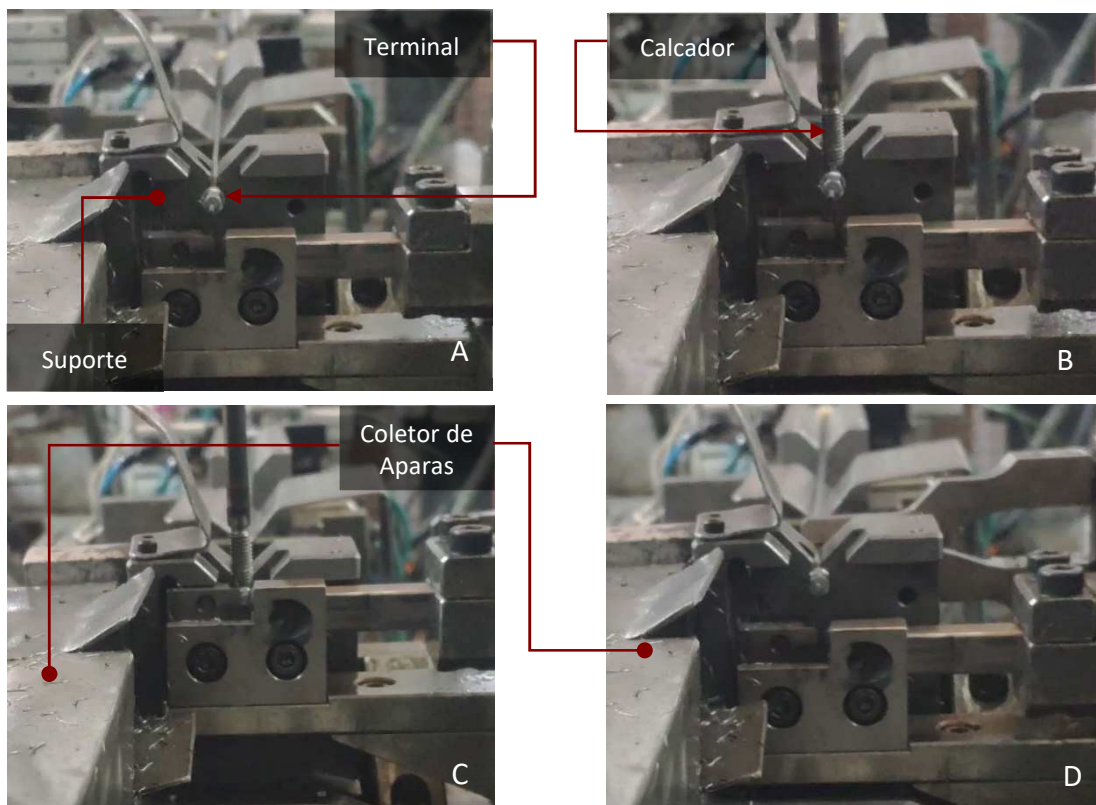


Figura 59 - Etapas para corte de cabo mecânico

O corte mecânico tem como função a eliminação da extremidade do cabo, produto do corte preliminar no início do processo. Para determinadas referências, é de utilização imperativa segundo as especificações do cliente e os princípios impostos à empresa relativos à qualidade de fabrico e produto final.

3.4.2.1 Apresentação dos Principais Componentes do DCC

O corte é efetuado através da utilização de um conjunto de Lâmina de Corte de Cabo (Figura 60-B e Figura 60-C) e Contra Lâmina de Corte de Cabo (Figura 60-A). Ambos os componentes são fabricados em HSSCo10. Este apresenta uma dureza de 65 HRC a 68 HRC, variando de acordo com a geometria de fornecimento.

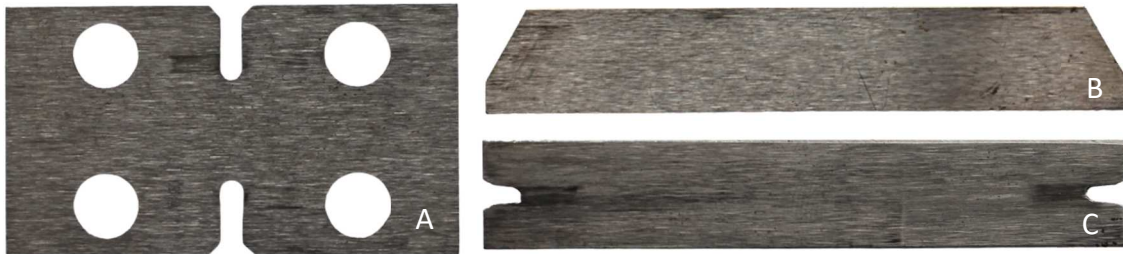


Figura 60 – Contra Lâmina de Corte de Cabo (A) e Lâmina de Corte de Cabo (B) e (C)

Ambos os componentes interagem segundo os movimentos descritos pela Figura 61-A e Figura 61-B. Nesta figura, são também representados os principais componentes do DCC.

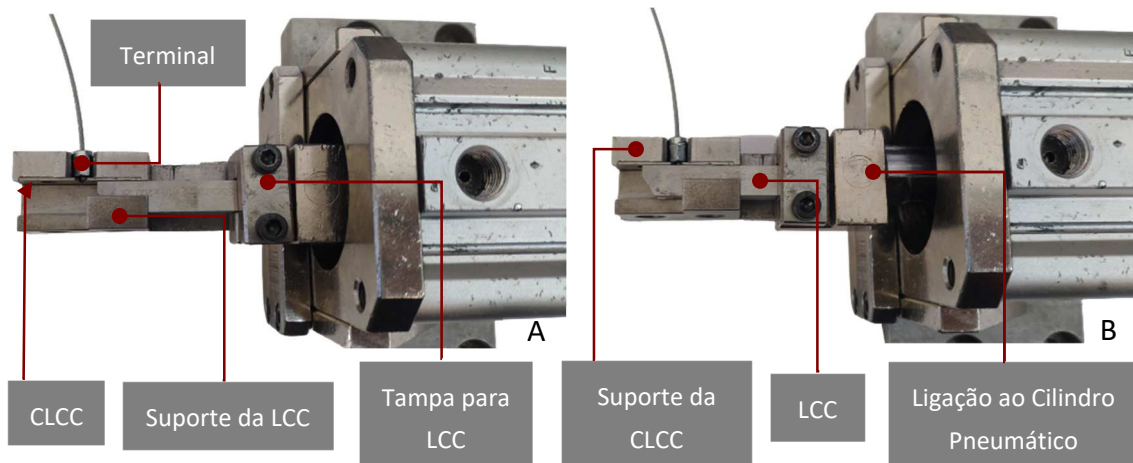


Figura 61 - Componentes principais do Dispositivo de Corte de Cabo e movimentação da LCC característica do acionamento pneumático

A CLCC é mantida em posição através do seu suporte (Figura 61-Suporte da CLCC). A CLCC é o componente que tem como função guiar a ponta do cabo para o rasgo existente, bem como servir de apoio ao mesmo, mantendo-o em posição.

A LCC desliza sobre esta, com a face representada na Figura 60-C, obtendo a concentricidade do semicírculo característico da geometria de ambos os componentes, assim como com o cabo durante o processo de corte. O movimento da LCC é guiado pelo seu suporte (Figura 61-Suporte da LCC) estando ainda apoiada no componente de ligação ao cilindro (Figura 61- Ligação ao Cilindro Pneumático) e fixa através de uma tampa (Figura 61-Tampa para LCC). Estes componentes são ajustados através de dois parafusos M5 (Figura 62-M5) que atravessam ambos os suportes da LCC e CLCC e as duas furações inferiores da CLCC.

A transmissão de movimento é efetuada através de um cilindro SMC CDQ2B63-10D (Figura 63-B), que faz com que a LCC deslize sobre a CLCC. A ligação entre este e o DCC é efetuada através de um perno M10, que se ajusta ao componente que efetua esta ligação ao cilindro pneumático (Figura 63-A).

De notar que os desenhos técnicos de todos os componentes até agora caracterizados se encontram no ANEXO 4 segundo a Tabela 87.

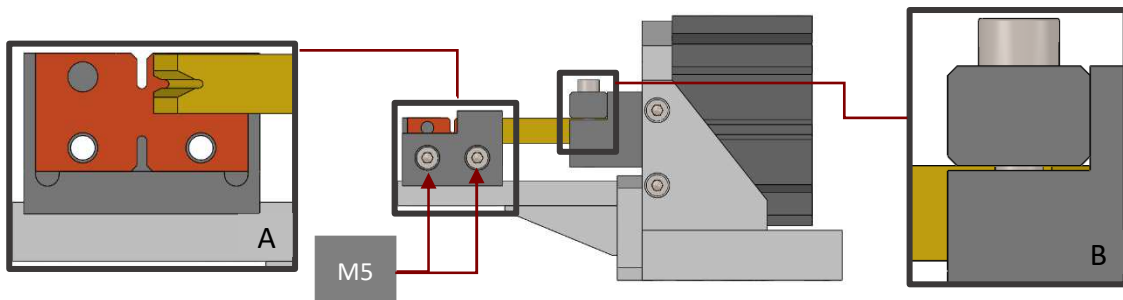


Figura 62 – Metodologia de suporte para a CLCC (A) e (B)

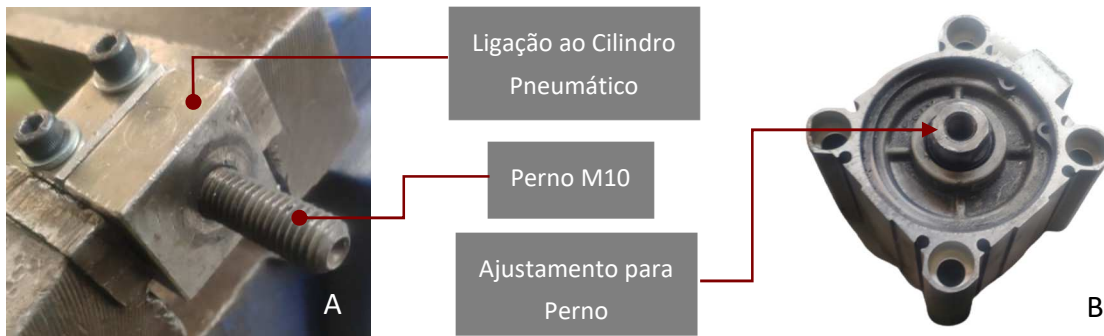


Figura 63 - Metodologia de ligação ao cilindro pneumático

3.4.2.2 Descrição do Processo de Intervenção

O processo de intervenção é caracterizado essencialmente pela substituição ou da LCC, ou CLCC. Esta necessidade prende-se ou com o desgaste das arestas de corte, ou com a fratura das mesmas. Neste capítulo serão descritos todos os fatores intrínsecos ao processo de intervenção relativo à substituição destas duas peças de desgaste.

O operador é o colaborador que apresenta a função de verificação de conformidade do produto final. Esta validação é efetuada através da utilização de um calibre (Figura 64-A) em todo o produto fabricado. O calibre garante que o terminal e a ponta do cabo se encontram dentro das dimensões que foram definidas pelo cliente como por exemplo as tolerâncias apresentadas na Figura 64-B.

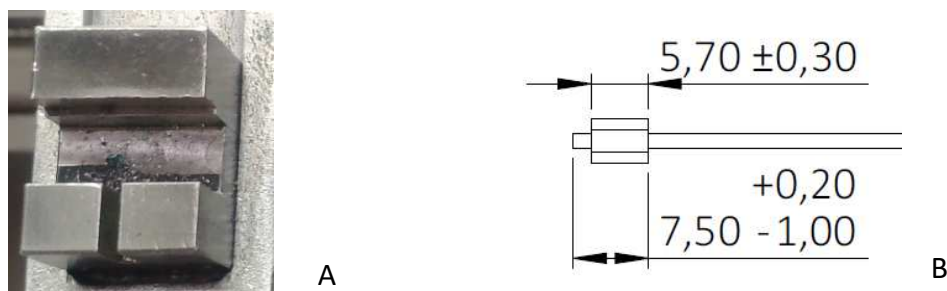


Figura 64 - Calibre de verificação (A) de toleranciamento dimensional para o terminal e ponta de cabo (B)

De notar que, após a falha, está definida a recuperação de todos os componentes deste conjunto, à exceção do cabo e os terminais prensados.

Processo de Intervenção

Sempre que existe a necessidade de substituição destas peças de desgaste têm de ser desapertados ambos os parafusos M5 que, como já referido, fixam ambos os suportes das peças, bem como a CLCC. A partir deste ponto, a CLCC consegue ser removida, ou simplesmente

rodada, em prol da utilização de outra aresta. A substituição ou rotação da lâmina requer a remoção da Tampa para LCC.

O estado de ambos os componentes é sempre verificado aquando de um *setup* pelo afinador. No entanto, o operador é o principal impulsionador de um processo de intervenção, já que, como já referido, valida a conformidade de todos os conjuntos fabricados. Segundo o estipulado a intervenção deverá ser efetuada pelo afinador, mas devido à simplicidade do trabalho, o operador executa a tarefa sempre que o tempo de espera pelo colaborador designado supera o expectável.

Substituição por Fratura

Relativamente ao modo de falha por fratura, este é imediatamente observável através da não conformidade do produto final, já que o corte segundo estas condições não se concretiza. Na Figura 65, encontram-se exemplos de tipo de fratura para ambas as peças de desgaste em estudo.



Figura 65 - Modos de falha por fratura para as CLCC (A) e LCC (B)

Substituição por Desgaste

Como pode ser observado, a LCC apresenta duas arestas de corte existindo deste modo um melhor aproveitamento da extensão desta peça de desgaste. À sua semelhança a CLCC foi projetada para conter quatro arestas de corte, rasgo superior e inferior de ambas as faces da peça.

O modo de falha, produzido pelo desgaste da LCC no cabo, segue a sequência apresentada na Figura 66. Entre cada um dos estados representados, existe o fabrico de produtos conformes. Somente aquando do aparecimento de um dos quatro últimos é que se cessa a produção para análise dos componentes.



Figura 66 - Progressão da falha de corte de cabo produzida pelo desgaste da LCC

Retificação das LCC

O processo de fabrico para estas duas peças de desgaste, LCC e CLCC, é o corte por eletroerosão a fio. Deste modo, as suas retificações eram efetuadas por uma entidade externa por forma a obter o melhor acabamento e conseqüente aumento de tempo de trabalho. Este processo tem como objetivo a eliminação do desgaste da aresta de corte admissível pelo cabo.

No entanto, a empresa já teria desenvolvido condições para a realização de uma retificação interna, visando a redução de custos associados a este processo. Todavia este ainda se encontra na fase de validação. Na Figura 67, consegue ser observada a diferença entre a profundidade da aresta de corte relativamente à extremidade das LCC. Isto deriva do facto de que a LCC da Figura 67-B já ter sido submetida a um processo de retificação.



Figura 67 - Desgaste a ser eliminado durante o processo de retificação da aresta de corte de uma LCC

O valor mínimo aceitável de comprimento retificável, da extremidade da LCC à aresta de corte, é o parâmetro que define a validação desta para o processo de retificação.

O dispositivo utilizado para o processo é uma DREMEL FORTIFLEX F013 9100 47 (230-240 V; 300 W; 50-60 Hz; n=20000 /min), representado na Figura 68-A. A retificação é efetuada em duas fases, sendo a primeira responsável pelo desbaste de toda a zona crítica, até à eliminação total das marcas da Figura 67.

Isto é conseguido facilmente através da utilização de um disco abrasivo com as dimensões apresentadas na Figura 68-B e grão de D500. O diâmetro da ponta do disco coincide com o diâmetro do rasgo da LCC, facilitando assim o processo. No entanto, devido ao tamanho do grão, as marcas de abrasão são profundas e na direção longitudinal ao corte. Por forma a contrariar o estado superficial que advém da primeira fase da retificação, é utilizado um pino abrasivo diamantado. As dimensões deste são como referidas na Figura 68-C, sendo que apresenta um grão de D126.

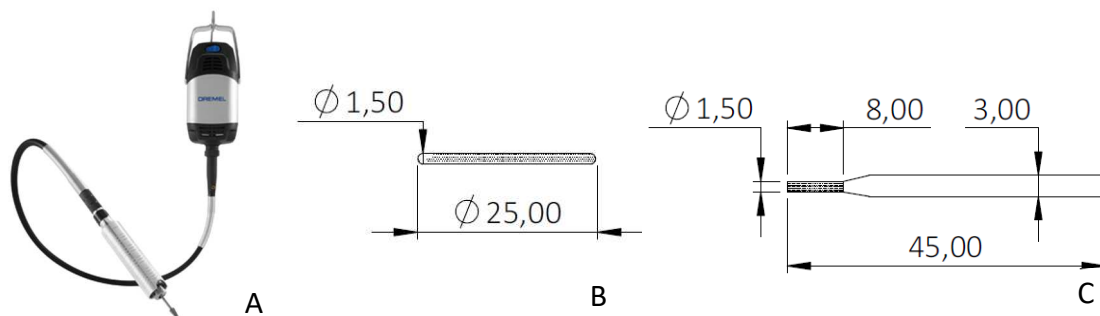


Figura 68 - Dispositivo e ferramentas utilizadas no processo de retificação das LCC

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1 SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK

4.2 DISPOSITIVO DE CORTE DE CABO

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1 SUBCONJUNTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK

4.1.1 Definição Técnica do Problema

No Capítulo 3.3, foi demonstrada a quantidade de itens requisitados em armazém. No entanto, não foram caracterizados os modos de falha e respetiva causa que levaram à necessidade de remoção do componente do equipamento. Para tal, foi efetuada uma análise totalmente baseada em informação retirada do *software* de apoio à manutenção, sendo esta complementada por uma segunda análise. Esta segunda advém de uma compilação de observações provenientes do acompanhamento a processos de intervenção, estudo das condições gerais de injeção e modos de falha, e de tarefas quotidianas associadas a estes equipamentos. Por fim, serão reunidas todas estas informações e desenvolvimento da causa-raiz de cada problema encontrado (Figura 69).

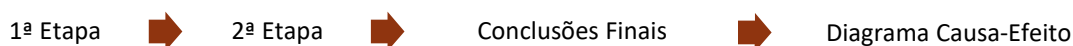


Figura 69 - Etapas para desenvolvimento técnico do problema das MIZ

Este processo teve como objetivo delinear todas as variáveis que devem ser tomadas em consideração por forma a que seja atingido o controlo do processo da forma mais integral possível.

4.1.1.1 Recolha de Dados Através do Software

Para encetar este estudo, procedeu-se ao levantamento dos dados relativos a todas as ordens de trabalho nos nove primeiros meses do ano de todas as MIZ. Posteriormente, cada ordem de trabalho, e respetivos tempos de imobilização e intervenção, foi categorizada. A Figura 70 é representativa dos trabalhos a efetuar, visando a categorização dos problemas encontrados por grupo, facilitando, deste modo, a posterior análise.

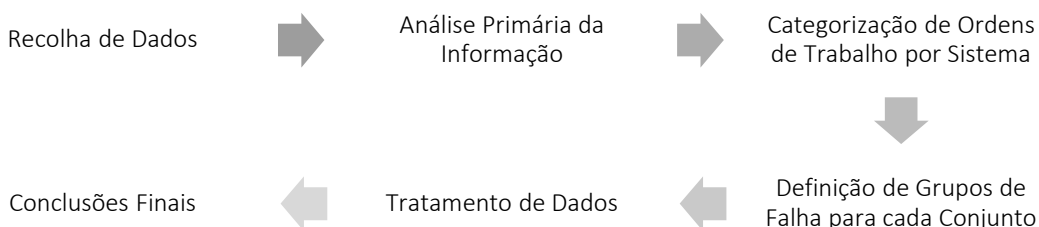


Figura 70 - Ordem de trabalhos para a análise de dados recolhidos do *software*

De notar que o tempo de intervenção conta com deslocações à máquina e ao armazém assim como todo o processo de compreensão do problema, avaliação da causa e projeto e execução e uma resolução. O tempo de imobilização é, como o nome indica, o tempo de intervenção adicionado ao intervalo de espera entre o lançamento da OT e o início do processo de resolução do problema.

As ordens de trabalho que têm como base a Estação de Trabalho são referentes aos DPC, barreiras e sistemas de segurança, painel de controlo, ligações ao quadro elétrico, reprogramação do PLC, câmaras de visão artificial, suporte e barra de Zamak e mangueiras de ar, água e óleo, bem como outro tipo de componentes não categorizáveis por estes padrões, sendo que a maioria destes não tem grande importância para o estudo em causa. Somente serão registados e desenvolvidos dados relativos aos elementos da Estação de Trabalho que influenciam diretamente a condição de elementos dos sistemas principais. Nomeadamente fugas de ar e água das mangueiras ou acessórios, e alteração dos parâmetros de injeção e extração acessíveis através do painel de controlo. A estas tarefas não estão agregadas número e tempo de intervenção e imobilização de grande relevância para a análise, pelo que só serão utilizadas qualitativamente.

Ambos os Sistema de Injeção e Sistema de Encosto foram sub categorizados segundo os conjuntos que integram os seus principais sistemas do processo produtivo. Neste último, foram definidas todas as intervenções cujos problemas tiveram como fundamento o acionamento do ciclo de rotação e respetivo mecanismo, assim como todos os aspetos que pudessem levar à sua falha. Já no Sistema de Injeção foram retratadas todas as tarefas que envolvessem os componentes e subsistemas já caracterizados no diagrama da Figura 29.

Por último, foram definidas como Afinação todas as OTs cuja resolução tenha passado diretamente e somente pela afinação do Sistema de Encosto, sem estar relacionada com a realização de setup.

Numa primeira análise, foi possível verificar a partir da distribuição das OTs, pelas categorias descritas na Tabela 26 (em detalhe no ANEXO 1.4.1), que 46 % das ordens de trabalho lançadas têm como objetivo a resolução de problemas relacionados com os sistemas em estudo, bem como a sua afinação. Esta primeira etapa irá então incidir unicamente sobre esses 46 %.

Tabela 26 – Categorias e respetivas ordens de trabalho, tempos de intervenção e imobilização relativos aos sistemas definidos

	Ordens de Trabalho	Tempo de Intervenção	Tempo de Imobilização
Estação de Trabalho	54 %	45,8 %	46,2 %
Sistema de Injeção	39 %		
Afinação	4 %	46 %	54,2 %
Sistema de Encosto	3 %		

Sistema de Injeção

Iniciando então o estudo para o Sistema de Injeção, temos que os seus parâmetros, relativos às intervenções desta natureza, são definidos na Tabela 27. A partir de uma rápida observação, temos que, por muito que o Conjunto de Moldação apresente 47,9 % de todas as ordens de trabalho para este conjunto, o tempo despendido para a sua resolução não é coincidente. Isto é o oposto do Conjunto de Injeção que, compondo apenas 43,4 % das OTs, apresenta relativamente ao Conjunto de Moldação um aumento de 25 % de tempo de imobilização.

Tabela 27 - Categorização de ordens de trabalho por conjunto para o Sistema de Injeção

Conjunto	Ordens de Trabalho	Tempo de Intervenção	Tempo de Imobilização
Conjunto de Injeção	43,4%	51,3%	58,0%
Conjunto da Resistência	8,7%	8,0%	8,3%
Conjunto de Moldação	47,9%	40,7%	33,7%

Estes três conjuntos foram ainda divididos em grupos, focando no componente(s) do mecanismo em falha na ordem de trabalho. Relativamente aos grupos das intervenções realizadas para o Conjunto de Injeção, estas podem ser observadas Tabela 28.

Tabela 28 - Categorização de ordens de trabalho por grupos para o Conjunto de Injeção

Grupo	Ordens de Trabalho	Tempo de Intervenção	Tempo de Imobilização
BIZ	44,6%	38,7%	40,5%
BIZ e Bomba	19,9%	30,9%	29,3%
BIZ e Resistência	13,6%	12,8%	13,6%
Panela	10,7%	7,6%	8,2%
Êmbolo	9,4%	7,9%	6,8%
Outros	1,9%	2,0%	1,5%

Todavia, outra abordagem para obtenção de parâmetros benéficos para a caracterização das intervenções são o tempo de intervenção e de imobilização por OT, para cada grupo. Foi então possível o estabelecimento e associação de valores para estes parâmetros, de acordo com o grupo incidente (Figura 71).

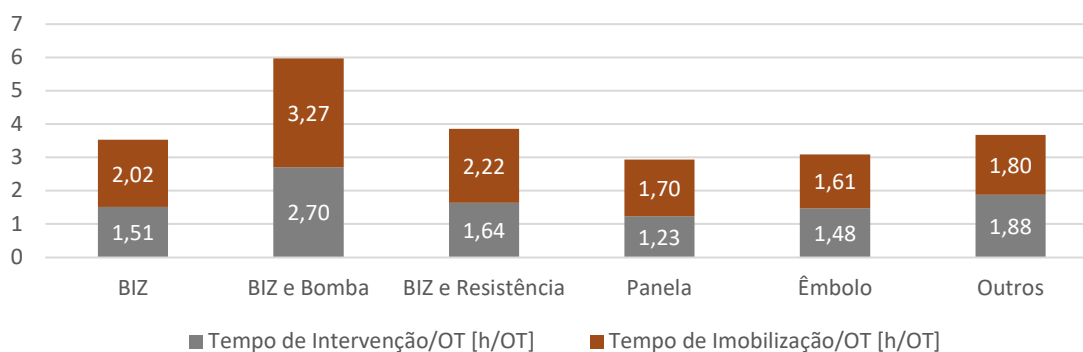


Figura 71 - Tempos de intervenção e imobilização por ordem de trabalho para as categorias do Conjunto de Injeção

A partir deste ponto, foi possível validar que a intervenção mais morosa é a da substituição da bomba (Figura 71-BIZ e Bomba), por não conformidade do BIZ, seguida da substituição da Resistência (Figura 71-BIZ e Resistência) e da substituição única do BIZ (Figura 71-BIZ).

Progredindo com esta análise temos a Tabela 29 que nos indica os parâmetros pretendidos relativamente ao Conjunto da Resistência. Em destaque temos que 20,3 % das falhas correspondem a uma OT que tinha como causa este conjunto, no entanto devido a esta falha o BIZ teve de ser removido.

Tabela 29 - Categorização de ordens de trabalho por grupos para o Conjunto da Resistência

Grupo	Ordens de Trabalho	Tempo de Intervenção	Tempo de Imobilização
Resistência	55,9%	47,8%	47,4%
BIZ e Resistência	20,3%	31,5%	32,2%
Outros	18,6%	20,7%	20,5%

Por último, temos os dados relativos ao Conjunto de Moldação, Tabela 30. No que diz respeito às intervenções nas Estruturas estas somente compreendem 13,1 % das intervenções, no entanto, representa mais de um quarto de todo o tempo de intervenção despendido para este conjunto. É ainda de referir que 35 % de todas as intervenções aos moldes não eram da responsabilidade da manutenção já que as ordens de trabalho eram referentes a moldes não conformes, ou mesmo ao polimento dos mesmos. Os tempos de intervenção e imobilização correspondem a 36,1 % e 26,8 %, respetivamente.

A equipa técnica de afinadores da produção deveria ter solucionado estes problemas, já que são relativos a não conformidade nos equipamentos que estão sob a sua responsabilidade, sendo esta parte integrante do processo de *setup*.

Tabela 30 - Categorização de ordens de trabalho por grupos para o Conjunto de Moldação

Grupo	Ordens de Trabalho	Tempo de Intervenção	Tempo de Imobilização
Molde	33,2%	31,5%	31,6%
Sistema de Extração	24,0%	22,3%	28,4%
Estrutura	13,1%	26,5%	13,8%
Veio de Fecho de Molde	11,8%	8,2%	11,8%
Outros	9,4%	7,1%	9,0%
Presoestado	8,5%	4,4%	5,5%

Sistema de Encosto

Este sistema representa somente 3 % de todas as intervenções registadas, no entanto poderá ser fator contribuinte para o desenvolvimento de condições destabilizadoras de todo o processo produtivo. Isto é possível já que toda a movimentação executada por este equipamento tem a transmissão e o movimento efetuado por este sistema.

O agrupamento efetuado (Tabela 31) pode ser observado em pormenor no ANEXO 1.4.3, no entanto, os seguintes pontos de interesse foram retirados:

- 43 % de todas as ordens de trabalho do MR foram relativas a gitos a impedirem o movimento;
- 40 % das OTs relativas ao SAR têm com causa problemas com o Cilindro de Acionamento da Rotação.

Tabela 31 - Categorização de ordens de trabalho por conjunto para o Sistema de Encosto

Conjunto	Ordens de Trabalho	Tempo de Intervenção	Tempo de Imobilização
MR	35,4%	55,2%	44,4%
SAR	64,6%	44,8%	55,6%

Afinação

A quantidade de intervenções nas quais foram alocados recursos do DM e a resolução do problema em questão passava pela afinação do Sistema de Encosto, compõe uma fração demasiado elevada para poder ser descartada. Adicionalmente, e como fator agravante, temos que esta tarefa é de execução imperativa após cada *setup* e pertence ao leque de funções dos Afinadores, colaboradores da Direção da Produção.

Modos de Falha para os Bicos de Injeção de Zamak

A partir de todas as intervenções que tiveram como causa o Bico de Injeção, qualquer que tenha sido a categoria, foi possível delinear e quantificar as variadas formas para as quais este componente entra em falha. A análise destes dados foi efetuada através de uma análise de Pareto (Figura 72) que permitiu a obtenção dos modos de falha que apresentam maior urgência de resolução, o desgaste e a fratura do componente. De referir que a categoria “Outros” é relativa às ordens de trabalho nas quais o modo de falha não é especificado, ou não é categorizável pelos restantes parâmetros.

A pesquisa levou à conclusão de que a maioria destes componentes são substituídos devido a uma falha precoce, e maioritariamente por desgaste na zona de encosto, ou por uma fratura incidente sempre na mesma localização, pelo que a resolução deste tema é imperativa. Estes modos de falha são reflexo do quão prejudicado o processo de injeção de Zamak é e justificativo do porquê deste componente apresentar os consumos mais elevados de toda a organização.

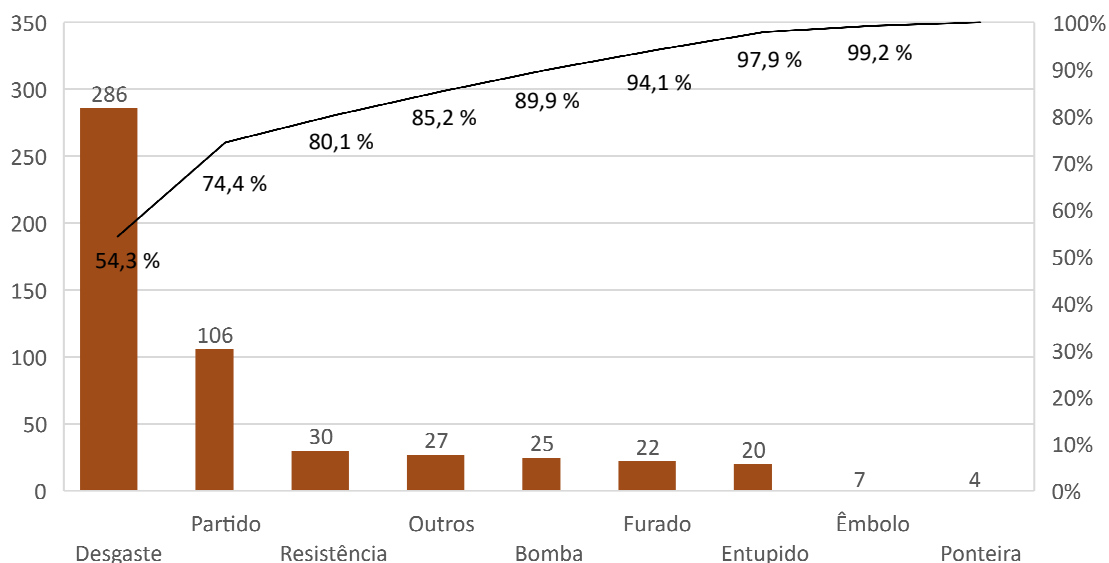


Figura 72 - Análise de Pareto para os modos de falha de BIZ entre janeiro e setembro de 2019

São ainda de relevar as seguintes informações:

- 79,2 % dos Bicos de Injeção partidos levam a uma troca de bomba;
- 72,3 % dos modos de falha por desgaste traduzem-se na troca de somente o BIZ
- 5,7 % das falhas em BIZ são provocadas por uma resistência danificada que não foi possível ser removida;

4.1.1.2 Estudo do Processo, Condições Gerais de Trabalho e Acompanhamento de Intervenções

Nesta etapa, foram estabelecidos e caracterizados os fatores externos que levam à extrapolação de todos os problemas encontrados, e dados como intrínsecos para este estudo. Deste modo, foi concluído que para as ações de melhoria se traduzirem em resultados concretos, deverá então existir um melhor controlo sobre todo o processo. Sendo o funcionamento de uma MIZ intrínseco a todos os sistemas enumerados no Capítulo 3.4.1.1, então o estado dos componentes está intimamente relacionado à disponibilidade da máquina, já que qualquer falha é denotada de forma primária ou secundária imediatamente ou após um período, através da não conformidade do processo.

O capítulo foi dividido em nove grupos, sendo eles:

- Falha na injeção;
- Chapas de proteção;
- Vedação;
- Manuseamento não conforme;
- Folgas nos ajustamentos;
- Componentes da Base de Suporte;
- Geometria do BIZ;
- Esforços mecânicos extraordinários;
- Placa Inferior da Estrutura.

Falha na Injeção

Esta falha, ocorre sempre que exista uma ou mais condições que não permitam a execução conforme do processo, e os sinais que validam as etapas do processo produtivo não são

suficientes para executar a paragem do mesmo. Neste ponto, todas estas serão caracterizadas, assim como descritas as causas e consequências das falhas de injeção por:

- Fratura do BIZ;
- Desgaste da Zona de Encosto (BIZ ou Placa Inferior da Estrutura);
- Falha no encosto;
- Falha por condições de temperatura não conformes.

De todas as ordens de trabalho para o Sistema de Injeção, Sistema de Encosto e Afinação, aproximadamente 51 % tiveram como consequência esta falha, a qual implica que uma quantidade enorme de Zamak, a uma temperatura acima do seu ponto de fusão, entre em contacto com os componentes de trabalho, causando danos severos e irreversíveis. Nas Figura 73,

Figura 74 e Figura 75 encontra-se evidenciados os problemas resultantes de uma falha de injeção. Estes traduzem-se posteriormente em:

- Desperdício de material;
- Contacto do metal de injeção fundido com todos os componentes intrínsecos ao processo produtivo (falha na conservação de componentes);
- Tipo de falha com tempos de intervenção morosos;
- Limpeza do espaço de trabalho.

Primeiramente, temos a fratura do BIZ (Figura 73), falha que está inerente a uma utilização não conforme, na medida em que este componente sofre solicitações que fazem com que desenvolva esforços extraordinários que impulsionam esta falha.



Figura 73 - Falha de injeção para intervenção com BIZ partido

Seguidamente temos que o estado superficial da Zona de Encosto do BIZ (Figura 74-C) e/ou da Estrutura é também fator instigador de uma falha de injeção. Se estas condições se reunirem ambas as ZE entrarão em contacto com elevadas quantidades de Zamak,

que se encontra a uma temperatura acima do seu ponto de fusão, à pressão de injeção e em consolidação com a pressão de encosto. Isto impulsiona a propagação do desgaste em ambas as zonas de trabalho.



Figura 74 - Falha de injeção para intervenção com desgaste na Zona de Encosto

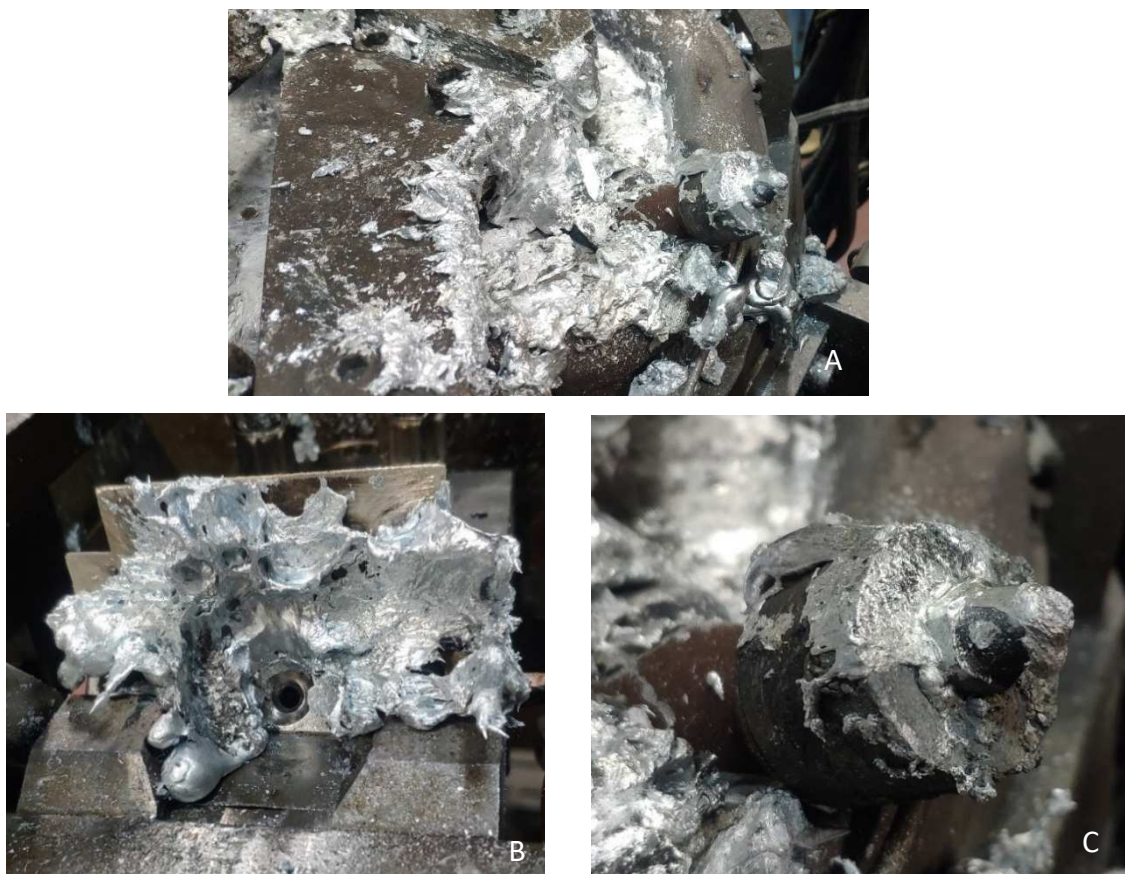


Figura 75 - Falha de injeção para intervenção para falha no encosto

Nem todas as falhas por encosto ocorrem para a escala demonstrada, e nem todas são consequência de não conformidades com o BIZ. Não obstante, podem também danificar severamente o estado superficial de todos os elementos envolvidos neste contacto. Foram então estudados quatro fatores a ter em consideração aquando do estudo deste tipo de falha:

- Gitos;
- Zamak na Zona de Encosto;
- Pressão de encosto;
- Nível da Painela de Zamak.

Gitos

Aquando da realização da primeira etapa desta definição técnica do problema parte deste ponto já foi revisto. No entanto, a sua importância deverá ser novamente relevada, já que durante esta segunda etapa foi confirmada a elevada frequência de ocorrências para este problema.

A queda dos gitos para localizações não viáveis (Figura 76-A), nomeadamente para o MR (Figura 76-B) e o Sistema de Afição (Figura 76-C), é originada da falta de metodologia para remoção controlada destes. Muitas vezes, o sopro de ar não é suficiente para que o gito possa alcançar a rampa de ligação à painela (Tabela 20-11), sendo que este também auxilia a separação do terminal e do gito durante a extração. Esta separação está totalmente dependente do canal de transição entre o gito da Placa Inferior da Estrutura e o Molde.

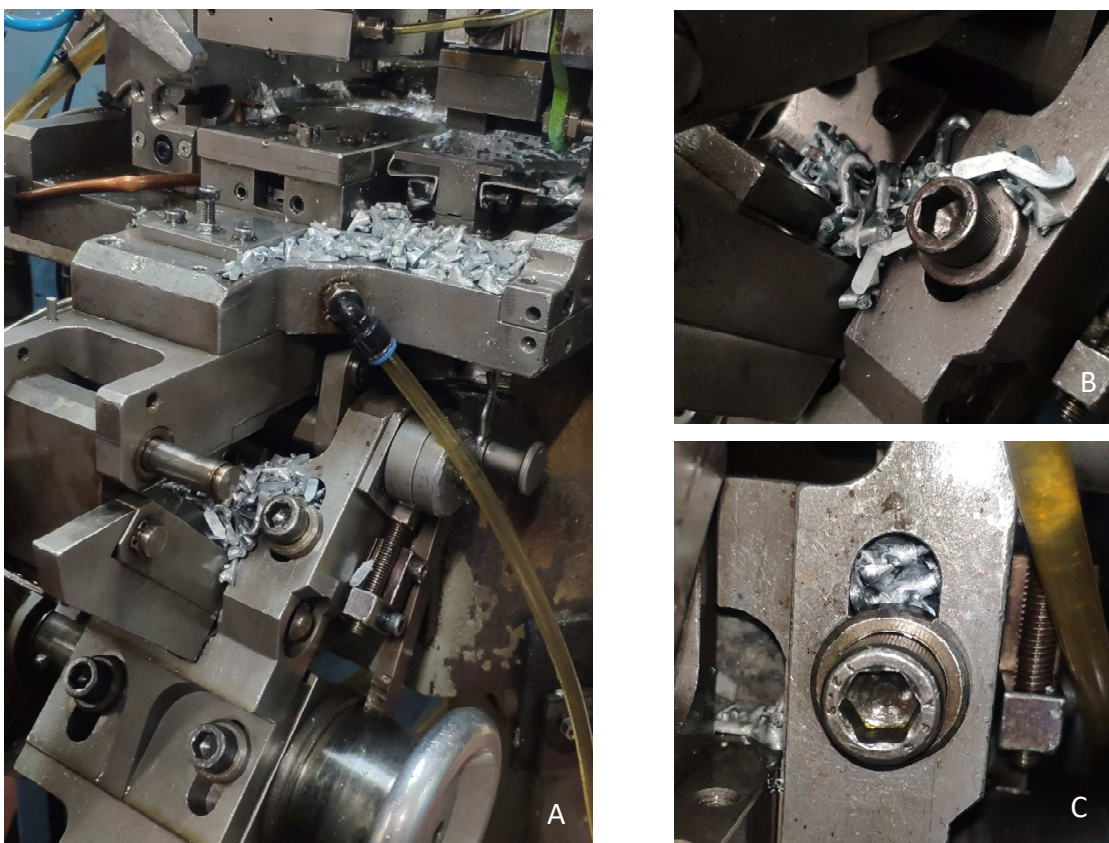


Figura 76 - Gitos alojados no Mecanismo de Rotação (A e B) e Sistema de Afição (B e C)

Zamak na Zona de Encosto

Originada por uma falha antecedente que aloja Zamak na Zona de Encosto, este problema fica a dever-se às solicitações cíclicas e pressões de trabalho, danificando exponencialmente esta zona. Como já esclarecido qualquer desgaste na Zona de Encosto levará a uma falha na injeção.

Pressão de Encosto

Se a montagem do Excêntrico (Figura 43) for efetuada ao contrário, então o movimento que o Fixador e a Biela vão transmitir à Articulação e ao Braço não permitirá a execução da movimentação rotacional final (Figura 45-C), e a injeção será efetuada sem que haja pressão no encosto, o que ocorre se existir uma fuga de ar no cilindro de acionamento da rotação (Figura 41-Cilindro de Rotação), podendo este ter capacidade suficiente para transmitir o movimento. No entanto, este problema só deverá ser observado após a falha de injeção.



Figura 77 - Correta e incorreta montagem do Excêntrico na Biela

Nível da Panela de Zamak

Este parâmetro, totalmente controlado pelo Operador (Tabela 21-Barra de Zamak), é fulcral para o bom funcionamento do processo de injeção. Se o nível da Panela for demasiado reduzido, então aquando do enchimento da câmara de injeção da Bomba, esta poderá não ter metal suficiente. Também, elementos com a necessidade de permanência em estado submerso sofrerão as consequências, já que a conservação da temperatura do Zamak durante a injeção é um fator essencial para o processo.

Em contrapartida, se o nível exceder o expectável, então, devido às movimentações bruscas da rotação, o Zamak irá verter para cima do Mecanismo de Rotação, solidificando e impedindo o encosto válido.

Foram ainda caracterizadas as falhas de injeção caracterizadas por baixa temperatura. Este é o fenómeno que mais contribui para o modo de falha do BIZ: “Entupido” (Figura 72-Entupido). Aquando da injeção, os canais que se encontram na Zona Fria, todas as zonas que se encontram fora da Panela, do Subconjunto de Injeção, não se encontram à temperatura necessária para que o Zamak mantenha as suas propriedades dentro dos parâmetros necessários. Isso pode ter como causa:

- Fugas de água para Zona Fria;
- Fugas de ar para Zona Fria;
- Resistência danificada.

O primeiro é proveniente das ligações aos canais de água para a refrigeração da Estrutura, mais especificamente da Placa Superior da Estrutura (Figura 78- Mangueiras para Refrigeração da Estrutura), a segunda advém de um mau direcionamento do sopro de ar da extração ou de fugas nos variadíssimos acessórios de ar que se encontram em funcionamento perto desta zona (Figura 41 e Figura 50 - mangueiras azuis). Por último, temos a falha por Resistência danificada, que causa a redução abrupta da temperatura ao longo de toda a extensão do BIZ.

Estas provocam uma falha de injeção que envolve morosos tempos de intervenção, mas sem o desperdício de material.

Chapas de Proteção

Este processo conta com duas chapas de utilização imperativa, sendo que as suas funções de proteção e conservação são indispensáveis. Estas são denominadas de:

- Chapa de Proteção da Resistência;
- Chapa de Proteção da Base da Estrutura.

Como ficou provado durante a pesquisa para esta etapa, a utilização de ambos os componentes não é efetivada, principalmente a primeira. Isto ocorre já que a sua implementação está relacionada com processos de *setup* e a sua troca é motivada por uma mudança de referência, pelo que a validação da mesma não cai dentro do leque de funções do DM, mas sim do DP.

A primeira chapa, Figura 78, tem como função impedir a queda de gitos sobre o bico de injeção ou o Conjunto da Resistência. Este fenómeno ocorre para a etapa onze do processo produtivo (Tabela 20-11).

A utilização da Chapa de Proteção da Resistência é injuntiva, já que previne danos no encosto do BIZ, assim como na Resistência, pois a única proteção exterior que a mesma tem é o Casquilho Exterior, o qual sofrerá desgaste elevado se entrar em contacto com o Zamak perto da sua temperatura de fusão. Poderá ainda ficar alojado na Zona de Encosto e, sendo ciclicamente solicitado, vai desgastando esta zona nunca deixando de efetuar a vedação, mas danificando-a de forma permanente, até à eventual falha.

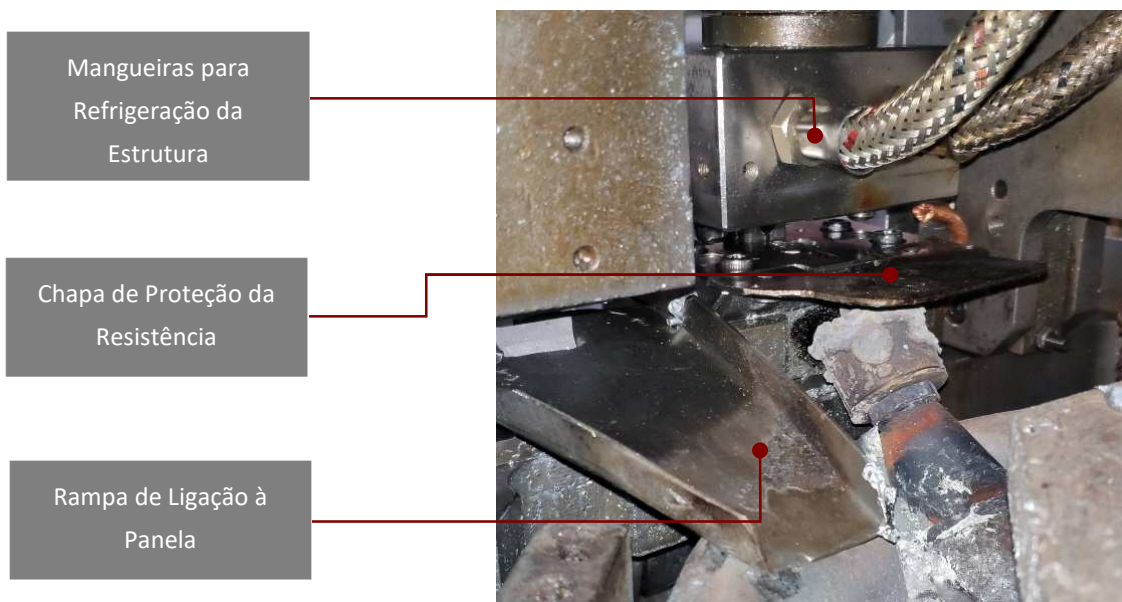


Figura 78 - Localização em máquina da Chapa de Proteção da Resistência, rampa de ligação à Panela e as mangueiras para refrigeração da Estrutura

Uma falha de injeção poderá também danificar severamente todos os sistemas junto do Subconjunto de Injeção. A Chapa de Proteção da Base da Estrutura nega ao Zamak acesso aos elementos que carecem de proteção do ambiente exterior, e que, aquando da sua não conformidade, a consequência é novamente esta falha. Esta também oferece proteção ao Subconjunto de Injeção a falhas que possam ter originado internamente, como ocorreu na intervenção da Figura 79-C.

A utilização desta chapa prende-se com o facto de Eduardo Braga [64], em 2015, ter desenvolvido um novo Conjunto de Resistência, substituindo o sistema a gás por uma Resistência elétrica. Este novo conjunto apresenta uma dimensão muito superior à do seu antecessor, não permitindo o seu ajuste. Como tal, as Bases das Estruturas da empresa tiveram de ser adaptadas, Figura 79-A e Figura 79-B, de modo a não interferirem com o movimento de aproximação, tornando a utilização da chapa de proteção imperativa em todas as MIZ.

