



PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL

ÂNGELO FRANCISCO COUTINHO TADEU
janeiro de 2019

PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL

Ângelo Francisco Coutinho Tadeu

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica - Gestão Industrial



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL

Ângelo Francisco Coutinho Tadeu

1110268

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 de Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor António Paulo Monteiro Baptista

Professor Associado com Agregação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, à minha irmã e ao meu cunhado, por sempre terem acreditado e apostado em mim, sobretudo nesta fase tão importante da minha vida.

Ao ISEP, a todos os docentes e amigos que fiz durante todo o percurso académico. Um especial obrigado ao Doutor Francisco José Gomes da Silva, por toda a sua disponibilidade no decorrer deste projeto, tendo sido uma pessoa indispensável para alcançar este objetivo.

Ao departamento de Engenharia da Hutchinson Porto, por todo o espírito de equipa e entreatajuda demonstrada. E principalmente aos Eng.^{os} Luísa Silva, Hugo Nunes e João Dias, pelo acompanhamento incansável.

Por fim, quero agradecer aos meus amigos, Campos, Forte, Hélder, Marta, Meleiro, Luísa e Sofia, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos chave desta etapa.

PALAVRAS CHAVE

Indústria automóvel, DMADV, Industrialização e *Milestones*.

RESUMO

O *Lean* na gestão de projetos é uma metodologia essencial para o sucesso na indústria automóvel, setor este que se apresenta cada vez mais competitivo ao longo dos anos, e onde a maior percentagem das organizações se foca na melhoria contínua, regendo-se pelo modelo nipónico, o *Toyota Production System (TPS)*.

O desafio deste trabalho passa pela industrialização de um componente para um cliente automóvel, respeitando os prazos estabelecidos, garantindo em paralelo a minimização dos custos de projeto, sem comprometer os níveis de qualidade.

O presente projeto decorreu no departamento de Engenharia da empresa Hutchinson Porto, tendo como principal objetivo a gestão de um projeto de industrialização, recorrendo à metodologia *DMADV*. Assim sendo, o processo foi mapeado detalhadamente, recorrendo a cinco etapas principais: *Define, Measure, Analyse, Design e Verify*.

O trabalho em questão destina-se à implementação de uma referência de produto nova, denominada de T.70953, inerente ao projeto FT268. O produto corresponde a um sistema de tubagem para ar condicionado de viaturas automóveis, e o seu fabrico em série ocorreu na linha AA9, com o propósito de abastecer as fábricas da construtora Renault-Nissan.

Conclui-se que o projeto possibilitou o desenvolvimento de protótipos desde a fase embrionária (2D) até à conceção final (produto acabado). Completando os envios para o cliente ao longo das diversas *milestones* sugeridas, sem a ocorrência de inconformidades no produto final. Numa fase posterior, a transição da fase de industrialização para produção em série foi executada com sucesso, incorporando todos requisitos de qualidade e custos de projeto previamente definidos.

KEYWORDS

Automotive industry, DMADV, Industrialization and Milestones.

ABSTRACT

Lean in project management is an essential methodology for success in the automotive industry, an industry that has become increasingly competitive over the years, and where the largest percentage of organizations focus on continuous improvement, governed by the Japanese model, the Toyota Production System (TPS).

The challenge of this work is the industrialization of a component for a car customer, respecting the established deadlines, while ensuring the minimization of project costs, without compromising quality levels.

This project was carried out in the engineering department of Hutchinson Porto, with the main objective being the management of an industrialization project, using the DMADV methodology. Thus, the process was mapped in detail, using five main steps: Define, Measure, Analyse, Design and Verify.

The work in question is intended to implement a new reference, called T.70953, inherent in the FT268 project. The product corresponds to a piping system for air conditioning of motor vehicles. And its series production took place on the AA9 line, for the purpose of supplying the factories of the Renault-Nissan company.

It is concluded that the project allowed the development of prototypes from the embryonic stage (2D) to the final design (finished product). Completing the shipments to the customer along the several milestones suggested, without the occurrence of nonconformities in the final product. At a later stage, the transition from industrialization to serial production was successfully completed, incorporating all previously defined quality requirements and design costs.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AA	Designação AA utilizada pela Hutchinson para indicar a linha de produção de Ar Condicionado
AC	Ar Condicionado
ARL	Percentagem de alocação da nova referência na linha de produção AA9
BAC	Caixas de plástico onde são armazenados os componentes
BOM	<i>Bill Of Materials</i>
BOO	<i>Bill Of Operations</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
DA	Designação DA utilizada pela Hutchinson para indicar a linha de produção de Direção Assistida
DCL	<i>Description des Conditions Logistiques.</i>
FMEA	<i>Failure Mode Effect Analysis</i>
FOS	Folha de Operação <i>Standard</i>
FT	Ficha Técnica
GCC	<i>Gabarit</i> de Controlo de Curvatura
GCF	<i>Gabarit</i> de Controlo Final (Posição Veículo)
HCA	<i>Hutchinson Cost Analysis</i>
INDUS	Industrialização
IPS	Instrução de Preparação <i>Standard</i>
IPSE	Instrução de Preparação <i>Standard</i> de Conformação
IPSS	Instrução de Preparação <i>Standard</i> de Soldadura
ITS	Instrução de Trabalho <i>Standard</i>
LT	<i>Lead Time</i>
MA	Uma de várias designações de <i>Milestones</i>
MOD	Mão-de-Obra Direta
MOI	Mão-de-Obra Indireta
MTO	<i>Make-To-Order</i>
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
NA	Não Aplicável
NI	Norma interna
OCD	Outros Custos Diretos

OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OP	Operador
P	Posto de trabalho
PA	Produto Acabado
PIB	Produto Interno Bruto
PPC	Uma de várias designações de <i>Milestones</i>
PPH	Peças Produzidas por Hora
PREP	Preparação
PT	Uma de várias designações de <i>Milestones</i>
Ref ^a	Referência
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
S	Semanas do ano
SA	Sociedade Anónima
SOP	Uma de várias designações de <i>Milestones</i>
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
T	Tempo
TC	Tempo de Ciclo
$T_{(i)}$	Tempo em cada Posto, onde $i = 1, 2, \dots, n$
TET	Tempo Efetivo de Trabalho
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TT	<i>Takt-Time</i>
VCLOT	Uma de várias designações de <i>Milestones</i>
WC	<i>Work Content</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

Lista de Unidades

Bar	Bar (Unidade de pressão)
h	Hora
m	Metro
min	Minuto
mm	Milímetro
Pa	Pascal
s	Segundo

Lista de Símbolos

\emptyset	Diâmetro
€	Euro
%	Porcentagem
Σ	Somatório
α	Ângulo
°	Grau

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Bottleneck</i>	Posto de trabalho com tempo de ciclo mais elevado da linha de produção.
<i>Bracket</i>	Componente em aço que contém duas extremidades que são unidas por compressão e colocadas nos <i>multicurvos</i> de AC e DA por intermédio de uma máquina específica. Tem como aplicação a fixação num ponto específico do motor do veículo.
Casquilho	Componente em alumínio que é conformado em ambas ou apenas numa das extremidades dos tubos retilíneos, numa gama apropriada de máquinas. Tem como aplicabilidade a conexão à mangueira, onde normalmente é prensada.
Colar	Este componente em borracha EPDM é inserido à volta do tubo de alumínio, e protege o tubo da <i>bracket</i> montada.
Flange	Componente em alumínio que é conformado em ambas ou apenas numa das extremidades dos tubos retilíneos, numa gama apropriada de máquinas. Tem como aplicação a conexão em zonas específicas no motor do automóvel.
<i>Flowchart</i>	Documento interno que ilustra o fluxo total do processo produtivo.
<i>Lean Manufacturing</i>	É uma metodologia que tem por foco a eliminação de atividades que não geram valor, através da melhoria contínua dos processos.
Mangueira	Componente em borracha (EPDM) que é cortado em medidas específicas, de acordo com a referência a produzir. É utilizada para conectar os <i>multicurvos</i> .
<i>Milestones</i>	Sequência de fases que definem o status do projeto, aliado a entregas de lotes ao cliente até à fase de produção série.
<i>Multicurvos</i>	Tubos em Alumínio das zonas AC ou DA após serem curvados nas CNC, ou curvadoras manuais. Também designados por <i>raccords</i> .
<i>Ladder</i>	Linguagem utilizada nos Controladores Lógicos Programáveis (PLC).
<i>Lead Time</i>	Tempo entre o início e o fim de uma atividade.
<i>O'Ring</i>	Este anel de vedação é fornecido em borracha, do tipo HNBR e a sua função é vedar as extremidades das flanges.
<i>Poka-Yoke</i>	Sistema anti-erro.
Prensada	Definição técnica para a união entre o <i>multicurvo</i> e a mangueira.
Proteção Térmica	Proteção em Silicone que é colocada em torno da mangueira, de modo a proteger determinadas zonas de contacto do motor.
<i>Setup</i>	É o intervalo de tempo de preparação efetuadas nas máquinas ou ajustes efetuados entre o fim de uma série de peças e o início de outra diferente.

<i>Shop Stock</i>	Zona de armazenamento dos produtos semiacabados.
<i>Spare parts</i>	Ferramentas de substituição de um determinado equipamento.
<i>Strap</i>	Componente também conhecido como <i>cable tie</i> , é um componente em Poliamida que tem como funcionalidade prender a proteção térmica em torno da mangueira prensada.
<i>Stakeholder</i>	Pessoa ou grupo que representa uma parte interessada face a uma organização.
Tampões	Proteção em Polietileno que é inserido nas extremidades das flanges, de modo a proteger tubos de possíveis contaminações. Pode também ser em Poliamida, para proteção da válvulas.
<i>Takt-Time</i>	Ritmo imposto a uma linha de produção pelo volume de encomendas.
<i>Template</i>	Ficheiro <i>standard</i> para elaboração de documentação.
<i>Timeline</i>	Horizonte temporal contemplando um conjunto de atividades.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - VENDAS A NÍVEL MUNDIAL DE AUTOMÓVEIS. ADAPTADO DE [6].	9
FIGURA 2 - EBIT DE CONSTRUTORES VS FORNECEDORES. ADAPTADO DE [11].	11
FIGURA 3 - VOLUME DE PRODUÇÃO ANUAL DE AUTOMÓVEIS [2].	12
FIGURA 4 - DESTINO DAS EXPORTAÇÕES DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL [14].	12
FIGURA 5 - FASES DE INDUSTRIALIZAÇÃO. ADAPTADO DE [15].	14
FIGURA 6 - ÁRVORE DE PRODUTO DA MESA DE MADEIRA. ADAPTADO DE [17].	15
FIGURA 7 - GAMAS OPERATÓRIAS. ADAPTADO DE [18].	17
FIGURA 8 - CICLO DMADV. ADAPTADO DE [29].	18
FIGURA 9 - DIAGRAMA DE GANTT. ADAPTADO [32].	21
FIGURA 10 - <i>TEMPLATE FMEA</i> [36].	23
FIGURA 11 - PROCEDIMENTO PARA PREENCHIMENTO FMEA [36].	23
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO HUTCHINSON PORTO	27