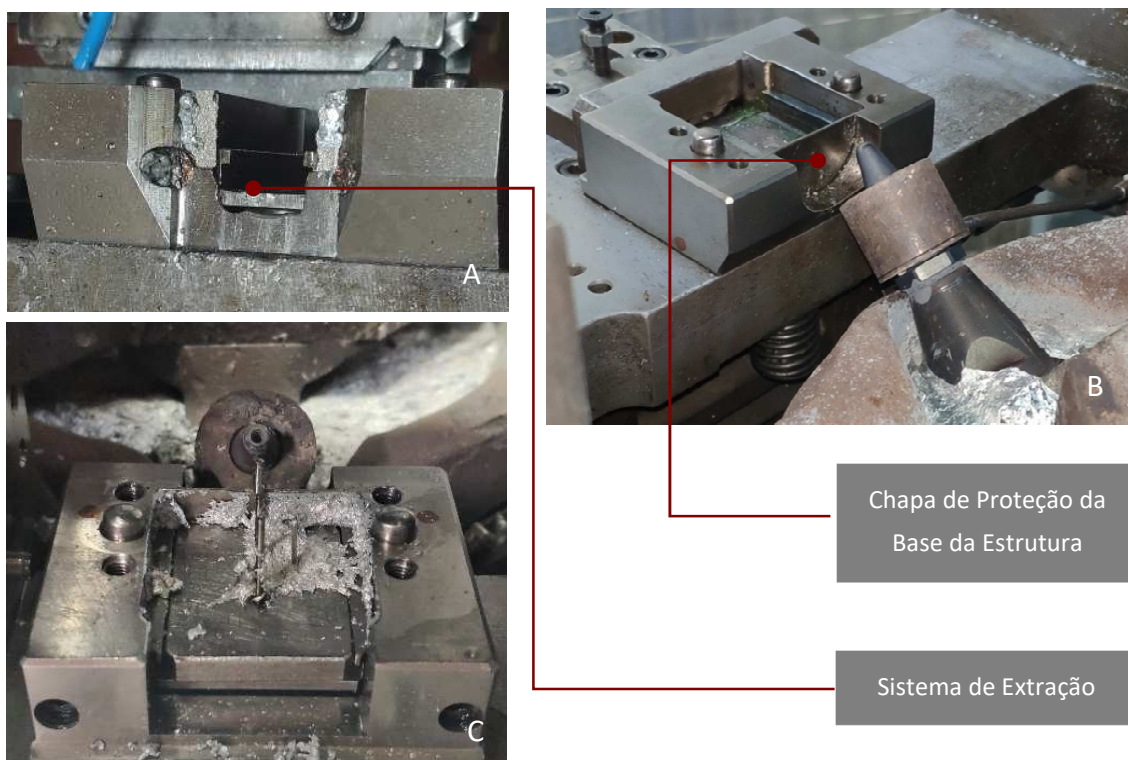


Figura 79 - Localização em máquina da Chapa de Proteção da Base da Estrutura

Vedação

A vedação tem como objetivo a proteção do Conjunto da Resistência (Figura 80), mais propriamente a Resistência que se encontra alojada no interior dos casquilhos. Esta poderá ficar inutilizável se entrar em contacto com o Zamak, quer seja fundido, falha de injeção, ou através de gitos que possam cair para cima deste conjunto. Deste modo, a sua proteção, para além de ser a terceira peça de desgaste que mais recursos alocou relativamente a custos de aquisição (Figura 20-Resistência), é fundamental.



Figura 80 - Resistência danificada pelo Zamak fundido devido à falta de vedação

Com o modelo *standard*, este encaixe não tem método de vedação definido, sendo ainda propício à acumulação de material fundido, nomeadamente em cima da rampa (Figura 81-C e Figura 81-D). Deste ponto, poderá alojar-se facilmente entre o Casquilho Interior e o BIZ, impedindo a remoção com aproveitamento do Conjunto da Resistência. Poderá ainda danificar

a Resistência se o metal fundido entrar em contacto com a mesma, já que esta rampa facilita o acesso ao espaço entre os casquilhos, localização deste componente. Acresce ainda que o acoplamento é tal que não permite que este fique totalmente ajustado ao corpo do Bico de Injeção como demonstrado na Figura 81-A e B.

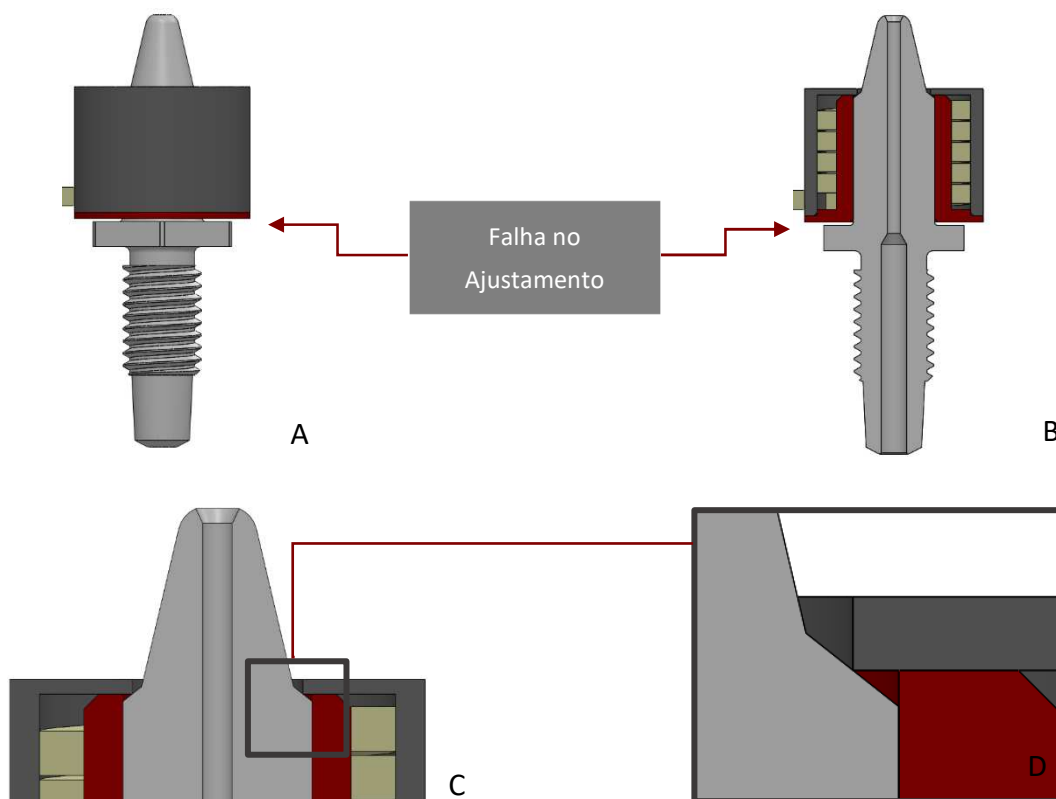


Figura 81 - Problemas técnicos com a vedação do Conjunto da Resistência e do corpo do BIZ

Manuseamento Não Conforme

O delinear de funções entre o DM e DP foi previamente discutido e definido por ambas as direções. No entanto, a execução das mesmas está em falta e a provocar consequências graves à manutenção, através do número e respetivos tempos de intervenção, e à produção através da não conformidade de produto e tempos de imobilização (redução da disponibilidade do equipamento). Este problema advém da disparidade entre as funções definidas e execução efetiva das tarefas. Ambos os colaboradores referidos estão sob a direção do DP (Tabela 18).

Os operadores, como já referido, estão aptos a controlar os parâmetros de injeção. Este facto desajusta a cadência de produção e, conseqüentemente, altera a quantidade de contactos de ambas as Zonas de Encosto para valores não estipulados normativamente. Ainda estes, aquando da necessidade de execução de *setup*, se não existir Afinador disponível, ou mesmo se for demorar tempo específico a tomar conta da OT, tomam como suas funções a tarefa. Isto tem consequências nefastas no processo já que grande parte dos procedimentos de controlo não são seguidos, visto que o colaborador em questão não apresenta a formação nem capacidade crítica necessária para efetuar as tarefas em questão.

Para os Afinadores, a execução normativa das suas funções é de conformidade imperativa, já que estão encarregues de verificar o estado da Zona de Encosto da Estrutura, do Molde, Sistema de Extração, existência das Chapas de Proteção, parâmetros de injeção, conformidade dos tempos do processo produtivo e a afinação do Sistema de Encosto. Não obstante, na 1ª Etapa deste estudo foi delineada a quantidade de intervenções que tiveram como resolução a simples afinação do equipamento. O manuseamento não conforme e não especializado é uma das principais causas para este problema.

Folgas nos Ajustamentos

Só após a observação de uma MIZ em trabalho se conseguiu denotar o quão folgados os ajustamentos se encontravam. O Sistema de Encosto acarreta algum impacto durante o contacto, conseqüentemente, durante a injeção todo este sistema sofre elevados desvios, sendo que o modo de aproximação poderá mesmo não corresponder ao que terá sido previamente definido aquando do processo de afinação. Estas folgas são localizadas e pertencem a dois sistemas distintos, sendo eles o Sistema de Afinação e Mecanismo de Rotação.

Para o primeiro, estas folgas são fruto do desgaste acentuado na base dos Parafusos de Afinação (Figura 46). Este fenómeno é consequência do aperto dos mesmos, solicitando a anilha que danifica as arestas do rasgo, como na Figura 82-A e Figura 82-B.

Ainda mais extenso se torna o problema, se for verificada a utilização de anilhas não indicadas para o ajuste dos Parafusos de Afinação. Não existe elemento normalizado para este componente, pelo que, aquando da necessidade de substituição, era utilizado um conjunto de elementos, como na Figura 82-C, que fosse capaz efetuar o pretendido. No entanto, a solicitação ao material destas (aço inoxidável) só agrava a taxa de deformação da geometria do rasgo já que não tem resistência suficiente para manter as suas dimensões funcionais.



Figura 82 - Desgaste nos rasgos para o ajustamento dos Parafusos de Afinação

As folgas do MR são provenientes dos ajustamentos dos elementos de ligação (Figura 45- Elementos Amarelos) para os componentes deste mecanismo, rolamentos ou casquilhos. É de salientar que nunca foi normalizada a utilização de rolamentos ou casquilhos, pelo que maioritariamente as MIZ apresentam ambas as opções. Sendo que este é o responsável pela aproximação de todos os elementos na Base de Suporte ao BIZ, então o contacto não será como definido, apresentando esforços mecânicos extraordinários.

Concluindo temos ainda o elevado número de intervenções (Capítulo 3.4.1.3 e Capítulo 4.1.1.1) que requerem que todo o peso da Base de Suporte esteja sobre os ajustamentos de todos os componentes do MR, como demonstrado na Figura 83.

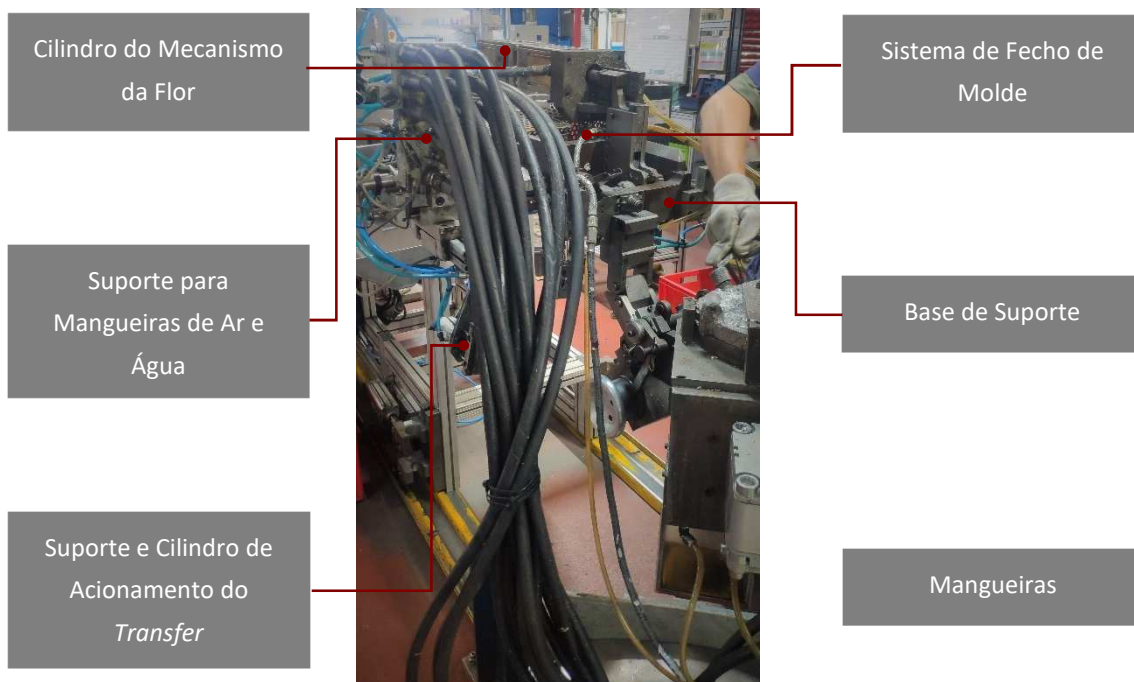


Figura 83 - Componentes suportados pelo MR durante o processo de intervenção

Componentes da Base de Suporte

Como anteriormente demonstrado, Figura 83, existe uma quantidade considerável de dispositivos apoiados na Base de Suporte. Esta encontra-se montada num dos componentes móveis do MR (Figura 41 e Figura 44), estando exposta ao seu movimento de rotação e ao impacto característico do acoplamento entre a Estrutura e o BIZ. Como já referido, este sistema carece de elevada precisão.

Em causa neste ponto estão as consequências aos ajustamentos e a conformidade do movimento definido através do processo de afinação, devido a:

- Peso elevado dos componentes suportados pela Base de Suporte;
- Distribuição de peso não uniforme relativamente ao centro de rotação.

Geometria do BIZ

Neste ponto, irão ser tomados em consideração todos os fatores relativos à geometria do BIZ, que foram destacados como de resolução imperativa. Uma das grandes questões relativas ao modelo em utilização é o sextavado de 22 mm. Este, tem como função não só admitir a utilização de ferramentas para o aperto e desaperto desta peça de desgaste, mas também servir como suporte para o Conjunto da Resistência. Desta forma, não é necessário ser executado a partir de um varão de 25 mm, já que, somente aumenta o custo de aquisição, devido à utilização não justificada de material.

Seguidamente temos que a geometria deste modelo é tal, que impulsiona os dois principais modos de falha: desgaste e fratura. A primeira resulta de uma elevada pressão de contacto durante o encosto. Este fenómeno é resultado da falta de coincidência entre a geometria da ZE do BIZ, e da Placa Inferior da Estrutura. O raio da cavidade desta última é de 3 mm, no entanto, a ponta do BIZ é composta por dois círculos de raio 2 mm, resultando num contacto parcial como demonstrado na Figura 84-1. Consequentemente, a este desaproveitamento de área de contacto temos que a pressão de encosto atingirá valores elevados e extremamente localizados. Outro fator que reduz a área de contacto é a abertura no final do canal de injeção do BIZ, sendo

que ainda cria condições de elevado desgaste na zona de transição entre a ZE e o canal de injeção da Estrutura.

Por fim, como pode ser evidenciado pela Figura 84-3, existe uma ligeira depressão após o sextavado e antes de iniciar a rosca, sendo esta a principal causa da fratura precoce deste componente. Esta não sugere grande resistência mecânica, já que se encontra numa zona onde as solicitações são de maior intensidade. Corresponde à zona de transição entre o corpo do BIZ, que se encontra mecanicamente ajustado à PIZ, e o restante corpo.

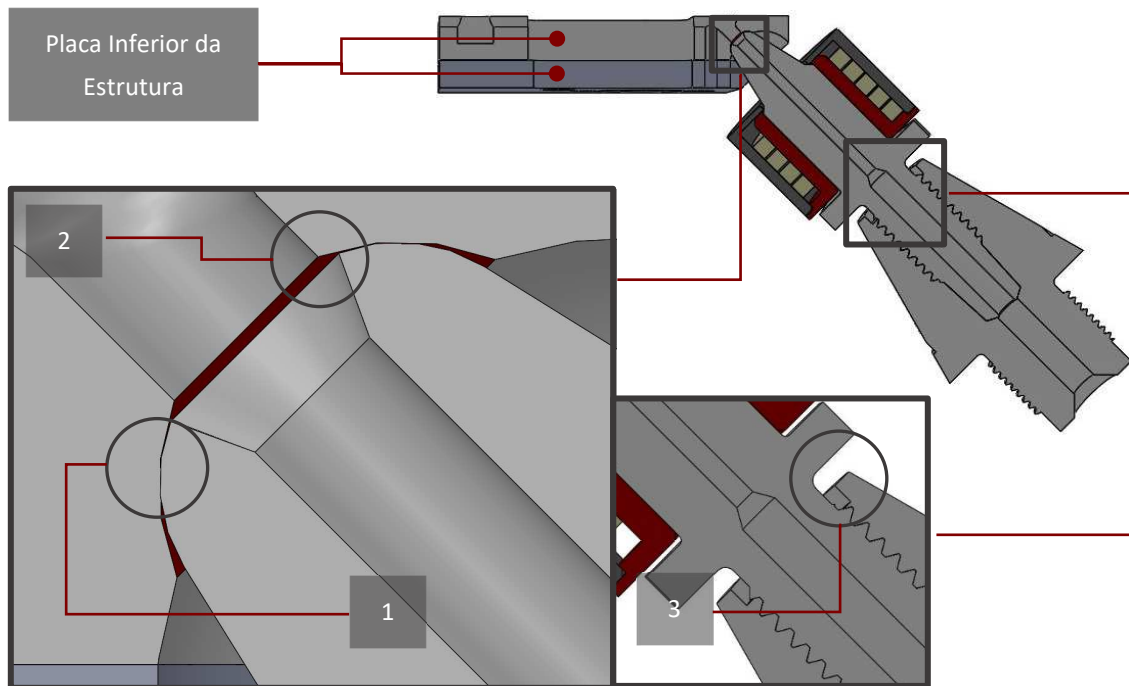


Figura 84 – Problemas relativos à geometria do BIZ e a sua interação com a ZE da Estrutura

Esforços Mecânicos Extraordinários

Durante o contacto entre a Estrutura e o BIZ, existem variados fatores que poderão influenciar o tipo de solicitação a ser efetuada, existindo uma enorme dificuldade em que a solicitação seja efetuada na direção longitudinal do BIZ, ou seja, ao longo da linha do seu canal de injeção. A conformidade da transmissão deste esforço é o fator principal para o prolongamento do tempo de vida do BIZ, sendo esta ameaçada por:

- Folgas nos ajustamentos;
- Peso dos componentes da Base de Suporte;
- Manuseamento não conforme.

Deve ainda ter-se em atenção que após qualquer aproximação não conforme, a terceira fase do movimento de encosto (Figura 49-C) irá ser efetuada forçando o contacto. São criadas, deste modo, condições para o desenvolvimento de consequências nefastas à tipologia da solicitação e, conseqüentemente, ao estado geral de todos os elementos intrínsecos a esta fase do funcionamento do processo de injeção. Outro fator, não tendo este como base a mão de obra, é o ângulo entre a base dos ajustamentos para o Suporte da Bomba e a base para o ajustamento da ponteira (Figura 58).

Em suma, o desenvolvimento de momentos fletores de elevada intensidade, como demonstrado na Figura 85, provenientes de todos os fatores desestabilizadores até agora mencionados, é impulsionador dos principais modos de falha deste componente.

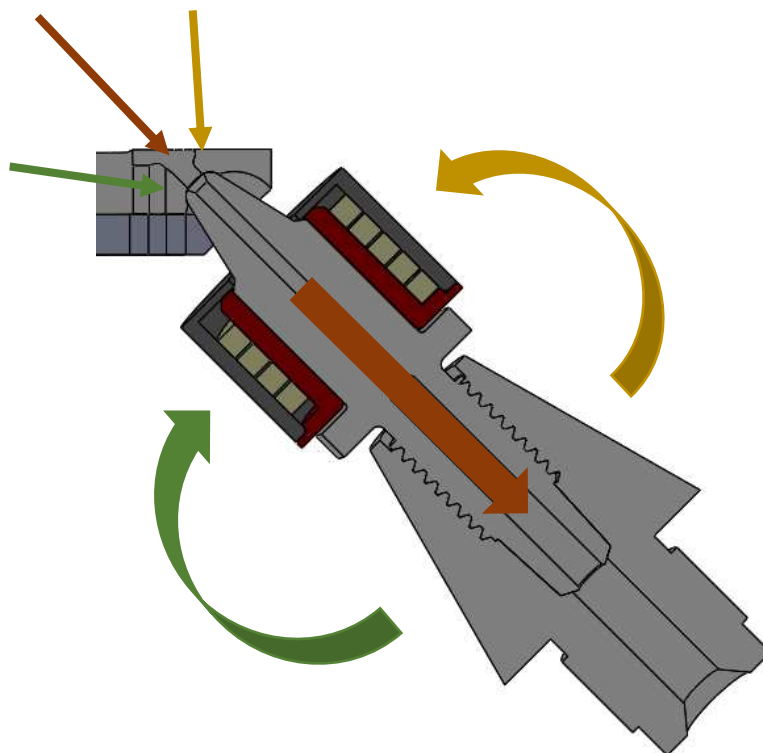


Figura 85 – Consequências nos esforços relativos a uma solicitação não conforme

Placa Inferior da Estrutura

O estado geral de não conformidade da Zona de Encosto das Estruturas é um dos problemas de resolução mais complexa. Tem como consequência que, cada vez que seja efetuada a implementação de um novo BIZ, o desgaste na zona de contacto aconteça prematuramente. O mesmo ocorre de forma inversa, mesmo existindo entre estes dois materiais uma diferença de 14 HRC a 19 HRC, sendo que se for inserida em máquina uma Estrutura nova e o BIZ apresentar já um desgaste avançado na ZE, a primeira irá sofrer também o desgaste.

Deve-se recordar que as cadências das MIZ da Tabela 17, representativas do número de contactos por hora e o principal modo de falha para o BIZ, tem como grande influenciador estas não conformidades no estado superficial.

Durante todo o estágio foi efetuado o registo de variadas tipologias de defeitos, das quais são mostrados alguns exemplos na Figura 86. A Figura 86-A é representativa de uma ZE nova, onde é possível observar o limite de toda a zona em questão (em corte de secção na Figura 84). As seguintes, a Figura 86-B e Figura 86-C, descrevem um fenómeno de fadiga de contacto, onde o acoplamento não era produto de uma aproximação conforme à ZE (Capítulo 4.1.1.2-Esforços Extraordinários). O estado superficial com marcas de abrasão concêntricas e excessiva abertura do canal de injeção da Figura 86-D, é fruto das retificações efetuadas internamente sem recurso a equipamentos e ferramentas adequadas, assim como mão de obra especializada, sendo que a sua utilização resulta num desgaste extremamente elevado (Figura 86-E). O desgaste interno da ZE da Estrutura, Figura 86-F, advém do impacto do encosto e das condições da Figura 84-2.

Do mesmo modo que o Manuseamento Não Conforme, este problema não se encontra inserido nas funções do DM, sendo que é responsabilidade do DIM. No inicio do estágio encontravam-se, junto a cada máquina, uma grande variedade de Estruturas que cobrissem as necessidades de produção desse equipamento, muitas com a mesma função, e todas apresentavam elevado desgaste. A entidade designada não possui qualquer tipo de controlo ou metodologia de monitorização da conformidade de Estruturas e Moldes. Não se encontrava em vigor um plano de ações por forma a manter este componente em estado ótimo de utilização, pelo que as falhas

encontradas eram extensas e de resolução dispendiosa. A necessidade de retificação ocorria já numa situação demasiado avançada, já que não foram estabelecidos parâmetros de desgaste válidos perante os colaboradores.



Figura 86 - Defeitos encontrados na Zona de Encosto da Estrutura

Os custos de retificação da Placa Inferior da Estrutura estão descritos na Tabela 32. É de referir que, como este componente cai dentro das funções do DIM, então esta despesa cairá dentro do centro de custos desse mesmo departamento.

Tabela 32 - Custos de retificação externa para a ZE e a totalidade da Placa Inferior da Estrutura

Operação	Custo
Zona de Encosto do BIZ soldada e retificada	60 € a 90 €
Execução de uma placa nova	150 €

4.1.1.3 Conclusões e Diagrama Causa-Efeito

A partir de todas as informações recolhidas, foi possível o desenvolvimento de um diagrama de *Ishikawa* onde foram expostos todos os problemas anteriormente definidos, relativamente à falha precoce do foco desta dissertação, o BIZ. É importante referir que os problemas que apresentam a maior dificuldade de resolução são os que envolvem a interação com outros departamentos e que são consequência direta de ações de colaboradores. Adicionalmente a todas as modificações às tarefas que têm a como fator intrínseco ao seu funcionamento a componente humana, são tomadas como ações que carecem de elevado controlo e monitorização, principalmente numa fase inicial da implementação. Todos os problemas técnicos estudados no presente capítulo encontram-se expostos na Tabela 33.

Tabela 33 - Tabela resumo dos problemas técnicos encontrados na 1ª e 2ª Etapa de recolha e análise de informação

Problema	Consequência
Falha precoce	Elevada acumulação de gastos desnecessários. Alocados recursos extraordinários para resolução da falha.
Tipologia de Intervenções	Tempos de intervenção elevados, diminuindo a disponibilidade do equipamento e, consequentemente, a capacidade de produção. Intervenções envolvem desperdício de material.
Falha na Injeção	Desperdício de material. Severos danos ao estado geral do Conjunto da Resistência e Zona de Encosto, quer do BIZ, quer da Placa Inferior da Estrutura.
Chapas de Proteção	Falta de proteção dos elementos aquando de uma falha na injeção.
Vedação	Danos irreversíveis à Resistência se o Zamak entrar em contacto com a mesma. Possibilidade de não remoção do Conjunto da Resistência por falha na vedação, resulta na substituição do BIZ.
Manuseamento Não Conforme	Máquina a trabalhar a uma cadência não justificada e não concordante com as capacidades do equipamento, provocando danos severos a todos os elementos. Afinação não conforme leva a uma falha precoce, não só das peças de desgaste, mas também de todos os elementos envolvidos.
Folgas em Ajustamentos	Movimento de aproximação não concordante com o definido durante o processo de afinação. Posição de afinação não tem condições para se manter constante devido às folgas existentes. Peso elevado de todos os componentes suportados pela base, agravam ainda mais a propagação destas folgas.
Componentes da Base de Suporte	O elevado peso dos componentes, assim como a sua fraca distribuição, suportado pela Base de Suporte é tal, que agrava as condições de folga nos ajustamentos e cria condições não ideais à afinação e aproximação do encosto.
Esforços Mecânicos Extraordinários	O controlo da direção de solicitação é essencial para o prolongamento da vida do BIZ. Tipologia de esforço de encosto dita o modo de falha a ocorrer.
Geometria do BIZ	Custos associados desnecessários. Geometria propícia à falha segundo os dois principais modos, desgaste e fratura, respetivamente. Pressão de contacto elevadíssima, consequente da reduzida área de contacto, auxiliando o desgaste.
Placa Inferior da Estrutura	O estado da Zona de Encosto irá ditar o desgaste do BIZ, já que quanto mais desgastada esta estiver, mais irá desgastar a contraparte e vice-versa.

Segue-se o diagrama de causa efeito representado na Figura 87. Este é o culminar de toda a informação obtida durante ambas as etapas de levantamento de dados. Neste estão descritas todas as causas possíveis que desencadeiam um determinado evento, que neste caso é a falha precoce do BIZ. É de salientar que todos os problemas descritos no Capítulo 4.1.1.2 foram

estabelecidos ao longo da dissertação, pelo que a sua implementação foi gradual e coincidente com as descobertas efetuadas. Posteriormente, serão identificados todos estes períodos distintos de resolução de grupos de problemas específicos.

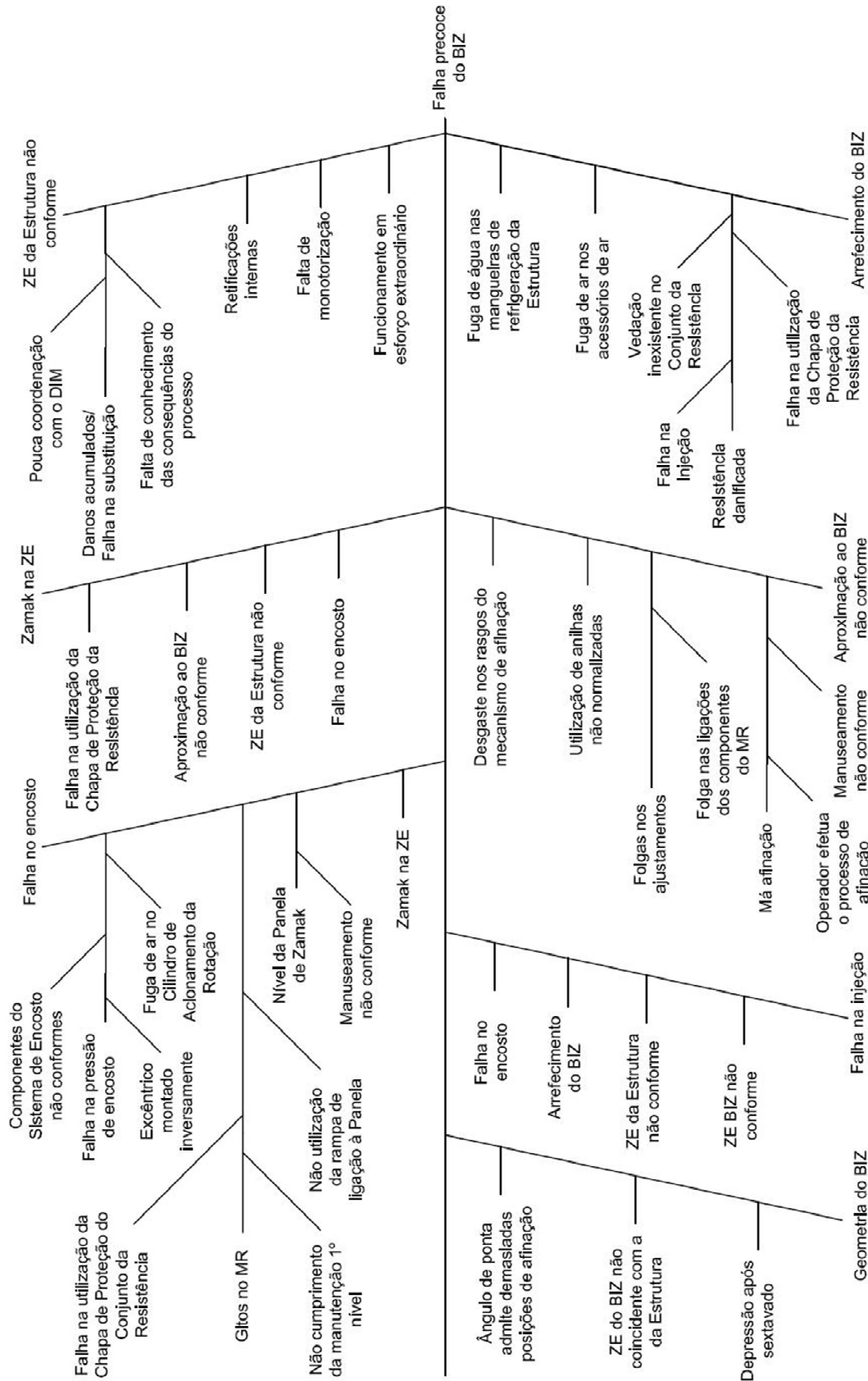


Figura 87 - Diagrama causa-efeito para a falha precoce do BIZ

4.1.2 Novo Conceito de Subconjunto de Injeção

Introduzindo o desenvolvimento de um novo conceito do conjunto em foco neste capítulo, temos a descrição e caracterização de todos os aspetos fulcrais à geometria e fabrico do modelo *standard* utilizado pela Fico Cables, Figura 88-A. O desenho técnico deste componente, bem como da sua contraparte, a PIZ, encontram-se no ANEXO 4, referenciados com todos os parâmetros necessários, bem como todos os modelos que serão apresentados neste capítulo.

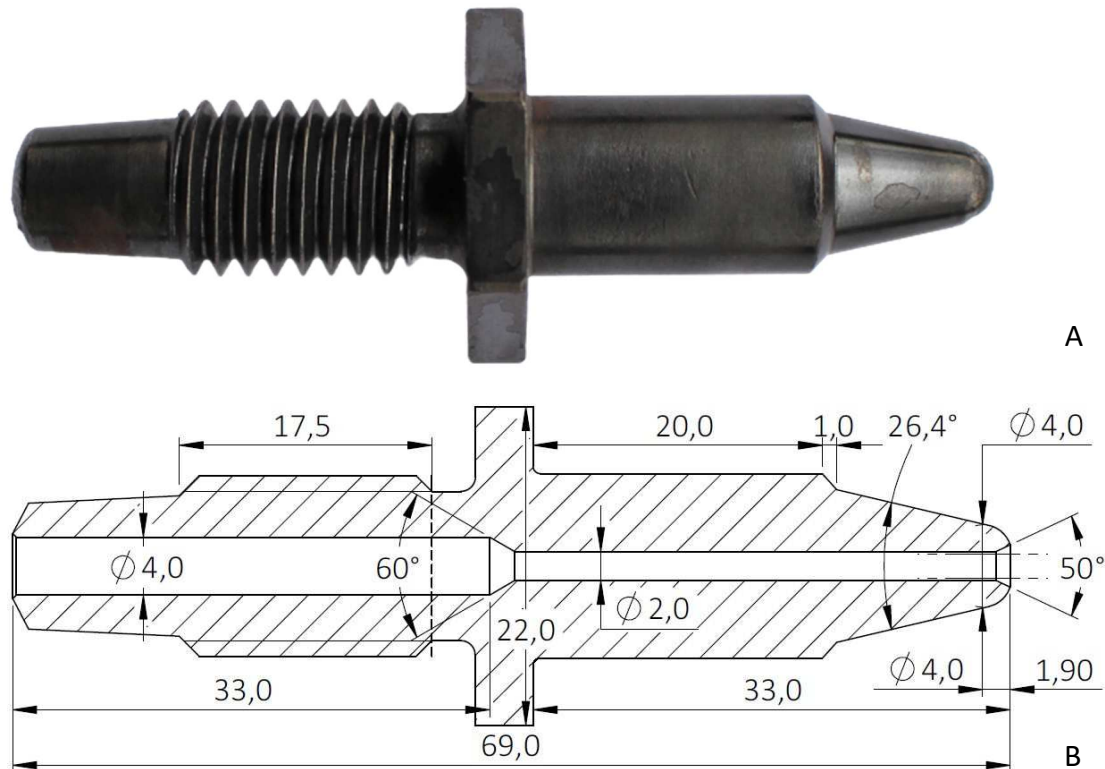


Figura 88 - Modelo *Standard* do Bico de Injeção de Zamak na Fico Cables

São de referir algumas informações essenciais relativamente a este modelo:

- Os tratamentos térmicos a que está sujeito são a têmpera e a nitruração, sendo efetuados em toda a sua extensão;
- A nitruração é imperativa, tendo como consequência a adesão do Zamak às paredes do canal de injeção, ou mesmo a sua corrosão, sendo que a sua utilização já foi estudada e validada [64];
- As dimensões relativas ao comprimento total e comprimento após o sextavado (Figura 78-B) deverão ser mantidas, já que a sua alteração envolveria modificações à tipologia de aproximação do BIZ;
- O ângulo de transição entre os canais não irá ser estudado, tendo a sua utilização já sido aprovada [64];
- A transição entre canais (Figura 78-B) deverá ser mantida, já que foi projetada para ser localizada no meio do sextavado por forma a abranger uma maior espessura de parede;
- Todas as dimensões intrínsecas aos problemas descritos no Capítulo 4.1.1.2 encontram-se expostas na Figura 78-B.

Ao longo de todo o desenvolvimento do novo conceito de Subconjunto de Injeção, para além da geometria base, os diâmetros do canal de injeção, características da zona rosca e a geometria de vedação, (Tabela 34), foram variáveis que sofreram modificações.

Tabela 34 – Diâmetros do canal de injeção, características da zona roscada e geometria de vedação para o Modelo *Standard* Bico de Injeção

Canal Injeção		Zona Roscada	Vedação
φ Superior	φ 2,0 mm	½ - 13 UNC Comprimento roscado: 17,5 mm	
φ Inferior	φ 4,0 mm		

Fornecedores

Na Tabela 35 são identificadas todas as especificações, bem como as respectivas organizações responsáveis pelo fabrico do Modelo V01. Por questões de sigilo, a denominação de todas as organizações bem como fornecedores de matérias primas utilizados foi codificada, pelo que ao longo desta dissertação só serão mencionadas nesse formato.

Tabela 35 - Especificações de fabrico para modelo *standard* de Bico de Injeção da Fico Cables

Modelo V01					
Matéria Prima			Fornecedor	Tratamento Térmico	
Geometria	Material	Dureza			
φ 25 mm	MG50 - Uddeholm Orvar® Supreme	MT01	48-52 HRC	FR01	TT01

O fornecedor FR01 é quem fabrica o componente, sendo que o Modelo V01 é da sua autoria e é fabricado com o material MT01, sendo o seu tratamento térmico efetuado na empresa TT01. Este fornecedor impõe restrições às modificações de geometria, nomeadamente à ZE.

Visando uma boa fundamentação relativamente a todas as conclusões retiradas, deste ponto em diante foram solicitados, externamente, ensaios de dureza a sete bicos de injeção. Por forma a garantir que a dureza de fornecimento do componente é como especificada, foram testados componentes fabricados pelos dois principais fornecedores da organização, FR01 e FR02. Estes são compostos pelo mesmo material e o tratamento térmico é efetuado na mesma organização. Foram testados em dois estados, novo e usado (Tabela 85). Como pode ser observado no ANEXO 3, todos os valores obtidos durante os ensaios correspondem ao intervalo definido para este modelo, pelo que foi validado o processo de fabrico de ambos estes fornecedores.

Ao longo do estágio, foram implementados variados modelos de BIZ e respetiva PIZ, sendo que cada modelo teve como objetivo a eliminação de problemas específicos. O desenvolvimento deste novo conceito de Subconjunto de Injeção foi realizado segundo três fases de testes e uma de análise, como o diagrama da Figura 89 sugere.

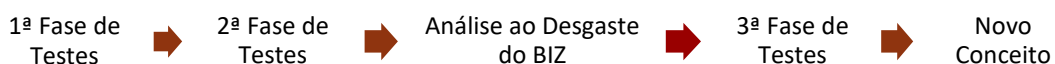


Figura 89 - Etapas para desenvolvimento de novo conceito de Subconjunto de Injeção

Todas as ações específicas implementadas em cada uma foram validadas através da utilização da ferramenta de gestão da qualidade e melhoria contínua de processos, o método PDCA. O ciclo PDCA (Figura 90) foi reiniciado no início de cada fase, visando o estabelecimento da melhor abordagem segundo os objetivos definidos e a constante melhoria dos resultados a serem

obtidos. De salientar que este só irá ser concluído aquando da obtenção de um modelo adequado e coincidente com os padrões definidos nesta dissertação.

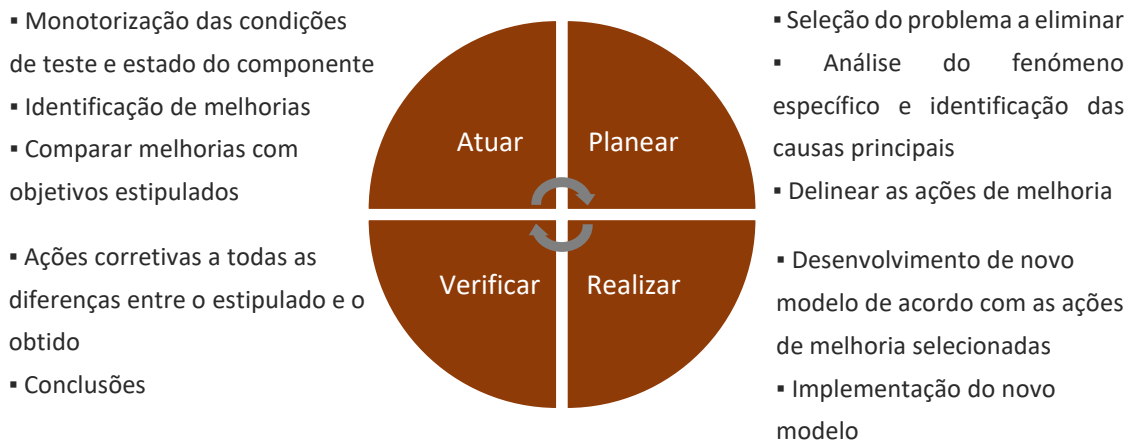


Figura 90 - Círculo PDCA para cada fase do desenvolvimento do novo conceito de Subconjunto de Injeção

4.1.2.1 Primeira Fase de Testes

Esta primeira fase teve como foco a eliminação dos principais modos de falha, bem como a implementação de mudanças relacionadas com a metodologia de tarefas intrínsecas ao funcionamento de uma MIZ. O processo de desenvolvimento irá seguir as etapas do diagrama da Figura 91.

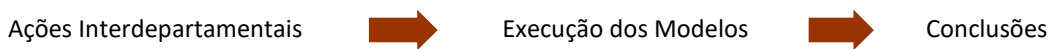


Figura 91 - Etapas para a primeira fase do desenvolvimento do novo conceito de Subconjunto de Injeção

Ações Interdepartamentais

Os problemas técnicos interdepartamentais são os problemas de resolução mais complexa. Isto prende-se com o facto da solução não ser intrínseca a somente uma ação ou intervenção direta, necessitando de existir um período de implementação e adaptação à mudança. Como tal, iniciou-se o processo de resolução imediatamente após a validação deste problema, durante a 2ª Etapa da definição técnica do problema.

Foi efetuada a exposição técnica do problema junto do DP, onde foram apresentadas as causas raiz e todos os pressupostos até então determinados. Foi definido que iria ser efetuado um maior controlo sobre tarefas relativas aos *setups* e o colaborador responsável. Existiria um grande esforço para que a tarefa deixasse de ser efetuada por pessoal não qualificado, o que resultaria:

- Verificação da utilização de ambas as Chapas de Proteção;
- Ao efetuar a mudança de Estrutura ou Molde terá capacidade crítica para validar a conformidade de todos os elementos;
- Parâmetros de injeção regulados para a referência específica em utilização;
- No foco do operador nas suas tarefas diárias como a produção, registo de atividades e manutenções de primeiro nível.

Esta primeira fase contou também com a imediata abordagem ao estado geral de não conformidade de Estruturas. Foram retiradas de junto das MIZ todas as Estruturas não conformes e que se encontravam duplicadas. Posteriormente, foram entregues ao DIM para a submissão para retificação, segundo as possibilidades do departamento. Isto ditaria que só permaneceriam junto da máquina as Estruturas necessárias à produção das referências

específicas da MIZ. Teriam, também, a particularidade de lhes estar sempre associada uma Chapa de Proteção do Conjunto da Resistência. Aquando do *setup*, seria extremamente benéfico, já que reduz o tempo de execução e elimina o problema técnico da não utilização deste elemento.

Após esta ação, é pretendido que o estado geral das Estruturas em chão de fábrica seja mantido em pleno. O DIM deverá, cada vez que for dada entrada de uma Estrutura com ZE não conforme em armazém, submeter a mesma a uma retificação exterior.

Outro fator que encerra elevada importância, é a capacidade crítica para a tomada de decisão relativamente à permanência ou não de uma Estrutura em máquina. Visando a eliminação deste problema, foi desenvolvido junto dos técnicos de manutenção, aquando das intervenções, limites de desgaste para os quais estes deverão efetuar a substituição das mesmas. Esta análise deverá ser efetuada do mesmo modo para o BIZ, segundo as condições da Figura 92.

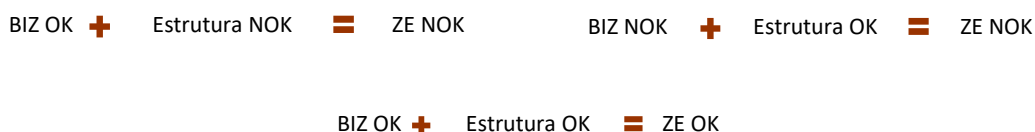


Figura 92 - Condições a reunir para um acoplamento da ZE conforme

Assim, previne-se que um dos componentes seja substituído ou sofra um desgaste extremamente acentuado, devido à não conformidade da sua contraparte, fenómeno que ocorre principalmente quando este desgaste é proveniente da Estrutura, sendo que, apresentando uma dureza muito superior à do BIZ, o seu estado superficial é facilmente transferido.

Tabela 36 – Ações interdepartamentais a realizar para a 1ª Fase de desenvolvimento do novo conceito

Problema	Ação	Objetivo
Manuseamento Conforme/Chapas de Proteção	Distinção das tarefas dos colaboradores junto das direções do DM e DP.	Conformidade de elementos, parâmetros de injeção, utilização das chapas de proteção e limpeza de gitos.
Placa Inferior da Estrutura	Retirar todas as Estruturas junto das máquinas e respetiva retificação.	Melhoria do estado geral da ZE das Estruturas.
	Estabelecimento de novos limites de desgaste para a ZE.	Redução de custos de retificação, através da redução da acumulação de desgastes nas Estruturas.

Execução dos Modelos

Os modelos a executar nesta primeira fase de testes são como descritos na Tabela 37. No entanto, o Fornecedor FR02, admite alterações à geometria da ZE o que foi decisivo para a introdução das ações a serem efetuadas nesta fase.

Tabela 37 – Especificações de fabrico para os modelos da primeira fase de testes

Modelo V02 e Modelo V03					
Geometria	Matéria Prima			Fornecedor	Tratamento Térmico
	Material		Dureza		
φ 20 mm	MG50 - <i>Uddeholm Orvar® Supreme</i>	MT01	56-58 HRC	FR02	TT01
Modelo V04					
φ 20 mm	MG50 - <i>Uddeholm Orvar® Supreme</i>	MT01	48-52 HRC	FR01	TT01

Os primeiros problemas a mitigar nesta primeira fase estão especificados na Tabela 38, onde estão descritas todas as ações definidas, segundo o planeamento efetuado para a mesma.

Tabela 38 - Ações a realizar para a 1ª Fase de desenvolvimento do novo conceito

Problema	Ação	Objetivo
Geometria do BIZ	Modificação da matéria prima de fornecimento para varão <i>standard</i> de 20 mm.	Redução do custo de aquisição; Diminuição da área de exposição à acumulação de Zamak.
	Alteração do raio de ponta para esfera de 3 mm.	Eliminação dos dois principais modos de falha: o desgaste e a fratura.
	Retirar chanfro do final do canal de injeção.	
	Eliminação da depressão após o sextavado.	
	Rosca não deverá iniciar com a profundidade total.	
Falha precoce	Aumento de dureza do BIZ.	Tentativa de redução de desgaste superficial.
	Retirar nitruração da zona roscada.	Menor fragilidade da zona em questão.

A eliminação do principal modo de falha enceta em modificações geométricas à ponta do BIZ. Isto tem como objetivo o desenvolvimento de condições perfeitas de contacto. Como provado anteriormente, a geometria da ZE da Estrutura (Figura 93-A) e BIZ (Figura 88) não são coincidentes. Como tal, foi requerido ao DIM, as dimensões para esta zona, por forma a projetar as novas pontas do BIZ de acordo com a sua contraparte (Figura 93-B). Posteriormente, temos ainda o aumento de dureza em prol da redução do desgaste na ZE.

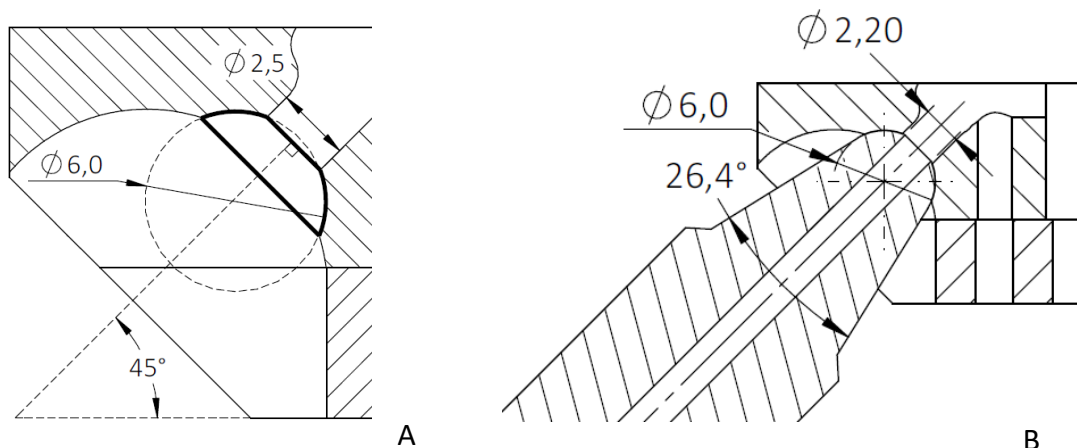


Figura 93 - Dimensões de funcionamento intrínsecas à ZE da Estrutura (A) e nova ZE do BIZ (B)

Relativamente à fratura, temos a redução de fragilidade da zona roscada (eliminação da nitruração e rosca a iniciar à profundidade total) e a eliminação da depressão após o sextavado. A partir deste ponto, nunca mais foi utilizado o varão *standard* de 25 mm para o fabrico deste componente, pelo que todos os modelos desta dissertação já usufruem desta característica.

Com esta diminuição do tamanho do sextavado, ambos os casquilhos do Conjunto da Resistência deixam de ter a necessidade de serem fabricados segundo as dimensões utilizadas para o Modelo V01. Como tal, foram redimensionados, encontrando-se representados em anexo os novos modelos de utilização *standard*, segundo as referências da Tabela 86.

Desta redução de diâmetro advém uma diminuição da área crítica em redor do Casquilho Exterior. Isto é essencial, já que esta área não deverá entrar em contacto com o Zamak, com a consequência de danificar a Resistência ou provocar a inutilização do Conjunto da Resistência e/ou do BIZ por adesão.

Canal Injeção		Zona Roscada	Vedação
Modelo V03	φ Superior	φ 2,0 mm	
	φ Inferior	φ 4,0 mm	

A diminuição do diâmetro do canal de injeção descrita para o Modelo V02 tem com objetivo o aumento da espessura da parede. Deste modo, advém um aumento da resistência da zona crítica do modo de falha por fratura. Por forma a garantir a passagem facilitada de Zamak, o diâmetro do canal de injeção superior foi alargado.

Para o Modelo V04 (Figura 95), somente foram introduzidas ações de melhoria que não envolvessem a alteração da geometria da ZE. Como tal, relativamente à Tabela 37, este só irá conter:

- Eliminação da depressão propícia ao modo de falha por fratura;
- Remoção da nitruração na zona roscada.

O fortalecimento da zona de falha crítica foi efetuado a partir do estabelecimento de uma geometria cónica na localização da mesma. Esta ação melhorou exponencialmente a resistência do BIZ ao tipo de solicitação já descrita.



Figura 95 - Modelo V04

Relativamente às restantes variáveis em estudo, estas encontram-se caracterizadas na Tabela 40.

Tabela 40 - Diâmetro do canal de injeção, característica da zona roscada e geometria de vedação para o Modelo V04

Canal Injeção		Zona Roscada	Vedação
φ Superior	φ 2,0 mm	½ - 13 UNC	

Conclusões

O objetivo principal foi cumprido, ou seja, foi eliminado o modo de falha por fratura sendo que este correspondia a 20,1 % de todas as falhas para este componente. O resultado dos três testes foi como descrito na Tabela 41, onde estão identificados o tempo de vida útil e o tipo de falha apresentada.

Tabela 41 - Tabela de resultados para a primeira fase de testes

Modelo	Tempo de Vida Útil		Dias de Trabalho	Modo de Falha
V02	14/09/2019	27/09/2019	11 dias	Desgaste na zona de encosto.
	27/09/2019	07/10/2019	9 dias	Ponteira de Injeção partiu e BIZ foi retirado, mas já se encontrava com elevado desgaste no encosto.
V03	14/09/2019	25/09/2019	11 dias	Desgaste na zona de encosto.
	25/09/2019	27/09/2019	2 dias	
V04	14/09/2019	21/09/2019	7 dias	Êmbolo partiu na Bomba.
	21/09/2019	23/09/2019	2 dias	
	23/09/2019	27/09/2019	4 dias	Desgaste na zona de encosto.
	27/09/2019	30/09/2019	3 dias	

Todas as falhas já descritas na Tabela 41 como “Desgaste na zona de encosto”, são como representadas na Figura 96.



Figura 96 - Desgaste na ZE apresentado para os modelos testados na primeira fase

De um modo geral, pode-se concluir que, dentro dos modelos estudados neste capítulo, o Modelo V02 obteve uma maior consistência em termos de tempo de trabalho, sendo que durante o seu segundo teste, teve de ser substituído, pois a PIZ partiu. Esta fratura deu-se entre a base da PIZ e o início da sua zona roscada, sendo esta localização correspondente à zona de vedação da transição entre os componentes do Subconjunto de Injeção.

4.1.2.2 Segunda Fase de Testes

Esta segunda fase, após a eliminação do modo de falha por fratura através de modificações geométricas, prende-se com a melhoria dos resultados obtidos anteriormente. Este plano será executado segundo as etapas da Figura 97, e segundo dois modos distintos. Um prende-se com a melhoria do modelo que apresentou o melhor resultado durante a primeira fase, e o outro com o desenvolvimento de um novo conceito de Subconjunto de Injeção de Zamak.

Ações Interdepartamentais → Execução dos Modelos → Conclusões

Figura 97 - Etapas para a segunda fase do desenvolvimento do novo conceito de Subconjunto de Injeção

Ações Interdepartamentais

Numa ação conjunta com o DP, por forma a delinear novo plano de abordagem às OTs, ficou então definido que, aquando a necessidade de intervenção, o afinador tem como função realizar uma avaliação preliminar do problema. Deverá solucioná-lo, se este pertencer ao seu leque de funções e capacidade, ou então, se não reunir as condições para a resolução do problema, a OT é transferida para o técnico de manutenção.

Os recursos da manutenção serão utilizados em prol das ações corretivas diárias, e ações preventivas. Isto também garante a conformidade do manuseamento, já que os Afinadores necessitarão de estar mais presentes e serem mais ativos no que toca ao estado geral dos componentes e peças de desgaste.

Tabela 42 - Ações interdepartamentais a realizar para a 2ª Fase de desenvolvimento do novo conceito

Problema	Objetivo
Manuseamento Não Conforme	Melhor aproveitamento do tempo dos técnicos e redução do número de OTs com resolução de mera afinação de dispositivos, ou fora do leque de tarefas dos mesmos.

Execução dos Modelos

Para esta fase, serão executados dois modelos que, como já referido, são geometricamente distintos, segundo as especificações da Tabela 43. De salientar que a alteração de fornecedor para o fabrico destes dois modelos prendeu-se com o facto de, para ambos, o material não ter apresentado os melhores resultados. Foi então alargado o leque de possíveis fornecedores associados, sendo que a decisão recaiu sobre o fabricante FR03.

Tabela 43 - Especificações de fabrico para os modelos da segunda fase de testes

Modelo V05					
Geometria	Matéria Prima		Dureza	Fornecedor	Tratamento Térmico
	Material	MT01			
φ 20 mm	MG50 - Uddeholm Orvar® Supreme	MT01	56-58 HRC	FR03	TT02
Modelo V06					
φ 20 mm	MG50 - Uddeholm Orvar® Supreme	MT01	48-52 HRC	FR03	TT02

Para esta segunda fase, as ações de melhoria a efetuar estão descritas na Tabela 44. O primeiro modelo, Modelo V05, somente irá conter as ações relativas à Geometria do BIZ e à Vedação (Tabela 44-Geometria do BIZ e Tabela 44-Vedação). Já relativamente ao Modelo V06, foi projetada a implementação de todas as melhorias descritas.

A modificação do ângulo de ponta prende-se com a facilidade de distinção entre um boa e má afinação (Figura 47), reduzindo a variabilidade de posições admissíveis, sendo um controlo secundário à afinação. Relativamente à criação do apoio para o Casquilho Exterior, Figura 98, tem como vantagem a implementação de uma metodologia de vedação, em prol do anteriormente estabelecido na Figura 81.

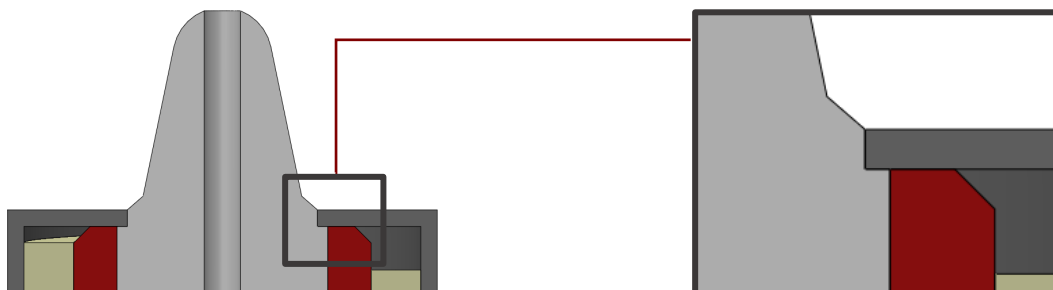


Figura 98 - Novo ajustamento do Conjunto da Resistência ao BIZ proveniente da criação de apoio

Segue-se na Tabela 44 o resumo de todas as ações de melhoria a realizar para esta fase de testes.

Tabela 44 - Ações a realizar para a 2ª Fase de desenvolvimento do novo conceito

Problema	Ação	Objetivo
Geometria do BIZ	Modificação do ângulo da ponta.	Redução do número de posições admissíveis para a afinação resultando numa maior facilidade de afinação.
Vedação	Criação de apoio para o Conjunto da Resistência.	Conservação e proteção da Resistência impedindo também que o Zamak impeça a separação desta com o BIZ.
	Alteração da cota do casquilho exterior.	Permitir ajuste perfeito à tolerância requerida.
Tipologia de intervenções	Modificação do conceito de Subconjunto de Injeção.	Redução do desperdício de material durante a intervenção.

Primeiramente temos o modelo desenvolvido em concordância com as duas primeiras ações a efetuar para esta fase. Foram também introduzidas características específicas que levaram à falha correspondente ao primeiro teste para o Modelo V02. Neste, a PIZ partiu segundo a localização da vedação da transição entre o BIZ e a mesma. Tendo este modelo obtido os melhores resultados na primeira fase, então, por forma a efetuar melhorias a este conceito, foi desenvolvido o Modelo V05, Figura 99, idêntico ao seu antecessor, somente tendo o seu comprimento reduzido em 5 mm. Esta ação tem como objetivo a eliminação da coincidência entre a zona frágil da Ponteira de Injeção, o final da rosca de ajustamento à Bomba, e a zona de vedação.



Figura 99 - Modelo V05

Não tendo obtido, durante a primeira fase, os resultados pretendidos, foi projetado o desenvolvimento de um novo conceito de Subconjunto de Injeção, Figura 100. Este prende-se com a necessidade de uma nova abordagem a este problema, tendo sido criada uma geometria totalmente distinta.



Figura 100 - Modelo V06 (A) e respetiva Ponteira de Injeção (B)

Este modelo já conta com a resolução de um dos problemas relacionados com a intervenção (Tabela 33-Tipologia de Intervenções), já descritos no Capítulo 3.4.1.3, a redução do nível da Panela. Isto foi possível devido à mudança de localização da zona de transição entre o BIZ e a PIZ, consequência das alterações à geometria. Deste modo, aquando da necessidade de

intervenção não se encontraria Zamak nesta zona, já que esta se encontra acima do nível da Panela de Zamak. As características do canal de injeção, zona roscada e tipologia de vedação estão descritas na Tabela 45.

Tabela 45 - Diâmetro do canal de injeção, característica da zona roscada e geometria de vedação para o Modelo V06

Canal Injeção		Zona Roscada	Vedação
φ Superior	φ 2,2 mm	M12x1,25	
φ Inferior	φ 5,0 mm	Comprimento roscado: 5 mm	

Conclusões

Os resultados para esta segunda fase de testes estão descritos na Tabela 46.

Tabela 46 - Tabela de resultados para a segunda fase de testes

Modelo	Tempo de Vida Útil		Dias de Trabalho	Modo de Falha
V05	08/11/2019	19/11/2019	11	Desgaste na Zona de Encosto.
	19/11/2019	13/01/2020	55	
V06	08/11/2019	11/11/2019	2	Bico de Injeção partido.
	11/11/2019	12/11/2019	1	

É facilmente observável que o Modelo V06 não cumpriu os objetivos, já que o seu desenvolvimento não oferece qualquer otimização dos resultados obtidos para a primeira fase. Este retrocesso deve-se ao modo de falha obtido (Figura 101-Modelo V06) nestes dois testes, o qual já tinha sido eliminado no final da fase precedente.

Relativamente ao Modelo V05, este apresentou um aumento do tempo de trabalho considerável. Não obstante, o desgaste apresentado na ZE (Figura 101-Modelo V05) é característico de um material frágil, o que não é o pretendido. Fica, deste modo, validado que o aumento de dureza não tem como consequência a melhoria do estado superficial desta zona.

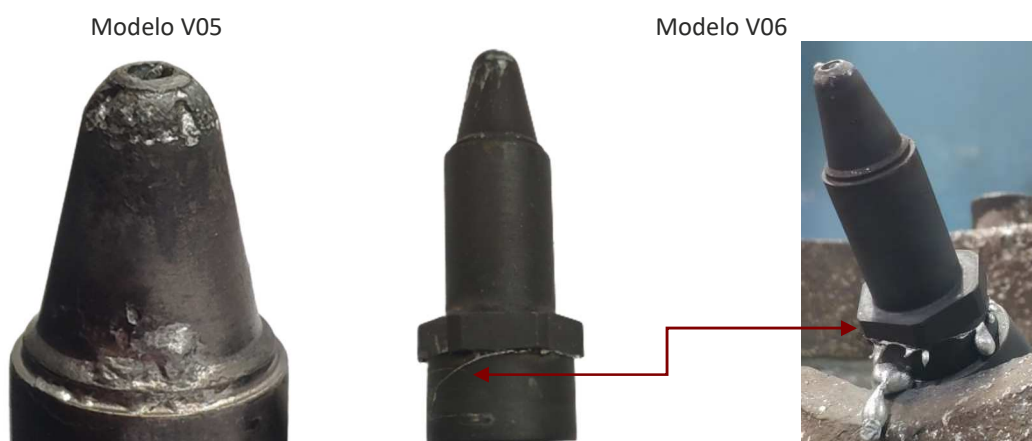


Figura 101 - Desgaste na ZE apresentado para os modelos testados na segunda fase

4.1.2.3 Análise e Caracterização do Desgaste do BIZ

Devido ao facto de ainda se encontrar em vigor o elevado e precoce desgaste do estado superficial da ZE do BIZ, foi no decorrer da segunda fase de testes, iniciado um estudo a este fenómeno. Este seguiu as etapas representadas no diagrama da Figura 102.



Figura 102 - Etapas para a segunda fase do desenvolvimento do novo conceito de Subconjunto de Injeção

Observação e Estudo do Desgaste

Após, na primeira fase, se ter eliminado o modo de falha secundário, resta-nos a falha por desgaste da ZE. Foi então efetuado o levantamento de algumas amostras de BIZ, caracterizando dois modos de falha distintos.

Na Figura 103-A e Figura 103-B, o modo de falha observado é o *pitting*. Este fenómeno, numa fase inicial, é descrito como *micropitting*, sendo que inicia numa camada superficial onde se formam micro crateras. A resistência a este modo de falha está fortemente relacionada com a rugosidade. Este fenómeno ocorre para aços extremamente resistente e contacto a elevadas pressões. O comportamento cíclico deste contacto em consolidação com a rugosidade superficial, reúne as condições ideais para a propagação das crateras.

Se, no entanto, existirem irregularidades relativamente ao modo de contacto, ou seja, que a distribuição da solitação não seja conforme, podem mesmo formar-se fissuras de maior profundidade. Consequentemente, originam crateras de maior dimensão como representado pelas Figura 103-C e Figura 103-D. Este fenómeno é denominado de *spalling*, e traduz-se numa falha imediata da injeção.



Figura 103 - Diferentes tipos e desgaste apresentados para o modo de falha desgaste da ZE

Todo o desgaste sofrido por este componente é relacionado com fadiga de contacto, produto da intensidade de solitação e cadência de interações das ZE. De um modo geral, a ZE de um BIZ é tida como de elevada fragilidade, já que nunca existe algum tipo de deformação plástica a ocorrer. Remetendo ao Modelo V02, Modelo V03 e Modelo V05, onde foi tomada como ação de melhoria o aumento de dureza, podemos validar o comportamento frágil e a perda de

resistência mecânica. Pelo que a melhor ação é a já efetuada para o Modelo V06, a redução da dureza para os 48 a 52 HRC.

Como fator contributivo para o desgaste precoce da superfície da ZE, temos ainda o estado superficial da Figura 104, consequência do processo de fabrico. Os BIZ são fabricados numa máquina CNC através de um programa de CAM, gerado automaticamente. Isto resulta num estado superficial não adequado, resultado da má definição das movimentações da ferramenta, tarefa totalmente automática, nomeadamente em variações simultâneas de direção.

Este estado superficial é característica suficiente para incitar a iniciação de fissuras e ainda ser impulsionador da sua propagação. Deve-se recordar que esta superfície é temperada e nitrurada, pelo que a dureza desta geometria, agravada devido à sua pequena dimensão, é extremamente elevada, sendo que ultrapassa o limite da fragilidade. Temos ainda que o BIZ está a interagir com uma superfície que apresenta 14 a 19 HRC de diferença de dureza, e um acabamento superficial a rondar os 1,6 a 0,4 μm .

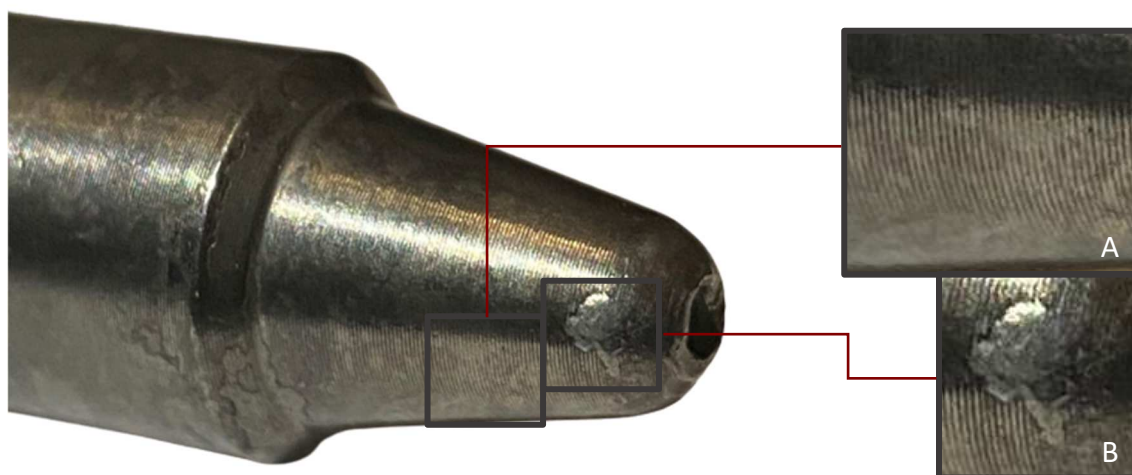


Figura 104 – Estado superficial proveniente do processo de maquinagem por CNC

Análise ao Desgaste

Primeiramente definiu-se, em prol de uma melhor análise do estado superficial, que o Zamak que se encontra na ponta do BIZ, não deveria ser removido com a escova de aço, já que suaviza as arestas provenientes dos fenómenos de desgaste. Uma amostra foi então colocada num forno a 450 °C, 500 °C e 550 °C durante vinte minutos a cada uma destas temperaturas. O Zamak contido na ponta não fundiu, não se desagregando do BIZ e revelando as crateras que se pretende estudar. A obtenção de um resultado benéfico, teria sido ideal para o estudo das modificações estruturais e de propriedades.

Prosseguindo com esta investigação, foi realizada uma análise SEM a um BIZ *standard* que apresenta três dias de trabalho e elevado desgaste na ZE. Devido à questão anteriormente definida, o Zamak deste BIZ foi removido com a escova de aço arredondando assim as arestas de transição entre superfície e crateras (Figura 105-4). Por forma a apresentar as dimensões necessárias para entrar na câmara de vácuo do microscópio, este foi cortado a 20 mm da ponta. Com este estudo, foi possível observar e validar a interação caracterizada na Figura 105-1 e Figura 105-2, assim como o resultado do problema apresentado, Figura 84-1, da mesma forma que a Figura 105-3 é resultado da interação da Figura 84-2.

Foi também delineado como objetivo a comparação entre a composição química do aço de trabalho com o pressuposto segundo a norma. Foi então efetuada uma análise EDS (*Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy*) à composição da superfície do BIZ. No entanto, devido à tipologia

de trabalho destes dois metais, somente se encontrava elementos da liga de zinco à superfície. Como tal, esta última análise não foi conclusiva.

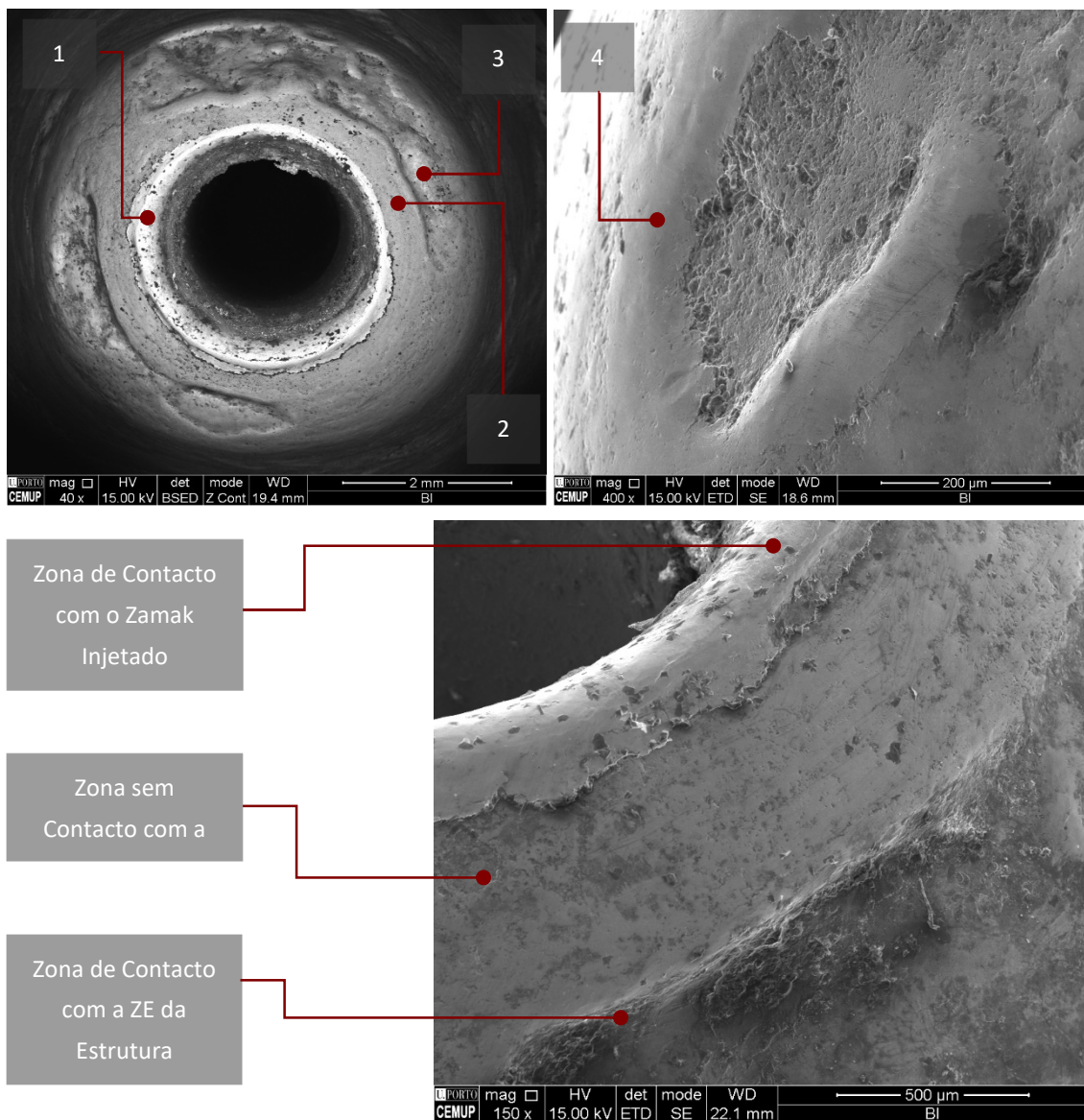


Figura 105 - Resultados do SEM a Bico de Injeção e respetiva análise

Caracterização do Desgaste

Seguidamente, com o intuito de caracterizar as modificações da zona de trabalho da ponta do BIZ, foi projetada e desenvolvida uma metodologia de ensaios que permitisse o estudo da perda de propriedades e de mudanças estruturais.

Visando a caracterização proposta foi efetuado o corte de um BIZ a meia secção sendo uma das metades inseridas em resina como mostrado na Figura 106-A. Isto facilita o posterior lixamento, polimento e ensaio de dureza.

Iniciou-se pela remoção da resina em excesso com uma lixa P80 (150 rpm). Rodando a amostra noventa graus foi utilizada uma lixa P500 (300 rpm) e, repetindo a rotação da amostra, finalizou-se com P1000 (300 rpm). Toda a resina foi retirada e a metade do BIZ ficou totalmente visível, como na Figura 106-B. A amostra foi então limpa com água, a sua superfície molhada com álcool e posteriormente seca com ar comprimido.



Figura 106 - Sequência de preparação do estado superficial do BIZ

Com o pano de polimento já instalado no equipamento, é introduzido lubrificante, seguido do abrasivo de diamante de 3 μm (300 rpm), como na Figura 107-B. A amostra é polida até se encontrar isenta de marcas de abrasão provenientes da utilização da lixa. É novamente introduzido lubrificante e é efetuada a pulverização de abrasivo de diamante 1 μm (300 rpm), sendo que o polimento deverá ser efetuado até a amostra apresentar um aspeto espelhado.

Ambos os processos, lixamento e polimento, foram efetuados no mesmo tipo de equipamento: Struers Rotopol-1, Figura 107-A.



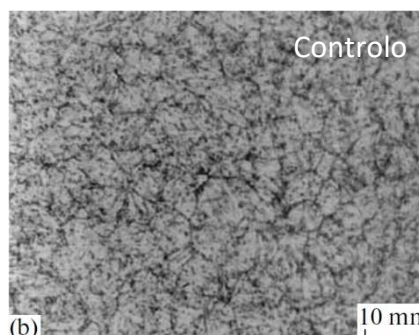
Figura 107 - Equipamento para lixamento e polimento (A), lubrificante e abrasivos de diamante (B) e ácido nital 4% para ataque à superfície

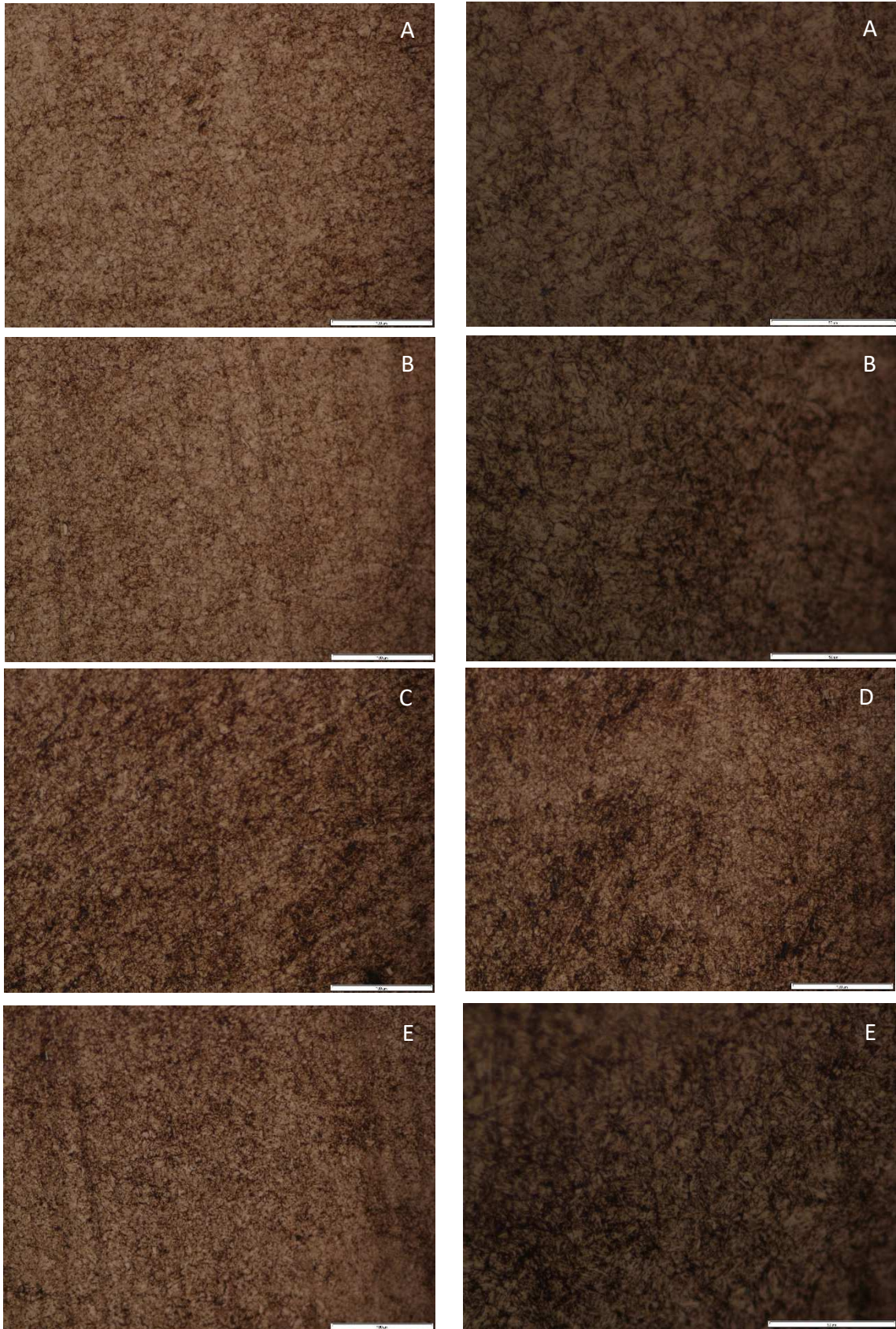
Posteriormente, a amostra foi limpa novamente, segundo as especificações anteriormente definidas, e a superfície do BIZ foi atacada quimicamente com Nital 4% (Tabela 47).

Tabela 47 - Composição química do ácido nítrico utilizado para o ataque à superfície do BIZ

Ácido Nítrico (HNO ₃)	4 ml	64 % v/v
Álcool Etílico	96 ml	-

Após o ataque, e com o auxílio de um *Olympus BX51M Metallurgical Microscope*, um microscópio adaptado a este tipo de ensaios, foi observada toda a amostra. Para tal, no decorrer deste estudo foram utilizadas três objetivas distintas: *Olympus MPlan N 10x/0,25*, *20x/0,40* e *50x/0,75*. As localizações podem ser vistas na amostra para todos os registos fotográficos, como abaixo indicado (Figura 108). A barra de escala foi inserida em cada imagem.





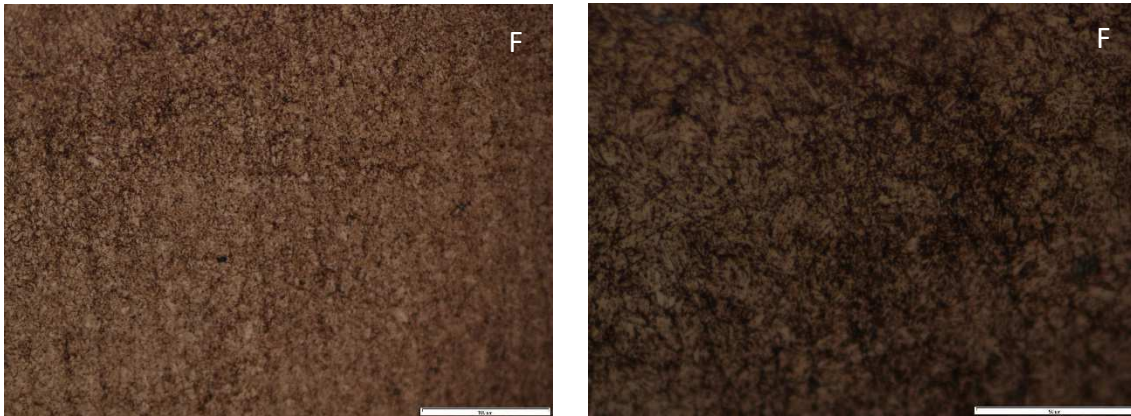


Figura 108 - Ensaio de metalografia a meia secção do BIZ

De acordo com a microestrutura de controlo, Figura 108-Controlo [65], não existem mudanças estruturais nas zonas em estudo (Figura 108-A, Figura 108-B, Figura 108-C e Figura 108-D) em relação às zonas que não são termicamente afetadas ou solicitadas (Figura 108-E e Figura 108-F).

Após esta análise à microestrutura, foram criadas condições para o desenvolvimento de um ensaio de dureza *Rockwell C*. A norma aplicável a este tipo de ensaio é a ISO 6508-1:2005 e os parâmetros de carga estão descritos na Tabela 48.

Tabela 48 - Parâmetros utilizados para ensaio de dureza

Tipo de Solicitação	Carga	Tempo de Aplicação
Solicitação Primária	98,10 N	1 s
Solicitação Principal	1471,50 N	3 s

A denotar que existiu a tentativa das indentações serem efetuadas segundo as localizações das imagens da Figura 108. No entanto, o primeiro ensaio foi descartado, fazendo com que essa mesma linha de indentações iniciasse ligeiramente mais abaixo.

Tabela 49 - Ensaio de dureza à meio secção do BIZ



Indentação	Dureza [HRC]
A	43,91
B	45,53
C	43,89
D	44,99
E	46,09
F	45,40
G	46,14
H	45,37

Existiu efetivamente uma redução da dureza proveniente da temperatura de trabalho, fenómeno o qual já era expectável, no entanto, a discrepância entre os valores apresentados foi mínima.

Em suma, podemos então concluir não existir modificações à microestrutura deste aço, nem alteração extremamente evidenciada de propriedades, pelo que a utilização deste material não

poderá ser o problema, já que não existem evidências suficientes para que este não seja validado.

Material em Utilização

A caracterização do desgaste efetuada neste capítulo foi coincidente com a utilização de um aço *Standard H13*, sendo validada a utilização do MT01, em concordância com os parâmetros definidos normativamente para este tipo aço. Só posteriormente foi verificado [66] que na realidade, o *Uddeholm Orvar® Supreme*, é um aço pertencente ao grupo dos *Premium H13*. A partir da composição química pressuposta para um *Standard H13* [67], em comparação com o estipulado para o MT01 [68], verifica-se pertencer ao mesmo grupo. Existe uma discrepância ainda relevante entre a utilização de um aço com composição química definida normativamente como *Standard H13*, ou um aço *Premium H13*, sendo esta variação de composição normativa entre os aços H13 como descrito no ANEXO 2.2.1.

Culminando todos estes fatores, foi efetuada a comparação entre a composição de cada um na Tabela 50, onde é fácil comprovar o acima determinado: o MT01 é um *Standard H13* e o MG50 um *Premium H13*.

Tabela 50 - Variação em composição química entre *Standard H13*, MT01, *Premium H13* e o pressuposto para o MG50 [66] [67] [68]

Material	C [%]	Mn [%]	Si [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	V [%]	Cu [%]	P [%]	S [%]
<i>Standard H13</i>	0,32	0,20	0,80	4,75	0,30	1,10	0,80	0,25	0,03	0,03
	0,45	0,50	1,20	5,50	max	1,75	1,20	max	max	max
MT01	0,35	0,25	0,80	4,80	-	1,20	0,85	-	0,03	0,02
	0,42	0,50	1,20	5,50	-	1,50	1,15	-	max	max
<i>Premium H13</i>	0,40	0,40	1,00	5,25	-	1,35	1,00	-	-	0,03 max
MG50	0,4	0,40	1,00	5,20	-	1,40	0,90	-	-	-

Concluindo, temos que o material em utilização pelos principais fornecedores da Fico Cables não se encontra segundo o especificado em desenho técnico, sendo possivelmente a razão das falhas precoces, encontrando-se longe de apresentar as mesmas propriedades mecânicas. Para além da composição química, esta discrepância é sentida devido ao facto do aço *Premium H13* passar por um processo de recozimento extremamente refinado, ESR (*Eletro-Slag Remelting*), o que confere aos lingotes:

- Distribuição mais uniforme das inclusões;
- Refinamento de inclusões não metálicas;
- Redução do número de inclusões;
- Boa qualidade superficial;
- Elevada ductilidade;
- Homogeneidade do lingote.

Todas estas modificações são suficientes para ditar um comportamento totalmente distinto às solicitações.

4.1.2.4 Terceira Fase de Testes

Esta fase teve lugar após uma falha no desenvolvimento de um novo conceito de Subconjunto de Injeção. Após o fabrico e consequente implementação em máquina de variados modelos de BIZ, ficou estabelecido que continuar com o conceito antigo apresentaria pouquíssimas vantagens, e ainda que mesmo tendo sido obtidos resultados negativos para o Modelo V06, esta abordagem era a que iria ser seguida.

Para esta fase, foi projetada a tentativa de modificação do modo de falha principal para o pretendido, ou seja, deformação plástica excessiva da ZE que não permita o acoplamento do BIZ à Placa Inferior da Estrutura. Para tal efeito, terá de ser modificado o material em questão, já que como comprovado no Capítulo 4.1.2.3, o aço até então utilizado não se encontra dentro dos parâmetros do desenvolvido pela *Uddeholm*.

Ações de Melhoria

Foi iniciada, durante esta fase, o planeamento de uma metodologia de reparação e substituição dos componentes do MR. É um dos problemas técnicos que mais demorará a ser solucionado, já que a empresa conta com setenta e três MIZ, sendo que cada um destes MR terão de ser retificados. Esta tarefa envolve:

- Enchimento e retificação dos ajustamentos de ligação;
- Enchimento e retificação dos rasgos do Sistema de Afinação.

Desta ação de melhoria, veio também o estabelecimento da tipologia de ajustamentos que deveriam estar associados à ligação dos componentes móveis do MR. A decisão prendia-se com a utilização de rolamentos ou casquilho. O rolamento sofre desgaste mais rapidamente, mas, em contrapartida, a sua substituição é extremamente simples. Com o casquilho, o tempo de trabalho é elevadíssimo em comparação com o rolamento, no entanto a sua substituição já requer retificações externas.

A seleção do ajustamento ficou totalmente dependente da frequência da sua utilização. Assim, a cavilha que efetua a ligação do MR ao SAR (Figura 42- Cavilha de Ligação), como é a única que tem necessidade de ser removida aquando de uma intervenção (Capítulo 3.4.1.3), foi normalizada como sendo um ajustamento de rolamentos. Como, por pertencer ao processo de intervenção, irá sofrer maior, desgaste a sua substituição deverá ser simplificada. O contrário ocorre para os restantes ajustamentos de ligação dos componentes do MR.

Por último, foi normalizada uma nova anilha para o Sistema de Afinação, em que o material será tal que não será deformável, admitindo uma boa distribuição de tensões e irá transferindo, deste modo, o menor esforço possível aos rasgos de afinação (Figura 82). Isto restringe também a utilização de adaptações que impulsionem o desgaste dos rasgos, como na Figura 82-C. O desenho técnico para este componente encontra-se no ANEXO 4.

Tabela 51 - Ações a realizar para a 3ª Fase de desenvolvimento do novo conceito

Problema	Ação	Objetivo
Material	Teste de novo fornecedor de material.	Alteração da tipologia de desgaste da ZE.
Estado Superficial	Polimento da ZE.	
Tratamento Superficial	Remoção da nitruração da ZE.	
Vedação	Degrau para apoio do Casquilho Interior.	Proteção da Resistência e sua remoção.
Tipologia de Intervenções	Modificações à geometria.	Estabelecimento de uma intervenção mais simplificada.
Folgas nos Ajustamentos	Substituição/Reparação do Mecanismo de Rotação.	Eliminação das folgas do MR e do Sistema de Afinação.
	Normalização do tipo de ajustes.	Ajuste mais crítico, terá de ser o mais facilmente removível.
	Normalização das anilhas a utilizar no Sistema de Afinação.	Redução do desgaste nos rasgos do Sistema de Afinação.

Execução dos Modelos

Como descrito no início do capítulo, a melhoria das condições para o processo de injeção de uma MIZ passará então pelo desenvolvimento de todo um novo conceito. Este novo conceito foi então idealizado proporcionando as melhores soluções para a resolução dos problemas técnicos previamente encontrados. Para testar a possibilidade de implementação, esta teve de ser dividida em dois modelos (Figura 109) estando as suas especificações de fabrico apresentadas na Tabela 52. Esta terceira fase de testes torna-se, deste modo, numa preparação para a validação do novo conceito final de Subconjunto de Injeção.



Figura 109 - Fusão de modelos para desenvolvimento do novo conceito

Relativamente ao fabrico do Modelo V07, foi requerido ao fornecedor FR03 a alteração da empresa de aquisição do material e a entrega do respetivo certificado de material, por forma a efetuar a validação do mesmo. Este encontra-se no ANEXO 2.2.2 e, de acordo com o especificado na Tabela 50, encontra-se abaixo do especificado a percentagem de Manganês, sendo a maior variação percentual entre o pressuposto para os outros elementos de 0,15 %. Mesmo com esta disparidade, encontra-se mais próximo de um aço *Premium H13* do que o MT01, pelo que a sua utilização será benéfica.

Já o Modelo V08 foi desenvolvido pelo fornecedor FR01, não contendo grande parte das ações de melhoria até agora implementadas.

Tabela 52 - Especificações de fabrico para os modelos da terceira fase de testes

Modelo V07					
Geometria	Matéria Prima			Fornecedor	Tratamento Térmico
	Material		Dureza		
φ 16 mm	MG50 - Uddeholm Orvar® Supreme	MT02	48-52 HRC	FR03	TT02
Modelo V08					
φ 20 mm	MG50 - Uddeholm Orvar® Supreme	MT01	48-52 HRC	FR01	TT01

O desenvolvimento deste novo conceito, Figura 110-C, teve como principal fator a redução do comprimento da peça de desgaste em foco, sendo que a intensidade do momento fletor, produto de solicitações não conformes (Capítulo 4.1.1.2 – Esforços Mecânicos Extraordinários), irá ser grandemente reduzida. O comprimento total do BIZ foi consequentemente modificado de 69 mm para 22,5 mm, sendo fabricado a partir de um varão *standard* de φ16 mm. O sextavado de auxílio ao seu aperto e remoção sofre a alteração de 17 mm para 10 mm.

À semelhança do efetuado para a segunda fase foi criado, no corpo da PIZ, um degrau (Figura 110-B), foram inseridas todas as alterações geométricas à ponta do BIZ e foi efetuada a redução da dureza para valores equivalentes ao do Modelo V06.

A denotar a indentação junto do sextavado (Figura 110-Ensaio de Dureza), a qual correspondente a um ensaio de dureza efetuado pelo fornecedor FR03 que validou este parâmetro em concordância com o especificado.

Relativamente ao tratamento superficial, foi estabelecido que este componente deveria ser submetido a dois tratamentos térmicos e um tratamento por difusão. A dureza pretendida só será conseguida após o último processo. Realiza-se então uma têmpera visando o aumento da dureza e da resistência do aço, através da reorganização da microestrutura. Seguidamente, foi entendida como essencial a submissão do BIZ a um processo de revenido. Este é necessário, já

que alivia as tensões internas residuais criadas pela execução da têmpera. Adicionalmente, elimina a fragilidade, aumenta a ductilidade e ajusta a dureza obtida com a resistência mecânica para o nível desejado. Por último, temos a nitruração novamente a ser efetuada em toda a extensão da peça, à exceção das zonas roscadas. Este tratamento de difusão não deverá incidir também sobre os primeiros 3 mm da ZE. Tem como objetivo reduzir a fragilidade superficial que advém do tratamento de nitruração, presumivelmente admitindo um comportamento mais dúctil, o qual está em concordância com os objetivos para esta fase.

De acordo com o Capítulo 4.1.2.3, o processo de fabrico foi revisto junto do fornecedor FR03, sendo que foi estabelecido que a ZE iria também ter de passar por um processo de polimento, sendo esta executada até que as marcas produto do processo de maquinação desaparecessem completamente.

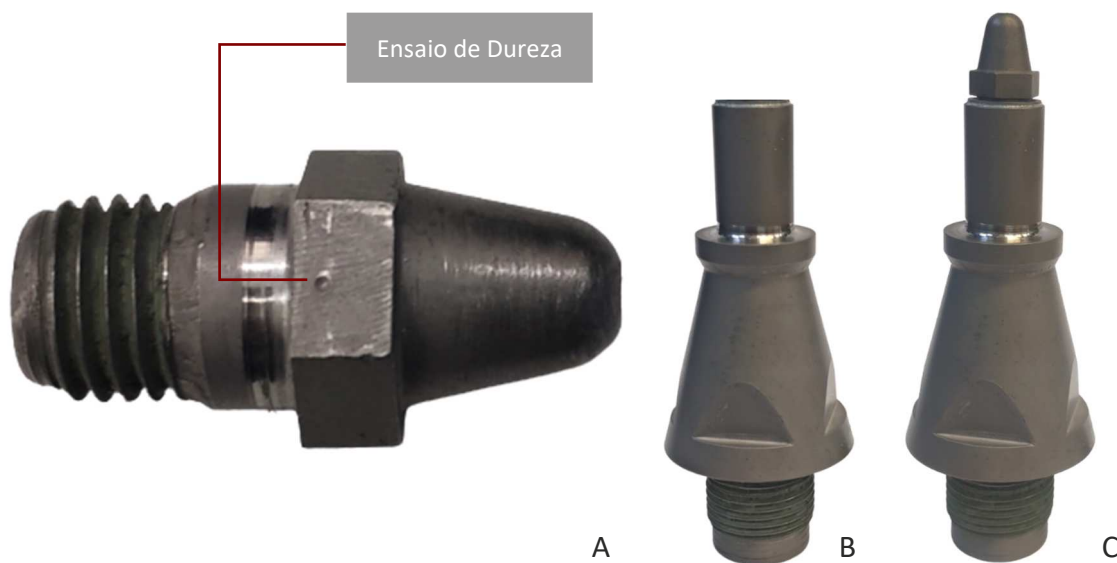


Figura 110 - Modelo V07 (A), respetiva Ponteira de Injeção (B) e acoplamento (C)

Como pode ser observado na Tabela 53, temos uma metodologia de vedação semelhante à do Modelo V02 e uma redução de diâmetro do canal de injeção superior para 1,8 mm, em prol do aumento da espessura da parede. Não foi possível aumentar a resistência da ligação mecânica através do aumento do diâmetro da zona roscada, já que para tal ocorrer, teria de existir uma redução equivalente da parede da PIZ, correndo-se o risco de esta não resistir às solicitações. Como tal, a rosca e passo utilizados foram: M8x1.

Tabela 53 - Diâmetro do canal de injeção, característica da zona roscada e geometria de vedação para o Modelo V07

Canal Injeção		Zona Roscada	Vedação
ϕ Superior	ϕ 1,8 mm	M8x1	
ϕ Inferior	ϕ 5,0 mm	Comprimento roscado: 5,0 mm	

Existem ainda três grandes vantagens da sua utilização, provenientes das modificações geométricas, relativamente à tipologia das intervenções, sendo elas:

- Redução do nível da panela de Zamak não é necessária para a intervenção, de tal modo que já não existe desperdício de matéria prima a cada intervenção;
- Não é necessária a remoção do Conjunto da Resistência durante a intervenção de substituição do BIZ, resultando num melhor reaproveitamento do Conjunto da Resistência e tempos de intervenção extremamente reduzidos;
- O desdobramento do MR para a abertura da máquina já não é necessário, sendo somente necessária a remoção da Placa Inferior da Estrutura. Isto leva à redução do tempo de intervenção e a uma melhor conservação do estado dos componentes e ajustamentos do Sistema de Encosto.

Ao Modelo V08 (Figura 111-A) não lhe foi introduzida qualquer ação nova, pelo que as únicas, e observáveis, foram: a alteração do corpo do BIZ de 12,75 mm para 18 mm e, à semelhança do Modelo V05, a redução do comprimento do BIZ para 65 mm. A primeira permitirá a admissão direta da Resistência ao BIZ, sendo eliminado o Casquilho Interior. O que se pretende testar é a capacidade do aço MG50 de resistir à adesão da Resistência, sendo o principal objetivo desta fase a fusão entre estes dois modelos (Modelo V07 e Modelo V08). De salientar que, por forma a colocar em teste este modelo, houve a necessidade de efetuar modificações a um Casquilho Interior. Isto foi conseguido cortando o mesmo pela base e alargando a sua furação interior para os 18 mm, como na Figura 111-B.



Figura 111 - Modelo V08 (A) e respetivo Casquilho Interior já adaptado para este teste

No que se refere às restantes variáveis, estas encontram-se caracterizadas na Tabela 54.

Tabela 54 - Diâmetro do canal de injeção, característica da zona roscada e geometria de vedação para o Modelo V08

Canal Injeção		Zona Roscada	Vedação
φ Superior	φ 2,0 mm	½ -13 UNC Comprimento roscado: 8,5 mm	
φ Inferior	φ 4,0 mm		

Conclusões

Na Tabela 55 podem ver-se os resultados para esta terceira fase de testes. Relativamente ao Modelo V08, como era expectável de acordo com o já estabelecido anteriormente relativamente à geometria do fornecedor FR01 e o material MT01, não obteve os melhores resultados. No entanto, comprovou que o MG50 não apresenta características que proporcionem adesão da Resistência ao corpo do BIZ. Como tal, e devido à grande probabilidade do AMPCO®18 se fundir com o MG50 e resultar na inutilização de ambos os componentes, o Casquilho Interior poderá deixar de ser um elemento do Conjunto da Resistência.

Tabela 55 - Tabela de resultados para a terceira fase de testes

Modelo	Tempo de Vida Útil		Dias de Trabalho	Modo de Falha
V07	30/11/2019	28/02/2020	90 dias	Não existiu falha, removido para análise.
	28/02/2020	17/07/2020	140 dias	
V08	30/11/2019	03/12/2019	3 dias	Desgaste na Zona de Encosto.
	03/12/2019	06/12/2019	3 dias	
	06/12/2019	16/12/2019	10 dias	
	16/12/2019	20/12/2019	4 dias	

O Modelo V07 esteve durante três meses em máquina (de 30/11/2019 a 28/02/2020) no seu primeiro teste, e mais três meses (91 dias) no segundo (retirados 60 dias ao total devido à situação pandémica que se fazia sentir na altura. Como tal, não existiu produção durante esse período). É de referir que este somente foi removido com o intuito de ser analisado o seu estado superficial, mas mais especificamente a facilidade de remoção do BIZ para este novo conceito de Subconjunto de Injeção, sendo a razão desta necessidade aprofundada no capítulo seguinte. O processo de substituição do BIZ foi acompanhado, sendo evidente toda a simplicidade da tarefa, e não tendo ultrapassado os quinze minutos.

Análise à Conformação da ZE do Modelo V07

Segue-se a caracterização do desgaste apresentado pela ZE do BIZ do Modelo V07.

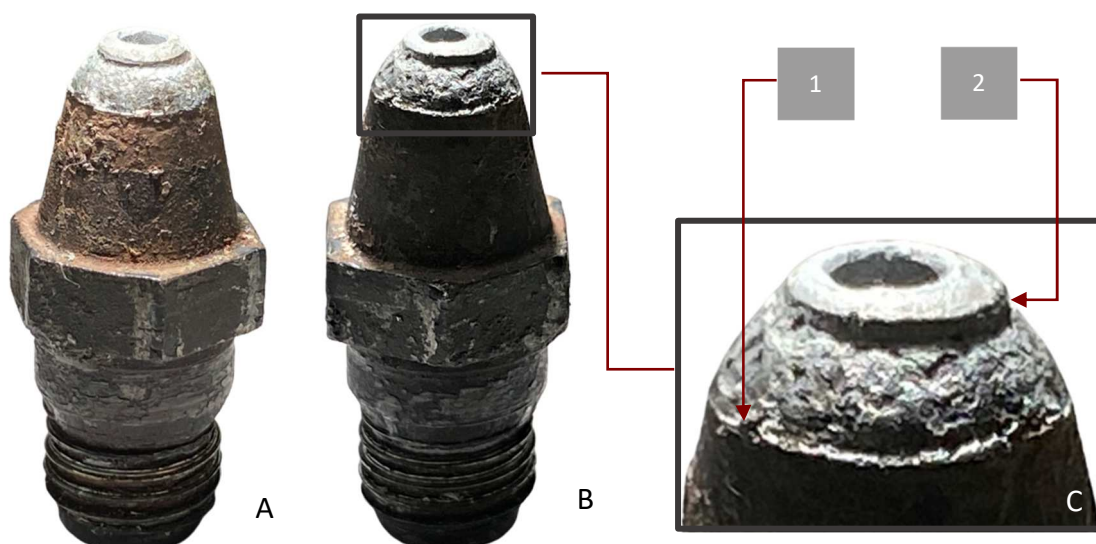


Figura 112 - Desgaste apresentado após três meses de trabalho para o Modelo V07

Primeiramente, pode ser observada a distinção entre a zona representativa do contacto com a ZE da Estrutura, zona mais clara, e o material não solicitado (Figura 112-A). Na Figura 112-B é notório tanto o desgaste superficial como a conformação plástica sofrida, sendo esta propriedade característica deste material (MT02). É possível a diferenciação entre duas zonas distintas de conformação correspondentes ao:

- Diâmetro exterior da ZE da Estrutura Figura 112-1;
- Diâmetro interior da ZE da Estrutura - Figura 112-2.

Este fenómeno é possivelmente o ponto mais importante de todos os testes a este modelo. Isto faz com que a ZE do BIZ admita ligeiras variações de geometria da ZE da Estrutura, já que o material terá capacidade de se conformar às mesmas. Com o objetivo de validar este comportamento, foi efetuado o acompanhamento a variados processos de *setup*, para o equipamento em questão, onde a mudança de Estrutura era necessária.

A conformação em análise pôde ser facilmente validada através da monitorização dos gitos, produto do processo de injeção. Na Figura 113 está representada a variação, inerente ao estado do contacto, a cada cinquenta injeções para um total de duzentas e cinquenta. É possível denotar a eliminação das rebarbas, produto de um acoplamento não coincidente, sendo que ao longo da sua utilização a ZE do BIZ se acomodou à ZE Estrutura.



Figura 113 - Variação do ajustamento entre a ZE do BIZ e a Placa Inferior da Estrutura ao longo de 250 injeções para o Modelo V07

Apresentando esta peça de desgaste este fenómeno de conformação, então se todos os elementos envolvidos forem mantidos em condições ótimas de funcionamento, a substituição de Estruturas deixa de ser uma tarefa problemática. Assim, a garantia de um acoplamento coincidente após a mudança de um dos componentes é comprovada, sendo que:

- Reduz substituições por não conformidades;
- Aumenta em grande escala o tempo de trabalho.

Este modelo fica então validado, segundo os objetivos estabelecidos, em toda a sua extensão.

4.1.2.5 Novo Conceito

Após duas ações conclusivas durante a terceira fase de testes, foram reunidas as condições para o desenvolvimento de um novo modelo, Modelo V09, sendo este a versão final para o Subconjunto de Injeção. Foram testados, para este novo conceito, dois materiais distintos, o MT01 e o MT02. Sendo que a PIZ foi fabricada por FR01 com o material MT01.

Tabela 56 - Especificações de fabrico para os modelos do novo conceito

Modelo V09.1					
Geometria	Matéria Prima			Fornecedor	Tratamento Térmico
	Material		Dureza		
φ 16 mm	MG50 - Uddeholm Orvar® Supreme	MT01	48-52 HRC	FR01	TT01
Modelo V09.2					
φ 16 mm	MG50 - Uddeholm Orvar® Supreme	MT02	48-52 HRC	FR04	TT02

Em concordância com os resultados da terceira fase de testes, foi requerido a novo fornecedor (FR04), a utilização do fornecedor de matéria prima coincidente com o do FR03, bem como empresa de tratamento térmico. O fornecedor FR04, aquando da aquisição do material MT02 efetuou uma análise de identificação de materiais por PMI (*Positive Material Identification*) (ANEXO 2.2.3). Conclui-se que existe elevada distinção entre o material MT02 adquirido pelos fornecedores FR03 e FR04.

Com a validação do Modelo V08, foi então atribuído ao corpo deste novo conceito os 18 mm de diâmetro (Figura 114-B) necessários, por forma a se ajustar diretamente a Resistência. Isto

permitiu a alteração da zona roscada do BIZ de M8 para M10 (Figura 114-A), o que não era possível para o Modelo V07, já que a parede ficaria demasiado fina o que lhe conferia alguma fragilidade geométrica e funcional.

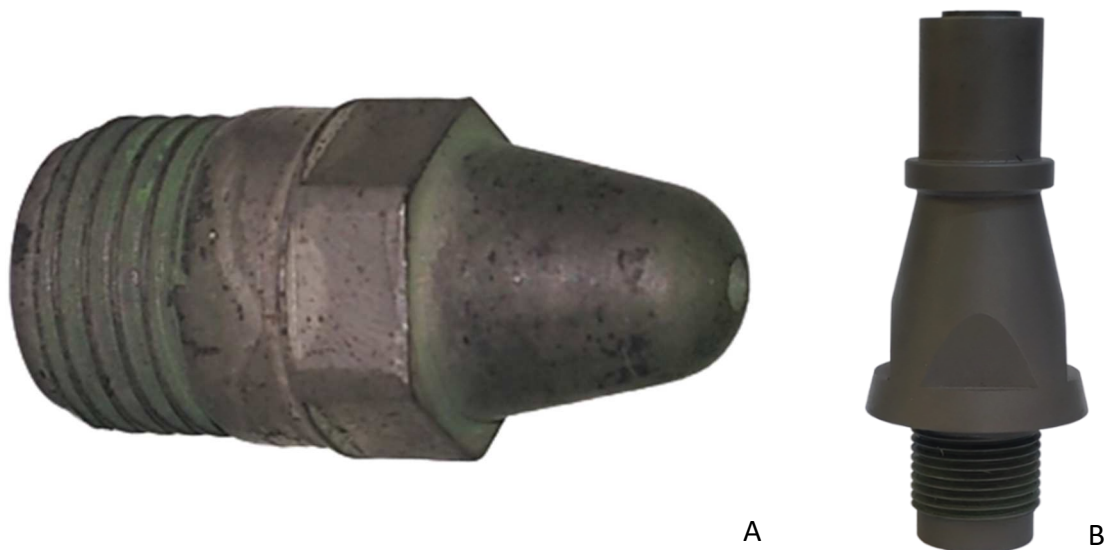


Figura 114 - Modelo V09 (A) e respetiva Ponteira de Injeção (B)

Com a modificação do diâmetro do corpo, foi obtido um “degrau” com uma área de vedação de maior dimensão (Figura 115). Esta base oferece uma proteção ótima à Resistência, sendo este fator devido ao contacto direto entre o MG50 e a mesma, imperativo por forma a existir o aproveitamento total de ambos.

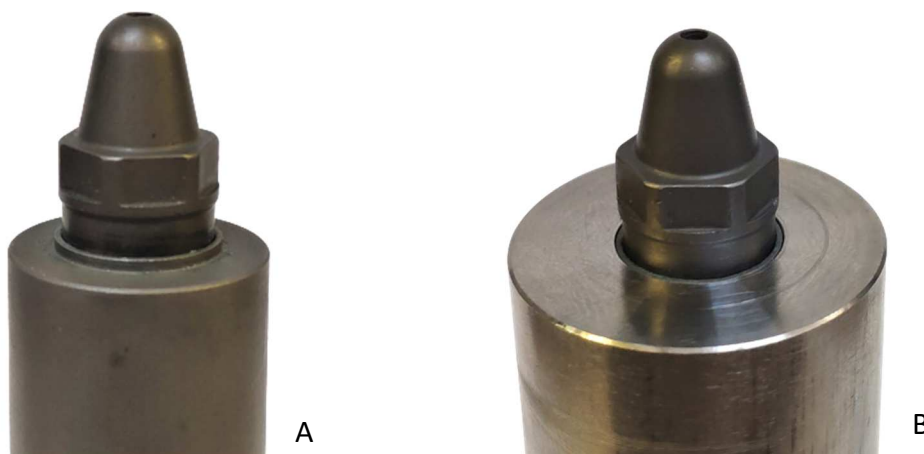


Figura 115 - Degrau de vedação (A) e ajuste do Conjunto da Resistência (B)

Para concluir, foi então normalizado o novo componente da Figura 111-B utilizado para o teste do Modelo V08, denominado de Anilha de Suporte.

O desenho técnico deste novo componente encontra-se no ANEXO 4 e pode ser observado na Figura 116, mais propriamente na Figura 116-2, demonstrativa da sequência de acoplamento do Conjunto da Resistência ao Modelo V09.



Figura 116 - Sequência de acoplamento para o Novo Conceito de Bico de Injeção de Zamak

Conclusões

Como era expectável, o BIZ rapidamente mostrou sinais de desgaste na zona de encosto com o material MT01, validando novamente o já definido durante a terceira fase: o material MT01 não apresenta as características definidas normativamente e, conseqüentemente, não é possível atingir os objetivos pretendidos.

Os tempos de trabalho e respetivas falhas estão identificados na Tabela 64.

Tabela 57 - Tabela de resultados para a terceira fase

Modelo	Tempo de Vida Útil	Dias de Trabalho	Modo de Falha
V09.1	27/12/2019 05/02/2020	40 dias	Desgaste na Zona de Encosto.
V09.2	12/02/2020 02/07/2019	141 dias	BIZ partiu na Ponteira de Injeção.

Para o Modelo V09.1, temos que foi imperativa a sua substituição devido ao estado da ZE (Figura 117). Temos ainda a agravante de que o Zamak já estaria a corroer o MG50.



Figura 117 - Modo de falha do Modelo V09.1

O Modelo V09.2 sofreu a fratura como representado pela Figura 118, sendo que esteve 141 dias em máquina, e que somente 81 desses dias se encontrou em funcionamento, à semelhança do que ocorreu com o Modelo V07. Como tal, o seu tempo de trabalho somente corresponde a três meses.



Figura 118 - Modo de falha do Modelo V09.2

O Modelo V09.2 (MT02) partiu na Ponteira de Injeção (fabricada a partir do material MT01) devido a uma solicitação à torção aquando da tentativa de remoção do mesmo. Esta falha foi dúbia, pelo facto do técnico de manutenção ter lidado este modelo como um *standard* o que leva a questionar se terá seguido os procedimentos necessários. Não obstante necessitaria de se poder afirmar que a remoção do BIZ é sempre exequível. Deste modo, a 17/07/2020 foi determinada a necessidade de remover o Modelo V07 para análise, sendo que se encontrava em máquina há cinco meses, sendo considerada a amostra ideal. Todo o processo foi extremamente controlado e monitorizado, sendo então validado que se ao BIZ lhe forem aplicados todos os passos do processo de intervenção, nunca existirão problemas aquando da remoção do mesmo. A PIZ correspondente esteve em máquina durante o período dos testes, perfazendo oito meses em máquina, o que valida a sua utilização em consolidação com o tempo de trabalho apresentado pelo BIZ.

Concluindo, o desenvolvimento do novo conceito de Subconjunto de Injeção e respetiva validação, permitiu o início da negociação com o novo fornecedor para o Modelo V09.2. O resultado pode traduzir-se numa enorme redução dos custos de aquisição, quer para o BIZ, quer para a PIZ, que mesmo mantendo o custo, quase que duplicou a sua dimensão.

Tabela 58 - Melhorias relativamente à utilização e aquisição do Modelo V09.2 em comparação com o Modelo V01

Modelo	Tempo de trabalho do BIZ	Custo de Aquisição BIZ	Custo de Aquisição PIZ
Modelo V01	1 semana	38 €	50 €
Modelo V09.2	3 meses	16 €	50 €

4.1.3 Implementação e Processo de Intervenção do Novo Conceito

Como era expectável, todas as modificações que levaram ao desenvolvimento deste novo conceito de BIZ e PIZ originaram grandes melhorias ao processo, nomeadamente alterações no processo de intervenção. Todavia, um grande desafio também foi instaurado, com o elevado número de máquinas de injeção de Zamak. A substituição destes componentes torna-se uma tarefa de enorme dimensão e de difícil exequibilidade. Neste capítulo, serão descritos o plano de implementação do novo conceito, assim como as melhorias ao processo de intervenção intrínsecas à sua utilização.

Implementação do Novo Conceito

A implementação do novo conceito irá ser executada de forma gradual, não sendo alocados recursos extra para a tarefa, isto é, nenhuma máquina irá suspender a produção para ser efetuada a troca do Subconjunto de Injeção. Como tal, o técnico responsável pelo controlo e

validação das bombas de injeção, de acordo com o plano, irá ter determinado número de Subconjunto de Injeção do novo conceito previamente instalados em bombas no armazém. Assim sempre que uma máquina necessitar de mudança de bomba, então será introduzido o novo conceito de Subconjunto de Injeção.

Todavia, este plano de implementação é extremamente moroso. Como tal, e por forma a não se regredir no processo de melhoria que teve início no arranque desta dissertação, foi desenvolvido um modelo de Bico de Injeção apto ao ajustamento das Ponteiros de Injeção *standard* em máquina. A este novo modelo foram introduzidas todas as modificações que foram efetuadas para a resolução dos problemas selecionados.

Tabela 59 - Especificações de fabrico para o novo modelo *standard* da Fico Cables

Modelo V01.2					
Matéria Prima			Fornecedor	Tratamento Térmico	
Geometria	Material	Dureza			
φ 20 mm	MG50 - <i>Uddeholm Orvar® Supreme</i>	MT03	48-50 HRC	FR04	TT01

O material MT03 é o utilizado para o fabrico deste modelo já que era o *standard* para o fornecedor FR04. Aquando do desenvolvimento deste modelo ainda não teria sido efetuada a análise ao desgaste do BIZ, pelo que ainda não existiria a ênfase no material como fator principal.

Resumidamente as ações de melhoria implementadas neste Modelo V01.2 são:

- Redução da matéria prima de fornecimento;
- Eliminação da depressão após sextavado;
- Modificação da geometria da ponta:
 - Raio da ponta;
 - Ângulo da Ponta;
 - Eliminação do chanfro no final do canal de injeção;
- Estado superficial da ZE melhorado, através do polimento o mais aproximado possível de Ra 0,8 μm;
- Criação de degrau para melhor ajuste e vedação do Conjunto da Resistência;
- Nitruração em toda a extensão da peça, exceto na zona roscada;
- Rosca não deverá iniciar com a profundidade total.

As principais modificações à geometria podem ser verificadas na Figura 119 e para uma melhor análise, comparadas com a Figura 88-B. A metodologia de vedação não foi alterada, sendo coincidente com a do Modelo V01. No entanto os diâmetros do canal de injeção e as características da zona roscada foram modificadas, em prol de ações de melhoria, de acordo com a Tabela 60.

Tabela 60 – Diâmetros do canal de injeção e características da zona roscada para o Modelo *Standard* Bico de Injeção

Canal Injeção		Zona Roscada
φ Superior	φ 1,8 mm	½ - 13
φ Inferior	φ 4 mm	Comprimento roscado: 19,5 mm

O custo de aquisição inicial para este modelo era de 38 €. Após a redução da matéria prima de fornecimento para um varão *standard* de φ 20 mm, este foi reduzido para 35 €. Contudo, aquando da alteração do fornecedor, durante o desenvolvimento dos novos conceitos, foi negociado o fabrico do Modelo V01.2 com o FR03 obtendo-se então o novo custo de aquisição de 25 €. Relativamente ao tempo de trabalho, foi registada a permanência em máquina de aproximadamente um mês, o que, relativamente ao expectável para o modelo *standard* já sofre grandes melhorias.

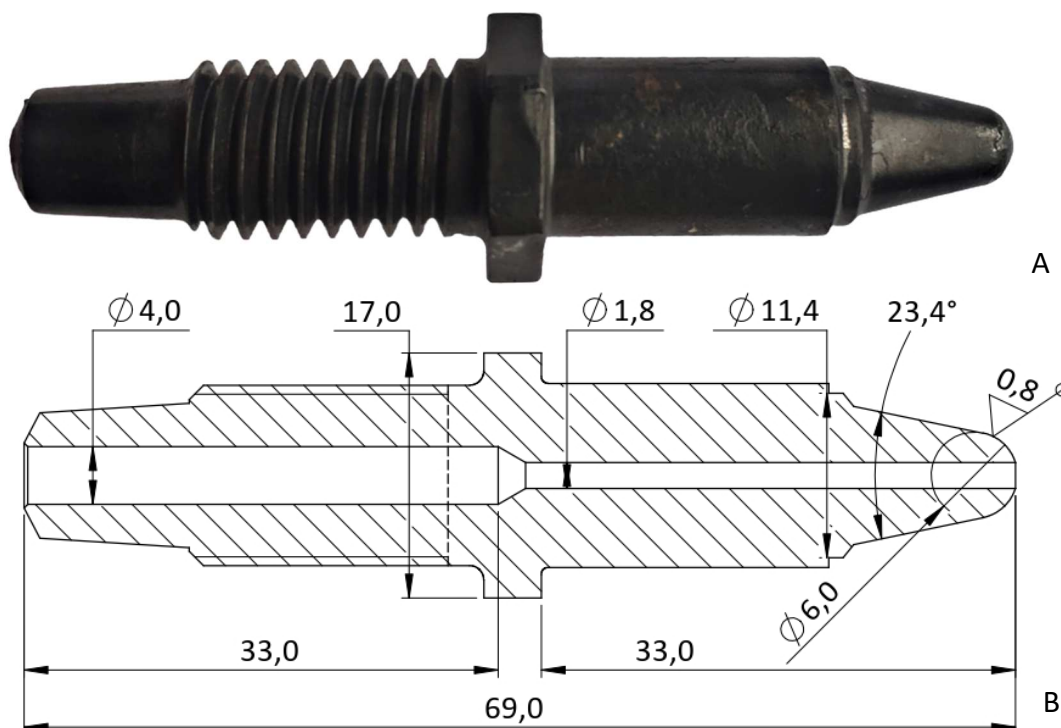


Figura 119 - Modelo V01.2

As melhorias entre a utilização do Modelo V01 e Modelo V01.2 encontram-se expostas na Tabela 61, onde é possível denotar um aumento percentual de tempo de trabalho de 300 % e redução percentual de custo de aquisição de 34 %.

Tabela 61 - Melhorias relativamente à utilização e aquisição do Modelo V01 e Modelo V01.2

Modelo	Tempo de trabalho	Custo de Aquisição
Modelo V01	1 semana	38 €
Modelo V01.2	1 mês	25 €

Processo de Intervenção do Novo Conceito

O processo de intervenção para remoção do BIZ foi uma das variáveis que sofreu alterações mais significativas. Estas encontram-se representadas na Tabela 62.

Tabela 62 - Melhorias obtidas através de melhorias ao Subconjunto de Injeção de Zamak e respetivas consequências de implementação

Melhoria	Consequência da Implementação
Simplificação do Processo	Redução de tempo de intervenção. Redução de tempo de imobilização e consequente aumento da disponibilidade do equipamento.
Não é necessária a remoção do Conjunto da Resistência	Conservação de todos os componentes envolvidos devido à falta de necessidade de manuseamento. Diminuição do número de substituições originadas na falha de remoção deste conjunto.
Não é necessária a Abertura do MR	Conservação dos ajustamentos do MR. Estabelecimento de condições para a conservação das ligações mecânicas.
Redução do Nível da Panela de Zamak	Acentuada redução de desperdício de material. Redução do risco envolvido na tarefa por eliminação do contacto com o Zamak fundido.

O processo inicia-se com a remoção da Placa Inferior da Estrutura, desacoplando-a da Base da Estrutura (Figura 120-A) e removendo o conjunto Porta Extratores e Extratores (Figura 120-B), por forma a facilitar o acesso.



Figura 120 - Principais etapas do processo de intervenção para o novo modelo de Subconjunto de Injeção de Zamak

Deste ponto, e à semelhança do seu antecessor, é utilizado um roquete com uma chave de caixa sextavada de 10 mm, por forma a remover o BIZ. Após a remoção deste, a rosca e zona de vedação da PIZ apresentam um pó, consequência da utilização da massa *MOLYKOTE® 1000 Thread Paste*. Este deverá ser removido, já que impedirá o ajuste conforme entre a PIZ e o novo BIZ. Deste modo, e por forma a este pó não entrar em contacto com o Zamak fundido, estando o nível da Panela como em trabalho normal, o canal de injeção deverá ser tapado com uma vareta (Figura 120-C), sendo posteriormente utilizada a pistola de ar comprimido. Por último, é aplicada a massa ao novo BIZ (Figura 120-D), e o mesmo é ajustado à PIZ, seguido da montagem de todos os elementos retirados no início do processo.

4.1.4 Observações para Trabalhos Futuros

Concluindo o Capítulo 4.1, são apresentados todos os trabalhos que deverão ser tomados em consideração para a preservação de todas as ações de melhoria impostas, bem como a continuação de trabalhos que já tenham sido iniciados. São estes:

- Prosseguir com a reparação/substituição dos elementos de ligação do Sistema de Encosto das MIZ, por forma a eliminar as folgas nos ajustamentos de todo Mecanismo de Rotação e Sistema de Afinação;
- Mudança de casquilhos para rolamentos no ajustamento superior do MR ao SAR;
- Substituição das anilhas dos parafusos do Sistema de Afinação aquando da substituição do Mecanismo de Rotação, para que o estado geral dos componentes seja coincidente;
- Redução do peso dos elementos suportados pela Base de Suporte;

- Alteração das mangas protetoras das mangueiras de água e ar para uma solução mais resistente ao Zamak fundido, que possa entrar em contacto com a mesma, e de peso reduzido;
- Melhoria da relação do departamento de manutenção com o departamento de moldes, por forma a desenvolver nova metodologia de controlo e monitorização do estado das estruturas;
- Continuamente relevar a importância da afinação e estado geral dos componentes, para o funcionamento ótimo deste processo;
- Organização, definição e distinção de tarefas relativas a *setups* e intervenções;
- Estudo para a obtenção do período para o qual deve ser efetuada a renovação da massa *MOLYKOTE® 1000 Thread Paste*, por forma a desenvolver a garantia de que o Bico de Injeção, conseguirá ser removido sem danos permanentes à PIZ existindo um melhor aproveitamento da mesma;
- Continuação da implementação de ações/modificações, visando a melhoria contínua do processo.

4.2 DISPOSITIVO DE CORTE DE CABO

4.2.1 Definição Técnica do Problema

Ao longo deste capítulo, visando o estabelecimento de todos os problemas que impulsionam a substituição precoce da peça de desgaste em estudo estes serão estudados e caracterizados. Adicionalmente, e à semelhança do efetuado no Capítulo 4.14.1.1 relativo ao Subconjunto de Injeção, as condições gerais de trabalho foram analisadas, assim como todas as informações obtidas através do acompanhamento das intervenções descritas.

4.2.1.1 Recolha de Informação por Intervenção e Observação

É pretendido que, no final deste capítulo, estejam estipulados todos os fatores críticos que impulsionem o desgaste precoce das LCC. Visando este objetivo, foi efetuada uma análise às condições gerais de trabalho, bem como efetuado o acompanhamento diário de intervenções. Os tópicos a serem abordados são:

- Aproveitamento reduzido da LCC;
- Objeto de Corte;
- Lubrificação;
- Lixo no rasgo da LCC;
- Desperdício de material;
- Estado não conforme da zona de corte.

Aproveitamento Reduzido da LCC

O desgaste apresentado por este componente é localizado não só na aresta de corte, mas também na face que desliza sobre a CLCC e na face que desliza sobre o Suporte da Lâmina (Figura 121-A). Ao longo da dissertação, serão designados como desgaste longitudinal e transversal, respetivamente.

A partir do momento que a medida transversal da LCC se encontra nos 9,99 mm em prol dos 10 mm, necessários então o componente já não se encontra dentro dos parâmetros de utilização. Isto traduz-se num reaproveitamento transversal quase nulo. A partir da Figura 121-B, é possível denotar a quantidade excessiva de LCC que já não se encontram aptas para a retificação, devido ao desgaste transversal. Mais especificamente, quando a imagem foi obtida, a caixa de componentes sem possibilidade de retificação continha cinquenta e três LCC. O armazenamento

destas começou a ser efetuado devido à possibilidade de desenvolvimento de uma nova metodologia de corte adaptada à utilização das mesmas, já que ainda se encontravam dentro do comprimento retificável.

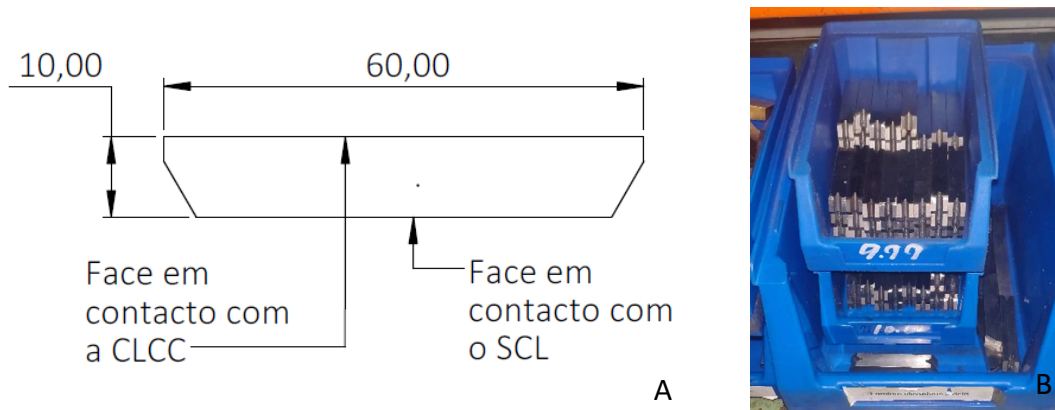


Figura 121 – Dimensões e faces de desgaste (A) e caixa de LCC para retificação localizada do armazém da manutenção

Relativamente ao desgaste longitudinal, temos que o comprimento máximo retificável, ou seja, da extremidade da LCC à aresta de corte, é de 53 mm. Se esta dimensão atingir um valor inferior, então ambas as arestas de corte nunca chegam a interagir com o cabo, não concluindo deste modo o processo.

Na Figura 67-A, a profundidade total do desgaste a ser eliminado é aproximadamente 0,5 mm. No entanto, pode abranger até 1,0 mm, como é o caso da Figura 67-B. Esta última apresenta fissuras de uma dimensão considerável, induzindo o colaborador à sua eliminação e reduzindo, consequentemente, o número de retificações admissíveis. Esta variável é dificilmente obtida, já que o número de retificações que uma LCC admite está totalmente dependente do desgaste apresentado na aresta de corte.

De notar que a empresa começou recentemente a efetuar retificações de peças de desgaste internamente, designando um dos seus técnicos somente para a execução de tais tarefas. Como tal, é pretendida a validação, maior controlo e melhor gestão das LCC, já que qualquer melhoria a implementar que possibilite o aumento do ciclo de vida da peça em questão seria, como já referido, uma benesse em termos das funções e objetivos estabelecidos para este departamento.

Objeto de Corte

Como já referido, o objeto de corte deste dispositivo é um cabo de aço. Na Figura 122, estes encontram-se representados. É facilmente observável uma diferença em termos de estrutura entre os cabos. Não obstante este facto, o seu diâmetro é de 1,5 mm. Estes são ainda distintos relativamente ao material de fabrico, mas apresentando valores equivalentes de resistência à tração, carga de rotura e número de ciclos.

Relativamente à sua proteção superficial, temos que estes sofrem um processo de galvanização (DIN EN 10264-2). Isto pretende proteger este componente contra qualquer contacto com outros materiais que apresentem potenciais eletroquímicos diferentes do seu, impulsionando a corrosão galvânica. Resumidamente, este processo baseia-se na imersão do material em metal fundido ou por deposição por imersão a quente, com vista à criação de uma camada de zinco na sua superfície do aço.

O objeto de corte pode ser caracterizado como um meio descontínuo já que é uma composição de variados arames agregados constituindo variados enrolamentos exteriores do cabo. Adicionalmente à resistência já obtida pelos conjuntos de arames exteriores, temos ainda a

presença de uma alma com a direção de enrolamento oposta à existente nos enrolamentos exteriores. Isto previne o desenrolamento do cabo, aumentando de forma considerável a resistência à tração de todo o conjunto.

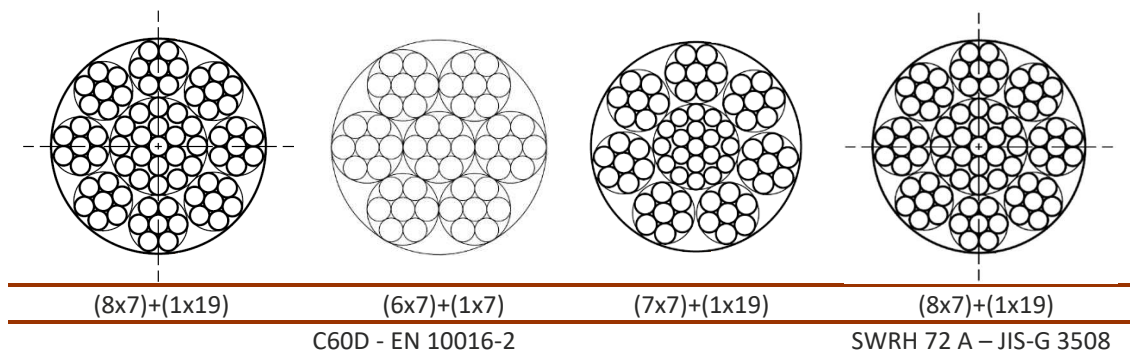


Figura 122 – Diferentes tipos de cabos utilizados nas LMEJ e respetiva composição e material de fabrico

Concluindo este tópico, temos que todo o estudo da interação que a LCC tem com este componente terá de ter em consideração este meio descontínuo, o que se traduz em dois fatores:

- Redução da área inicial de contacto;
- Desenrolamento durante o corte.

O primeiro é facilmente exemplificado através do estudo do contacto inicial, onde a área de contacto é extremamente reduzida, fazendo com que a pressão nesses pontos aumente em grande escala comparativamente com um meio contínuo (meio totalmente circular, ou seja, coincidente com a aresta da LCC e CLCC). Leva também à necessidade de um certo esmagamento do cabo, por forma a conseguir abraçar o material o suficiente, para que o corte possa ser efetuado.

Por fim temos o desenrolamento do cabo durante o processo de corte. Isto ocorre já que a resistência do cabo não advém somente do material, mas também das propriedades do próprio cabo. Como tal devido ao movimento de solitação imposto ao cabo, este reage, quebrando a proximidade dos enrolamentos exteriores, alma e respetivos arames, permitindo o ligeiro desenrolamento do mesmo antes da fratura

Lubrificação

O operador é o colaborador responsável pela lubrificação da zona de corte do DCC. Esta tarefa é muitas vezes esquecida, por muito que se encontre contida no plano de manutenção de primeiro nível destas linhas de montagem. Mas, mesmo estando descrito neste plano a frequência da tarefa, não coincide com a necessidade. Esta falha também advém do facto da importância da tarefa não ter sido relevada o suficiente perante todos os colaboradores envolvidos.

Lixo no Rasgo da LCC

Após um certo tempo de trabalho, o rasgo da aresta de corte da LCC apresenta sempre uma acumulação de uma pasta de composição desconhecida. Este fator está representado na Figura 123 e, pela sua localização, é possível afirmar que esta “pasta” é proveniente dos produtos do corte. A inclinação admitida ao rasgo, tem como intuito a remoção dos produtos de corte da zona de trabalho, não interferindo com o processo. No entanto, se esta zona não permanecer limpa, ou seja, existir uma grande quantidade desta “pasta” então torna-se uma variável a analisar já que a sua interação é intrínseca ao processo às condições de trabalho.



Figura 123 - Lixo acumulado no rasgo da aresta de corte de uma LCC

Desperdício de Material

Este tópico é relativo à sobre utilização da matéria prima nestas linhas de montagem, o que, neste caso, são as bobinas de cabo. O comprimento da ponta do cabo que pode ser observado na Figura 124-A é a variável em estudo, sendo o comprimento excessivo da apara da Figura 124-B o problema a solucionar.

Este comprimento é definido aquando da afinação do sistema de corte elétrico, sendo regulado através da aproximação ou afastamento dos eletrodos da zona de admissão do cabo, tarefa a qual deverá ser executada antes de cada *setup*, tendo sempre impacto direto no tamanho da apara, produto do corte.

Por forma a destacar o impacto deste tópico, foram efetuados cálculos que permitissem prever a quantidade de cabo desperdiçado. Para tal, foram estabelecidos determinados pontos:

- Comprimento mínimo da ponta de 10 mm;
- Comprimento da ponta do terminal após o corte de 2 mm;
- Comprimento máximo de 25 mm (comprimento máximo encontrado ao longo do acompanhamento de intervenções);
- Dias de trabalho para o ano de 2019 foi de 303 dias;
- Cada bobina contém 12.000 m de cabo.

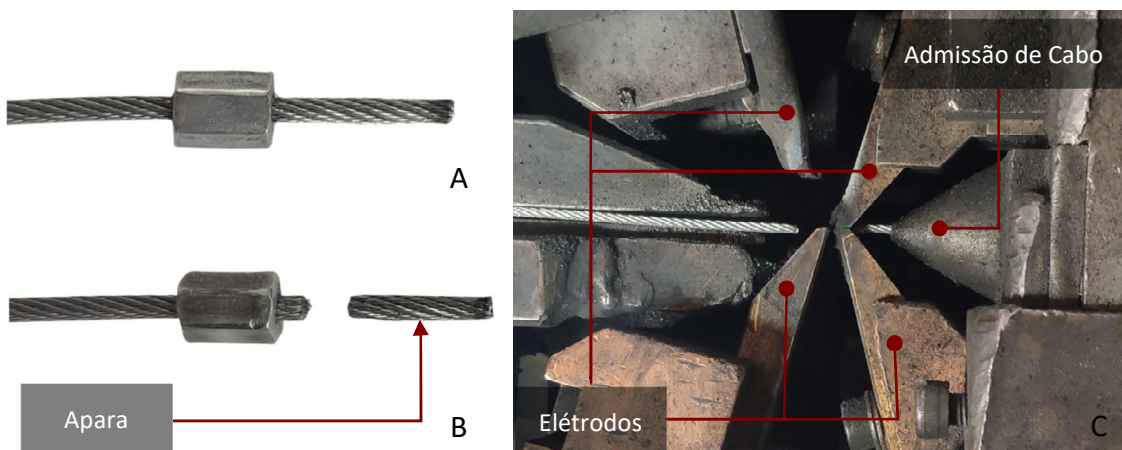


Figura 124 - Cota de saída (A), apara resultante (B) e corte elétrico das LMEJ

Com o número de DCC que cada LMEJ possui, em concordância com o número médio de conjuntos que produz por dia e a quantidade de dias de trabalho por ano, foi possível atingir o objetivo delineado, como demonstrado na Fórmula 1.

Desperdício Anual de Cabo por Máquina

$$= (\text{Produção Média/Dia}) * (\text{Número de DCC}) * (\text{Comprimento Desperdiçado por Corte}) * (\text{Número de Dias de Trabalho}) \quad (\text{Fórmula 1})$$

Concluindo, se o problema for solucionado, então é estimado que a empresa poupe mais de 13.000 m de cabo de aço somente através do controlo do desperdício.

Estado Não Conforme da Zona de Trabalho

Por último, temos o estado geral de não conformidade da zona de trabalho. Este deriva do oposto da causa do tópico anterior, ou seja, num comprimento reduzido da cota de saída do corte elétrico. Quanto menor for a sua dimensão, maior é a probabilidade de se conseguir manter inteira, desagregando-se e libertando os arames pela qual é constituída. Estes poderão:

- Alojarem-se na zona de corte;
- Entrar em contacto com outros dispositivos;
- Ficar presos no produto final.

A presença destes arames junto à zona de corte advém do facto de não ser possível manter a aparas inteira após o processo de corte. Os arames resultantes, após se desagregarem, não estão aptos a atingir o Coletor de Aparas (Figura 128).

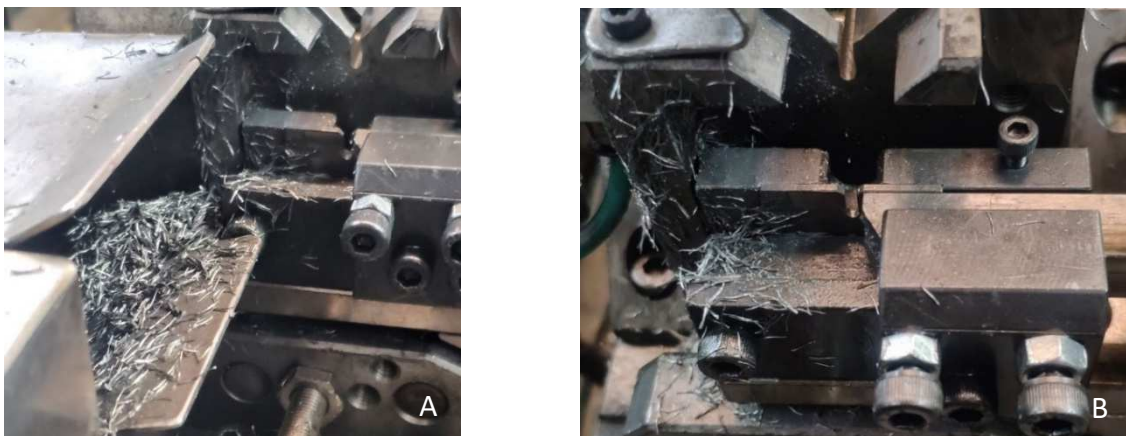


Figura 125 - Aparas desfeitas à entrada do Coletor de Aparas (A) e na zona de corte (B)

Para além da zona de corte, temos que estas aparas também se alojam nas calhas (Figura 126-A) utilizadas durante o *setup*, responsáveis pela movimentação de todos os dispositivos consoante a referência a ser fabricada. Isto também ocorre para os elementos rotativos, tais como os transportadores entre as estações, ou acionadores pneumáticos (Figura 126-B).

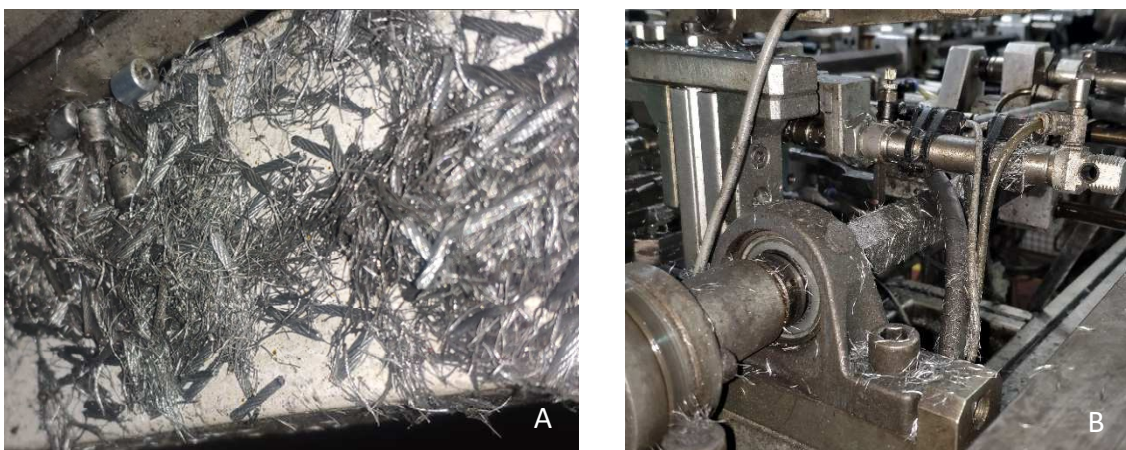


Figura 126 - Concentração de aparas em calhas (A) e em elementos rotativos e acionadores pneumáticos (B)

Em prol de uma melhor compreensão das consequências que o estado destes componentes pode acarretar em termos de produto final, foi efetuada uma reunião com variados elementos do Departamento de Qualidade. Nesta, foram analisadas variadas reclamações que tinham como origem este mesmo problema. Na Figura 127 podem ser encontradas as imagens fornecidas pelo cliente, relativamente a defeitos encontrados relacionados com este ponto. A Figura 127-A apresenta uma grande concentração de aparas desfeitas entre a mola e o terminal de plástico. Já a Figura 127-B é representativa de um arame, proveniente de uma avara desfeita, que segundo o cliente quando este foi ensaiado, estaria a efetuar um ruído fora do normal, podendo impor-se ao correto movimento.

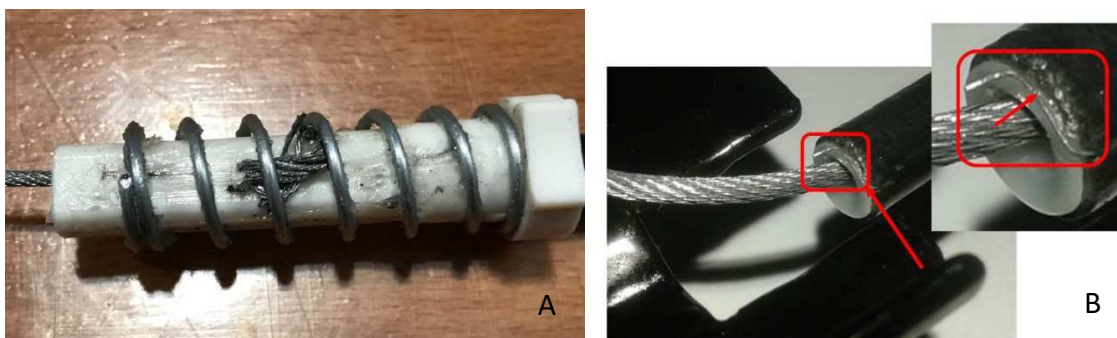


Figura 127 - Reclamações relativas ao estado não conforme da zona de trabalho

A resolução deste problema também tem como vantagem a melhoria de toda a zona de trabalho. Como pode ser observado pela Figura 56, as LMEJ não apresentam o melhor acesso aos seus dispositivos. Logo, em adição à falta de acessibilidade, devido à grande concentração de arames por toda a linha de montagem, tanto o operador como o afinador tinham grandes dificuldades de acesso aquando da necessidade de intervenção.

Concluindo este capítulo, encontra-se exposto na Tabela 63 o resumo de todos os problemas técnicos apresentados e estudados ao longo do mesmo.

Tabela 63 - Tabela resumo dos problemas técnicos encontrados para o DCC

Problema	Consequência
Falha Precoce	Excessivo número de requisições para esta peça de desgaste.
Aproveitamento Reduzido da LCC	O DCC apresenta falta de adaptabilidade ao desgaste longitudinal e transversal apresentado pela LCC.
Material a Cortar	Corte de um meio descontínuo com um cabo, traduz-se em elevado desgaste.
Lubrificação	A regularidade da lubrificação da zona de corte é não cumprida, ou mesmo não efetuada.
Desperdício de Material	Se durante o <i>setup</i> o afinador definir a cota de saída do corte elétrico para uma dimensão demasiado grande, então existirá uma utilização extraordinária da bobina de cabo.
Estado Não Conforme da Zona de Corte	Se o produto do corte for demasiado pequeno, então a zona de corte e circundante apresenta pequenos arames, resultado do desenrolamento da mesma.

4.2.1.2 Análise, Caracterização do Desgaste e Condições de Trabalho para a LCC e CLCC

Com o objetivo de caracterizar o desgaste apresentado pela LCC, foram projetados uma série de testes que permitissem a obtenção da resposta ao porquê deste componente apresentar um desgaste precoce e extremamente elevado. Visando este objetivo, foram então estudados os seguintes tópicos:

- Comparação MTBF de LCC retificada vs. nova;
- Validação da dureza;

- Observação preliminar do desgaste da LCC e CLCC;
- Nucleação e Propagação do Desgaste;
- Estudo da alteração de propriedades da zona de corte;
- Interação de Produtos de Corte com a Aresta de Corte;
- Consequências do corte de cabo;
- Validação do processo de retificação.

Comparação MTBF de LCC Retificadas vs. LCC Novas

Primeiramente, foi desenvolvido um teste nas linhas de montagem em estudo. Pretende-se estabelecer qual o MTBF obtido através da utilização de LCC novas, ou seja, com a aresta de corte obtida através de eletroerosão a fio. Este teste foi de extrema importância, já que a partir do software não era possível determinar se a LCC em utilização era nova ou já retificada. Isto irá permitir não só validar o processo de retificação interna já estabelecido bem como funcionar como método de comparação com os valores previamente estabelecidos.

Por forma a dar início a este tópico, foi efetuado o levantamento dos dados relativos às requisições através do software de apoio à manutenção, sendo estas posteriormente expostas e analisadas num diagrama de Pareto, o qual se encontra representado na Figura 128.

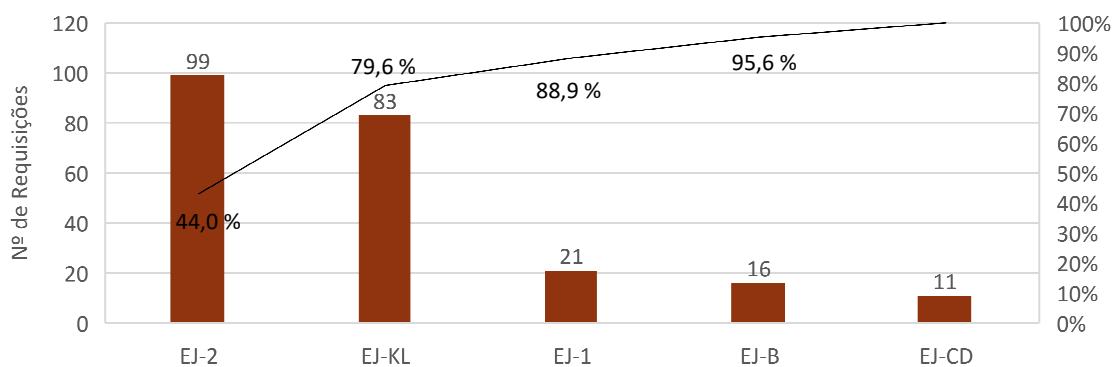


Figura 128 - Diagrama de Pareto das requisições em armazém de LCC em função do equipamento em utilização

A partir deste ponto, e por forma a criar condições para uma análise crítica bem fundamentada, somente se irá incidir sobre a EJ-KL e EJ-2. Esta escolha prende-se com:

- Mesmo número de dispositivos de corte;
- Representam aproximadamente 79 % de todas as requisições de lâminas (EJ-KL com 36 % e a EJ-2 com 43 %);
- Cadências de produção semelhantes e elevadas, compondo cerca de 50 % de toda a produção nas linhas de montagem de elevadores de janela.

Esta decisão garante número de cortes aproximado distribuídos por dois mecanismos de corte distintos sob cadências de produção semelhantes, remetendo a um consumo de lâminas semelhante.

Com o levantamento dos dias de produção e consolidação com os dias das requisições em armazém, foi possível calcular o MTBF para as LCC. O resultado da análise é como descrito na Tabela 64, em que se consegue concluir que a EJ-2, para além de apresentar mais 7 % em cadências de produção, conta com mais 8 % de tempo de trabalho e uma redução de MTBF de 8% relativamente à EJ-KL.

Tabela 64 - MTBF para as LCC de janeiro a setembro de 2019

Equipamento	Dias de Trabalho [dias]	Número de LCC	MTBF [dias]
EJ-KL	159	83	1,92
EJ-2	173	99	1,74

Relativamente a estes resultados, é de relevar certos aspetos:

- Para o cálculo do MTBF, só foram tidos em consideração os dias de produção;
- A hora a que a intervenção foi iniciada não é conhecida, pelo que o MTBF se encontra calculado em dias;
- Não foi tomada em consideração a cadência de produção para o dia em que existiu a falha no equipamento.

Seguidamente, encontram-se na Tabela 65 os resultados do teste com a utilização de LCC novas para o período de 11 de outubro a 22 de novembro. De notar que este seguiu os mesmos parâmetros estipulados para o cálculo do MTBF anteriormente efetuado.

Tabela 65 - MTBF para a utilização de LCC novas de 11 de outubro a 22 de novembro de 2019

Equipamento	Dias de Trabalho [dias]	Número de LCC	MTBF [dias]
EJ-KL	36	23	1,57
EJ-2	34		1,48

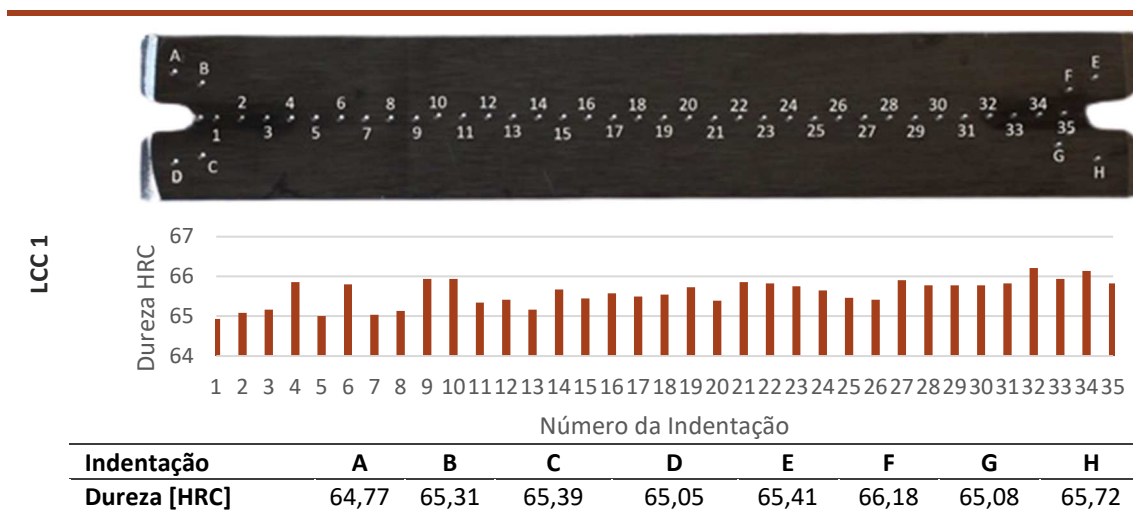
Dentro do intervalo de teste definido, e para uma utilização de LCC novas temos um aumento de requisições deste componente por muito que a sua condição seja a “ideal”. Deste modo podemos então validar o processo de retificação bem como afirmar que o processo de corte por eletroerosão a fio não apresenta qualquer tipo de vantagens relativamente ao aumento do tempo de trabalho da peça de desgaste.

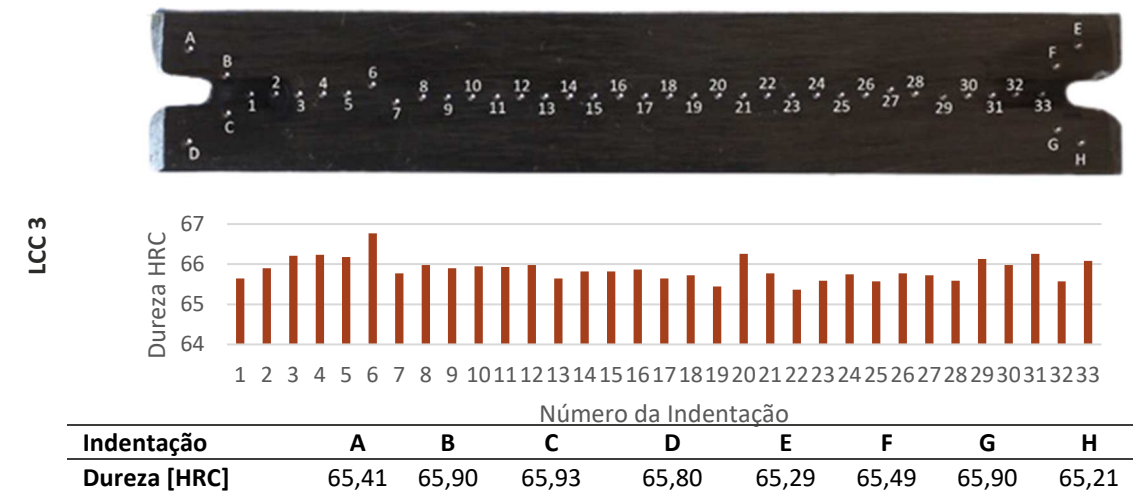
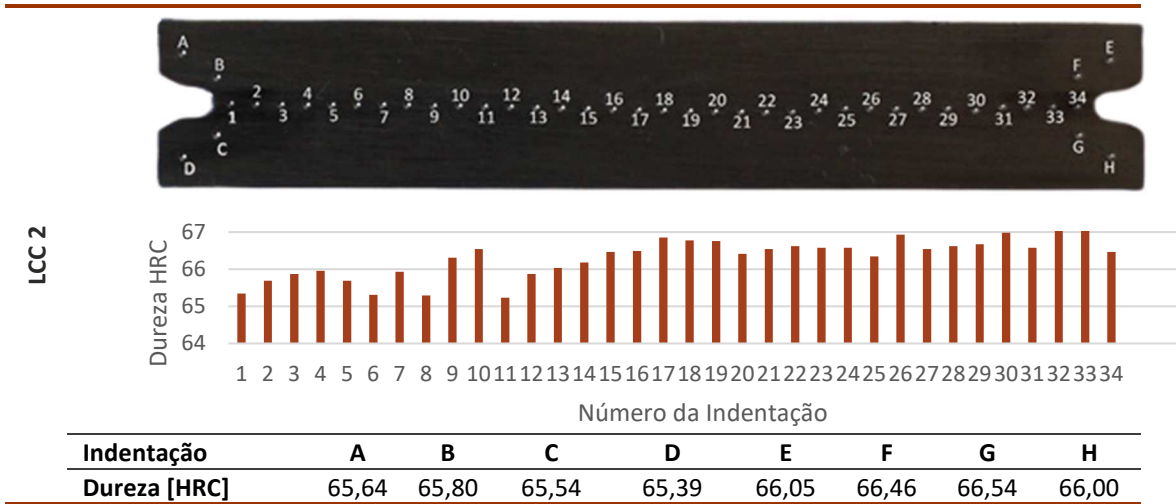
Verificação da Dureza

Primeiramente, e com o intuito de averiguar se a dureza do componente está de acordo com o estipulado pelos parâmetros de fabrico, foram efetuados ensaios de dureza a três LCC (Tabela 66) e CLCC (Tabela 67). Os equipamentos e as normas utilizadas são as mesmas do ensaio efetuado ao BIZ. No entanto, estas amostras foram ainda submetidas a um banho de limpeza por ultrassons durante quinze minutos.

A medição da dureza nas LCC será realizada ao longo de todo o corpo da lâmina, assim como na zona circundante do corte, ou seja, em ambas as zonas de desgaste. As indentações longitudinais ao corpo serão analisadas com o auxílio de um perfil de durezas. Para ambas as zonas de corte da lâmina, não serão desenvolvidos perfis de dureza, já que a natureza do estudo é puramente comparativa, sendo que somente se pretendia validar os valores de dureza. Deve ser lembrado que a dureza deverá rondar os 65 HRC.

Tabela 66 - Referência alfanumérica das indentações e respetivos valores de dureza para as LCC





Para as CLCC, a dureza foi testada na zona crítica de solicitação contendo cada amostra quatro indentações entre os rasgos das arestas de corte. Então, na Tabela 67 encontram-se os valores de dureza por indentação, para os objetos de teste definidos. É de referir que esta redução de dureza apresentada, segundo o intervalo esperado, advém da sua dimensão reduzida, já que este componente somente apresenta 1 mm de espessura.

Tabela 67 - Resultados do ensaio de dureza às CLCC e respetiva referência numérica das indentações

Indentação		1	2	3	4
Dureza [HRC]	CLCC 1	58,65	60,52	60,93	61,01
	CLCC 2	58,49	60,95	61,49	60,95
	CLCC 3	60,42	61,75	61,39	61,11

Após todos estes ensaios de dureza aos componentes responsáveis pelo corte de cabo, pode então concluir-se, relativamente a esta variável, que ambos se encontram dentro dos parâmetros estipulados.

Observação Preliminar ao Desgaste da LCC e CLCC

Neste subcapítulo, é pretendida a caracterização total do desgaste através da observação microscópica das falhas apresentadas, à semelhança do efetuado para o Capítulo 4.1.2.3. Isto envolve tanto o estudo da LCC, como da CLCC. Para tal, foram recolhidas três amostras aleatórias de cada componente. As amostras utilizadas são as mesmas dos ensaios de dureza do tópico anterior sendo que somente serão demonstradas as arestas de corte com maior relevância para a análise. Com este estudo, é pretendida a observação e exposição da maior variedade de tipologias de desgaste, para que se possa delinear e descrever o processo de desgaste o mais detalhadamente possível.

A modificação da geometria da aresta de corte que pode ser observada na Figura 129, é produto da sollicitação indiretamente imposta pela LCC através do cabo. Esta sollicitação por compressão, concentrada e cíclica, cria elevadas tensões de corte na aresta funcional do componente. Funciona assim como o principal fator impulsionador do desgaste por fadiga de contacto, que se caracteriza por mudanças geométricas permanentes (deformação plástica), localizadas e progressivas. No entanto, a fadiga de contacto não é o único fator a ter em consideração para esta caracterização.

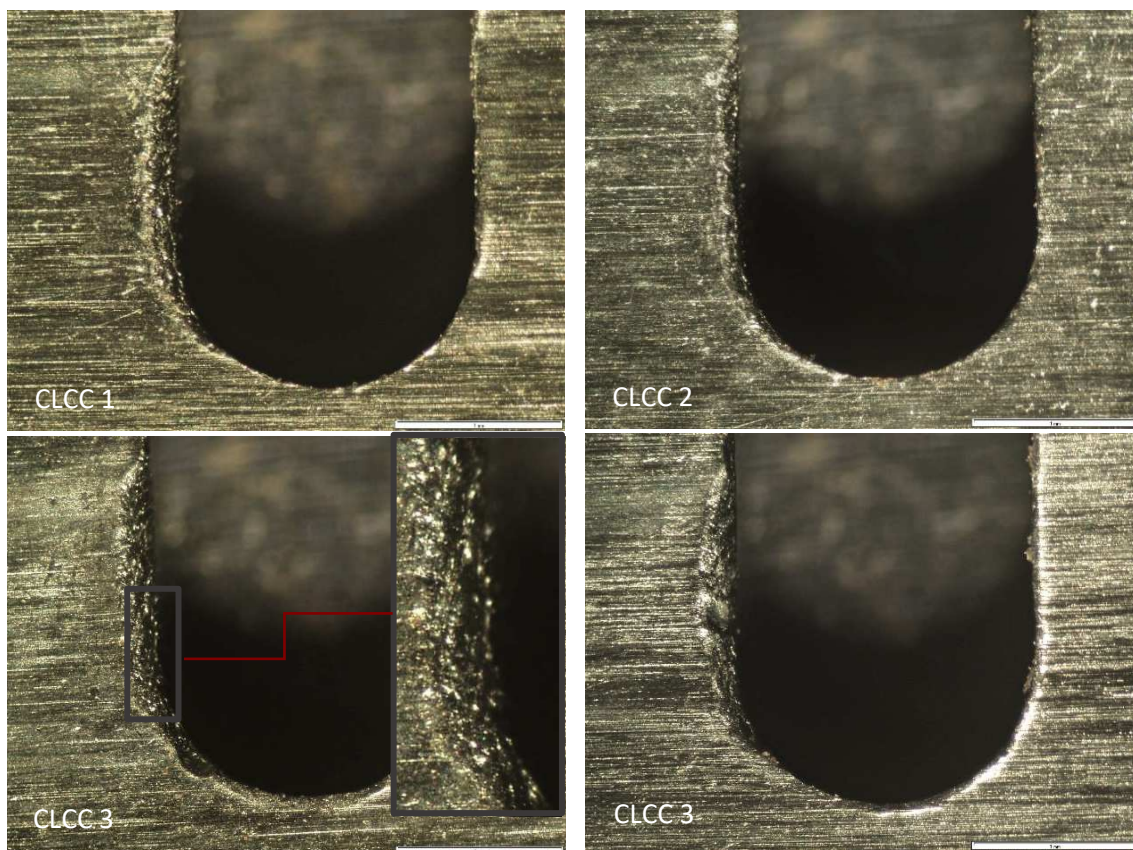


Figura 129 - Observação preliminar ao desgaste da aresta de corte da CLCC

Proveniente do processo de fabrico, as superfícies metálicas apresentam ainda rugosidades tais como riscos ou indentações. Estas pequenas rugosidades, em conjunto com a sollicitação de compressão necessária para efetuar o corte, criam condições ótimas para o desgaste por abrasão de ambos os componentes, sendo que a dureza do cabo não é suficiente para causar desgaste do material da CLCC, então é a própria LCC que o provoca, já que, como comprovado no tópico anterior, existe uma diferença de aproximadamente 5 HRC entre as suas durezas.

Este fenómeno de abrasão ocorre imediatamente após o corte. A LCC sollicita a sua contraparte criando grandes concentrações de pressão na zona de desgaste, após o cabo ser libertado. As

partículas de desgaste, produto da fadiga de contacto, podem causar abrasão a três corpos e, devido à grande concentração de tensões, podem mesmo gerar fissuração.

A CLCC apresenta também elevado desgaste, resultante de rebarbas existentes da furação efetuada nas mesmas para efeitos de apoio. O desgaste que é observado na Figura 130 é caracterizado pelo prolongamento das crateras a tomarem a direção do movimento efetuado pela LCC (Figura 130-A). Através desta interação, pequenas partículas produto das rebarbas deixadas pelo processo de fabrico desta furação são removidas (Figura 130-B). Após análise e remetendo às condições deste contacto, o comportamento apresentado é semelhante ao que poderá ocorrer nas LCC de corte, após contacto com a zona de trabalho da CLCC. Estas partículas funcionam então como terceiro corpo deste fenómeno caracterizado por abrasão a três corpos.

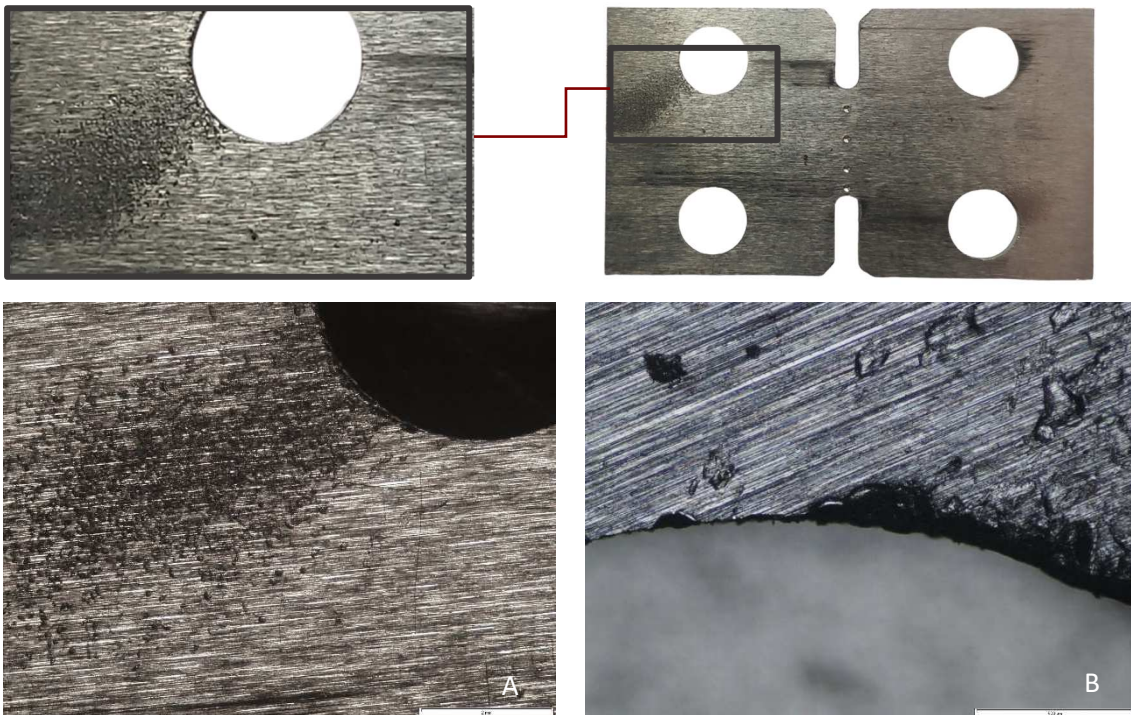


Figura 130 - Desgaste apresentado pela CLCC 1 devido a rebarbas existentes na furação utilizada para o seu suporte

Concluindo, o desgaste representado é correspondente ao comportamento da LCC com a sua contraparte. Este desgaste é então derivado de um desgaste por fadiga de contacto indiretamente imposto pelo cabo, desgaste por abrasão devido ao contacto com a CLCC e ambos os lados do suporte (Figura 131), e desgaste por abrasão a três corpos devido à interação da LCC e CLCC com os produtos da solitação apresentados na Figura 130.

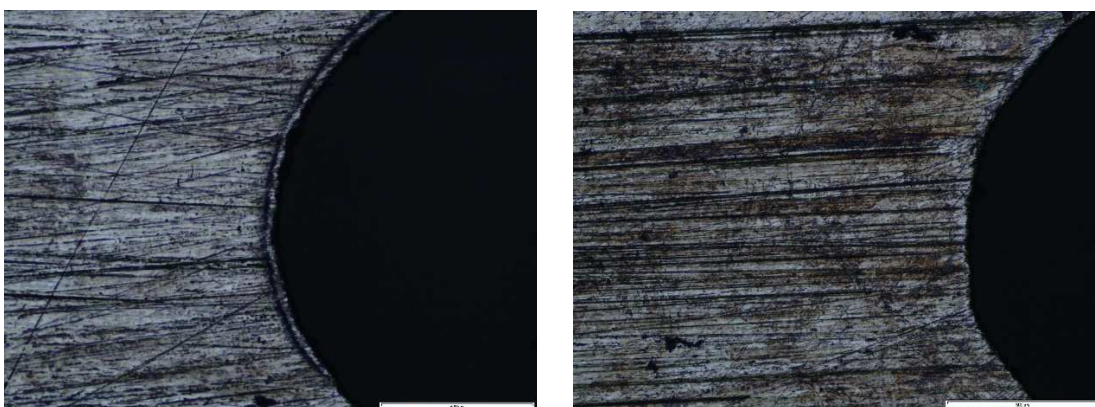


Figura 131 - Consequências do fenómeno de abrasão apresentado para as LCC

Seguidamente, temos a Figura 132, onde são expostas as arestas de corte das três amostras em utilização. A grande distinção a ser efetuada entre a LCC e a CLCC é que, como a primeira é responsável pela transmissão de todo o movimento, o seu contacto com o cabo é mais prolongado e, como tal, apresenta mais consequências desta interação. Isto é facilmente comprovado através da Figura 132-LCC 1 e Figura 132-LCC 2, onde é notória a deformação plástica proveniente do esmagamento e deslizamento do cabo ao longo da aresta durante o processo de corte. O desgaste apresentado na Figura 132-LCC 2 representa o extremo da sobre utilização tornando retificações a este tipo de conformação fora de norma. Este comportamento só é desenvolvido após um certo nível de desgaste da aresta de corte, ou seja, após esta começar a apresentar um certo nível de deformação plástica, como representado na Figura 132-LCC 3.

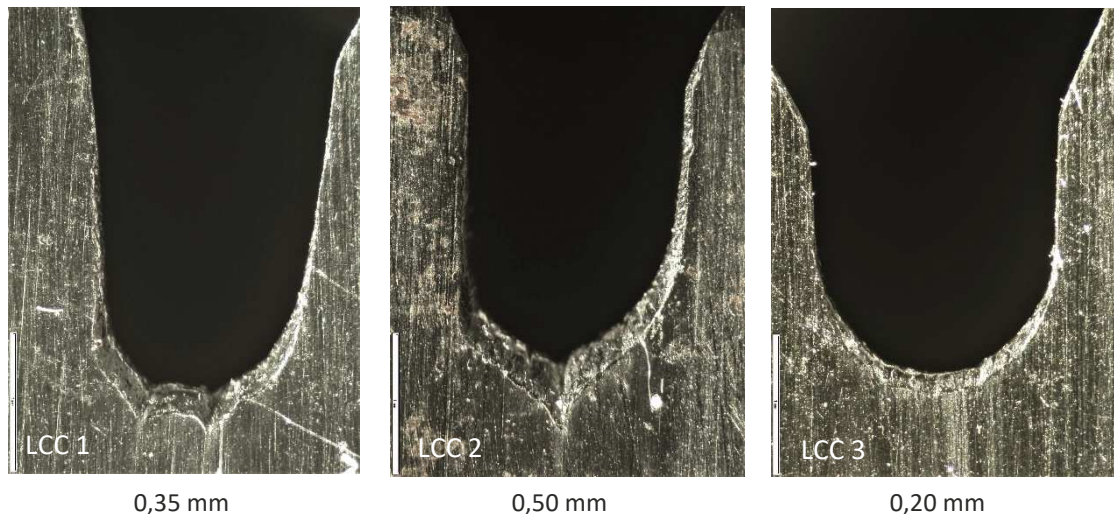


Figura 132 - Observação preliminar ao desgaste da aresta de corte da LCC e respetiva profundidade de desgaste

O tipo de propagação do desgaste representado pela Figura 132-LCC1 (0,35 mm) e Figura 132-LCC2 (0,50 mm) tem consequências devastadoras no que respeita ao processo de retificação. Comparativamente à Figura 132-LCC3 (0,20 mm), terá de se efetuar um aumento da profundidade de desgaste, por forma a eliminar quaisquer vestígios de deformação plástica.

Nucleação e Propagação do Desgaste

Visando a caracterização da nucleação e propagação de fissuras, foram reunidas quatro LCC e uma CLCC, apresentando níveis distintos de desgaste como representado na Figura 133.

Estas foram então estudadas através de uma análise SEM e complementada, sempre que necessário, com uma análise EDS à semelhança do executado para o Capítulo 4.1.2.3.

Primeiramente, procedeu-se à avaliação da microestrutura do aço, por forma a esta ser caracterizada, bem como estabelecidos, através do estudo de uma LCC nova, parâmetros de controlo para análises posteriores.

A partir da observação da amostra LCC 6 (Figura 134-A), foram retiradas as informações pretendidas relativamente à matriz deste material. Este material é composto por uma matriz heterogénea (Figura 134-B) de base macia e introdução pontual de partículas duras. A base macia é composta pelo ferro, carbono, silício, manganês, crómio, vanádio e cobalto (Figura 134-Zona 1), sendo as partículas duras (branco) constituídas por molibdénio (Figura 134-Zona 2).

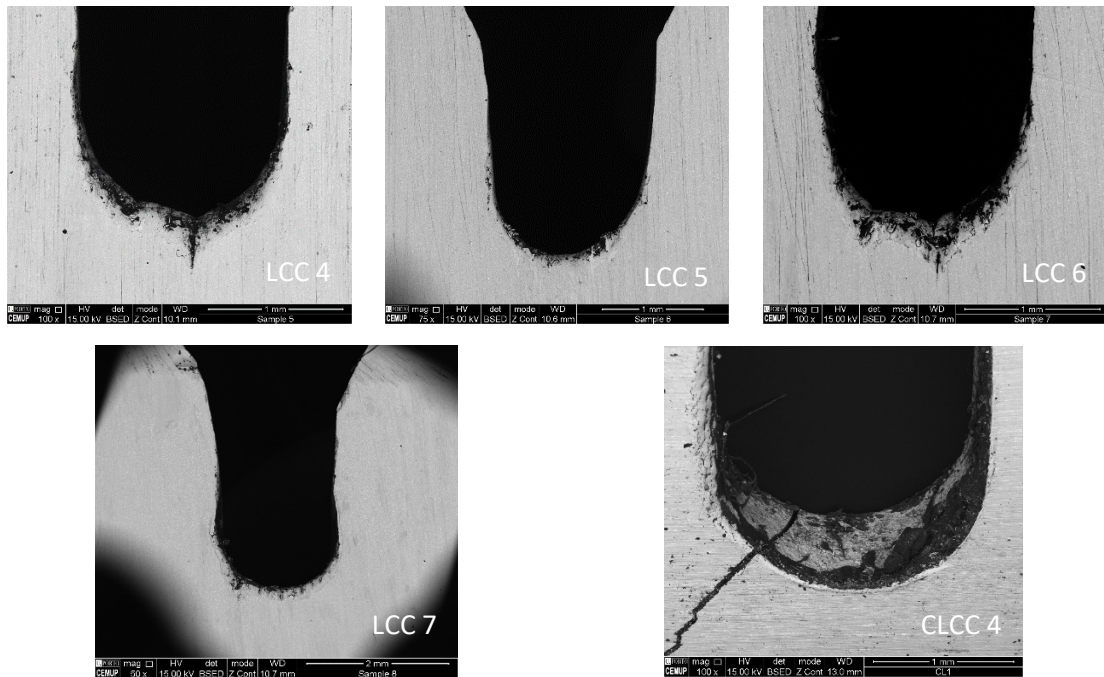


Figura 133 - Amostras em análise SEM para o estudo da nucleação e propagação da fissura

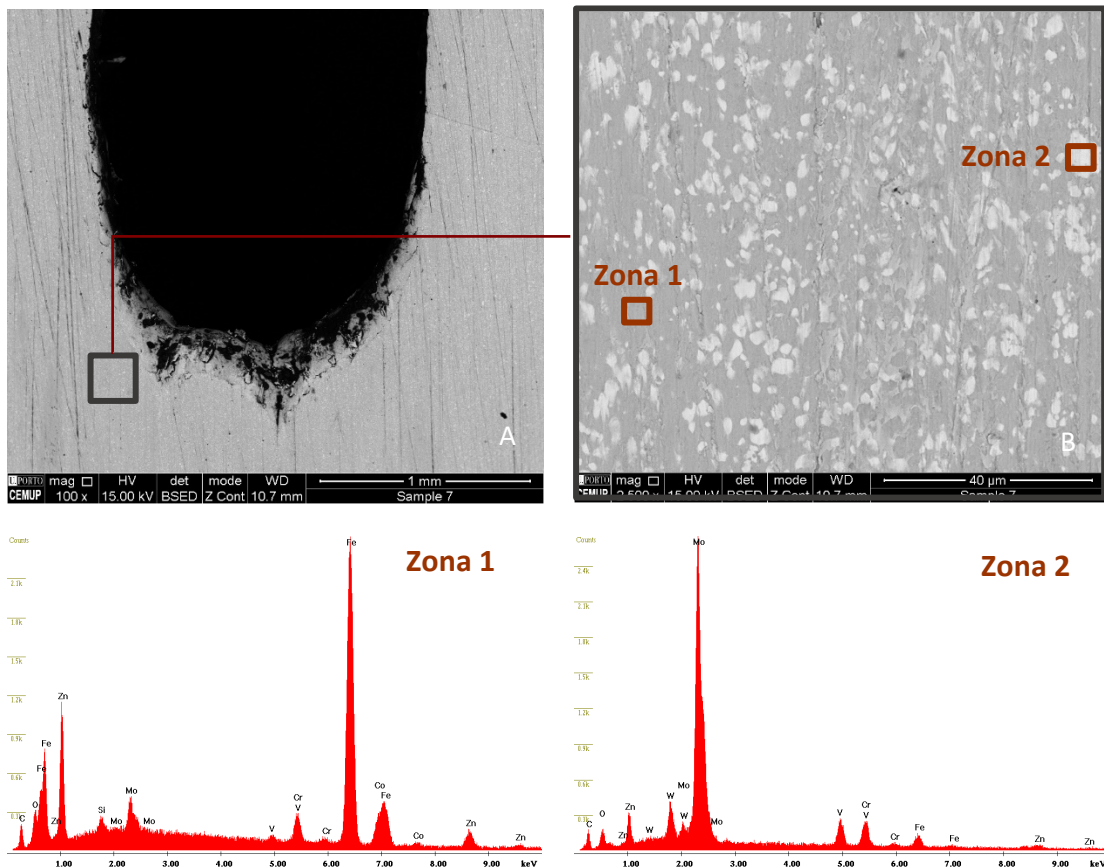


Figura 134 - Análise SEM e EDS da amostra LCC 6

Seguidamente, neste tópico temos a nucleação da fissura. Para tal, foi efetuada a observação de múltiplas arestas de corte com o intuito de caracterizar este mesmo fenómeno. Deste modo, toda a zona de trabalho da LCC 6 foi estuda a pormenor (Figura 135). A solução foi obtida quase que de forma imediata já que toda a fissura era desenvolvida sempre a partir das partículas

duas, quando estas são solicitadas. Este comportamento pode ser observado na Figura 135, onde estão representadas a LCC 6 (Figura 135 – A,B e C) e a CLCC 4 (Figura 135 – D, E, F, G e H). A fratura encontrada na Figura 135-A, e em pormenor nas duas imagens posteriores (Figura 135-B e C), teve a sua iniciação nas partículas duras. Do mesmo modo após a análise da aresta de corte da CLCC 4, a mesma conclusão foi retirada, como pode ser evidenciado na Figura 135-F, Figura 135-G e Figura 135-H.

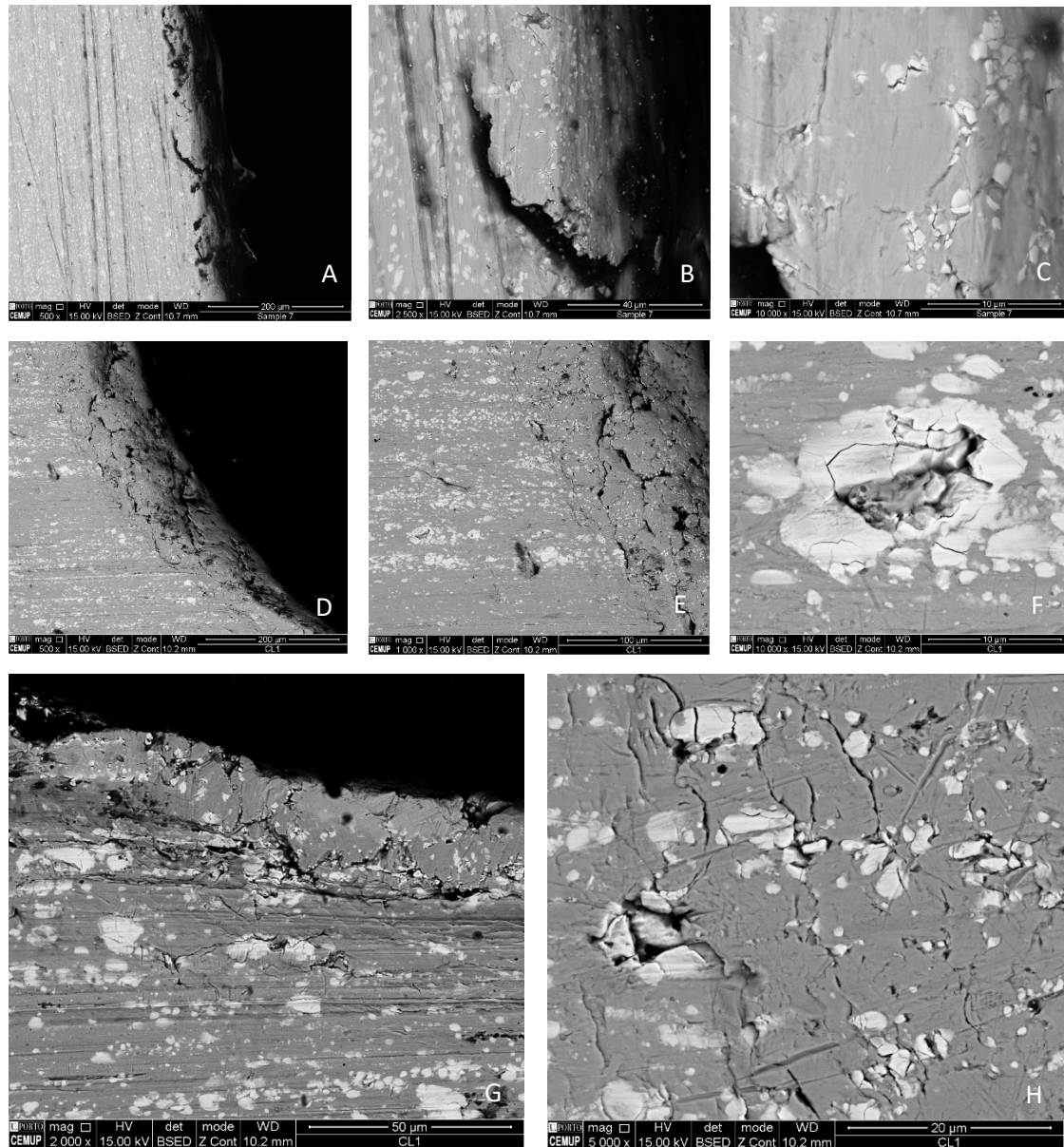


Figura 135 - Estudo da nucleação da fissura para as amostras LCC 6 (A, B e C) e CLCC 4 (D, E, F, G e H)

Posteriormente, focando na propagação do desgaste foi novamente evidenciada a elevada deformação plástica proveniente das solicitações de compressão cíclicas. É pretendida a descrição total deste fenómeno, ou seja, o que faz com que este material de elevada dureza e resistência mecânica apresente este comportamento. Na Figura 136-A, a distinção entre a zona conformada plasticamente e a matriz original é facilmente demonstrada. Focalizando ainda mais a zona da Figura 136-B, temos a Figura 136-C e Figura 136-D, onde é evidenciada a reorganização da microestrutura através da alteração da direção e do limite da zona de deformação plástica. A capacidade de um material se deformar permanentemente está relacionada com os planos atómicos de escorregamento e a disponibilidade para as discordâncias se movimentarem. Estas

discordâncias só conseguem permanecer estáticas se, e só se, entrarem em contacto com a superfície do material, limites de grão ou um defeito ou precipitado.

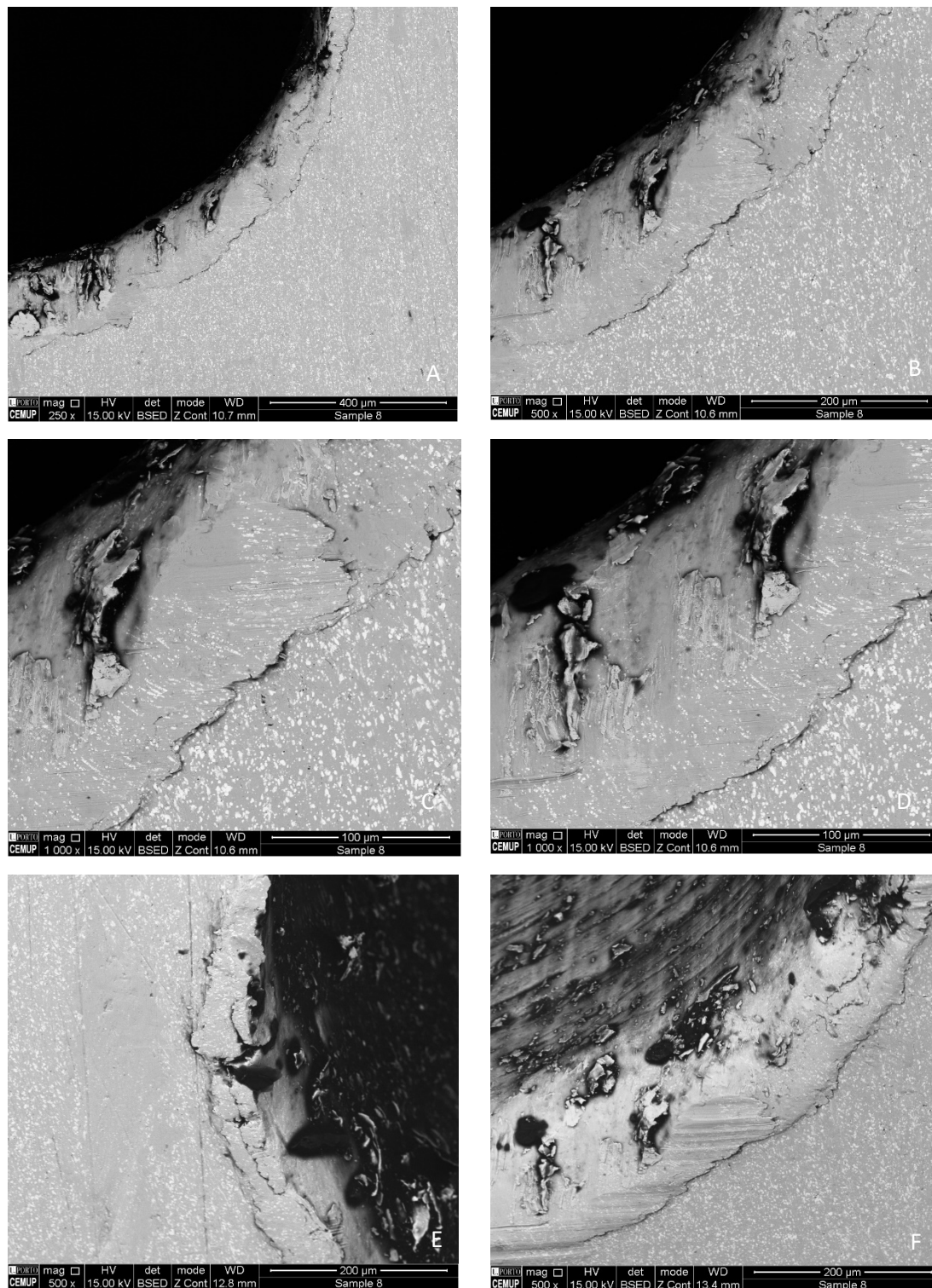


Figura 136 - Fenómenos de propagação de desgaste para a LCC 7

O encruamento é um mecanismo de endurecimento a frio que, através de uma solicitação, modifica a estrutura cristalina, aumentando o limite elástico do material por deformação plástica (aumenta o número de discordâncias) realizada abaixo da temperatura de recristalização. De uma forma geral, estes mecanismos são utilizados, já que provocam um aumento da resistência mecânica do material através da criação de obstáculos às

movimentações das discordâncias. Em suma, o encruamento aumenta a resistência à deformação plástica, traduzindo-se na necessidade de uma maior intensidade da sollicitação para iniciar o deslocamento destas discordâncias.

Com todas as variáveis até agora expostas é possível definir que o fenómeno de desgaste apresentado por estes componentes resulta então de um excesso de encruamento devido a sollicitações à compressão cíclicas. Este provoca uma reação negativa às propriedades do material, já que a cada corte efetuado as deslocações admissíveis para as discordâncias ficam cada vez mais restritas. A um certo nível de impedimento de movimentação, estas não aguentando a sollicitação, fraturam.

Para além disso após a deformação plástica do material, a aresta de corte irá sobrepor-se à face de contacto com a CLCC (Figura 136-F), apresentando alguns micrómetros de espessura. Devido a esta saliência em relação à face, para além da fragilização por encruamento já caracterizada, temos um aumento da pressão de sollicitação devido à redução da área de contacto, o que impulsiona ainda mais o desgaste não só desta, mas também da sua contraparte. Este comportamento é cíclico, sendo que quanto mais desgaste a aresta de corte apresentar, mais rápida será a sua propagação.

É ainda de referir que ao longo do Capítulo 4.2.1.1, um dos grandes problemas evidenciado foi a falta de lubrificação da zona de corte. Isto aumenta a temperatura da zona em questão, o que impulsiona ainda mais as alterações à aresta de corte já descritas.

Estudo de Alteração de Propriedades da Zona de Corte

Este tópico tem como principal objetivo a verificação de mudanças estruturais na área envolvente à aresta de corte. É pretendido estabelecer se estas alterações somente ocorrem para a aresta de corte, não apresentando consequências na área envolvente. Esta necessidade prende-se então com a validação do estado desta área envolvente, estabelecendo a condição de conformidade da mesma, por forma a que este fenómeno não interferira no estado da aresta de corte obtida após as retificações. Foi então efetuado o corte da amostra LCC 8, apresentando 0,4 mm de profundidade de desgaste, através eletroerosão a fio, a mais de meia espessura (para que após a lixagem e polimento, esteja representado o meio da LCC), de modo a que possa ser efetuado o estudo do interior da mesma. Após este corte, foi ainda dividida a meio, por forma a simplificar todo o processo de preparação e posterior análise.

Este estudo iniciou-se pela preparação da amostra para ataque químico à superfície, e respetiva observação e análise de variados pontos ao longo da mesma. Os equipamentos utilizados para a lixagem e o polimento da amostra são os mesmo do processo efetuado para o BIZ no Capítulo 4.1.2.3. A única diferença entre os dois processos prende-se com a utilização de lixas distintas. Para esta amostra, foi necessário eliminar os vestígios do corte por eletroerosão a fio (Figura 137-A), sendo utilizada primeiramente uma lixa P80 (150 rpm). Seguidamente, e rodando a amostra noventa graus foi utilizada a uma lixa P500 (300 rpm), finalizando-se com P1000 (300 rpm), e obtendo-se o resultado apresentado na Figura 137-B.

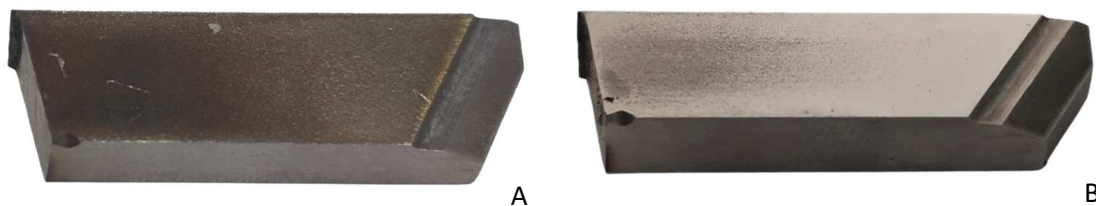


Figura 137 - Amostra LCC 8 após corte por eletroerosão a fio (A) e após processos de preparação para ataque químico à superfície (B)

Após a finalização dos processos de preparação, a superfície da LCC 8 foi atacada com Nital 4 %, estando a totalidade da sua composição caracterizada na Tabela 47, seguida da respetiva análise

microscópica. A Figura 138 apresenta a localização e caracteriza a respectiva microestrutura dos pontos testados ao longo do ensaio de metalografia. Para tal, três zonas distintas foram estudadas, sendo elas:

- Aresta de Corte (Figura 138-A);
- Material Base (Figura 138-C);
- Zona de Aproximação ao Corte (Figura 138-E).

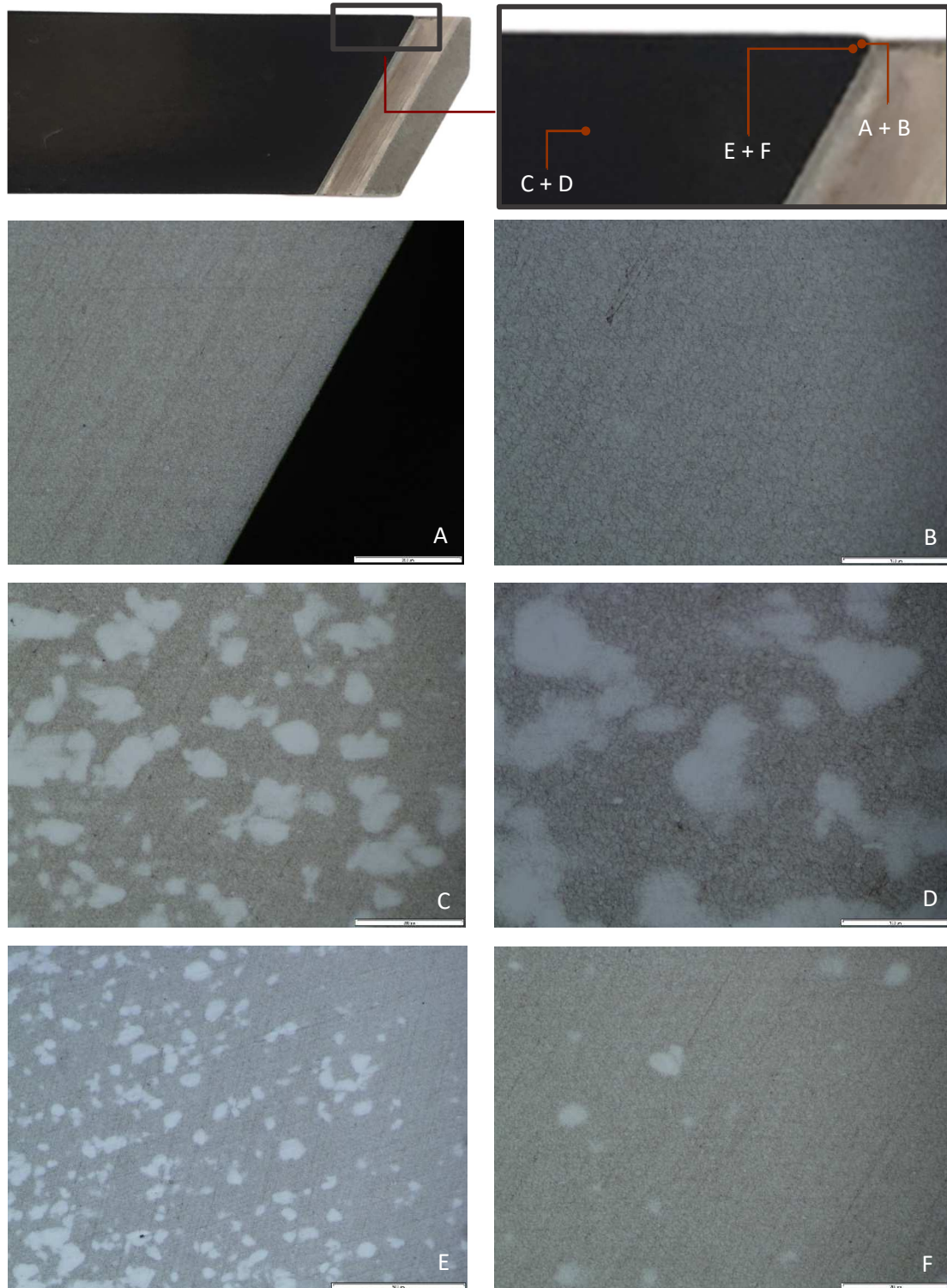


Figura 138 - Ensaio de metalografia a meia secção da LCC 8

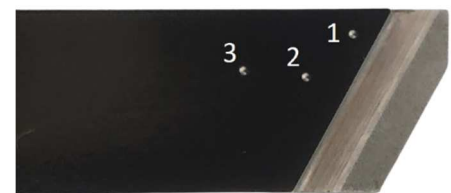
Relativamente ao ensaio de metalografia, é possível observar uma diferença estrutural entre as duas principais zonas, a zona da aresta de corte (Figura 138-B) e material base (Figura 138-D), nomeadamente o desaparecimento da parte dura. A localização da primeira (Figura 138-A+B) é imediatamente após o início da superfície e a zona caracterizada pela Figura 138-F encontra-se imediatamente após esta (Figura 138-E+F). Relativamente à localização desta transição, foi identificada a 0,5 mm da aresta de corte.

Deste modo, fica então definido que qualquer retificação a ser efetuada às LCC que apresentem elevada conformação plástica na sua aresta de corte (com a exceção dos casos equivalentes ao da Figura 132-LCC 2), deverá ter um mínimo de 0,5 mm de desbaste. Isto garante a eliminação das zonas afetadas pela tipologia do trabalho.

Finalizando, e por forma a complementar a recolha e caracterização de propriedades no interior da amostra, foi efetuado um ensaio de dureza. O equipamento, bem como as normas utilizadas, são as já descritas para os três ensaios de dureza já efetuados. O ensaio de dureza não teve a possibilidade de ser efetuado mais próximo da aresta de corte, pois segundo a norma, a indentação deverá estar situada a pelo menos 1 mm da extremidade da peça.

Recorrendo à Tabela 68, é então possível definir que não existiu uma redução de dureza significativa, já que os valores se encontram dentro do intervalo típico para um HSSCo10.

Tabela 68 - Resultados do ensaio de dureza a meia secção da LCC 8

	Indentação	Dureza [HRC]
	1	65,11
	2	65,16
	3	65,52

Interação de Produtos de Corte com a Aresta de Corte

Foram encontrados zinco e ferro provenientes do cabo na camada superficial da LCC (1 μ m). Estes elementos sofreram difusão com o material da LCC ao longo da aresta de corte. Para além de ser o primeiro contacto com o cabo, e não ter as propriedades para o efetuar, temos que esta sobreposição pode causar ainda mais desgaste transversal, traduzindo-se na falta de reaproveitamento da mesma. Este problema só poderá ser solucionado com lubrificação e limpeza da zona de corte, eliminando o desenvolvimento de condições para a difusão do ferro e zinco, bem como impedir que produtos de corte anteriores entrem em contacto com a aresta de corte.

Consequências do Corte de Cabo

Neste tópico, serão abordadas todas as consequências à condição de corte relativas ao corte do cabo, sendo destacados dois pontos:

- “Pasta” no rasgo da aresta de corte;
- Marcas na face de contacto com a CLCC.

Para o primeiro ponto, foi efetuada uma análise EDS por forma a se conseguir definir a composição desta “pasta”, e posteriormente a sua origem. Isto é essencial, já que esta variável poderá fazer com que este fator possa ser descartado como impulsionador do desgaste. A amostra utilizada para este estudo foi a LCC 6 (Figura 140-C), sendo que esta foi a única que não foi submetida a limpeza (ultrassons), por forma a ser possível o estudo desta variável. Para se conseguir uma melhor abordagem, o rasgo foi analisado através de uma ETD (*Electron-Transfer Dissociation*) (Figura 140-A) por forma a identificar, em máquina, a localização mais conveniente

para a análise EDS (Figura 140-B). Posteriormente, foi efetuada a observação e estudo da composição, através do gráfico fornecido pela análise EDS (Figura 140-D).

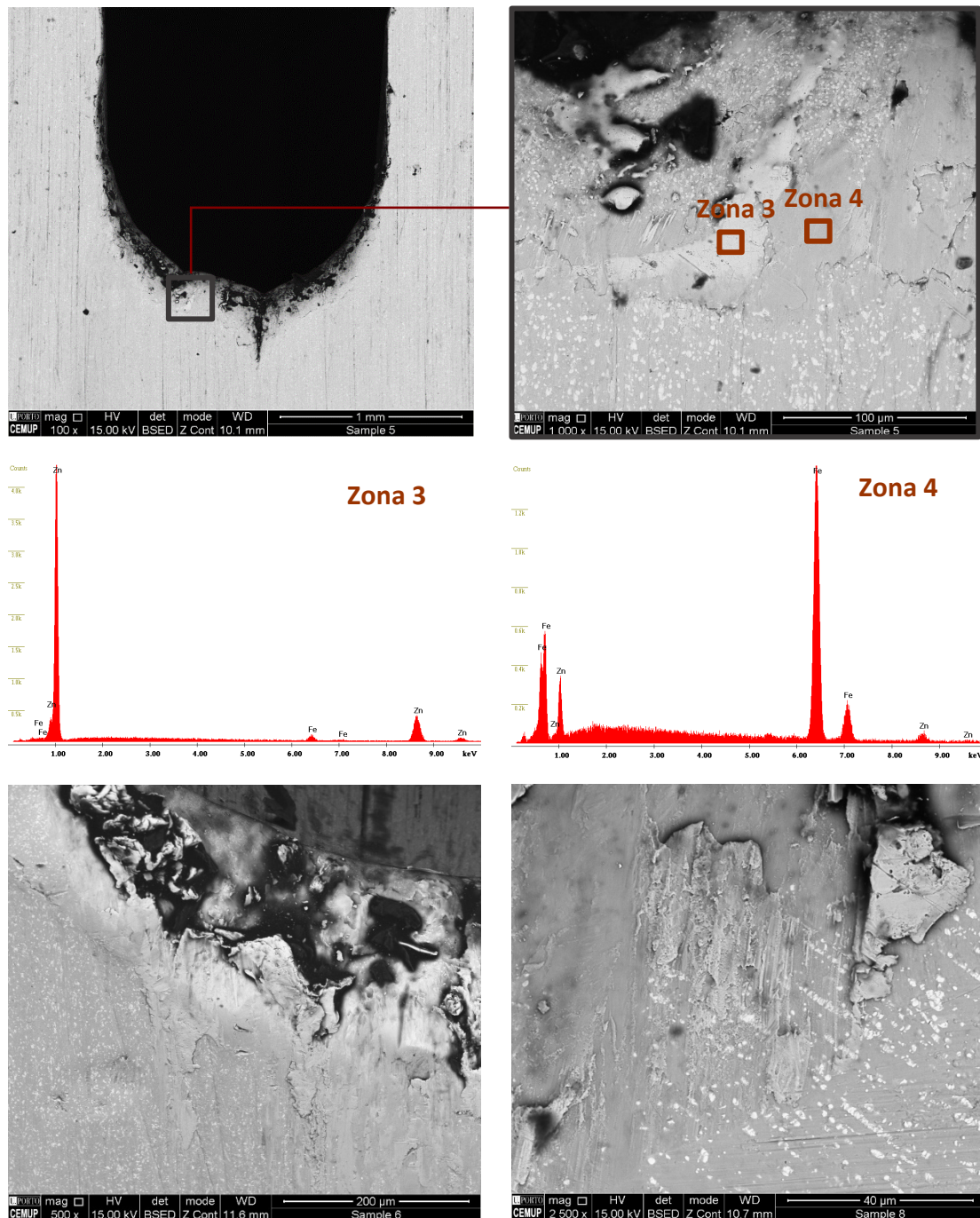


Figura 139 – Análise de elementos externos fundidos na camada superficial do aço

Concluindo, esta “pasta” é maioritariamente constituída por zinco proveniente do processo de galvanização do cabo, e de óleo utilizado para a lubrificação do corte. Pode então ser estabelecido que, devido à discrepância entre as durezas do aço do cabo e o aço da LCC, esta pasta não apresenta propriedades que possam ser nefastas à aresta de corte.

No entanto, se existir uma grande exposição, bem como uma grande concentração desta “pasta”, poderá ser fator que seja impeditivo à conformidade do corte e do estado dos componentes.

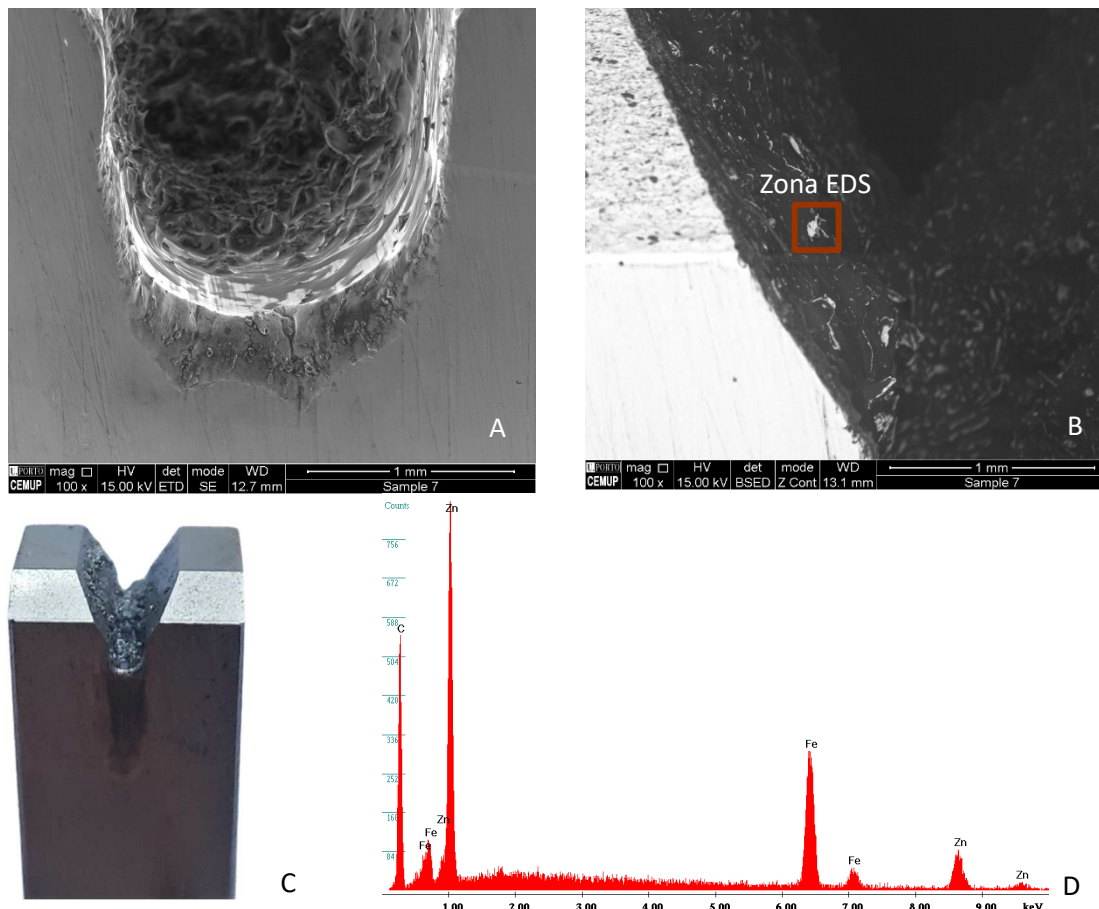


Figura 140 - Análise SEM (B), ETD (A) e EDS (D) para análise da "pasta" localizada no rasgo da aresta de corte para a amostra LCC 6 (C)

Seguidamente foi efetuado o estudo das marcas apresentadas na face de contacto com a CLCC. A amostra utilizada para este estudo foi a LCC 5, como representado na Figura 141, onde junto de ambas as arestas de corte conseguem ser denotadas marcas pretas.

À semelhança dos casos anteriores, foi efetuada a análise EDS à zona em questão. No entanto, para esta foram criados mapas de distribuição elemental onde podem ser destacados todos os elementos pertencentes ao aço em questão. Com isto, é pretendido que seja evidenciado o elemento químico responsável pelas marcas em estudo. Na Tabela 69 podem analisar-se os elementos químicos correspondentes a cada imagem da Figura 141.

Tabela 69 - Elemento químico apresentado para cada imagem da Figura 141 e respetiva legenda

A	B	C	D	E	F
Original	Crómio	Ferro	Molibdénio	Tungsténio	Zinco

É notório que para os mapas de distribuição elemental do crómio, molibdénio, tungsténio, mas principalmente do ferro, existe uma falha superficial da concentração dos mesmos. Isto advém do facto das marcas existentes na face de contacto com a CLCC serem constituídas por zinco, como é observável na Figura 141-F. Este elemento não pertence à composição do aço em estudo, sendo uma consequência do corte de cabo (processo de galvanização). Como tal, encontra-se numa camada superficial (1 μm) impedindo a leitura dos outros elementos aquando da sua presença.

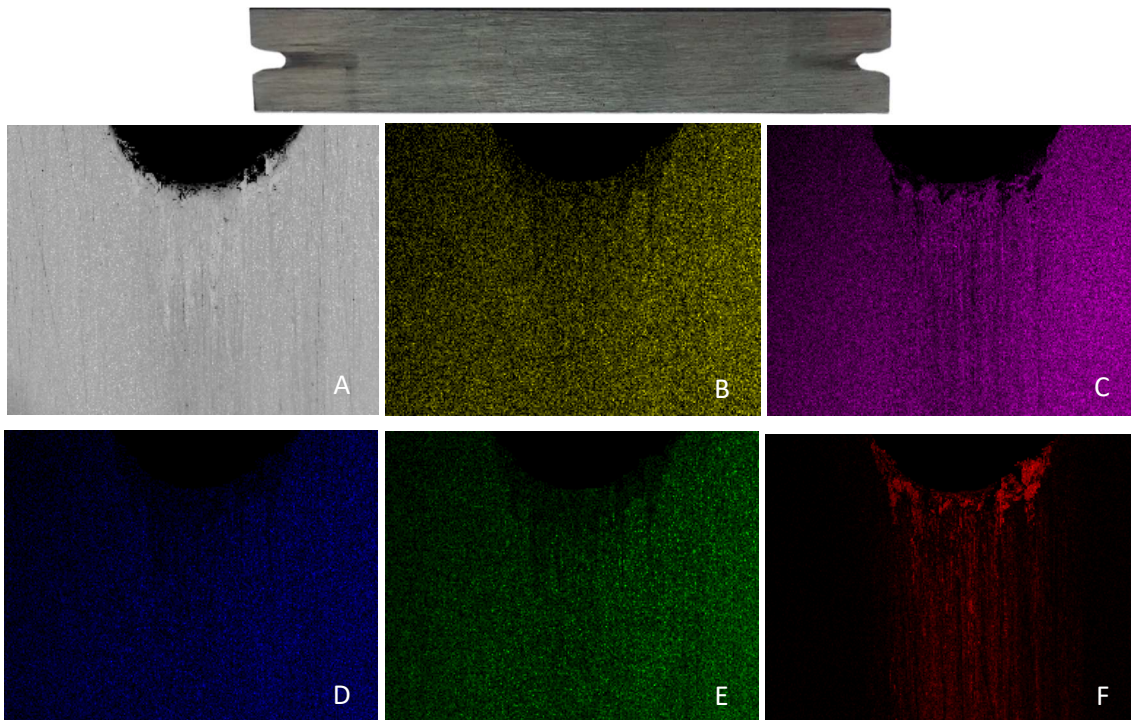


Figura 141 - Análise EDS para estudo de marcas de desgaste na face de contacto com a CLCC para a amostra LCC 6

Validação do Processo de Retificação

Visando o estabelecimento de parâmetros que elevem a qualidade do processo de retificação, foi então efetuada uma análise SEM a LCC em variados estados.

Através da obtenção de uma LCC utilizada, mas que nunca haveria sido retificada, obteve-se o estado superficial conseguido através do corte por eletroerosão a fio (Figura 142-A). Este pode então ser comparado com a amostra LCC 9 (Figura 142-C), que representa o processo de retificação interno, estando representada já a sua utilização pela Figura 142-B.

Em suma, por forma a desenvolver uma aresta de corte com características próximas do pretendido, deverão ser estabelecidos alguns fatores essenciais que culminem num processo de retificação interna conforme e validado.

Relativamente ao desbaste, este deverá garantir a eliminação de toda a deformação plástica que a aresta de corte apresentar. Se esta deformação for excessiva, então deverá ainda ser estabelecido um mínimo de 0,5 mm devido às modificações estruturais no interior das LCC, como anteriormente estabelecido no tópico relativo ao estudo de alteração das propriedades da zona de corte.

O grão do pino abrasivo adiamantado deverá ser diminuído, reduzindo a profundidade das marcas de abrasão e, conseqüentemente, melhorando o estado da aresta de corte e a resistência à propagação da fissura (Figura 142-D). A pressão a ser admitida à aresta de corte pelo pino abrasivo adiamantado deverá ser mínima, já que a sua utilização somente é necessária para a melhoria do estado superficial do rasgo e aresta de corte.

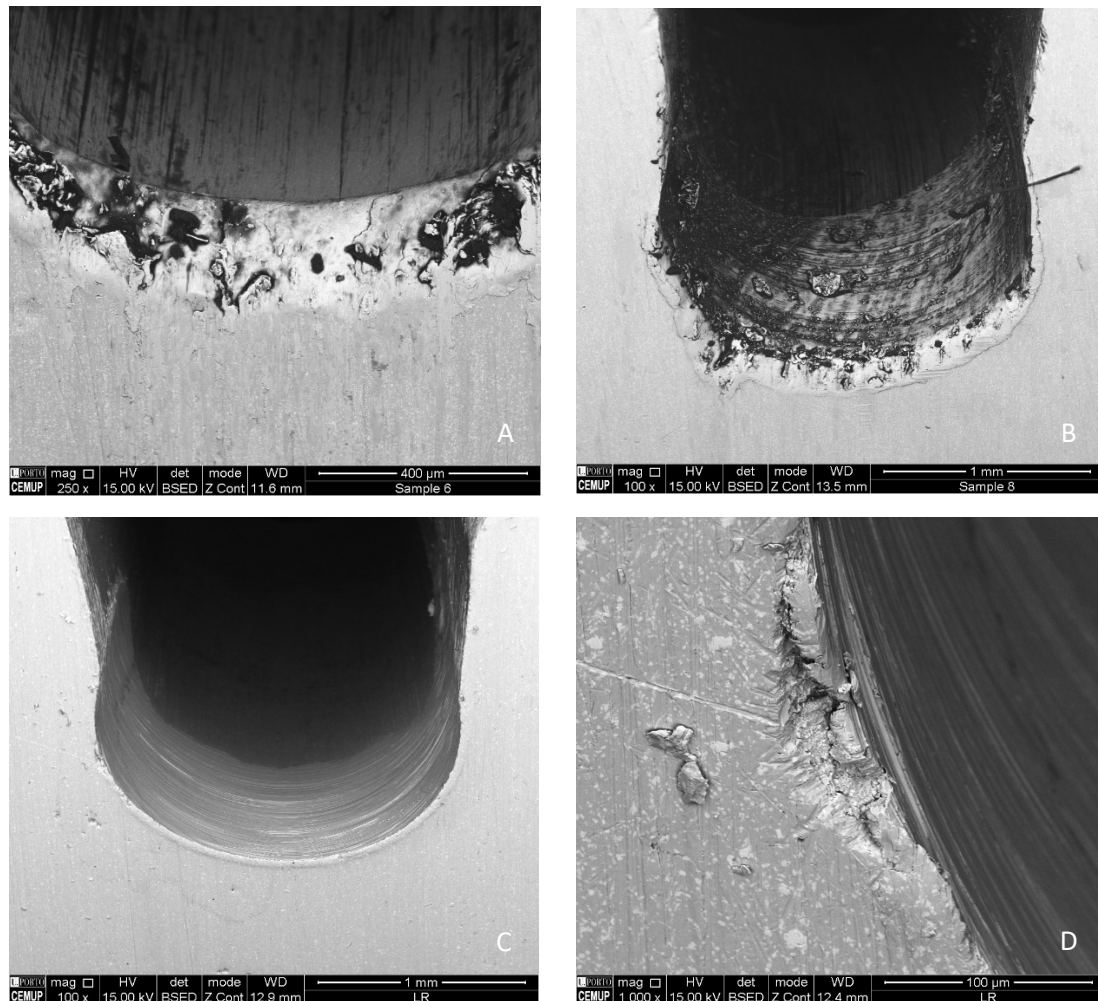


Figura 142 - Análise SEM relativamente a condições de retificação

4.2.2 Implementação de Novas Condições de Corte

4.2.2.1 Novo Dispositivo de Corte de Cabo

Concentrando os esforços no principal problema em mãos, o aproveitamento reduzido da LCC devido ao excessivo desgaste transversal, e recorrendo às informações apresentadas no capítulo anterior, foi desenvolvido um novo DCC.

Devido ao facto das alterações a serem efetuadas lidarem com as tolerâncias impostas pelo cliente no produto final, bem como os inúmeros conjuntos e referências distintas, o desenvolvimento deste novo DCC foi efetuado pelo DEP. No entanto, todas as ações de melhoria foram projetadas e implementadas em máquina pelo DM, sendo que o DEP somente as traduziu segundo os parâmetros e cotas necessárias.

Novo Modelo CLCC

Primeiramente, e antes de se efetuar qualquer alteração nos suportes desenvolveu-se um novo modelo de CLCC. Esta pode ser observada na Figura 143, estando totalmente caracterizada em desenho técnico no ANEXO 4, segundo a referência da Tabela 87. Conta com a eliminação da furação utilizada para a sua fixação, solucionando assim o problema representado na Figura 130. As rebarbas provenientes da furação desenvolviam condições para a abrasão a três corpos impulsionando o desgaste de ambas as arestas de corte e da face de contacto.



Figura 143 - Novo modelo de CLCC

A geometria retangular foi substituída por uma quadrangular, o que permitiu a admissão de mais duas arestas de corte. Isto traduz-se num maior aproveitamento da matéria prima, já que este novo modelo apresenta o dobro da utilização da sua antecessora, ou seja, oito utilizações. Acresce ainda que a sua espessura foi aumentada em 0,2 mm, admitindo este componente a possibilidade de retificação, devido à profundidade do rasgo do Suporte da CLCC e consequente adaptação à variação intrínseca ao processo. A espessura mínima de utilização em consolidação com a utilização do NDCC foi definida para 0,8 mm, admitindo este modo 0,4 mm de retificação. De um modo geral, a retificação necessita de desbastar 0,05 mm por face, por forma a atingir a conformidade da aresta de corte, para poderem ser efetuadas oito retificações à CLCC. Por último, as suas arestas foram chanfradas para garantir ajuste irreprouvável ao Suporte da CLCC.

Novo Dispositivo de Corte de Cabo

O desenvolvimento deste NDCC prendeu-se com a modificação de quatro componentes e a introdução de três novos, excluindo o novo modelo CLCC e adição de ligações roscadas. Os componentes que sofreram alterações, Figura 144, são o Suporte da LCC, a Ligação do Cilindro Pneumático, a Tampa para LCC e o Suporte da CLCC.

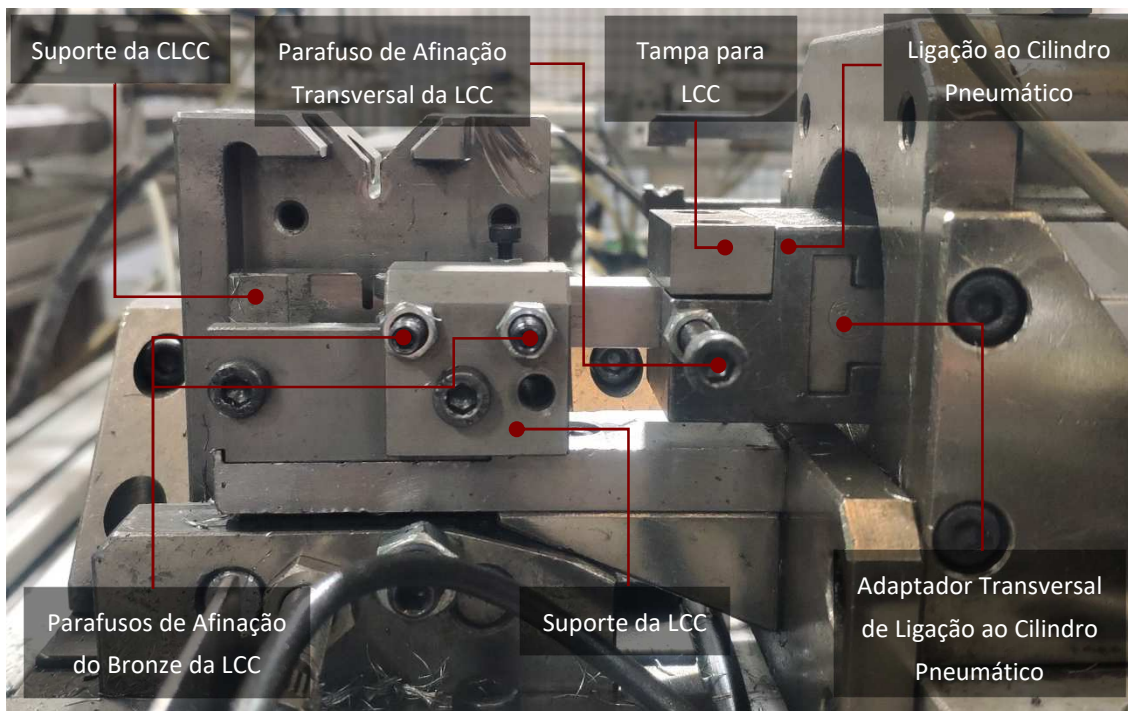


Figura 144 - Novo modelo de DCC

O Suporte da CLCC teve de ser adaptado ao novo modelo de CLCC. O rasgo para o seu ajuste teve de ser redimensionado (devido às modificações geométricas), sendo as suas furações para ajuste ao Suporte da LCC, realocizadas (Figura 145-A). Foi também alvo de um aumento de 14 mm ao seu comprimento total, com o objetivo de introduzir um novo componente a funcionar como uma pastilha de desgaste. Fabricado em bronze, material macio que não se impõe às movimentações do HSS, este facilita o alinhamento do encosto da LCC à CLCC, encontrando-se representado na Figura 145-Bronze da CLCC.

Acresce ainda que, a partir de um parafuso de afinação (Figura 145-Parafuso de Afinação do Bronze da CLCC), este componente consegue adaptar a sua localização à variação de espessura proveniente do processo de retificação. Esta liberdade é especialmente importante, já que devido ao aumento da espessura do novo modelo da CLCC, esta apresenta um maior intervalo de espessura de retificação admissível.

Relativamente ao reaproveitamento transversal da LCC, foi efetuado um processo semelhante ao utilizado para a CLCC, mas com a adição de mais um sistema de afinação complementado com uma ligação roscada.

Por forma a admitir o desgaste e futuras retificações à face de contacto com a CLCC, foi introduzido no Suporte da LCC, paralelamente ao Bronze da CLCC, uma pastilha de desgaste idêntica à da sua contraparte (Figura 145-Bronze da LCC). A metodologia de afinação deste componente é realizada através do aperto de dois parafusos de afinação (Figura 144-Parafusos de Afinação do Bronze da LCC), o que aproxima a LCC à CLCC e ao Bronze da CLCC, admitindo ainda mais desgaste transversal.

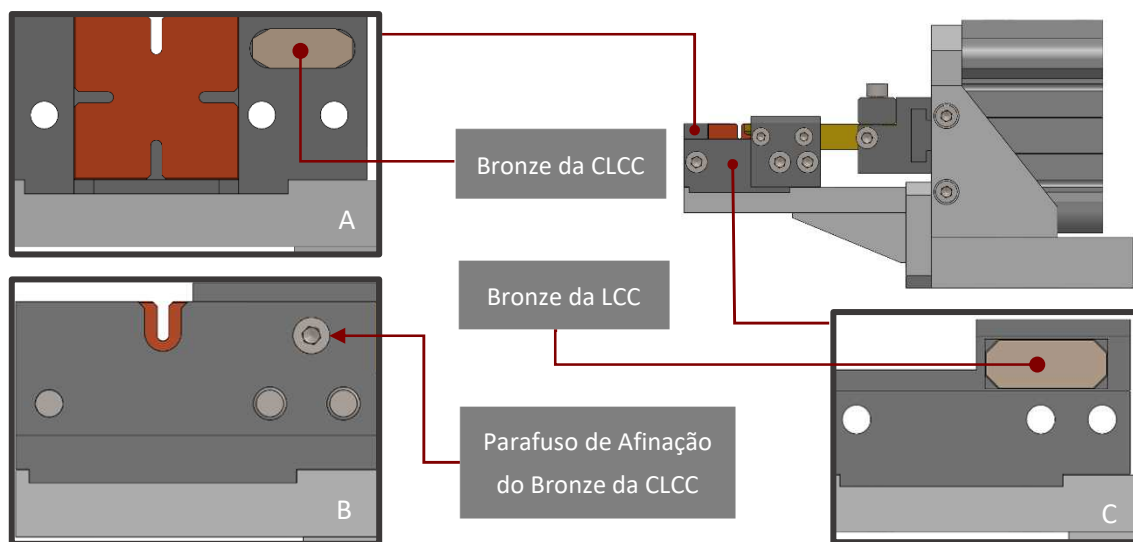


Figura 145 - Elementos de afinação de ambos o Suporte da CLCC (A e B) e Suporte da LCC (C) do sistema de adaptação ao desgaste transversal

Não sendo este sistema suficiente para garantir o alinhamento de todo o corpo da LCC com a direção do corte, foi então introduzido um adaptador à variação transversal de dimensão da mesma (Figura 144- Adaptador Transversal de Ligação ao Cilindro Pneumático). Este torna-se o componente de ligação ao cilindro pneumático, mantendo a ligação roscada através de um perno M10 (Figura 146-Perno M10). O ajuste funciona através da criação de um rasgo no corpo do componente de Ligação ao Cilindro Pneumático (Figura 144), com o intuito de acoplar este com o adaptador transversal, admitindo deste modo o deslizamento entre eles (Figura 146-A) e garantindo o contacto da LCC com os elementos necessários. Isto foi ainda complementado com a introdução de uma ligação roscada M4 (Figura 144-Parafuso de Afinação Transversal da LCC), garantindo o encosto total da LCC à extremidade que define a direção do corte. Para a admissão deste os parafusos da Tampa para LCC, foram modificados de rosca M5 para M4.

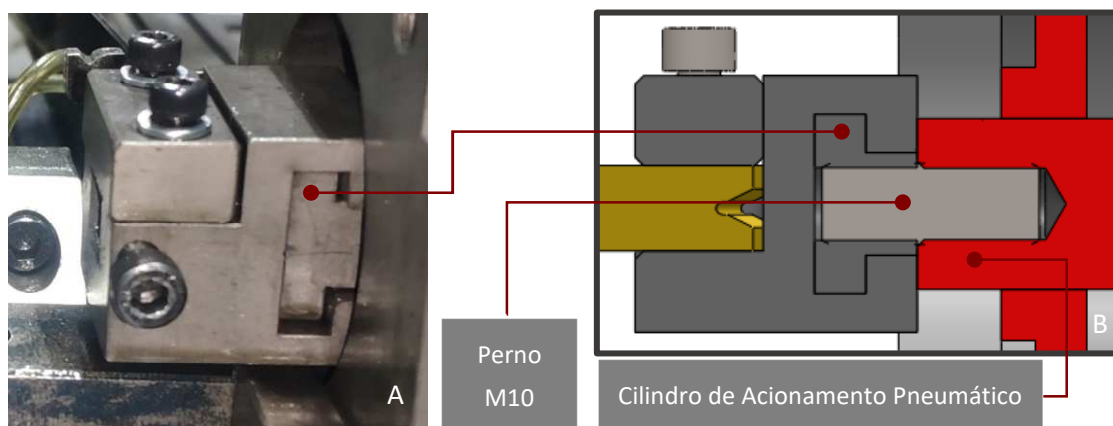


Figura 146 - Ajustamento do sistema de adaptação ao desgaste transversal à ligação roscada do cilindro pneumático

Todas as peças aqui referidas encontram-se caracterizadas em desenho técnico no ANEXO 4, segundo as referências da Tabela 87.

4.2.2.2 Melhoria das Condições de Trabalho

Neste capítulo, são descritas e fundamentadas todas as ações de melhoria efetuadas, extrínsecas ao já conseguido através da implementação do NDCC. Estas resultam da resolução dos problemas apresentados no Capítulo 4.2.1 e Capítulo 4.2.1.2:

- Retificação da LCC e CLCC;
- Nova metodologia de afinação;
- Controlo e monitorização do desgaste da LCC;
- Manutenção de primeiro nível.

Retificação da LCC e CLCC

O desbaste, através da utilização do disco abrasivo, terá de ser efetuado por forma a garantir a eliminação total do desgaste. Este fator é intrínseco à conformidade do processo de retificação, já que, deste modo, o pino abrasivo adiamantado somente é utilizado para a melhoria do estado superficial do rasgo, permitindo a obtenção de uma aresta de corte o mais coesa possível. Foi então definido, segundo os desenvolvimentos realizados no Capítulo 4.2.1.2 no tópico sobre o estudo de alteração de propriedades da zona de corte, que, para um nível de conformação elevado, o desbaste deverá ser efetuado a uma profundidade mínima de 0,5 mm, por forma a eliminar a zona da LCC que sofreu alteração microestruturais.

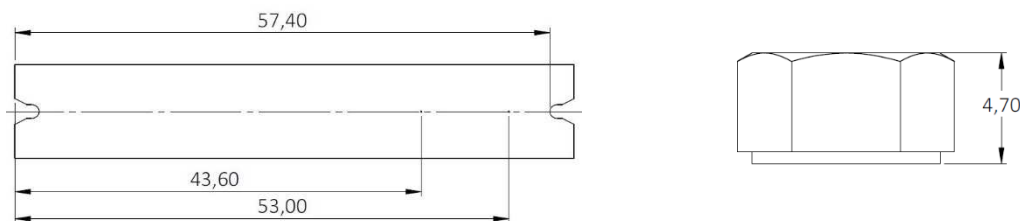


Figura 147 – Comprimento inicial de corte; comprimento máximo de retificação; novo comprimento máximo de retificação (A) e altura normalizada da porca em utilização (B)

Relativamente ao número de retificações admissíveis, foi também normalizada a utilização de duas porcas hexagonais ISO 4032-M5-8 (Figura 147-B), que por facilidade de obtenção, está a funcionar como um calço, por forma a estender o comprimento de retificação máximo definido para 53 mm (Capítulo 4.2.1.1-Aproveitamento Reduzido da LCC; Figura 147-A).

Com a utilização de três níveis de desgaste distintos (0,25 mm; 0,5 mm e 1 mm), e as condições anteriormente apresentadas, foi efetuada uma projeção e comparação do número de retificações admissíveis antes e após a utilização desse elemento. A primeira profundidade utilizada é relativa ao desgaste mais recorrente, a segunda representa o desgaste mínimo necessário se a aresta de corte apresentar elevada conformação plástica (Capítulo 4.2.1.2-Validação do Processo de Retificação), e a última representa o caso extremo de desgaste para as LCC.

A partir da Tabela 70, é possível evidenciar um elevado aumento da quantidade de retificações admissíveis com a utilização destes elementos, consequência do estabelecimento de novo comprimento máximo de retificação de 43,6 mm, dimensão representada na Figura 147-A.

Tabela 70 - Número de retificações admissíveis com e sem a utilização da Porca hexagonal ISO 4032-M5-8 para três níveis distintos de desgaste, e consequente profundidade de desgaste

Estado da Aresta de Corte	Desgaste Recorrente	Deformação Plástica	Elevada Deformação Plástica
Profundidade do Desgaste [mm]	0,2	0,4	0,8
Profundidade de Desbaste [mm]	0,25	0,5	1
Comprimento Inicial [mm]		57,4	
Comprimento Máximo de Retificação [mm]		53	
Número de Retificações	17	8	4
Novo Número de Retificações	55	27	13

É, também, de relevar a importância do controlo e monitorização da propagação do desgaste, sendo o seu impacto facilmente traduzido no número de retificações admissíveis. Se uma LCC for sempre retirada de máquina apresentando um desgaste corrente (Figura 132-LCC 3), então esta apresentará um aumento percentual do número de retificações admissíveis de 323 %, em comparação com uma LCC que apresente um desgaste com elevada deformação plástica (Figura 132-LCC 2).

Visando a melhoria deste estado superficial e a resistência à propagação da fissura, foi projetada a utilização de um pino abrasivo adiamantado com exatamente as mesmas características do já utilizado, somente alterando o grão de D126 para D54.

Por último, devido ao aumento da espessura da CLCC de 1 mm para 1,2 mm, a quantidade de retificações admissíveis para este componente aumentou. Com todas as condições de retificação já estabelecidas, um desgaste mínimo de 0,05 mm e espessura mínima de trabalho de 0,8 mm, então admite oito retificações à face após a utilização das suas oito arestas de corte.

Nova Metodologia de Afinação

Esta nova metodologia tem como objetivo o controlo do desperdício de material e do estado de não conformidade da zona de corte (Capítulo 4.2.1.1).

Isto foi conseguido através do acompanhamento a *setups* e execução de variados testes visando o controlo do produto de corte de cabo. Estes envolveram a variação do comprimento da ponta do cabo após o corte elétrico seguido da medição da dimensão de variadas amostras.

Devido às variações impostas pelo próprio processo de corte foram estudados comprimentos extremamente distintos, na Figura 148 estão demonstradas seis aparas e respetivas dimensões. As que apresentam o comprimento mais reduzido (9 mm; 8 mm; 7 mm), sofrem o desenrolamento do cabo, espalhando arames pela área de trabalho. Já as aparas de 14 mm e 12,5 mm, estão a representar o desperdício de material, na medida em que se encontram a um comprimento excessivo e não justificado.



Figura 148 - Diferentes comprimentos de apara testados

Ficou então definido que o comprimento ideal, por forma a conseguir o equilíbrio entre o estado de conformidade da zona de corte e o desperdício de material, seria de $10 \pm 0,2$ mm. Não sendo possível ou prático, para uma tarefa de execução recorrente, efetuar a medição através de qualquer tipo de instrumento, a afinação foi definida através da utilização de uma ferramenta comum a todos os técnicos. Como a Figura 149 sugere, a aproximação dos elétrodos ao sistema de admissão de cabos fica agora definido pela inserção de uma chave macho sextavado de 6 mm. A utilização desta ferramenta garante a distância ideal para a obtenção de uma ponta de cabo com a dimensão e a tolerância dentro do intervalo estabelecido: $10 \pm 0,2$ mm.

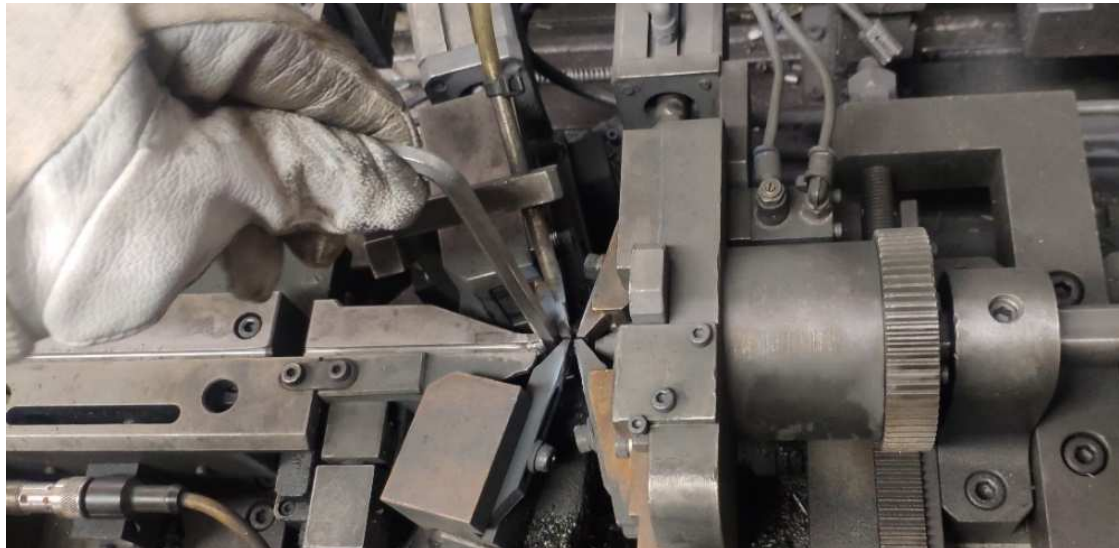


Figura 149 - Nova metodologia de afinação do comprimento da ponta do cabo para as LMEJ

Controlo e Monitorização do Desgaste da LCC

Adicionalmente, principalmente no que respeita às LCC, o seu desgaste e consequente propagação deverão ser monitorizados e controlados. A falha na conclusão desta tarefa tem como consequência o incremento do desgaste por deformação plástica, o que se traduz numa diminuição abrupta do número de retificações admissíveis.

Numa fase inicial, o seu estado pode ser parcialmente supervisionado, tomando em consideração a observação da sequência de progressão da falha de corte de cabo produzido pelo desgaste da LCC da Figura 66. De realçar que os dois últimos modos de falha já são relativos à existência de deformação plástica na aresta de corte. Comparativamente às pontas de cabo apresentadas na Figura 150, consequência do rápido desenvolvimento do desgaste entre estas duas fases, estas quase apresentam ausência total de corte devido à elevada deformação plástica da aresta de corte. A separação conseguida, para este nível de desgaste, advém maioritariamente da intensidade da solicitação imposta à LCC.



Figura 150 - Modo de falha apresentado para a utilização de uma aresta de corte que apresente elevada deformação plástica

Com a constante supervisão da progressão do desgaste e a substituição da LCC antes das duas fases finais de desgaste, pode-se então usufruir do aumento percentual de 323% no número de retificações admissíveis. Devido à velocidade de desgaste a permanência em trabalho não compensa a severidade do desgaste a ser desenvolvido.

Manutenção de Primeiro Nível

A modificação das tarefas apresentadas na manutenção de primeiro nível teve como objetivo específico a eliminação de dois problemas distintos: a lubrificação da zona de corte e o estado de não conformidade da zona de corte e área envolvente.

Primeiramente, temos fenómenos de desgaste, a serem agravados pela falta de lubrificação e consequente redução de tempo de trabalho. Remetendo à tarefa original, temos que a regularidade de lubrificação do DCC era de uma vez por turno. Como tal, devido à importância que esta tarefa acarreta para o estado de conformidade de todos os componentes envolvidos no processo de corte, ficou definido que esta tarefa seria executada:

- Três vezes por turno;
- Após a substituição da LCC ou CLCC;
- Após a limpeza da zona de corte com ar comprimido.

Relativamente à concentração de aparas na área envolvente e na zona de corte, a manutenção de primeiro nível sugere a limpeza de trinta em trinta minutos. No entanto, esta periodicidade é extremamente apertada, interferindo com os valores da disponibilidade da máquina, sendo assim raramente executada. Como tal, e devido à eliminação do problema através da nova metodologia de afinação, foi definido que esta iria ser executada a par com a lubrificação, ou seja, três vezes por turno. Deste modo, não é posta em causa a disponibilidade da máquina já que estas duas tarefas, essenciais ao processo, seriam executadas simultaneamente. Resulta, também, numa maior facilidade de intervenção devido à eliminação de todos os arames que envolviam todos os locais e a acessibilidade aos dispositivos.

Concluindo, temos que a implementação de todas estas novas condições teve como consequência o aumento do MTBF. O cálculo só foi efetuado para a LMEJ-KL, já que foi o primeiro equipamento onde se implementou o NDCC, e que teve a possibilidade de análise de resultados. Relativamente ao resultado apresentado, Tabela 71, é de referir que todas as ações de melhoria culminaram num aumento percentual de MTBF de aproximadamente 52 % comparativamente à utilização de LCC novas e o DCC antigo.

Tabela 71 - MTBF relativo à utilização do novo DCC para a LMEJ-KL para os primeiros meses do ano de 2020

Equipamento	Dias de Trabalho [dias]	Número de LCC	MTBF [dias]
EJ-KL	50	21	2,38

CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

A realização do estágio na empresa de acolhimento, e conseqüente redação da presente dissertação possibilitou o estabelecimento gradual de ações, práticas e procedimentos de melhoria. Este desenvolvimento e implementação de melhorias, sugeriram a instauração de condições para o cumprimento dos objetivos estipulados no primeiro capítulo. Na Tabela 72 é efetuada a consolidação destes com os resultados obtidos, para cada um dos temas estudados.

Tabela 72 - Tabela resumo do cumprimento dos objetivos da dissertação para o Subconjunto de Injeção de Zamak e Dispositivo de Corte de Cabo

Objetivos da Dissertação	Subconjunto de Injeção	Dispositivo de Corte de Cabo
Redução do número de requisições em armazém	✓	✓
Prolongar tempo de trabalho das peças de desgaste	✓	✓
Redução do custo de aquisição	✓	✗
Redução do tempo de intervenção relacionado com intervenções nestes componentes	✓	✓
Melhoria das condições de trabalho (acessibilidade; estado geral do equipamento)	✓	✓
Elevar a qualidade do processo de fabrico com cada melhoria efetuada	✓	✓

Iniciando pelo com o Subconjunto de Injeção de Zamak, temos que a normalização do novo modelo, bem como todas as ações departamentais e interdepartamentais implementadas, impulsionaram a realização e conseqüente aprovação de todos os objetivos propostos. O cumprimento de cada um destes pontos foi conquistado com grande êxito, podendo todo o seu valor ser demonstrado a partir dos seguintes indicadores:

- Aumento percentual do tempo de trabalho de 1100 %;
- Redução percentual do custo de aquisição de 58 %;
- Redução percentual do tempo de intervenção de aproximadamente 55 %.

Os resultados apresentados foram conseqüência da melhoria do estado de componentes intrínsecos ao processo de injeção, e alterações à geometria do Subconjunto de Injeção de Zamak. Estes tiveram origem na simplificação do processo de intervenção; redução de desperdício de matéria prima; monitorização do estado de conformidade de todos os componentes envolvidos; melhoria das condições de trabalho; estabelecimento de condições para a conservação dos componentes e controlo do desgaste.

Relativamente ao Dispositivo de Corte de Cabo, como a Tabela 73 indica, este falhou no cumprimento de um dos objetivos, nomeadamente a redução do custo de aquisição, sendo que esta variável se manteve inalterada. O foco principal deste tema foi o planeamento e execução de ações de melhoria às condições de trabalho do DDC. Isto envolveu as seguintes modificações:

- Estado geral do equipamento;
- Conformidade da zona de corte;
- Estabelecimento de condições e parâmetros para retificação interna da LCC;

- Elaboração de novo DCC adaptado às alterações de dimensão provenientes do desgaste, e conseqüente retificação das LCC.

Devido à quantidade de LCC em *stock*, anteriormente fora de medida para o processo de retificação, não irá ser necessária a aquisição deste componente, pelo menos durante um período inicial. Deste modo, as requisições desta peça de desgaste, até ultrapassar o comprimento máximo de retificação e necessitar de ser sucutada, serão abrangidas somente com a utilização do *stock* já existente em armazém. Adicionalmente, a introdução de um elemento extra permitiu um aumento deste comprimento retificável em 18 %. Ainda, se forem cumpridas todas as tarefas de controlo e monitorização de componentes, então existirá um aumento percentual de 323 % no número de retificações admissíveis à LCC. O problema relativo à falta de aproveitamento da LCC, devido ao desgaste transversal, foi solucionado na sua totalidade através das ações de melhoria ao DCC.

Em suma, foi atingido um aumento percentual de MTBF de aproximadamente 52 %, comparativamente à utilização de LCC novas e o DCC agora obsoleto.

BIBLIOGRAFIA

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] P. R. Lane e G. M. Milesi-Ferretti, "The Drivers of Financial Globalization," *New Perspectives on Financial Globalization*, vol. 98, nº 2, pp. 327-332, 2008.
- [2] MSCI - Morgan Stanley Capital International, [Online]. Available: <https://www.msci.com/>. [Acedido em 15 dezembro 2019].
- [3] MSCI - Morgan Stanley Capital International, "Diversified Multiple-Factor Indexes: Elements of performance," 2019.
- [4] "GICS® Global Industry Classification Standard," 2020. [Online]. [Acedido em 22 fevereiro 2020].
- [5] ACEA - European Automobile Manufacturers Association, "Facts about the Automobile Industry," 03 agosto 2017. [Online]. Available: <https://www.acea.be/automobile-industry/facts-about-the-industry>. [Acedido em 28 novembro 2019].
- [6] B. Saberi, "The Role of the Automobile Industry in the Economy of developed countries," *International Robotics & Automation Journal*, vol. 4, nº 3, pp. 179-180, 2018.
- [7] S&P Global Inc., "S&P Dow Jones Indices a Division of S&P Global," 2020. [Online]. Available: <https://us.spindices.com/>. [Acedido em 2 fevereiro 2020].
- [8] OICA - International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, [Online]. Available: <http://www.oica.net/>. [Acedido em 17 dezembro 2019].
- [9] X. Bai, "The Effects of the 2007-2009 Economic Crisis on Global Automobile Industry," Applied Economic Theses Paper 2, State University of New York College at Buffalo, Department of Economics and Finance, 2012.
- [10] ACEA, "European Automobile Manufacturers Association," [Online]. Available: <https://www.acea.be/>. [Acedido em 15 dezembro 2019].
- [11] K. Hughes, "Interpretation of Measurement of R&D Intensity - A Note," vol. 17, pp. 301-307, 1988.
- [12] E. Kim, S. Kim e H. Kim, "Development of an Evaluation Framework for Publicly Funded R&D Projects: The Case of Korea's Next Generation Network," *Evaluation and Program Planning*, vol. 63, pp. 18-28, 2017.
- [13] L. Pintelon e A. Parodi-Herz, "Maintenance: An Evolutionary Perspective," em *Springer Series in Reliability Engineering*, vol. 8, Springer-Verlag London Ltd, 2008, pp. 21-48.

- [14] S. Dunn, "The Fourth Generation of Maintenance," *Plant Maintenance Resource Center*, p. 11, 2010.
- [15] M. Abid, H. Wali, S. Ayub e M. N. Tariq, "Reliability Centered Maintenance Plan for the Utility Section of a Fertilizer Industry: A Case Study," *International Journal of Science and Advanced Technology*, vol. 4, 2014.
- [16] EN 13306:2010, *Maintenance - Maintenance Terminology*, CEN - Comité Européen de Normalisation e BSI Standards Publications, 2010, p. 36.
- [17] CEN - Comité Européen de Normalisation, "European Committee for Standardization," 2020. [Online]. Available: <https://standards.cen.eu>. [Acedido em 3 janeiro 2020].
- [18] R. Manzini, A. Regattieri, H. Pham e E. Ferrari, *Maintenance for Industrial Systems Engineering*, P. H. Pham, Ed., Springer Series in Reliability Engineering, 2010, p. 490.
- [19] L. R. Higgins e R. K. Mobley, *Maintenance Engineering Handbook*, 6 ed., McGraw-Hill Standard Handbooks, 2002, p. 1297.
- [20] D. M. S. Vieira, "Estudo da Aplicabilidade de um Modelo de Manutenção a uma Empresa Industrial do Sector da Metalomecânica," *Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Electromecânica, Universidade da Beira Interior - Unidade Científica e Pedagógica de Ciências e Engenharia*, p. 104, 2008.
- [21] C. Franciosi, B. Lung, S. Miranda e S. Riemma, "Maintenance for Sustainability in the Industry 4.0 Context: a Scoping Literature Review," *IFAC PapersOnLine - Conference Paper Archive*, vol. 51, nº 11, pp. 903-908, 2018.
- [22] F. Schulze Spüntrup, G. Dalle Ave, L. Imsland e I. Harjunoski, "Performance-Based Maintenance Planning for Asset Fleets," *IFAC PapersOnLine - Conference Paper Archive*, vol. 52, pp. 697-702, 2019.
- [23] K. Daniewski, E. Kosicka e D. Mazurkiewicz, "Analysis of the Correctness of Determination of the Effectiveness of Maintenance Service Actions," *Management and Production Engineering Review*, vol. 9, nº 2, pp. 20-25, 2018.
- [24] A. Moreira, F. J. G. Silva, A. I. Correia, T. Pereira, L. Ferreira e F. d. Almeida, "Cost Reduction and Quality Improvements in the Printing Industry," *Procedia Manufacturing*, vol. 17, pp. 623-630, 2018.
- [25] A. Gola, "Reliability Analysis of Reconfigurable Manufacturing System Structures Using Computer Simulation Methods," *Eksploracja i Niezawodność - Maintenance Reliability*, vol. 21, nº 1, pp. 90-102, 2019.
- [26] B. Christiansen, "MTTR, MTBF or MTTF? - A Simple Guide to Failure Metrics," agosto 2018. [Online]. Available: <https://limblecmms.com/blog/mttr-mtbf-mttf-guide-to-failure-metrics/#>. [Acedido em 11 dezembro 2019].
- [27] S. Ferreira, F. J. G. Silva, R. B. Casais, M. T. Pereira e L. P. Ferreira, "KPI development and obsolescence management in industrial," *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 1427-1435, 2019.

- [28] V. Alcácer e V. Cruz-Machado, "Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 22, nº 3, pp. 899-919, 2019.
- [29] M. E. Porter e J. E. Heppelmann, "How Smart, Connected Products Are Transforming Competition," *Spotlight on Managing the Internet of Things*, vol. 92, p. 23, 2014.
- [30] M. Jasiulewicz-Kaczmarek e P. Żywica, "The Concept of Maintenance Sustainability Performance Assessment by Integrating Balanced Scorecard With Non-Additive Fuzzy Integral," *Eksploracja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*, vol. 20, nº 4, pp. 650-661, 2018.
- [31] M. Jasiulewicz-Kaczmarek e A. Gola, "Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing - an Overview," *IFAC PapersOnLine - Conference Paper Archive*, vol. 52, nº 10, pp. 91-96, 2019.
- [32] A. Athanasopoulou, M. de Reuver, S. Nikou e H. Bouwman, "What Technology Enabled Services Impact Business Models in the Automotive Industry? An Exploratory Study," *Futures*, vol. 109, pp. 73-83, 2019.
- [33] E. Uhlmann, D. Franke e E. Hohwieler, "Smart Maintenance - Dynamic Model-Based Instructions for Service Operations," *52nd CIRP Conference on Manufacturing Systems*, vol. 81, pp. 1417-1422, 2019.
- [34] J. Bokrantz, A. Skoogh, C. Berlin, T. Wuest e J. Stahre, "Smart Maintenance: a Research Agenda for Industrial Maintenance Management," *International Journal of Production Economics*, p. 57, 2019.
- [35] O. Duran, A. Capaldo e P. A. D. Acevedo, "Lean Maintenance Applied to Improve Maintenance Efficiency in Thermoelectric Power Plants," *Energies*, vol. 10, nº 10, p. 21, 2017.
- [36] R. Singh, A. M. Gohil, D. B. Shah e S. Desai, "Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study," *Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd Nirma University International Conference on Engineering*, vol. 51, pp. 592-599, 2013.
- [37] G. F. L. Pinto, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, R. B. Casais, A. J. Fernandes e A. Baptista, "Continuous Improvement in Maintenance: A case Study in the Automotive Industry Involving Lean Tools," *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 1582-1591, 2019.
- [38] M. D. O. d. Reis, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva e J. C. O. Matias, "A TPM Strategy Implementation in an Automotive Production Line," *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 908-915, 2019.
- [39] I. P. S. Ahuja e J. S. Khamba, "Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions," *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 25, nº 7, pp. 709-756, 2008.

- [40] P. Guariente, I. Antonioli, L. P. Ferreira, T. Pereira e F. J. G. Silva, "Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer," *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1128-1134, 2017.
- [41] L. Martins, F. J. G. Silva, C. Pimentel, R. B. Casais e R. D. S. G. Campilho, "Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company," *Procedia Manufacturing*, 2020.
- [42] C. Teixeira, I. Lopes e M. Figueiredo, "Multi-Criteria Classification for Spare Parts Management: a Case Study," *Procedia Manufacturing*, vol. 11, pp. 1560-1567, 2017.
- [43] Y. Chen, K. W. Li, D. M. Kilgour e K. W. Hipel, "A Case-Based Distance Model for Multiple Criteria ABC Analysis," *Computers & Operations Research*, vol. 35, nº 3, pp. 776-796, 2008.
- [44] C.-W. Chu, G.-S. Liang e C.-T. Liao, "Controlling Inventory by Combining ABC Analysis and Fuzzy Classification," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 55, nº 4, pp. 841-851, 2008.
- [45] B. Barbosa, M. Pereira, F. Silva e R. Campilho, "Solving Quality Problems in Tyre Production Preparation Process: a Practical Approach," *Procedia Manufacturing*, vol. 11, pp. 1239-1246, 2017.
- [46] S. Torabi, S. Hatefi e B. Pay, "ABC Inventory Classification in the Presence of Both Quantitative and Qualitative Criteria," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 63, nº 2, pp. 530-537, 2012.
- [47] M. Mehdizadeh, "Integrating ABC analysis and rough set theory to control the inventories of distributor in the supply chain of auto parts," *Computers & Industrial Engineering*, p. 21, 2019.
- [48] T. Santos, F. J. G. Silva, S. F. Ramos, R. D. S. G. Campilho e L. P. Ferreira, "Asset Priority Setting for Maintenance Management in the Food," *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 1623-1633, 2019.
- [49] S. Ferreira, L. Martins, F. J. G. Silva, R. B. Casais, R. D. S. G. Campilho e J. C. Sá, "A Novel Approach to Improve Maintenance Operations," *Procedia Manufacturing*, 2021.
- [50] F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira e M. T. Pereira, "Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics Parts," *Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0*, vol. 7, pp. 887-896, 2018.
- [51] T. Costa, F. J. G. Silva e L. P. Ferreira, "Improve the Extrusion Process in Tire Production Using Six Sigma Methodology," *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1104-1111, 2017.
- [52] C. Tavares, F. J. G. Silva, A. I. Correia, T. Pereira, L. Ferreira e F. d. Almeida, "Study on The Optimization Of The Textile Coloristic Performance Of The Bleaching Process Using Pad-Steam," *Procedia Manufacturing*, vol. 17, pp. 758-765, 2018.

- [53] R. F. L. Santos, F. J. G. Silva, R. M. Gouveia, R. D. S. G. Campilho, M. T. Pereira e L. P. Ferreira, "The Improvement of an APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process," *Procedia Manufacturing*, vol. 17, pp. 571-578, 2018.
- [54] R. Chandrasekaran, R. D. S. G. Campilho e F. J. G. Silva, "Reduction of Scrap Percentage of Cast Parts by Optimizing the Process Parameters," *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 1050-1057, 2019.
- [55] P. Neves, F. J. G. Silva, L. Ferreira, T. Pereira, A. Gouveia e C. Pimentel, "Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products," *Procedia Manufacturing*, vol. 17, pp. 696-704, 2018.
- [56] M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, A. Raouf, J. Knezevic e D. Ait-Kadi, *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, Springer London, 2009, pp. 1-741.
- [57] A. S. Silva, C. F. Medeiros e R. K. Vieira, "Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company," *Journal of Cleaner Production*, vol. 150, pp. 324-338, 2017.
- [58] C. Rosa, F. J. G. Silva e L. P. Ferreira, "Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-Rope Assembly Lines for the Automotive Industry," *Procedia Manufacturing*, vol. 11, pp. 1035-1042, 2017.
- [59] eInforma - Informações de Empresas, "Fico Cables-Fábrica De Acessórios E Equipamentos Industriais Lda," [Online]. Available: <https://empresite.jornaldenegocios.pt/FICO-CABLES-FABRICA-ACESSORIOS-EQUIPAMENTOS-INDUSTRIAIS.html>. [Acedido em 9 fevereiro 2020].
- [60] Aldo Maia, "Ficosa Investe 5 Milhões em Novas Instalações na Cidade da Maia," *Notícias Maia*, 31 janeiro 2019. [Online]. Available: <https://www.noticiasmaia.com/ficosa-investe-5-milhoes-em-novas-instalacoes-na-cidade-da-maia/>. [Acedido em 27 junho 2020].
- [61] Ficosa International S.A, "Ficosa in 5 Points," [Online]. Available: <https://www.ficosa.com/press-room/ficosa-in-5-points/>. [Acedido em 9 fevereiro 2020].
- [62] Ficosa International S.A., "Systems for Doors and Seats," 2019. [Online]. Available: <https://www.ficosa.com/products/systems-for-doors-and-seats/>. [Acedido em 8 janeiro 2020].
- [63] L. Campos, "Estruturação do Modelo de Gestão de uma Nova Unidade de Produção do Setor Automóvel," *Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto*, p. 152, 2020.
- [64] E. M. G. F. Braga, "Otimização do Processo de Injeção de Zamak," *Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto*, p. 259, 2015.
- [65] I. Mutlu, E. Oktay e S. Ekinci, "Characterization of microstructure of H13 tool steel using ultrasonic measurements," *Russian Journal of Nondestructive Testing*, vol. 49, nº 2, pp. 112-120, 2013.

- [66] Voestalpine, "Uddeholm Orvar Supreme - FOR ALL KINDS OF HOT WORK TOOL APPLICATIONS," Uddeholm, [Online]. Available: <https://www.uddeholm.com/uk/en/products/uddeholm-orvar-supreme/>. [Acedido em 2 julho 2020].
- [67] J. C. Benedyk, "High Performance Alloys Database - Ferrous FeUH H-13," p. 135, 2013.
- [68] Ramada Investimentos e Indústria S.A., "Aços para Ferramentas de Trabalho a Quente: MG50 - Uddeholm Orvar Supreme," [Online]. Available: <https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-para-ferramentas-de-trabalho-a-quente/mg50-.html>. [Acedido em 15 janeiro 2020].

ANEXOS

7 ANEXOS

7.1 ANEXO 1

Este capítulo é relativo à recolha de dados. Na Tabela 73 são apresentados e localizados todos estes tópicos.

Tabela 73 - Localização das informações relativas a recolha de dados no ANEXO 1

Denominação	Conteúdo
Anexo 1.1	Informações Relativas às Requisições em Armazém – <i>MAC/MAPEX</i>
Anexo 1.2	Informações relativas às ordens de trabalho – <i>MAC/MAPEX</i>
Anexo 1.3	Informações relativas ao Controlo de Produção – <i>Citrix</i>
Anexo 1.4	Categorização de Ordens de Trabalho
Anexo 1.4.1	Categorização por Sistema
Anexo 1.4.2	Categorização por Conjunto
Anexo 1.4.3	Categorização por Grupo

7.1.1 ANEXO 1.1

Obra	Data	Requisitante	Código do Componente	Descrição do Componente	Código da Máquina	Designação da Máquina
295196	02/01/2019	JULIO	4449000013	SENSOR M12 CAPACITIVO KF5001(2601010)	LM9913010C	Brose Jeep 520 Lock
295195	02/01/2019	VITOR	9100000181	Bicos para Resistência de 270W	IZS_000539	ZAMAK 1#INJ GERAL IZS_000539
295200	02/01/2019	FERNANDO	4176000063	RELE FINDER 34.51.7.012.0010 12V DC 6 AM	IPM_00009F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00009F Nº2
295201	02/01/2019	TIAGO	9820000044	LAMINA PMDLAM0066	MCAG00004F	MAQUINA CORTAR ARAME DORCA2 MCAG00004F
295200	02/01/2019	FERNANDO	4176000053	RELE DE SEG. PNOZ X7 24V DC	IPM_00009F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00009F Nº2
295205	02/01/2019	EMANUEL	9700000166	AGULHA PMDAGU0037 (MP3109001C)	MP0913001F	12229590_091VW350L1(GOLF.AVIÃO 1º)
295206	02/01/2019	AVELINO	9700000066	BICO INJECCÃO PLÁSTICO PMDBIC0016	IPF_000587	MAQUINA INJECCAO FISER Nº3 IPF_000587
295195	02/01/2019	VITOR	4513000129	RESISTENCIA BICO TIPO J (TC 7940316)	IZS_000539	ZAMAK 1#INJ GERAL IZS_000539
295195	02/01/2019	VITOR	9100000206	CASQUILHO EXT PMDCAS0081	IZS_000539	ZAMAK 1#INJ GERAL IZS_000539
295195	02/01/2019	VITOR	9100000207	CASQUILHO INT PMDCAS0080	IZS_000539	ZAMAK 1#INJ GERAL IZS_000539
295195	02/01/2019	VITOR	4152000064	MIOLO MACHO 5 PINOS 09200042611	IZS_000539	ZAMAK 1#INJ GERAL IZS_000539
295210	02/01/2019	JULIO	9820000155	ELECTRODO PMDELE0027_1.5	LM4413003C	Linha mont Klekert Ford Transit auxiliar
295195	02/01/2019	VITOR	4141000022	FUSIVEL 10X38 500V 2A	IZS_000539	ZAMAK 1#INJ GERAL IZS_000539
295200	02/01/2019	FERNANDO	4176000060	RELE RSS113024 406012 24VDC IC C6A	IPM_00009F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00009F Nº2
295195	02/01/2019	VITOR	4449000030	SENSOR M8 NO S/CABO IE5287 (150387)	IZS_000539	ZAMAK 1#INJ GERAL IZS_000539
295216	02/01/2019	HELDER	9820000152	ELECTRODO PMDELE0045 (ital)1.25	LM0980007F	Linha Mont. CAPOT duplos 270/216 VW/SEAT
295232	02/01/2019	Heider	3100000081	MGPL16-10	LM9916015F	Linha montagem ELEV.JANELA BANJOS II
295233	02/01/2019	Fabio	6115000004	BOMBA DA MASSA PNEUMATICA	LM0913012F	Linha Montagem cabo porta VW MQB1
295234	02/01/2019	Eduardo	4449000030	SENSOR M8 NO C/CABO IE5072 (4602040)	MCAG00008F	MAQ. CORTAR ARAME MCAG00008F (INOVMAC)
295239	02/01/2019	Fernando	4335000002	FONTE DE ALIMENTAÇÃO 10A WEIDMULLER 24V	IPM_00001F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00001F Nº15
295231	02/01/2019	Ze	4416000043	SONDA TERMOP CAMARA PLST.UA1A 30200700	MP3600004C	12236047_23XC519XL1 (BABYPLAST)
295218	02/01/2019	Vitor	3200000084	OSL-B-1/8-8-20 FESTO 130928/PL 08G01	IZS_00014F	ZAMAK IZS_00014F (CV2)
295255	02/01/2019	Duarte	9900000022	MOLA Nº31	LM8428001F	Linha montagem Suspension Mat-CRH 1ª
295255	02/01/2019	Duarte	3200000262	GRLA-1/4-OS-6-RS-D 534338/NSE 06G02-O	LM8428001F	Linha montagem Suspension Mat-CRH 1ª
295268	02/01/2019	Fabio	3200000095	OSL-B-1/4-8-20 FESTO 130931/PL 08G02	LM6613005F	Linha montagem GM AUTOMATICA IV - INT.
295270	02/01/2019	Heider	9700000025	AGULHA PMPUN0075 (MP5413001F)	MP5413001F	MOLDE INJ.PLASTICO (MAGNA A6/A8)
295274	02/01/2019	Amaral	9801210003	LM9913008C JEEP 520 EXI PMDLAM0226	LM9913007C	Brose Jeep 520 interiores/Lock
295274	02/01/2019	Amaral	9801110002	LM2613002C INTEVA RG3 PMDLAM0232	LM9913007C	Brose Jeep 520 interiores/Lock
295276	02/01/2019	Ricardo	4449000061	CABO M/F M8 3PINOS 541346 0.5MM (8054369	LM9916013F	Linha montagem ELEV.JANELA BANJOS I
295277	02/01/2019	Fabio	3200000084	OSL-B-1/8-8-20 FESTO 130928/PL 08G01	LM6613008F	Linha montagem GM AUTOMATICA V - INT.
295278	02/01/2019	Fabio	9820000098	LAMINA PMDLAM0038	LM4413002C	Linha mont Klekert Ford Transit Exterior
295283	02/01/2019	Ricardo	3100000144	CO2B12-J2948-10	LM4413005F	Linha Montagem KIEKERT INTERIORES B479
295280	02/01/2019	Ricardo	4449000026	SENSOR M5 NO S/CABO PNP IY5036	LM0980006F	Linha Montagem CAPOT 270/216 VW/SEAT
295283	02/01/2019	Ricardo	9800380034	LM9916011/13/15/17/18F_El.Jan PMDFER0161	LM9916018F	Linha de montagem ELEV.JANELA CD391
295283	02/01/2019	Ricardo	9800380035	LM9916011/13/15/17/18F_El.Jan PMDFER0162	LM9916018F	Linha de montagem ELEV.JANELA CD391
295294	02/01/2019	Cesar	9100000035	PARAFUSO C/CILINDRICA SEXT.INT. M10X220	IZS_000539	ZAMAK 1#INJ GERAL IZS_000539
295295	02/01/2019	Fabio	3200000083	OSL-B-1/8-6-20 FESTO 130927/PL 06G01	LM6613005F	Linha montagem GM AUTOMATICA IV - INT.
295295	02/01/2019	Acerto	3200000083	OSL-B-1/8-6-20 FESTO 130927/PL 06G01	LM6613005F	Linha montagem GM AUTOMATICA IV - INT.
295287	02/01/2019	Acerto	9100000025	MOLA PRESSOSTATO Nº34 5.3-7-14.4-0.5MM	IPM_00003F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00003F Nº13
295287	02/01/2019	Acerto	9100000024	MOLA Nº35 BATENITE FLOR 2.3-26-23-0.25MM	IPM_00003F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00003F Nº13
295287	02/01/2019	Acerto	9100000023	MOLA Nº33 MECANISMO FLOR 7-49+ASAS-1.3	IPM_00003F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00003F Nº13
295287	02/01/2019	Heilo	9100000108	ANILHA USIT 10.7X16.0X1.5(1/4bsp)	IPM_00003F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00003F Nº13
295287	02/01/2019	Heilo	9100000121	CASQUILHO DUPL0 MACHO 1/4 BOMBA MASSA	IPM_00003F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00003F Nº13
295287	02/01/2019	Heilo	9100000216	AUMENTO FEMEA 1/4 X 1/4	IPM_00003F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00003F Nº13
295287	02/01/2019	Acerto	9600070072	Latour / Numac PMPROL0044	IPM_00002F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00002F Nº11
295323	02/01/2019	Mario	4152000078	CABO P/ CONTROLADOR TEMPPERATURA MOLDE	LM6613008F	Linha montagem GM AUTOMATICA V - INT.
295332	03/01/2019	Fabio	9100000036	EXTRACTOR TCT 1.5X30		

7.1.2 ANEXO 1.2

Obra	Data	Descrição do Problema	Descrição do Trabalho	Responsável	Tempo de Intervenção	Tempo de Imobilização	Código da Máquina	Designação da Máquina
295254	02/01/2019	Montagem de veio do distribuidor	p-montagem do veio do distribuidor c-foi para reparar r-montar veio mas máquina não ficou a trabalhar peças não ficaram bem reparadas	Magalhães	4,00	0,00	DLAR00003F	DISPOSITIVO LAMINAR ARAME DLAR00003F
295214	02/01/2019	Correia a sair e máquina a falhar	p-correia a saltar de polia do motor e máquina a falhar o corte c-motor desaperçado e célula desafinada r-reapertar motor, afinar célula e acompanhar produção	Magalhães	1,50	1,58	EXP_00003F	EXTRUSORA PERIPLAST EXP_00003F
295208	02/01/2019	Arrasto da máquina de corte preso	p-arrasto preso c-desalinhamentos e desafinações r-alinhar arrasto e afinações	Magalhães	1,42	1,47	EXS_000004	EXTRUSORA MATEU&SOLE EXS_000004
295299	02/01/2019	Máquina a queimar espiral	problema: máquina queima discos causa: discos cirzentos resolução: adaptar patela do disco para discos vermelhos	MIL	1,50	0,00	EXS_000004	EXTRUSORA MATEU&SOLE EXS_000004
295306	02/01/2019	Máquina corte cabo mecânico	problema: máquina bate duas vezes causa: tubos pneumáticos com pouco caudal resolução: trocar tubos e válvula com desgaste	Mil	2,00	0,00	F04Z0905	T01655 FIAES
295247	02/01/2019	Rodas do compensador danificadas	p- rodas com canais muito desgastados foi pedido a mão para retificar as rodas	P.Dias	1,00	0,00	FEDP00001F	FABRICO ESPIRAL DUPLO PERFIL FEDP00001F
295303	02/01/2019	Reparação de cabeça	reparação de cabeça por rolamentos novos e respectivas pistas (cabeça para ficar em stock caso seja necessária)	Filipe	1,25	0,00	FET_000606	FAB. ESPIRAL NORMAL (chinesa)FET_000606
295275	02/01/2019	Avaria Mecânica	Problema: máquina a desentinar arame causa: desconhecida resolução: abrir tampas verificar e esticar correias, substituir correia da embraiagem, limpar e Validar. OK	Hugo Vilaça	1,00	3,97	FET_000612	FAB. ESPIRAL TAMBOR(chinesa)FET_000612
295289	02/01/2019	Rosca da cabeça danificada	problema-feira nao aperta causa-roscais moidas solucao-atundar furo e passar machos para afundar e avivar rosca	Filipe	1,00	1,18	FET_000615	FAB. ESPIRAL TAMBOR(chinesa)FET_000615
295245	02/01/2019	Avaria Mecânica	p- máquina faz espiral nao conforme c- embraiagem desafinada e presa r- limpar e afinar embraiagem	P.Dias	0,75	3,55	FET_000617	FAB. ESPIRAL TAMBOR(chinesa)FET_000617
295288	02/01/2019	Botão da grua não trabalha	problema: grua não trabalha causa: fusível queimado + linha partida resolução: reparar linha partida + substituir fusível	Hugo Vilaça	0,75	0,78	FET_000617	FAB. ESPIRAL TAMBOR(chinesa)FET_000617
295284	02/01/2019	Erros múltiplos - Não faz movimentos	p - erro porta de segurança r - reparar ligações do sensor da porta	Carlos	1,47	1,47	IPM_00022F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00022F Nº20
295317	02/01/2019	Temperatura do fuso em erro	Problema: erro nas temperaturas Causa: desconhecida Resolução: retificar ligações temperatura zona do bico	Paulo Silva	0,25	0,50	IPM_00023F	MAQ INJECCAO MULTIPLAS IPM00023F Nº19
295267	02/01/2019	Fuga plástico (analisar) UAP 4	Entre bico e anelar	Carlos	0,58	2,45	IPM_00004F	MAQUINA INJECCAO PLASTICO TAYUN4
295218	02/01/2019	Mecanismo da flor	Problema - falta do mecanismo da flor(encravado) Causa - gilos presos no interior do mecanismo Resolução - retirar gilos, substituir rolete e afinar foi também substituído um acessório do tubo da água(furado)	V.Lopes	2,17	4,23	IZS_00014F	ZAMAK IZS_00014F (CV2)
295318	02/01/2019	Cabo trilhado no transfer	problema: Cabo trilhado no transfer causa: transfer desafinado resolução: afinar transfer	joel	0,33	3,92	IZS_00029F	ZAMAK ROBocop IZS_00029F

7.1.3 ANEXO 1.3

Tipologia	Referência	Descrição	Turno	Peça OK	Peça NOK	Data
LM-16 E JAN KL	121912338C01D04	EMB-CABO REGULADOR JANELA KL	2	1520	0	14/01/2019
LM-16 E JAN KL	121912338C01D04	EMB-CABO REGULADOR JANELA KL	3	380	0	14/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121CA07338	1 CABO NOK - 1M CA75G00151	3	0	40	14/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121TC116338	1 TERMINAL CABO 1 NOK DANIFICA	3	0	20	14/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121TC216338	1 TERMINAL CABO 2 NOK DANIFICA	3	0	20	14/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q912QOK00335	3 QUALIDADE	3	0	5	14/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q912QOK00338	3 QUALIDADE	3	0	5	14/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	121912118C07C04	EMB-CABO REGULADOR JANELA	1	3000	0	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	121912118C07C04	EMB-CABO REGULADOR JANELA	2	3000	0	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	Q91211C16118	1 TERMINAL DE CABO 1 NOK	2	0	40	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	Q91212C16118	1 TERMINAL DE CABO 2 NOK	2	0	45	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	Q9121CA07118	1 CABO NOK - 1M(CABO DANIFICAD	2	0	7	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	Q912FPF14118	2 PF COTA DE SAIDA NOK	2	0	5	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	Q912QOK00118	3 OK 1ª PEÇA	2	0	3	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	121912116C01F06	EMB-CABO REGULADOR JANELA	3	250	0	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	Q9121CA07118	1 CABO NOK - 1M(CABO DANIFICAD	3	0	8	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	Q912FPF23118	2 PF ESFORÇO TRACÇÃO NOK	3	0	10	15/01/2019
LM-16 E JAN CD 391	Q912QOK00118	3 OK 1ª PEÇA	3	0	3	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 1	121912117C07D05	EMB-CABO REGULADOR JANELA	1	190	0	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 1	121912117C07D05	EMB-CABO REGULADOR JANELA	2	1330	0	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 1	Q91221C16117	2 TERMINAL DE CABO1 NOK	3	0	30	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 1	Q91222C16117	2 TERMINAL DE CABO2 NOK	3	0	35	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 1	Q9122CA07117	2 CABO NOK 1m	3	0	15	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 1	Q912FPF23117	3 PF ESFORÇO TRACÇÃO NOK	3	0	6	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 1	Q912FPF72117	3 PF CABO NAO APARADO DEPOIS	3	0	5	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 1	Q912QOK00117	4 QUALIDADE	3	0	3	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	121912116C01F06	EMB-CABO REGULADOR JANELA	1	2500	0	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q91212C16116	1 TERMINAL DE CABO 2 NOK	2	0	40	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q9121CA07116	1 CABO NOK	2	0	10	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q9121TE17116	1 TUBO ESPONJA DANIFICADO	2	0	90	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q912QOK00116	3 QUALIDADE	2	0	3	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	121912115C03D04	EMB-CABO REGULADOR JANELA	3	2400	0	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q91211C16115	1 TERMINAL DE CABO 1 NOK	3	0	10	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q91212C16115	1 TERMINAL DE CABO 2 NOK	3	0	10	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q9121CA07115	1 CABO NOK	3	0	15	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q912QOK00115	3 QUALIDADE	3	0	3	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 2	Q912QOK00116	3 QUALIDADE	3	0	3	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 3	121912119C07C04	EMB-CABO REGULADOR JANELA	2	795	0	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 3	Q91221C16119	2 TERMINAL DE CABO1 NOK	3	0	12	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 3	Q91222C16119	2 TERMINAL DE CABO2 NOK	3	0	7	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 3	Q9122CA07119	2 CABO NOK	3	0	20	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 3	Q912FPF14119	3 PF COTA DE SAIDA NOK	3	0	12	15/01/2019
LM-16 E JAN BANJ 3	Q912QOK00119	4 QUALIDADE	3	0	3	15/01/2019
LM-16 E JAN B 78	121912337C01D04	EMB-CABO REGULADOR JANELA KL	3	2340	0	15/01/2019
LM-16 E JAN B 78	Q912FPF14337	2 PF COTA DE SAIDA NOK	3	0	3	15/01/2019
LM-16 E JAN B 78	Q912FPF23337	2 PF ESFORÇO TRACÇÃO NOK	3	0	43	15/01/2019
LM-16 E JAN B 78	Q912QOK00337	3 QUALIDADE	3	0	5	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	121912338C01D04	EMB-CABO REGULADOR JANELA KL	1	2280	0	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	121912338C01D04	EMB-CABO REGULADOR JANELA KL	2	1900	0	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121CA07338	1 CABO NOK - 1M CA75G00151	2	0	8	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121TC116338	1 TERMINAL CABO 1 NOK DANIFICA	2	0	12	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121TC216338	1 TERMINAL CABO 2 NOK DANIFICA	2	0	10	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q912QOK00338	3 QUALIDADE	2	0	5	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121CA07338	1 CABO NOK - 1M CA75G00151	3	0	30	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121TC116338	1 TERMINAL CABO 1 NOK DANIFICA	3	0	20	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q9121TC216338	1 TERMINAL CABO 2 NOK DANIFICA	3	0	20	15/01/2019
LM-16 E JAN KL	Q912QOK00338	3 QUALIDADE	3	0	5	15/01/2019

7.1.4 ANEXO 1.4

7.1.4.1 ANEXO 1.4.1

Tabela 74 – Categorização completa de ordens de trabalho por sistema definido

Sistema	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Estação de Trabalho	1910	54%	1883	45,8%	2135	46,0%
Sistema de Injeção	1356	39%	1991	48,4%	2250	48,5%
Sistema de Encosto	99	3%	124,6	3,0%	107,1	2,3%
Afinação	148	4%	113,6	2,8%	151,4	3,3%

7.1.4.2 ANEXO 1.4.2

Tabela 75 – Categorização completa de ordens de trabalho por conjunto para a Estação de Trabalho

Conjunto	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Dispositivos de Preparação de Cabo	672	35,2%	769,68	40,9%	946,50	44,3%
Outros	452	23,7%	380,23	20,2%	363,53	17,0%
Transfer	185	9,7%	192,22	10,2%	230,90	10,8%
Mangueiras	180	9,4%	152,83	8,1%	143,99	6,7%
Painel de Controlo	100	5,2%	115,22	6,1%	127,18	6,0%
Proteções/Portas de Segurança	75	3,9%	49,10	2,6%	50,62	2,4%
Gitos	50	2,6%	35,47	1,9%	42,45	2,0%
Quadro Elétrico	49	2,6%	71,38	3,8%	92,48	4,3%
Botoneira	41	2,1%	23,32	1,2%	21,73	1,0%
Barra e Suporte	32	1,7%	18,58	1,0%	21,35	1,0%
Autómato	29	1,5%	36,35	1,9%	55,32	2,6%
Laser	27	1,4%	28,32	1,5%	25,92	1,2%
Câmara	18	0,9%	9,87	0,5%	12,75	0,6%

Tabela 76 - Categorização completa de ordens de trabalho por conjunto para o Sistema de Injeção

Conjunto	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Conjunto de Injeção	588	43,4%	1021,82	51,3%	1304,54	58,0%
Conjunto da Resistência	118	8,7%	159,30	8,0%	187,39	8,3%
Conjunto de Moldação	650	47,9%	810,17	40,7%	758,41	33,7%

Tabela 77 – Categorização completa de ordens de trabalho por conjunto para o Sistema de Encosto

Conjunto	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Mecanismo de Rotação	35	35,4%	68,72	55,2%	47,57	44,4%
Sistema de Acionamento da Rotação	64	64,6%	55,87	44,8%	59,55	55,6%

7.1.4.3 ANEXO 1.4.3

Tabela 78 - Categorização completa de ordens de trabalho por grupos para a Estação de Trabalho

Conjunto	Grupo	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Dispositivo de Preparação de Cabo	Mecanismo da Flor	332	49,4%	343,82	44,7%	447,10	47,2%
	Corte Elétrico	139	20,7%	238,18	30,9%	283,83	30,0%
	Outros	109	9,1%	58,55	7,6%	68,42	7,2%
	Mecanismo de Decapar	58	8,6%	60,97	7,9%	60,55	6,4%
	Mecanismo de Aparar	50	7,4%	38,15	5,0%	44,92	4,7%
	Mecanismo de Dobrar	32	4,8%	30,02	3,9%	41,68	4,4%
Mangueiras	Ar	86	47,8%	75,33	49,3%	77,85	54,1%
	Óleo	41	22,8%	34,55	22,6%	32,18	22,4%
	Água	39	21,7%	33,27	21,8%	27,99	19,4%
	Outros	13	7,8%	9,68	6,3%	5,97	4,1%
Painel de Controle	Parâmetros	71	71,0%	68,5	59,5%	69,02	54,3%
	Display	15	15,0%	22,22	19,3%	37,33	29,4%
	Outros	14	14,0%	24,5	21,3%	20,83	16,4%

Tabela 79 - Categorização completa de ordens de trabalho por grupos para o Conjunto de Injeção

Grupo	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
BIZ	262	44,6%	395,40	38,7%	528,78	40,5%
BIZ e Bomba	117	19,9%	315,98	30,9%	382,75	29,3%
BIZ e Resistência	80	13,6%	130,87	12,8%	177,32	13,6%
Panela	63	10,7%	77,78	7,6%	107,26	8,2%
Êmbolo	55	9,4%	81,15	7,9%	88,65	6,8%
Outros	11	1,9%	20,63	2,0%	19,78	1,5%

Tabela 80 - Categorização completa de ordens de trabalho por grupos para o Conjunto da Resistência

Grupo	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Resistência	66	55,9%	76,12	47,8%	88,74	47,4%
BIZ+Resistência	24	20,3%	50,23	31,5%	60,27	32,2%
Outros	22	18,6%	32,95	20,7%	38,38	20,5%

Tabela 81 - Categorização completa de ordens de trabalho por grupos para o Conjunto de Moldação

Grupo	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Molde	216	33,2%	255,28	31,5%	239,47	31,6%
Sistema de Extração	156	24,0%	180,50	22,3%	215,08	28,4%
Estrutura	85	13,1%	214,85	26,5%	104,57	13,8%
Veio de Fecho de Molde	77	11,8%	66,82	8,2%	89,15	11,8%
Outros	61	9,4%	57,30	7,1%	68,63	9,0%
Presoestado	55	8,5%	35,42	4,4%	41,51	5,5%

Tabela 82 - Categorização completa de ordens de trabalho por grupos para o Mecanismo de Rotação

Grupo	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Gitos	15	42,9%	9,47	13,8%	10,62	22,3%
Outros	20	57,1%	59,25	86,2%	36,95	77,7%

Tabela 83 - Categorização completa de ordens de trabalho por grupos para o Sistema de Encosto

Grupo	Ordens de Trabalho		Tempo de Intervenção		Tempo de Imobilização	
Cilindro	25	39,1%	24,48	43,8%	24,82	41,7%
Braço	8	12,5%	9,92	17,8%	10,02	16,8%
Outros	31	48,4%	21,47	38,4%	21,03	35,3%

7.2 ANEXO 2

Todas as fichas de dados com todas as especificações de todos os materiais de relevância para esta dissertação encontram-se na Tabela 84.

Tabela 84 - Localização das especificações dos materiais desta dissertação no ANEXO 2

Denominação	Conteúdo
ANEXO 2.1	Zamak 5
ANEXO 2.2	<i>Uddelholme Orvar® Supreme (MG50)</i>
ANEXO 2.2.1	Composição Química H13 <i>Standard</i> e H13 <i>Premium</i>
ANEXO 2.2.2	Certificados de Material
ANEXO 2.2.3	Identificação de Materiais por PMI
ANEXO 2.3	AISI 316
ANEXO 2.4	AMPCO®18
ANEXO 2.5	HSS No. 13343
ANEXO 2.6	<i>MOLYKOTE® Thread Paste</i>

7.2.1 ANEXO 2.1


CINKARNA

 Metalurško kemična industrija Celje, d.d.
 Kidričeva 26
 SI-3001 Celje
 Slovenija

 t 00386 (0)3 427 60 00
 f 00386 (0)3 427 63 73
 e info@cinkarna.si
 w www.cinkarna.si

Technical Data Sheet
ZAMAK 410 – Z5 EN 12844
Description

In Cinkarna we are also producing the zinc alloy ZAMAK.

Zamak has a low melting point, good casting properties, good strength, good handling conditions and possibility for galvanization.

Employment

For pressure casting: furniture gallantry, car industry, electro industry, fine mechanic and optic goods, etc.

Technical Data

Chemical composition:	
Al	3.7 – 4.3 %
Cu	0.7 – 1.2 %
Mg	0.025 – 0.06 %
Basic Zn	99.995 %
Properties:	
Tensile strength	330 Mpa
Stretch breaking point A	5 %
Hardness HB	92
Elastic module	85 Gpa
Spec. weight	6.7 kg / dm ³
Melting point	379 - 388°C

Packaging

Palettes a 1000 kg.

UDDEHOLM ORVAR SUPREME

Uddeholm Orvar Supreme can be regarded as an "all-round" steel used in several application areas. Except for hot work application areas the steel is also used in moulds for plastics and as a material in high stressed axles.

The high degree of purity and the very fine structure shows improvement in dies and components where high mechanical and thermal stresses are involved.

© UDDEHOLMS AB

No part of this publication may be reproduced or transmitted for commercial purposes without permission of the copyright holder.

This information is based on our present state of knowledge and is intended to provide general notes on our products and their uses. It should not therefore be construed as a warranty of specific properties of the products described or a warranty for fitness for a particular purpose.

Classified according to EU Directive 1999/45/EC

For further information see our "Material Safety Data Sheets".

Edition 8, Revised 09.2013, not printed

The latest revised edition of this brochure is the English version, which is always published on our web site www.uddeholm.com



SS-EN ISO 9001
SS-EN ISO 14001

General

Uddeholm Orvar Supreme is a chromium-molybdenum-vanadium-alloyed steel which is characterized by:

- High level of resistance to thermal shock and thermal fatigue
- Good high-temperature strength
- Excellent toughness and ductility **in all directions**
- Good machinability and polishability
- Excellent through-hardening properties
- Good dimensional stability during hardening

Typical analysis %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	0.39	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9
Standard specification	Premium AISI H13, W.-Nr. 1.2344					
Delivery condition	Soft annealed to approx. 180 HB					
Colour code	Orange					

Improved tooling performance

The name "Supreme" implies that by special processing techniques and close control, the steel attains high purity and a very fine structure. Further, Uddeholm Orvar Supreme shows significant improvements in isotropic properties compared to conventionally produced AISI H 13 grades.

These improved isotropic properties are particularly valuable for tooling subjected to high mechanical and thermal fatigue stresses, e.g. die casting dies, forging tools and extrusion tooling. In practical terms, tools may be used at somewhat higher working hardnesses (+1 to 2 HRC) without loss of toughness. Since increased hardness slows down the formation of heatchecking cracks, improved tool performance can be expected.

Uddeholm Orvar Supreme meets the North American Die Casting Association (NADCA) #207-2008 for **premium** high quality H-13 die steel.

Applications

Tools for die casting

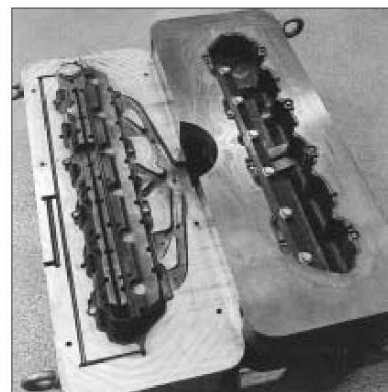
Part	Tin, lead zinc alloys HRC	Aluminium, magnesium alloys, HRC	Copper alloys HRC
Dies	46–50	42–48	(QRO 90 S)
Fixed inserts	46–52	44–48	(QRO 90 S)
cores	48–52	46–48	(QRO 90 S)
Sprue parts	35–42	42–48	(QRO 90 S)
Nozzles	46–50	46–50	46–50
Ejector pins (nitrided)	42–46	42–48	(QRO 90 S)
Plunger, shot-sleeve (normally nitrided)			
Austenitizing temperature	1020–1030°C (1870–1885°F)		1040–1050°C (1900–1920°F)

Tools for extrusion

Part	Aluminium, magnesium alloys, HRC	Copper alloys HRC	Stainless steel HRC
Dies	44–50	43–47	45–50
Backers, die-holders, liners, dummy blocks, stems	41–50	40–48	40–48
Austenitizing temperature (approx.)	1020–1030°C (1870–1885°F)		1040–1050°C (1900–1920°F)

Tools for hot pressing

Material	Aust. temp. (approx.)	HRC
Aluminium, magnesium	1020–1030°C (1870–1885°F)	44–52
Copper alloys	1040–1050°C (1900–1920°F)	44–52
Steel	1040–1050°C (1900–1920°F)	40–50



UDDEHOLM ORVAR SUPREME

Moulds for plastics

Part	Austenitizing temp.	HRC
Injection moulds Compression/ transfer moulds	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 1. \approx 550°C (1020°F) or 2. 250°C (480°F)	40–52 50–53

Other applications

Application	Austenitizing temp.	HRC
Severe cold punching, scrap shears	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 250°C (480°F)	50–53
Hot shearing	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 1. 250°C (480°F) or 2. 575–600°C (1070–1110°F)	50–53 45–50
Shrink rings (e.g. for cemented carbide dies)	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 575–600°C (1070–1110°F)	45–50
Wear- resisting parts	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 575°C (1070°F) Nitriding	Core 50–52 Surface \sim 1000HV ₁

Properties

All specimens are taken from the centre of a 407 x 127 mm (16" x 5") bar. Unless otherwise is indicated all specimens were hardened 30 minutes at 1025°C (1875°F), quenched in air and tempered 2 + 2 h at 610°C (1130°F). The hardness were 45 \pm 1 HRC.

Physical data

Data at room and elevated temperatures.

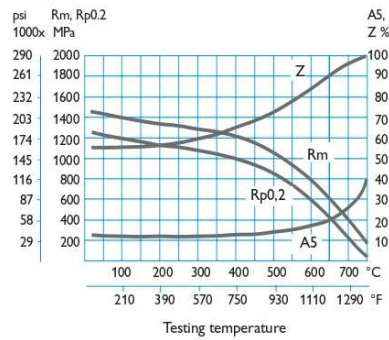
Temperature	20°C (68°F)	400°C (750°F)	600°C (1110°F)
Density kg/m ³ lbs/in ³	7 800 0.281	7 700 0.277	7 600 0.274
Modulus of elasticity MPa psi	210 000 30.5 x 10 ⁶	180 000 26.1 x 10 ⁶	140 000 20.3 x 10 ⁶
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C °F from 68°F	– –	12.6 x 10 ⁻⁶ 7.0 x 10 ⁻⁶	13.2 x 10 ⁻⁶ 7.3 x 10 ⁻⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in/(ft ² h°F)	25 176	29 204	30 211

Mechanical properties

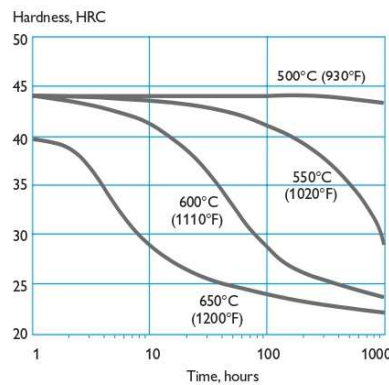
Approximate tensile strength at room temperature.

Hardness	52 HRC	45 HRC
Tensile strength R _m	1820 MPa 185 kp/mm ² 117 tsi 263 000 psi	1420 MPa 145 kp/mm ² 92 tsi 206 000 psi
Yield strength R _{p0.2}	1520 MPa 155 kp/mm ² 98 tsi 220 000 psi	1280 MPa 130 kp/mm ² 83 tsi 185 000 psi

APPROXIMATE STRENGTH AT ELEVATED TEMPERATURES
Longitudinal direction.

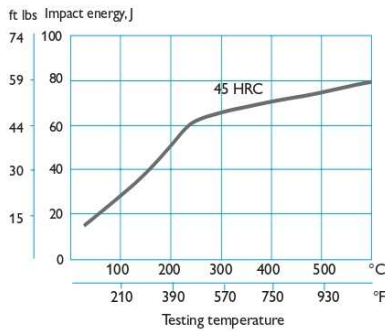


EFFECT OF TIME AT HIGH TEMPERATURES ON HARDNESS



EFFECT OF TESTING TEMPERATURE ON IMPACT ENERGY

Charpy V specimens, short transverse direction.



Stress relieving

After rough machining the tool should be heated through to 650°C (1200°F), holding time 2 hours. Cool slowly to 500°C (930°F), then freely in air.

Hardening

Pre-heating temperature: 600–850°C (1110–1560°F), normally in two pre-heating steps.
Austenitizing temperature: 1020–1050°C (1870–1920°F), normally 1020–1030°C (1870–1885°F).

Temperature °C	Temperature °F	Soaking* time minutes	Hardness before tempering
1025	1875	30	53±2 HRC
1050	1920	15	54±2 HRC

* Soaking time = time at hardening temperature after the tool is fully heated through

Heat treatment—general recommendations

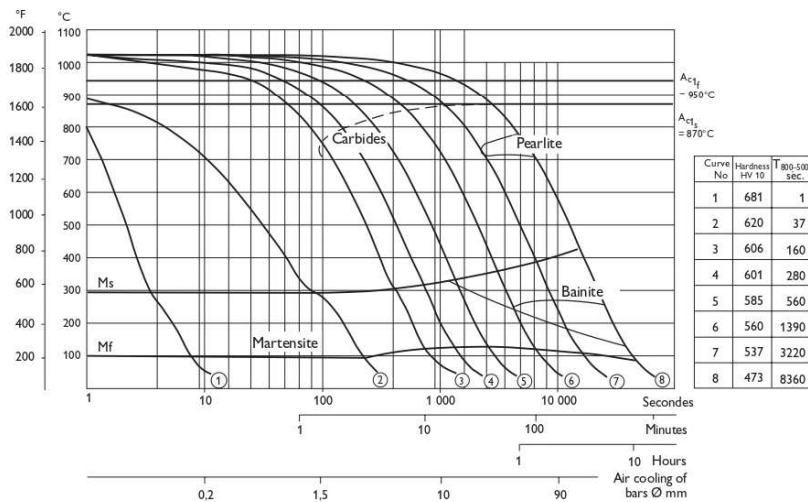
Soft annealing

Protect the steel and heat through to 850°C (1560°F). Then cool in the furnace at 10°C (20°F) per hour to 650°C (1200°F), then freely in air.

Protect the part against decarburization and oxidation during hardening.

CCT GRAPH

Austenitizing temperature 1020°C (1870°F). Holding time 30 minutes.

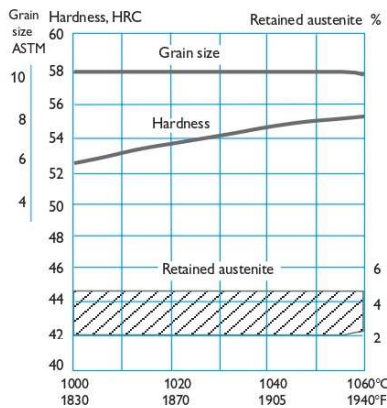


Quenching media

- High speed gas/circulating atmosphere
- Vacuum (high speed gas with sufficient positive pressure). An interrupted quench is recommended where distortion control and quench cracking are a concern
- Martempering bath or fluidized bed at 450–550°C (840–1020°F), then cool in air
- Martempering bath or fluidized bed at approx. 180–220°C (360–430°F) then cool in air
- Warm oil

Note 1: Temper the tool as soon as its temperature reaches 50–70°C (120–160°F).
Note 2: In order to obtain the optimum properties for the tool, the cooling rate should be fast, but not at a level that gives excessive distortion or cracks.

HARDNESS, GRAIN SIZE AND RETAINED AUSTENITE AS FUNCTIONS OF AUSTENITIZING TEMPERATURE

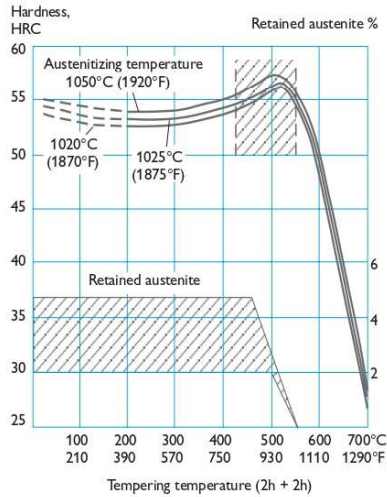


Tempering

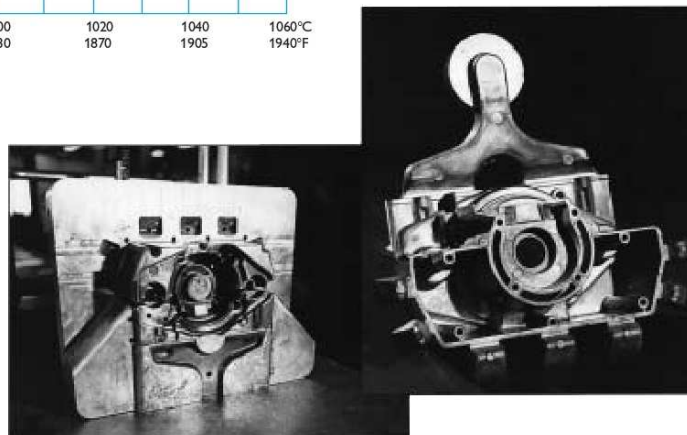
Choose the tempering temperature according to the hardness required by reference to the tempering graph. Temper minimum twice with intermediate cooling to room temperature. Lowest tempering temperature 250°C (480°F). Holding time at temperature minimum 2 h.

To avoid “temper brittleness”, do not temper in the range 425–550°C (800–1020°F), see graph.

TEMPERING GRAPH

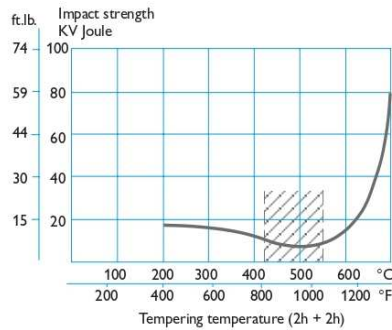


Above tempering curves are obtained after heat treatment of samples with a size of 15 x 15 x 40 mm, cooling in forced air. Lower hardness can be expected after heat treatment of tools and dies due to factors like actual tool size and heat treatment parameters.



APPROXIMATE IMPACT STRENGTH AT DIFFERENT TEMPERING TEMPERATURES

Charpy V specimens, short transverse direction.



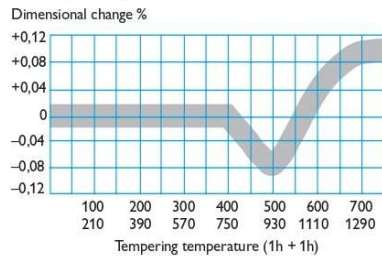
Tempering within the range 425–550°C (800–1020°F) is normally not recommended due to the reduction in toughness properties.

Dimensional changes during hardening

Sample plate, 100 x 100 x 25 mm, 4" x 4" x 1".

	Width %	Length %	Thickness %
Oil hardened from 1020°C (1870°F)	Min. -0.08	-0.06	±0
	Max. -0.15	-0.16	+0.30
Air hardened from 1020°C (1870°F)	Min. -0.02	-0.05	±0
	Max. +0.03	+0.02	+0.05
Vac hardened from 1020°C (1870°F)	Min. +0.01	-0.02	+0.08
	Max. +0.02	-0.04	+0.12

Dimensional changes during tempering



Note: The dimensional changes in hardening and tempering should be added.

Nitriding and nitrocarburizing

Nitriding and nitrocarburizing result in a hard surface layer which is very resistant to wear and erosion. The nitrided layer is, however, brittle and may crack or spall when exposed to mechanical or thermal shock, the risk increasing with layer thickness. Before nitriding, the tool should be hardened and tempered at a temperature at least 25–50°C (45–90°F) above the nitriding temperature.

Nitriding in ammonia gas at 510°C (950°F) or plasma nitriding in a 75% hydrogen/25% nitrogen mixture at 480°C (895°F) both result in a surface hardness of about 1100 HV_{0.2}. In general, plasma nitriding is the preferred method because of better control over nitrogen potential; in particular, formation of the so-called white layer, which is not recommended for hot-work service, can readily be avoided. However, careful gas nitriding can give perfectly acceptable results.

Uddeholm Orvar Supreme can also be nitrocarburized in either gas or salt bath. The surface hardness after nitrocarburizing is 900–1000 HV_{0.2}.

DEPTH OF NITRIDING

Process	Time	Depth	
		mm	inch
Gas nitriding at 510°C (950°F)	10 h	0.12	0.0047
	30 h	0.20	0.0079
Plasma nitriding at 480°C (895°F)	10 h	0.12	0.0047
	30 h	0.18	0.0071
Nitrocarburizing			
	- in gas at 580°C (1075°F)	2.5 h	0.11
- in salt bath at 580°C (1075°F)	1 h	0.06	0.0024

Nitriding to case depths >0.3 mm (>0.012 inch) is not recommended for hot work applications.

Uddeholm Orvar Supreme can be nitrided in the soft-annealed condition. The hardness and depth of case will, however, be reduced somewhat in this case.

Machining recommendations

The cutting data below are to be considered as guiding values, which must be adapted to existing local conditions.

More information can be found in the Uddeholm publication "Cutting data recommendation".

Turning

Cutting data parameters	Turning with carbide		Turning with high speed steel
	Rough turning	Fine turning	Fine turning
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	200–250 660–820	250–300 820–985	25–30 82–100
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.2–0.4 0.008–0.016	0.05–0.2 0.002–0.008	0.05–0.3 0.002–0.012
Depth of cut (a_p) mm inch	2–4 0.08–0.16	0.5–2 0.02–0.08	0.5–2 0.02–0.08
Carbide designation ISO	P20–P30 Coated carbide	P10 Coated carbide or cermet	–

Drilling

HIGH SPEED STEEL TWIST DRILL

Drill diameter		Cutting speed, v_c		Feed, f	
mm	inch	m/min	f.p.m.	mm/r	i.p.r.
– 5	– 3/16	16–18*	52–59*	0.05–0.15	0.002–0.006
5–10	3/16–3/8	16–18*	52–59*	0.15–0.20	0.006–0.008
10–15	3/8–5/8	16–18*	52–59*	0.20–0.25	0.008–0.010
15–20	5/8–3/4	16–18*	52–59*	0.25–0.35	0.010–0.014

* For coated high speed steel drill $v_c = 28–30$ m/min (92–98 f.p.m.)

CARBIDE DRILL

Cutting data parameters	Type of drill		
	Indexable insert	Solid carbide	Carbide tip ¹⁾
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	220–240 720–785	130–160 425–525	80–110 260–360
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.03–0.12 ²⁾ 0.001–0.005 ³⁾	0.08–0.20 ³⁾ 0.003–0.008 ³⁾	0.15–0.25 ⁴⁾ 0.006–0.010 ⁴⁾

¹⁾ Drill with replaceable or brazed carbide tip

²⁾ Feed rate for drill diameter 20–40 mm (0.8"–1.6")

³⁾ Feed rate for drill diameter 5–20 mm (0.2"–0.8")

⁴⁾ Feed rate for drill diameter 10–20 mm (0.4"–0.8")

Milling

FACE AND SQUARE SHOULDER MILLING

Cutting data parameters	Milling with carbide	
	Rough milling	Fine milling
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	180–260 590–850	260–300 850–985
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0.2–0.4 0.008–0.016	0.1–0.2 0.004–0.008
Depth of cut (a_p) mm inch	2–5 0.08–0.20	–2 –0.08
Carbide designation ISO	P20–P40 Coated carbide	P10–P20 Coated carbide or cermet

END MILLING

Cutting data parameters	Type of end mill		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	160–200 525–660	170–230 560–755	35–40 ¹⁾ 115–130 ¹⁾
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0.03–0.20 ²⁾ 0.001–0.008 ²⁾	0.08–0.20 ²⁾ 0.003–0.008 ²⁾	0.05–0.35 ²⁾ 0.002–0.014 ²⁾
Carbide designation ISO	–	P20, P30	–

¹⁾ For coated high speed steel end mill $v_c = 55–60$ m/min (180–195 f.p.m.)

²⁾ Depending on radial depth of cut and cutter diameter

Grinding

A general grinding wheel recommendation is given below. More information can be found in the Uddeholm brochure "Grinding of Tool Steel" and can also be obtained from the grinding wheel manufacturer.

WHEEL RECOMMENDATION

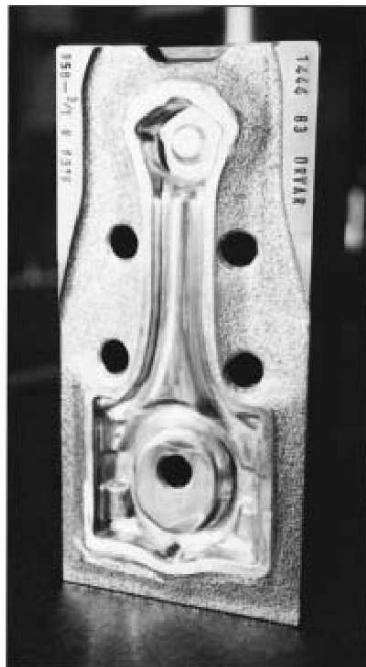
Type of grinding	Soft annealed condition	Hardened condition
Face grinding straight wheel	A 46 HV	A 46 HV
Face grinding segments	A 24 GV	A 36 GV
Cylindrical grinding	A 46 LV	A 60 KV
Internal grinding	A 46 JV	A 60 IV
Profile grinding	A 100 KV	A 120 KV

Welding

Welding of tool steel can be performed with good results if proper precautions are taken regarding elevated temperature, joint preparation, choice of consumables and welding procedure.

Welding method	TIG	MMA
Working temperature	325–375°C 620–710°F	325–375°C 620–710°F
Filler metal	QRO 90 TIG-WELD DIEVAR TIG-WELD	QRO 90 WELD
Cooling rate	20–40°C/h (40–70°F/h) the first 2–3 h then freely in air.	
Hardness after welding	50–55 HRC	50–55 HRC
Heat treatment after welding		
Hardened condition	Temper at 10–20°C (20–40°F) below the original tempering temperature.	
Soft annealed condition	Soft-anneal the material at 850°C (1560°F) in protected atmosphere. Then cool in the furnace at 10°C (20°F) per hour to 650°C (1200°F) then freely in air.	

More detailed information can be found in the Uddeholm brochure “Welding of Tool Steel”.



Electrical-discharge machining

If spark-erosion is performed in the hardened and tempered condition, the white re-cast layer should be removed mechanically e.g. by grinding or stoning. The tool should then be given an additional temper at approx. 25°C (50°F) below the previous tempering temperature.

Hard-chromium plating

After plating, parts should be tempered at 180°C (360°F) for 4 hours within 4 hours of plating to avoid the risk of hydrogen embrittlement.

Polishing

Uddeholm Orvar Supreme has good polishability in the hardened and tempered condition because of a very homogeneous structure. This coupled with a low level of non metallic inclusions, due to ESR process, ensures good surface finish after polishing.

Note: Each steel grade has an optimum polishing time which largely depends on hardness and polishing technique. Overpolishing can lead to a poor surface finish, “orange peel” or pitting.

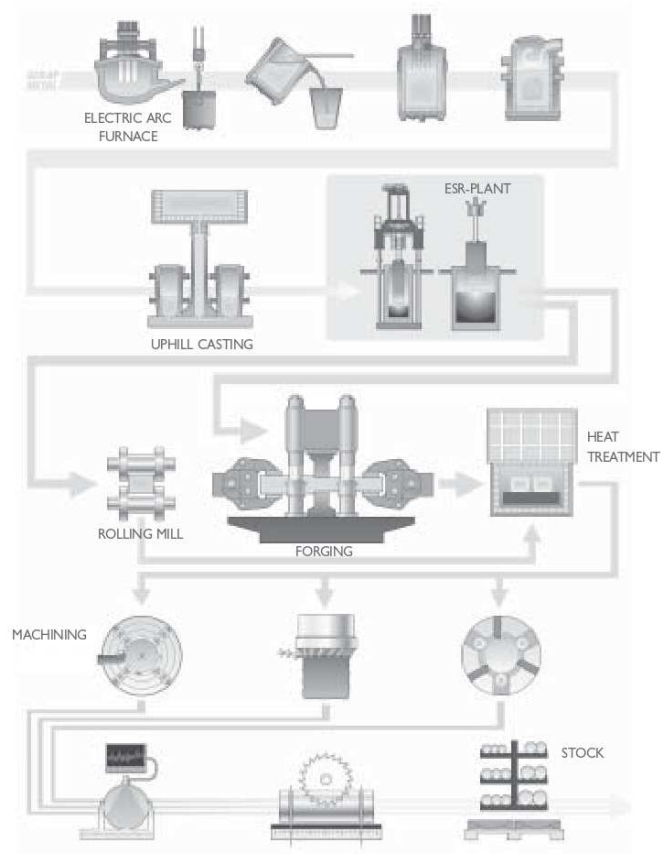
Further information is given in the Uddeholm publication “Polishing of mould steel”.

Photo-etching

Uddeholm Orvar Supreme is particularly suitable for texturing by the photo-etching method. Its high level of homogeneity and low sulphur content ensures accurate and consistent pattern reproduction.

Further information

Please contact your local Uddeholm office for further information on the selection, heat treatment, application and availability of Uddeholm tool steel.



The ESR Tool Steel Process

The starting material for our tool steel is carefully selected from high quality recyclable steel. Together with ferroalloys and slag formers, the recyclable steel is melted in an electric arc furnace. The molten steel is then tapped into a ladle.

The de-slagging unit removes oxygen-rich slag and after the de-oxidation, alloying and heating of the steel bath are carried out in the ladle furnace. Vacuum de-gassing removes elements such as hydrogen, nitrogen and sulphur.

ESR PLANT

In uphill casting the prepared moulds are filled with a controlled flow of molten steel from the ladle.

From this, the steel can go directly to our rolling mill or to the forging press, but also to our ESR furnace where our most sophisticated steel grades are melted once again in an electro slag remelting process. This is done by melting a consumable electrode immersed in an overheated slag bath. Controlled solidification in the steel bath results in an ingot of high homogeneity, thereby

removing macro segregation. Melting under a protective atmosphere gives an even better steel cleanliness.

HOT WORKING

From the ESR plant, the steel goes to the rolling mill or to our forging press to be formed into round or flat bars.

Prior to delivery all of the different bar materials are subjected to a heat treatment operation, either as soft annealing or hardening and tempering. These operations provide the steel with the right balance between hardness and toughness.

MACHINING

Before the material is finished and put into stock, we also rough machine the bar profiles to required size and exact tolerances. In the lathe machining of large dimensions, the steel bar rotates against a stationary cutting tool. In peeling of smaller dimensions, the cutting tools revolve around the bar.

To safeguard our quality and guarantee the integrity of the tool steel we perform both surface- and ultrasonic inspections on all bars. We then remove the bar ends and any defects found during the inspection.



Network of excellence

UDDEHOLM is present on every continent. This ensures you high-quality Swedish tool steel and local support wherever you are. ASSAB is our exclusive sales channel, representing Uddeholm in the Asia Pacific area. Together we secure our position as the world's leading supplier of tooling materials.



UDDEHOLM 81 2017

UDDEHOLM is the world's leading supplier of tooling materials. This is a position we have reached by improving our customers' everyday business. Long tradition combined with research and product development equips Uddeholm to solve any tooling problem that may arise. It is a challenging process, but the goal is clear – to be your number one partner and tool steel provider.

Our presence on every continent guarantees you the same high quality wherever you are. ASSAB is our exclusive sales channel, representing Uddeholm in the Asia Pacific area. Together we secure our position as the world's leading supplier of tooling materials. We act worldwide, so there is always an Uddeholm or ASSAB representative close at hand to give local advice and support. For us it is all a matter of trust – in long-term partnerships as well as in developing new products. Trust is something you earn, every day.

For more information, please visit www.uddeholm.com, www.assab.com or your local website.

UD
WOL
TRUST IS SOM
AUTOMOTIVE
SOMETHING YOU
TOUGHNESS STI
MATERIALS II
SOLVING WATER
STANDIN
RESULTS BI
CUSTOMER B
TRUST IS
STRENGTH IN
LEARNING BEI
INNOVATION
STRENGTH INNOVATION
WORLDWIDE PRE
SOMETHING YOU
PROBLEMS
THE WORLD
HONOR THE
QUALITY BI
COMMITMENT PART
KNOWLEDGE UJ
KNOWLEDGE
RELIABLE
OF EXCEL
AUTOMOTIVE A I
ECONOMY THE
TOTAL ECONOMY
EXCELLENCE TOUGHNESS
HARDNESS WORLDWIDE
TRUST IS SOMETHING
UNDERSTANDING MACHIN
RESULTS SOLVING PRO
ECONOMY THE WORLD
STRENGTH IN
TOUGHNESS STRENGTH I
MATERIALS PARTN
UNDERSTANDING MACHIN
TRUST RELIABILITY RESI
LASTING TOOLS TOTAL
YOU EARN EVERY DAY LI
OF THINKING HIGH TE
OF TOOLING MATERIALS G
INNOVATION KNOWLEDGE
STRENGTH INNOVATION KNOW
TRUST IS SOMETHING YOU EARN,
PROBLEMS AUTOMOTIVE



7.2.2.1 ANEXO 2.2.1

Comparação da composição química para aços de fabrico especial de variadas ligas de gamas de aços H13 [67]. Nomeadamente a comparação entre o Standard H13 Tool Steel AISI/UNS e Premium H13.

Table 1.4.1 Standard AISI/UNS chemical composition of H-13 steel and typical compositions of specially produced commercial grades of H13 steel available from specialty steel companies (Refs. 1-21)

H-13 Type	Mass %									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Cu	P	S
Standard H13 Tool Steel AISI/UNS (T20813)	0.32- 0.45	0.20- 0.50	0.80- 1.20	4.75- 5.50	0.30 max	1.10- 1.75	0.80- 1.20	0.25 max	0.03 max	0.03 max
H13 Tool Steel (Allegheny Ludlum)	0.37	--	1.00	5.00	--	1.35	1.00	--	--	--
Nu-Die V H13 (Crucible)	0.40	0.35	1.00	5.20	--	1.30	0.95	--	--	--
No. 883 (Red Tough) H13 (Carpenter)	0.41	0.35	1.00	5.35	--	1.40	0.90	--	--	--
LSS H13 (Latrobe Specialty Steel)	0.40	0.40	1.00	5.25	--	1.35	1.00	--	--	--
THYROTHERM 2344 EFS (ThyssenKrupp)	0.40	--	1.00	5.30	--	1.40	1.00	--	--	--
DH2F H13* (International Mold Steel)	0.32- 0.42	1.50	1.50	4.50- 5.50	--	1.00- 1.50	0.40- 1.20	--	--	--
Nu-Die XL** (Crucible)	0.40	--	1.00	5.20	--	1.30	0.95	--	--	0.003 max
LSS H13 PQ** (Latrobe Specialty Steel)	0.40	0.40	1.00	5.25	--	1.35	1.00	--	--	0.001
Premium H13** (International Mold Steel)	0.40	0.40	1.00	5.25	--	1.35	1.00	--	--	<0.03 max
THYROTHERM 2344 ESR MAGNUM** (ThyssenKrupp)	0.40	--	1.00	5.30	--	1.40	1.00	--	0.020 max	0.003 max
W302 SUPERIOR** (Bohler-Uddeholm)	0.39	0.40	1.10	5.20	--	1.40	0.95	--	--	0.003 max
ISOBLOC** (Bohler-Uddeholm)	0.39	0.40	1.10	5.20	--	1.40	0.95	--	--	0.003 max
THYROTHERM 2367 SUPRA ESR*** (ThyssenKrupp)	0.37	--	0.40	5.00	--	3.00	0.60	--	0.020 max	0.003 max
Extendo-Die*** (Carpenter)	0.44	0.45	1.00	6.00	--	1.90	0.80	--	--	0.005 max
Pyrotough 78*** (Carpenter)	0.40	0.45	1.00	4.45	--	2.05	0.80	--	--	0.005 max
CPM Nu-Die EZ**** (Crucible)	0.36	0.35	1.00	5.50	--	1.60	0.85	--	--	0.17
GM Powertrain Group (Spec. No. DC-9999-1)	0.37- 0.42	0.20- 0.50	0.80- 1.00	5.00- 5.50	--	1.20- 1.75	0.80- 1.20	--	0.020 max	0.003 max
FORD Advanced Manufacturing Technology Department (Spec. No. AMTD-DC2010)	-Specific to H13 steel supplier-									

* Modified H-13 steel grade.

** Premium grade of electro-slag remelted (ESR) or specially melted and refined H-13 steel.

*** Premium grade and modified AISI H13 steel.

**** Patented AISI H13 resulfurized steel made by Crucible particle metallurgy (CPM) process.

7.2.2.2 ANEXO 2.2.2

**STEEL
CASH** 

1.2344

Certificado da matéria

Composição em %

Carbono : 0.40 Vanádio : 1.00 Crómio : 5.10
 Molibdénio : 1.25 Silício : 1.05

Propriedades

Densidade : 7.85 - Módulo de YOUNG: 214 000 N/mm²

Coeficiente de dilatação térmica em °C : de + 20 a 100°C : 10.9 x
 10⁻⁶ de + 20 a 300°C : 11.6
 x 10⁻⁶ de + 20 a 500°C :
 12.9 x 10⁻⁶

Estado recozido, dureza Brinell 240 HB

Estado de entrega

Recozimento (dureza ≤ 240 HB)

Controlo ultra-sons de acordo com NFA 04305 classe C.

18/10/2019

Referencia Cliente :	NAVIO & SILVA
Destino :	AMOSTRAS
Medidas :Ø30 x 1000.....1XØ40 x 400.....1X

FCC F. Costa & Couto, Lda.

Comércio de aços especiais, ferros e metais
Rua da Costa, 166 Alto da Sapateira - 4785-534 Trofa Tlf.:252 428 625 Fax:252 428 624

METALSOLUTIONS HSEVEN, LDA
RUA DA COSTA
4785-507 TROFA

Det. 40608
F. COSTA & COUTO, LDA.
Comércio de Ferro, Ferros e Ferrometálicos
Cont: 504 536 249
Rua da Costa, 166 - Alto da Sapateira
4785 - 534 Trofa
Telf: 252 428 625 Fax: 252 428 624

Abnahmeprüfzeugnis 3.1 / Inspection certificate 3.1 / Certificat de reception 3.1 / Certificado de inspeção 3.1 - EN 10204	Datum / Date / Date / Data 24-08-2018
--	--

Bestell-Nr. / Order no. / Nº de commande / Nº. de encomenda 4449008217	Uns. Auftr.-Nr. / Our order no. / Notre n° de commande / Nosso nº. controle AB/27/20049185
---	---

Schmelzen-nr./ Cast no. / Nº de coulée / Nº. de vazamento 10044527	Gewicht / Weight / Poids / Kg 154	Erzeugnis / Product / Produit / Produto
---	--------------------------------------	---

Stahlsorte / Quality / Qualité / Qualidade X40CrMoV5-1	Lieferzustand / Supply cond. / État livraison/ Estado fornecimento	Werkstoff / Material / Matériel / Material 1. 2344
---	--	---

Abmessung / Dimension / Dimension / Dimensão Ø 21mm	Toleranz / Tolerance / Tolerance / Tolerância H13	Norm / Standard / Norme / Norma EN 10060
--	--	---

Chemische Zusammensetzung Schmelzenanalyse / Chemical composition cast analysis / Composition chimique de coulée / Análise de fundição de composição química (%)									
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Pb	Cu
0.38	1.06	0.44	0.017	0.007	5.1		1.29		
Ti	N	Al	V	W	B				
			0.93						

Mechanisch-technologische Kennwerte / Physical values / Valeurs physiques / Valores físicos									
Rp 0,2	Rm	A	Z	HB	HRC	HV	KV	KV	KV
Mpa	Mpa	%	%				J	J	J
				202					


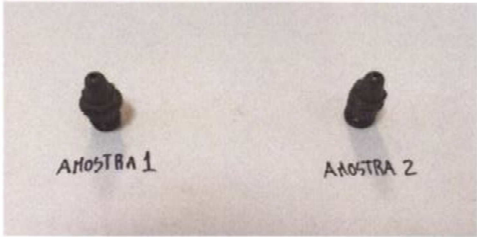


Bemerkungen / Remarks / Remarques / Observações

Das Zeugnis wurde maschinell erstellt und ist gemäß EN 10204 ohne Unterschrift rechtsverbindlich. Wir bestätigen dass die Daten mit dem Original übereinstimmen.
This certificate was generated by data system, acc. to EN 10204, it need not to be signed for validity. We confirm the data are true and correct as the original.
Ce certificat a été établi sur système informatique et est valable selon EN 10204 sans signature. Nous confirmons que l'information est en conformité avec l'original.
Este certificado foi elaborado em sistema informático seg. EN 10204 e é válido sem assinatura. Confirmamos que os dados estão conforme o original.

Transcrição do Certificado do Fabricante / Transcripción del Certificado del Fabricante

Rua da Costa, nº 166 ⇔ (Alto da Sapateira) ⇔ 4785-534 Trofa ⇔ Telef.: 252 428 625 ⇔ email: acos@fcc.maii.pt
Conservatória Registo Comercial da Trofa ⇔ Contribuinte 504 536 249 ⇔ Capital Social: 54 000,00€

7.2.2.3 ANEXO 2.2.3

		RELATÓRIO - IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS POR PMI POSITIVE MATERIAL IDENTIFICATION REPORT		Página 1 de 3 Page: 1 de 3	
Cliente: <i>Client:</i>	Metal Solutions H7- Rua da Costa, 95 4785-507 Trofa	Encomenda nº: <i>Order no:</i>	200421		
Local: <i>Place:</i>	AJL: 4760-485 Fradelos, V.N. de Famalicão	Nº Relatório: <i>Report no:</i>	200421.22.PMI.01		
Tipo de peça: <i>Part type:</i>	Peças Molde	Marca do equipamento: <i>Equipment mark:</i>	Thermo Scientific		
Fase da inspeção: <i>Inspection moment:</i>	Final	Modelo e Nº Série: <i>Model and serial N°:</i>	Niton XL2 Gold 980 SN 59782		
Desenhos aplicáveis: <i>Drawing no:</i>	---	Técnica de análise: <i>Analysis Mode:</i>	X-ray fluorescence		
Espessura do material: <i>Material Thickness:</i>	Variável	Liga espectável: <i>Expected Alloy:</i>	Ver certificado cliente		
Preparação superfície: <i>Surface condition:</i>	Superfície limpa	Unidades: <i>Units:</i>	%		
Meios auxiliares de inspeção: <i>Inspection auxiliaries:</i>	---	Intervalo de confiança: <i>Confidence range:</i>	2σ		
Instruções e Normas de referência: <i>Test instructions and reference standards:</i>		AJL PT09 ; ASTM E1476-04 (2014) ; ASTM E572-13			
Zona analisada (foto ou croqui): <i>Analyzed zone (photo or sketch):</i>					
Peças ensaiadas					
Resultados <i>Results</i>			Observações <i>Remarks</i>		
Aceitável para o critério estabelecido <i>Acceptable according to the criteria</i>			<input type="checkbox"/>		
Não aceitável para o critério estabelecido <i>Not acceptable according to the criteria</i>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Aceitável com registos <i>Acceptable with notes</i>			<input type="checkbox"/>		
Desvios consideráveis na percentagem de elementos presentes.					
OPERADOR <i>TECHNICIAN</i>		RESPONSÁVEL <i>RESPONSIBLE</i>		DATAS <i>DATES</i>	
NOME/NOME: DAVID MOREIRA 		NOME/NOME: DAVID MOREIRA 		Início: 14-07-2020 <i>Beginning:</i>	
Nº CERTIFICADO/CERT. TESTING LABORATORY AND SERVICES		Nº CERTIFICADO/CERT. TESTING LABORATORY AND SERVICES		Fim: 14-07-2020 <i>Closure:</i>	
CARGO/POSITION: Metallurgical Engineer		CARGO/POSITION: Metallurgical Engineer		Verificação: 14-07-2020 <i>Verification:</i>	
RÚBRICA E CARIMBO/SIGN&STAMP:		RÚBRICA E CARIMBO/SIGN&STAMP:			

Os resultados deste relatório referem-se exclusivamente aos itens ensaiados. Não é da responsabilidade da A. Jorgelima a seleção da amostragem. Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra, exceto quando haja autorização expressa da A. Jorgelima Lda.
 The results of this report refer exclusively to the items tested. The sampling was not A. Jorgelima's responsibility. This report can only be reproduced in full, except when there is proper authorization from A. Jorgelima Lda.

Mod.PQ10.13/03

Rua da Indústria Pav. 5, Lugar da Lage, Zona Industrial de Cogueiros 4760-485 V.N. Famalicão
 T. +351 252 103 444 | info@ajorgelima.com | formacao@ajorgelima.com | www.ajorgelima.com | www.iep.pt

		RELATÓRIO - IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS POR PMI <i>POSITIVE MATERIAL IDENTIFICATION REPORT</i>		Página 3 de 3 Page:	
Cliente: <i>Client:</i>	Metal Solutions H7- Rua da Costa, 95 4785-507 Trofa	Encomenda nº: <i>Order no:</i>	200421		
Local: <i>Place:</i>	AJL: 4760-485 Fradelos, V.N. de Famalicão	Nº Relatório: <i>Report no:</i>	200421.22.PMI.01		

Os resultados deste relatório referem-se exclusivamente aos itens ensaiados. Não é da responsabilidade da A.Jorgelima seleção da amostragem. Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra, exceto quando haja autorização expressa da A.Jorgelima.Lda.
 The results of this report refer exclusively to the items tested. The sampling was not A.Jorgelima's responsibility. This report can only be reproduced in full, except when there is proper authorization from A.Jorgelima.Lda.

Anexo I

Certificados de verificação

Annex I

PMI Certificates

OPERADOR <i>TECHNICIAN</i>	RESPONSÁVEL <i>RESPONSIBLE</i>	DATAS <i>DATES</i>
		
NOME/NAME: DAVID MOREIRA 	NOME/NAME: DAVID MOREIRA 	Início: 14-07-2020 <i>Beginning:</i>
Nº CERTIFICADO/CERT. NO: --- <small>TESTING LABORATORY AND SERVICES GRUPO icp</small>	Nº CERTIFICADO/CERT. NO: --- <small>TESTING LABORATORY AND SERVICES GRUPO icp</small>	Fim: 14-07-2020 <i>Closure:</i>
CARGO/POSITION: Metallurgical Engineer <small>GRUPO icp</small>	CARGO/POSITION: Metallurgical Engineer <small>GRUPO icp</small>	Verificação: 14-07-2020 <i>Verification:</i>
RÚBRICA E CARIMBO/SIGN&STAMP:	RÚBRICA E CARIMBO/SIGN&STAMP:	

Mod.PQ10.13/03

Rua da Indústria Pav. 5, Lugar da Lage, Zona Industrial de Ougueiros 4760-485 V.N. Famalicão
 T. +351 252 103 444 | info@ajorgelima.com | formacao@ajorgelima.com | www.ajorgelima.com | www.icp.pt



Rua da Indústria, Pav.5
Lugar da Lage- Z.I de Ougueiros
4760-485 Fradelos- V.N Famalicão

Certificate of Verification

XL2-59782

Reading No 3361
Mode General Metals
Time 2020-07-14 16:00
Duration 18.32
Units %
Sigma Value 2
Sequence Final
Alloy1 No Match : *4.39
Alloy2 No Match : *4.77
Flags
SAMPLE Amostra 1
HEAT
LOT
BATCH
MISC
NOTE

	%	±	Error
Cr	3.937	±	0.113
Ni	0.157	±	0.071
Mo	0.539	±	0.037
Ti	< LOD	:	0.090
Fe	91.409	±	0.455
Nb	< LOD	:	0.031
W	< LOD	:	0.103
Al	< LOD	:	0.713
Si	*2.366	±	0.122
P	< LOD	:	0.034
Mg	< LOD	:	0.002
V	*0.235	±	0.051
S	< LOD	:	0.047
Mn	0.492	±	0.107
Co	< LOD	:	0.393
Cu	< LOD	:	0.071
Zn	< LOD	:	0.044
Se	< LOD	:	0.011
Zr	< LOD	:	0.015
Ru	< LOD	:	0.027
Pd	< LOD	:	0.008
Ag	< LOD	:	0.008
Cd	< LOD	:	0.009
Sn	< LOD	:	0.016
Sb	< LOD	:	0.028
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.025
Bi	< LOD	:	0.015

Inspector Signature: _____





Rua da Indústria, Pav.5
Lugar da Lage- Z.I de Ougueiros
4760-485 Fradelos- V.N Famalicão

Certificate of Verification

XL2-59782


Reading No 3362
Mode General Metals
Time 2020-07-14 16:01
Duration 16.82
Units %
Sigma Value 2
Sequence Final
Alloy1 No Match : *4.40
Alloy2 No Match : *5.21
Flags
SAMPLE Amostra 2
HEAT
LOT
BATCH
MISC
NOTE

	%	±	Error
Cr	4.495	±	0.107
Ni	< LOD	:	0.111
Mo	0.399	±	0.031
Ti	< LOD	:	0.066
Fe	*91.340	±	0.689
Nb	< LOD	:	0.032
W	< LOD	:	0.084
Al	< LOD	:	1.280
Si	*2.432	±	0.135
P	< LOD	:	0.035
Mg	< LOD	:	0.002
V	*0.191	±	0.043
S	< LOD	:	0.050
Mn	0.461	±	0.096
Co	< LOD	:	0.347
Cu	0.317	±	0.053
Zn	< LOD	:	0.037
Se	< LOD	:	0.008
Zr	< LOD	:	0.012
Ru	< LOD	:	0.028
Pd	< LOD	:	0.005
Ag	< LOD	:	0.009
Cd	< LOD	:	0.012
Sn	0.018	±	0.008
Sb	< LOD	:	0.018
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.009
Bi	< LOD	:	0.007



















Inspector Signature: _____



7.2.3 ANEXO 2.3



1.4401
AISI 316

Standards	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Material No.</th> <th>EN Designation</th> <th>AISI/SAE</th> <th>UNS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.4401</td> <td>X5CrNiMo17-12-2</td> <td>316</td> <td>S31600</td> </tr> </tbody> </table>	Material No.	EN Designation	AISI/SAE	UNS	1.4401	X5CrNiMo17-12-2	316	S31600															
Material No.	EN Designation	AISI/SAE	UNS																					
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	316	S31600																					
Description	1.4401 / AISI 316 is an austenitic chromium-nickel-molybdenum stainless steel.																							
Special properties	Very good stability against chloric media and non-oxidizing acids.																							
Chemical Composition	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>C %</th> <th>Si ≤ %</th> <th>Mn ≤ %</th> <th>P ≤ %</th> <th>S ≤ %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 0.07</td> <td>1.00</td> <td>2.00</td> <td>0.045</td> <td>0.015</td> </tr> <tr> <th>Cr %</th> <th>Mo %</th> <th>Ni %</th> <th>N %</th> <td></td> </tr> <tr> <td>16.5-18.5</td> <td>2.00-2.50</td> <td>10.0-13.0</td> <td>≤ 0.11</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				C %	Si ≤ %	Mn ≤ %	P ≤ %	S ≤ %	≤ 0.07	1.00	2.00	0.045	0.015	Cr %	Mo %	Ni %	N %		16.5-18.5	2.00-2.50	10.0-13.0	≤ 0.11	
C %	Si ≤ %	Mn ≤ %	P ≤ %	S ≤ %																				
≤ 0.07	1.00	2.00	0.045	0.015																				
Cr %	Mo %	Ni %	N %																					
16.5-18.5	2.00-2.50	10.0-13.0	≤ 0.11																					
Mechanical Properties 20°C	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Hardness HB 30 ≤ HB</th> <th>0.2% Yield strength R_e ≥ N/mm²</th> <th>Tensile strength R_m N/mm²</th> <th>Elongation A₅ ≥ %</th> <th>Modulus of elasticity kN/mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>215</td> <td>200</td> <td>500-700</td> <td>40/30</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table>				Hardness HB 30 ≤ HB	0.2% Yield strength R _e ≥ N/mm ²	Tensile strength R _m N/mm ²	Elongation A ₅ ≥ %	Modulus of elasticity kN/mm ²	215	200	500-700	40/30	200										
Hardness HB 30 ≤ HB	0.2% Yield strength R _e ≥ N/mm ²	Tensile strength R _m N/mm ²	Elongation A ₅ ≥ %	Modulus of elasticity kN/mm ²																				
215	200	500-700	40/30	200																				
Physical Properties 20°C	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Density g/cm³</th> <th>Specific heat capacity J/kg K</th> <th>Thermal conductivity W/m K</th> <th>Electrical resistivity Ω mm²/m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>500</td> <td>15</td> <td>0.75</td> </tr> </tbody> </table>				Density g/cm ³	Specific heat capacity J/kg K	Thermal conductivity W/m K	Electrical resistivity Ω mm ² /m	8	500	15	0.75												
Density g/cm ³	Specific heat capacity J/kg K	Thermal conductivity W/m K	Electrical resistivity Ω mm ² /m																					
8	500	15	0.75																					
Suitable welding filler materials	1.4403; 1.4430; 1.4576																							
Application	Construction of apparatus, textile industry, pulp industry, dairy, brewery																							
Available forms for 1.4401 / AISI 316	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Sheets/Plates</th> <th>Bars</th> <th>Wire</th> <th>Tubes/Pipes</th> <th>Fittings</th> <th>Forged / cast parts</th> <th>Finished part (drawing)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Sheets/Plates	Bars	Wire	Tubes/Pipes	Fittings	Forged / cast parts	Finished part (drawing)											
Sheets/Plates	Bars	Wire	Tubes/Pipes	Fittings	Forged / cast parts	Finished part (drawing)																		
																								

© Metalcor GmbH | Heidhauser Str. 89a | D-45239 Essen | Germany
 Tel. +49 (0)1 310 77 52 | Fax +49 (0)1 310 77 47 | info@metalcor.de | www.metalcor.de
 All data is without guarantee for correctness/completeness and serves only for consultation. The data sheets do not constitute a legal contract.
 A liability for any data as well as the result in processing and application is excluded.

7.2.4 ANEXO 2.4



AMPCO METAL
Excellence in engineered alloys

Technical Data Sheet

AMPCO[®] 18

Extruded and drawn rounds and rectangular bars

Nominal composition:

Aluminium	(Al)	10.5%
Iron	(Fe)	3.5%
Others		max. 0.5%
Copper	(Cu)	balance

Mechanical and physical properties	Units	Nominal Values			
		Ø ≤ 12.7 mm	Ø 12.7-25.4 mm	Ø 25.4-76.2 mm	Rectang. bars
Tensile strength R _m	MPa	745	724	655	689
Yield strength R _{p0.5}	MPa	379	365	338	351
Elongation A ₅	%	12	14	14	14
Brinell hardness	HBW 10/3000	202	192	187	192
Rockwell hardness	HRB	94	92	91	92
Reduction of area ψ	%	12	14	14	12
Compressive strength R _{mc}	MPa	1013	1000	979	980
Compressive strength, 0.1 % perm. Set	MPa	...	262
Proportional limit in compression R _{pc}	MPa	248	241	221	234
Shear strength R _{cm}	MPa	448	448	428	428
Modulus of elasticity E	GPa	117	117	117	117
Charpy a _k	J	12	14	14	13
Izod a _k	J	19	22	22	20
Fatigue (100'000'000 cycles) σ _N	MPa	248	248	241	248
Density ρ	g / cm ³	7.45			
Coefficient of expansion α	10 ⁻⁶ / K	16.2			
Thermal conductivity λ	W / m · K	63			
Electrical conductivity γ	m / Ω · mm ²	7			
Electrical conductivity	% I.A.C.S	12			
Specific heat c _p	J / g · K	0.42			

Assurances given with respect to properties or uses are subject to written approval from AMPCO METAL. Compact grain structure and high physical properties result from proper phase distribution and hot working of AMPCO[®] 18 during the extrusion process. These qualities enable this alloy to perform successfully in an extremely wide range of difficult applications. It is an excellent bearing material characterized by good resistance to wear and fatigue.

APPLICATIONS:

AMPCO[®] 18 rod is produced with a good surface finish to commercial tolerances and can be used economically for volume-production applications.

AMPCO[®] 18 is ideally suited where high strength and hardness combined with wear and fatigue resistance are required. Some of the more common applications of this alloy are bushings, bearings, gears, worm wheels, valve seats and guides, hydraulic valve parts, pump rods, guide pin bushings, gibs and slides, etc.

info@ampcometal.com

www.ampcometal.com

7.2.5 ANEXO 2.5



1.3343 Steel

Designation by Standards

Steel No.	DIN	EN	AISI	JIS	ГОСТ
1.3343	S6-5-2 †	HS6-5-2	M2	SKH51	R6AM5

Chemical Composition (in weight %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Others
0.90	max. 0.45	max. 0.40	4.10	5.00	-	1.90	6.40	-

Description

M2 is a higher carbon version of the M1 tool steel (Molybdenum High Speed Tool Steel). The M2 alloy has somewhat better wear resistance than M1. Very high resistance to softening at elevated temperatures. Very high resistance to wear. Good toughness and cutting capability. Deep hardening response.

Applications

Primarily used for cutting tools, knives, tap and spiral drills, broaching tools, milling cutters, woodworking tools, cold work tools.

Physical properties (average values) at ambient temperature

Modulus of elasticity [$10^3 \times \text{N/mm}^2$]: 217

Density [g/cm^3]: 8.12

Thermal conductivity [W/m.K]: 19.0

Electric resistivity [$\text{Ohm mm}^2/\text{m}$]: 0.54

Specific heat capacity [J/g.K]: 0.46

Coefficient of Linear Thermal Expansion $10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

20-100°C	20-200°C	20-300°C	20-400°C	20-500°C	20-600°C	20-700°C	20-800°C
10.7	11.7	11.9	12.4	12.7	13.1	13.4	13.4

Soft Annealing

Heat to 820-880°C, cool slowly in furnace. This will produce a maximum Brinell hardness of 225-280.

Stress Relieving

Stress relieving to remove machining stresses should be carried out by heating to 650°C, holding for one hour at heat, followed by air cooling. This operation is performed to reduce distortion during heat treatment.

Hardening

Heat up to 450-600°C, then preheat to 850°C, and to 1050°C. Harden from a temperature of 1180-1230°C followed by oil, air quenching or warm bath 550°C. Hardness after quenching is min. 64 HRC.

Tempering

Tempering temperature: 3 x 1 hour at 540-560°C.

Tempering Temperature (°C) vs. Hardness (HRC)

200°C	300°C	400°C	500°C	525°C	550°C	575°C	600°C	650°C	700°C
63	61	61	62.5	64	65	64	62.5	57	47

Forging

Hot forming temperature: 1120-926°C.

Machinability

M2 is classified as a "medium" machinability tool steel in the annealed condition. It may be shaped by grinding but is relatively poor in regard to capability of being ground. Its machinability rating is 50% as compared to the W group water hardening tool steel.

Corrosion Resistance

Not normally employed in applications requiring corrosion resistance.

Welding

Consult the alloy supplier for information on the advisability of welding.

Remark

All technical information is for reference only.

/

7.2.6 ANEXO 2.6

Transportation & Advanced Polymers



MOLYKOTE® 1000 Solid Lubricant Paste

Solid lubricant paste for bolted metal joints; contains no lead or nickel

Features & benefits

- Can be used over a wide range of temperatures (-30°C/-22°F to +650°C/1,202°F)
- High load-carrying capacity
- Enables nondestructive dismantling, even after long use at high temperatures
- Coefficient of friction unchanged in the area of oiled bolts, even after several bolt retightening and loosening processes
- Good corrosion protection

Composition

- Solid lubricants
- Mineral oil
- Thickener
- Powdered metal

Applications

Suitable for bolted joints that are subjected to high temperatures up to 650°C (1,202°F) and to corrosive effects – and that after assembling and the initial operation, have to be retightened or disconnected. In order to ensure constant pre-stressing forces, uniform and steady coefficients of friction of the lubricant are necessary. Used successfully for cylinder head bolts, nozzle head screws of plastic injection molding machines, bolted joints in the chemical industry, and also for the tension rings of centrifuges.

Description

MOLYKOTE® 1000 Solid Lubricant Paste is a lead- and nickel-free anti-seize paste used to reduce wear and optimize friction of threaded fasteners, or other metal-to-metal joints, enabling nondestructive dismantling, even after long exposure to high temperatures. It offers good corrosion protection, under high loads, over a wide temperature range.

Typical properties

Specification writers: These values are not intended for use in preparing specifications. Please contact your local MOLYKOTE® sales representative prior to writing specifications on this product.

Standard ⁽¹⁾	Test	Unit	Result
	Color		Brown
Penetration, density			
ISO 2137	Unworked penetration	mm/10	280-310
ISO 2811	Density at 20°C (68°F)	g/ml	1.26
Temperature			
	Service temperature range ⁽²⁾	°C °F	-30 to 650 -22 to 1,202
Load-carrying capacity, wear protection, service life			
	Four-ball tester		
DIN 51 350 pt.4	Weld load	N	4,800
DIN 51 350 pt.5	Wear scar under 400 N load	mm	0.65
	Almen-Wieland machine		
	OK load	N	20,000
	Frictional force	N	2,600
Coefficient of friction			
	Screw test - μ thread ⁽³⁾		0.13
	Screw test - μ head		0.08
	Initial break-away torque ⁽⁴⁾	Nm	135
DIN 51 802	SKF-Emcor method		1

⁽¹⁾ISO: International Standardization Organization. DIN: Deutsche Industrie Norm.

⁽²⁾Temperature resistance of solid lubricants.

⁽³⁾Coefficient of friction in bolted connection, M12, 8.8, on blackened surface.

⁽⁴⁾M 12, with starting torque $M_a = 62$ Nm and heat treatment at 540°C (1,004°F), 21 hr, bolt material: no. 1.7709.

How to use

If possible, clean the thread and the bolt with a wire brush. Spread an adequate amount of the paste on the thread, right up to its root to obtain a good seal. In order not to alter the properties, the paste must not be mixed with grease or oils.

To enable this product to be applied more quickly and cleanly to larger areas, it is advisable to use the spray can.

Handling precautions

PRODUCT SAFETY INFORMATION REQUIRED FOR SAFE USE IS NOT INCLUDED IN THIS DOCUMENT. BEFORE HANDLING, READ SAFETY DATA SHEETS AND CONTAINER LABELS FOR SAFE USE, PHYSICAL AND HEALTH HAZARD INFORMATION.

Usable life and storage

When stored at or below 20°C (68°F) in the original unopened containers, MOLYKOTE® 1000 Solid Lubricant Paste has a usable life of 60 months from the date of production.

Packaging

This product is available in different standard container sizes. Detailed container size information should be obtained from your nearest MOLYKOTE® sales office or MOLYKOTE® distributor.

*DuPont™, the DuPont Oval Logo, and all trademarks and service marks denoted with ™, SM or ® are owned by affiliates of DuPont de Nemours, Inc. unless otherwise noted.
© 1997-2019 DuPont.*

The information set forth herein is furnished free of charge and is based on technical data that DuPont believes to be reliable and falls within the normal range of properties. It is intended for use by persons having technical skill, at their own discretion and risk. This data should not be used to establish specification limits nor used alone as the basis of design. Handling precaution information is given with the understanding that those using it will satisfy themselves that their particular conditions of use present no health or safety hazards. Since conditions of product use and disposal are outside our control, we make no warranties, express or implied, and assume no liability in connection with any use of this information. As with any product, evaluation under end use conditions prior to specification is essential. Nothing herein is to be taken as a license to operate or a recommendation to infringe on patents.

Form No. 71-0218G-01 (07/19) AGP16093

7.3 ANEXO 3

Neste anexo irão encontrar-se os resultados dos testes de dureza a sete Bicos de Injeção do Modelo V01 segundo as especificações encontradas na Tabela 85.

Tabela 85 - Ensaio de dureza ao Modelo V01 para os fornecedores FR01 e FR02

Teste	Modelo	Estado	Material	Tratamento	Fornecedor
A	V01 –Standard	Novo	MT01	TT01	FR01
B		Usado			
C		Usado			
D		Novo			FR02
E		Novo			
F		Usado			
G		Usado			

Teste A



Signature Not Verified

 Digitally signed by LABMAT
 - LABORATÓRIO DE
 MATERIAIS
 Date: 2019.04.10 12:01:59

LABMAT Nº LMAT190108_DUR5



LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / TEST REPORT DUREZA / HARDNESS

Cliente:	FICO CABLES - FÁBRICA DE ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LDA.		
<i>Client</i>			
Endereço:	Rua do Cavaco, Nº 115	Data de recepção das amostras:	13/02/2019
<i>Address</i>	4470-263 Maia	<i>Sample(s) reception date</i>	
Local de realização dos ensaios:	LABMAT Norte	Data de realização dos ensaios:	15/03/2019
<i>Tested at</i>		<i>Testing date</i>	
Local de emissão do relatório:	LABMAT Norte	Divulgação:	Confidencial/Confidential
<i>Issued at</i>		<i>Distribution</i>	

NOTA/NOTE:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISO authorization.

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / The analysis marked # is outside the accreditation scope.

O parecer ou opinião expressos neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / Comments made in this report are outside the accreditation scope.

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / The responsibility of sampling lies with the client.

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.

Executado por / Issued By:

Hugo Pinto / Vasco Duarte

Data/Date 18/03/2019

Aprovado por / Approved by:

Lília Dias

Responsável Técnica LabMat DN

Revisão / Revision	Data / Date	Comentários / Comments
00	09/04/2019	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Relatório anula e substitui eventuais versões anteriores. / This report supersedes the previous one.

Teste B



Signature Not Verified

 Digitally signed by LABMAT
 - LABORATÓRIO DE
 MATERIAIS
 Date: 2019.04.10 12:03:49

LABMAT Nº LMAT190108_DUR6



LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / TEST REPORT DUREZA / HARDNESS

Cliente:	FICO CABLES - FÁBRICA DE ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LDA.		
<i>Client</i>			
Endereço:	Rua do Cavaco, Nº 115	Data de recepção das amostras:	13/02/2019
<i>Address</i>	4470-263 Maia	<i>Sample(s) reception date</i>	
Local de realização dos ensaios:	LABMAT Norte	Data de realização dos ensaios:	15/03/2019
<i>Tested at</i>		<i>Testing date</i>	
Local de emissão do relatório:	LABMAT Norte	Divulgação:	Confidencial/Confidential
<i>Issued at</i>		<i>Distribution</i>	

NOTA/NOTE:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISO authorization.

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / The analysis marked # is outside the accreditation scope.

O parecer ou opinião expressos neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / Comments made in this report are outside the accreditation scope.

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / The responsibility of sampling lies with the client.

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.

Executado por / Issued By:

Hugo Pinto / Vasco Duarte

Data/Date 18/03/2019

Aprovado por / Approved by:

Lília Dias

Responsável Técnica LabMat DN

Revisão / Revision	Data / Date	Comentários / Comments
00	09/04/2019	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Relatório anula e substitui eventuais versões anteriores. / This report supersedes the previous one.

Teste C



Signature Not Verified

 Digitally signed by LABMAT
 - LABORATÓRIO DE
 MATERIAIS
 Date: 2019.04.10 12:04:36

LABMAT Nº LMAT190108_DUR7



LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / TEST REPORT DUREZA / HARDNESS

Cliente:	FICO CABLES - FÁBRICA DE ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LDA.		
<i>Client</i>			
Endereço:	Rua do Cavaco, Nº 115	Data de recepção das amostras:	13/02/2019
<i>Address</i>	4470-263 Maia	<i>Sample(s) reception date</i>	
Local de realização dos ensaios:	LABMAT Norte	Data de realização dos ensaios:	15/03/2019
<i>Tested at</i>		<i>Testing date</i>	
Local de emissão do relatório:	LABMAT Norte	Divulgação:	Confidencial/Confidential
<i>Issued at</i>		<i>Distribution</i>	

NOTA/NOTE:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISO authorization.

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / The analysis marked # is outside the accreditation scope.

O parecer ou opinião expressos neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / Comments made in this report are outside the accreditation scope.

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / The responsibility of sampling lies with the client.

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.

Executado por / Issued By:

Hugo Pinto / Vasco Duarte

Data/Date 18/03/2019

Aprovado por / Approved by:

Lília Dias

Responsável Técnica LabMat DN

Revisão / Revision	Data / Date	Comentários / Comments
00	09/04/2019	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Relatório anula e substitui eventuais versões anteriores. / This report supersedes the previous one.

Teste D



Signature Not Verified

 Digitally signed by LABMAT
 - LABORATÓRIO DE
 MATERIAIS
 Date: 2019.04.10 11:28:56

LABMAT Nº LMAT190108_DUR1



LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / TEST REPORT DUREZA / HARDNESS

Cliente:	FICO CABLES - FÁBRICA DE ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LDA.		
<i>Client</i>			
Endereço:	Rua do Cavaco, Nº 115	Data de recepção das amostras:	13/02/2019
<i>Address</i>	4470-263 Maia	<i>Sample(s) reception date</i>	
Local de realização dos ensaios:	LABMAT Norte	Data de realização dos ensaios:	15/03/2019
<i>Tested at</i>		<i>Testing date</i>	
Local de emissão do relatório:	LABMAT Norte	Divulgação:	Confidencial/Confidential
<i>Issued at</i>		<i>Distribution</i>	

NOTA/NOTE:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISO authorization.

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / The analysis marked # is outside the accreditation scope.

O parecer ou opinião expressos neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / Comments made in this report are outside the accreditation scope.

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / The responsibility of sampling lies with the client.

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.

Executado por / Issued By:

Hugo Pinto / Vasco Duarte

Data/Date 18/03/2019

Aprovado por / Approved by:

Lília Dias

Responsável Técnica LabMat DN

Revisão / Revision	Data / Date	Comentários / Comments
00	09/04/2019	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Relatório anula e substitui eventuais versões anteriores. / This report supersedes the previous one.

Teste E



Signature Not Verified

 Digitally signed by LABMAT
 - LABORATÓRIO DE
 MATERIAIS
 Date: 2019.04.10 11:56:59

LABMAT Nº LMAT190108_DUR2



LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / TEST REPORT DUREZA / HARDNESS

Cliente:	FICO CABLES - FÁBRICA DE ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LDA.		
<i>Client</i>			
Endereço:	Rua do Cavaco, Nº 115	Data de recepção das amostras:	13/02/2019
<i>Address</i>	4470-263 Maia	<i>Sample(s) reception date</i>	
Local de realização dos ensaios:	LABMAT Norte	Data de realização dos ensaios:	15/03/2019
<i>Tested at</i>		<i>Testing date</i>	
Local de emissão do relatório:	LABMAT Norte	Divulgação:	Confidencial/Confidential
<i>Issued at</i>		<i>Distribution</i>	

NOTA/NOTE:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISO authorization.

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / The analysis marked # is outside the accreditation scope.

O parecer ou opinião expressos neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / Comments made in this report are outside the accreditation scope.

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / The responsibility of sampling lies with the client.

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.

Executado por / Issued By:

Hugo Pinto / Vasco Duarte

Data/Date 18/03/2019

Aprovado por / Approved by:

Lília Dias

Responsável Técnica LabMat DN

Revisão / Revision	Data / Date	Comentários / Comments
00	09/04/2019	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Relatório anula e substitui eventuais versões anteriores. / This report supersedes the previous one.



LABMAT Nº LMAT190108_DUR2

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

Tipo de Ensaio e Norma
Test Type and Standard

BRINELL	VICKERS	ROCKWELL
<input type="checkbox"/> ISO 6506-1: 2014 ^[1]	<input checked="" type="checkbox"/> ISO 6507-1: 2005	<input type="checkbox"/> ISO 6508-1: 2016
	<input type="checkbox"/> ASTM E92-17	<input type="checkbox"/> ASTM E18-17e1

Condições de Ensaio
Test Conditions

Força/Force (kgf) 10 Diâmetro da esfera /ball diameter^[2](mm) --

Escala Rockwell
Rockwell Scale

A B C D E F G H K

15N 30N 45N 15T 30T 45T

Identificação do equipamento
Equipment Identification

BRINELL D0513 D0716

VICKERS DUR-0017 DUR-0018 DUR-0026

ROCKWELL D0514

Identificação da(s) amostra(s):
Sample Identification

Amostra 2

Localização
Location:

Bico de encosto ao molde para resistência de 215W

Material
Material:

MG 50

RESULTADOS/ RESULTS:

Indentação/ Indentation	Valor de dureza [HV10]/ Hardness value
1	492
2	486
3	489
4	484
5	487
Média / Average	488
Incerteza/ Uncertainty^[3]	10
Conversão para HRC[#] / Conversion to HRC	48

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

- A conversão dos valores de dureza Vickers para dureza Rockwell C foi realizada de acordo com Tabela 2 da norma ASTM E 140-07, não estando incluída no âmbito da acreditação. A tabela de conversão utilizada foi selecionada de acordo com tipo de material.

^[1] No âmbito da acreditação para 2.5/62.5 HBW / Within the scope of accreditation to 2.5/62.5 HBW.

^[2] Quando aplicável / If applicable.

^[3] "A incerteza expandida apresentada está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão k=2, o qual para uma distribuição normal corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95%." / The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor K=2, providing a level of confidence of approximately 95%.

Teste F



Signature Not Verified

 Digitally signed by LABMAT
 - LABORATÓRIO DE
 MATERIAIS
 Date: 2019.04.10 11:58:46

LABMAT Nº LMAT190108_DUR3



LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / TEST REPORT DUREZA / HARDNESS

Cliente:	FICO CABLES - FÁBRICA DE ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LDA.		
<i>Client</i>			
Endereço:	Rua do Cavaco, Nº 115	Data de recepção das amostras:	13/02/2019
<i>Address</i>	4470-263 Maia	<i>Sample(s) reception date</i>	
Local de realização dos ensaios:	LABMAT Norte	Data de realização dos ensaios:	15/03/2019
<i>Tested at</i>		<i>Testing date</i>	
Local de emissão do relatório:	LABMAT Norte	Divulgação:	Confidencial/Confidential
<i>Issued at</i>		<i>Distribution</i>	

NOTA/NOTE:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISO authorization.

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / The analysis marked # is outside the accreditation scope.

O parecer ou opinião expressos neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / Comments made in this report are outside the accreditation scope.

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / The responsibility of sampling lies with the client.

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.

Executado por / Issued By:

Hugo Pinto / Vasco Duarte

Data/Date 18/03/2019

Aprovado por / Approved by:

Lília Dias

Responsável Técnica LabMat DN

Revisão / Revision	Data / Date	Comentários / Comments
00	09/04/2019	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Relatório anula e substitui eventuais versões anteriores. / This report supersedes the previous one.

Teste G



Signature Not Verified

 Digitally signed by LABMAT
 - LABORATÓRIO DE
 MATERIAIS
 Date: 2019.04.10 12:00:36

LABMAT Nº LMAT190108_DUR4



LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / TEST REPORT DUREZA / HARDNESS

Cliente:	FICO CABLES - FÁBRICA DE ACESSÓRIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LDA.		
<i>Client</i>			
Endereço:	Rua do Cavaco, Nº 115	Data de recepção das amostras:	13/02/2019
<i>Address</i>	4470-263 Maia, Portugal	<i>Sample(s) reception date</i>	
Local de realização dos ensaios:	LABMAT Norte	Data de realização dos ensaios:	15/03/2019
<i>Tested at</i>		<i>Testing date</i>	
Local de emissão do relatório:	LABMAT Norte	Divulgação:	Confidencial/Confidential
<i>Issued at</i>		<i>Distribution</i>	

NOTA/NOTE:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / The analysis marked # is outside the accreditation scope.

O parecer ou opinião expressos neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / Comments made in this report are outside the accreditation scope.

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / The responsibility of sampling lies with the client.

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.

Executado por / Issued By:

Hugo Pinto / Vasco Duarte

Data/Date 18/03/2019

Aprovado por / Approved by:

Lília Dias

Responsável Técnica LabMat DN

Revisão / Revision	Data / Date	Comentários / Comments
00	09/04/2019	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Relatório anula e substitui eventuais versões anteriores. / This report supersedes the previous one.



LABMAT Nº LMAT190108_DUR4

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

Tipo de Ensaio e Norma
Test Type and Standard

BRINELL	VICKERS	ROCKWELL
<input type="checkbox"/> ISO 6506-1: 2014 ^[1]	<input checked="" type="checkbox"/> ISO 6507-1: 2005	<input type="checkbox"/> ISO 6508-1: 2016
	<input type="checkbox"/> ASTM E92-17	<input type="checkbox"/> ASTM E18-17e1

Condições de Ensaio
Test Conditions

Força/Force (kgf) 10 Diâmetro da esfera /ball diameter^[2](mm) --

Escala Rockwell
Rockwell Scale

A B C D E F G H K

15N 30N 45N 15T 30T 45T

Identificação do equipamento
Equipment Identification

BRINELL D0513 D0716

VICKERS DUR-0017 DUR-0018 DUR-0026

ROCKWELL D0514

Identificação da(s) amostra(s):
Sample Identification

Amostra 4

Localização
Location:

Bico de encosto ao molde para resistência de 215W

Material
Material:

MG 50

RESULTADOS/ RESULTS:

Indentação/ Indentation	Valor de dureza [HV10]/ Hardness value
1	497
2	496
3	490
4	485
5	489
Média / Average	491
Incerteza/ Uncertainty^[3]	10
Conversão para HRC# / Conversion to HRC	49

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

- A conversão dos valores de dureza Vickers para dureza Rockwell C foi realizada de acordo com Tabela 2 da norma ASTM E 140-07, não estando incluída no âmbito da acreditação. A tabela de conversão utilizada foi selecionada de acordo com tipo de material.

^[1] No âmbito da acreditação para 2.5/62.5 HBW / Within the scope of accreditation to 2.5/62.5 HBW.

^[2] Quando aplicável / If applicable

^[3] "A incerteza expandida apresentada está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão k=2, o qual para uma distribuição normal corresponde a um nível de confiança de aproximadamente 95%" / The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor K=2, providing a level of confidence of approximately 95%.

7.4 ANEXO 4

Todos os desenhos técnicos de elementos elevada importância ou desenvolvidos para esta dissertação encontram-se neste anexo. O seu título, número de desenho, referência e consequente designação são como descrito na Tabela 86 e Tabela 87, Subconjunto de Injeção e Dispositivo de Corte Mecânico de Cabo respetivamente. A denotar que a numeração apresentada é relativa a todos os desenhos técnicos da dissertação sendo a referência relativa ao tema em questão.

Subconjunto de Injeção

Tabela 86 - Listagem de desenhos técnicos do Subconjunto de Injeção para o ANEXO 4

Número	Referência	Denominação
01	01-SCI-V01	Modelo <i>Standard</i> Bico de Injeção
02	02-SCI-VP01	Modelo <i>Standard</i> Ponteira de Injeção
03	03-SCI-R	Resistência
04	04-SCI-CE01	Modelo <i>Standard</i> Casquilho Exterior
05	05-SCI-CI01	Modelo <i>Standard</i> Casquilho Interior
06	06-SCI-SR01	Modelo <i>Standard</i> - Ferramenta Auxiliar de Remoção da Resistência
07	07-SCI-V02	Modelo V02 - Bico de Injeção
08	08-SCI-VP02	Modelo V02 - Ponteira de Injeção
09	09-SCI-V03	Modelo V03 - Bico de Injeção
10	10-SCI-VP03	Modelo V03 - Ponteira de Injeção
11	11-SCI-V04	Modelo V04 - Bico de Injeção
12	12-SCI-VP04	Modelo V04 - Ponteira de Injeção
13	13-SCI-CE02	Modelo 02 - Casquilho Exterior
14	14-SCI-CI02	Modelo 02 - Casquilho Interior
15	15-SCI-SR02	Modelo V02 - Ferramenta Auxiliar de Remoção da Resistência
16	16-SCI-VP05	Modelo V05 - Bico de Injeção
17	17-SCI-VP05	Modelo V05 - Ponteira de Injeção
18	18-SCI-V06	Modelo V06 - Bico de Injeção
19	19-SCI-VP06	Modelo V06 - Ponteira de Injeção
20	20-DCI-ASA	Anilha para Sistema de Afinação
21	21-SCI-V07	Modelo V07 - Bico de Injeção
22	22-SCI-VP07	Modelo V07 - Ponteira de Injeção
23	23-SCI-V08	Modelo V08 - Bico de Injeção
24	24-SCI-VP08	Modelo V08 - Ponteira de Injeção
25	25-SCI-ANS	Anilha de Suporte
26	26-SCI-V09	Modelo V09 - Bico de Injeção
27	27-SCI-VP09	Modelo V09 - Ponteira de Injeção

Dispositivo de Corte de Cabo

Tabela 87 - Listagem de desenhos técnicos do Dispositivo de Corte Mecânico de Cabo para o ANEXO 4

Número	Referência	Denominação
28	01-DCC-DCC	Desenho de Conjunto para Dispositivo de Corte de Cabo
29	02-DCC-CL	Modelo <i>Standard</i> - Contra Lâmina de Corte de Cabo
30	03-DCC-LCC	Modelo <i>Standard</i> - Lâmina de Corte de Cabo
31	04-DCC-TLC	Modelo <i>Standard</i> - Tampa para Lâmina de Corte de Cabo
32	05-DCC-SCL	Modelo <i>Standard</i> - Suporte para a Contra Lâmina de Corte de Cabo

Número	Referência	Denominação
33	06-DCC-SLC	Modelo <i>Standard</i> - Suporte para a Lâmina de Corte de Cabo
34	07-DCC-LCP	Modelo <i>Standard</i> - Ligação ao Cilindro Pneumático
35	08-DCC-NDCC	Desenho de Conjunto para Novo Dispositivo de Corte de Cabo
36	09-DCC-SCL01	Novo Modelo - Suporte da Contra Lâmina de Corte de Cabo
37	10-DCC-CL01	Novo Modelo - Contra Lâmina de Corte de Cabo
38	11-DCC-SLC01	Novo Modelo - Suporte para a Lâmina de Corte de Cabo
39	12-DCC-LCP01	Novo Modelo - Ligação ao Cilindro Pneumático
40	13-DCC-TLC01	Novo Modelo – Tampa para Lâmina de Corte de Cabo
41	14-DCC-ADT	Adaptador Transversal de Ligação ao Cilindro Pneumático
42	15-DCC-BRZ1	Bronze para Suporte da Lâmina de Corte de Cabo
43	16-DCC-BRZ2	Bronze para Suporte da Contra Lâmina de Corte de Cabo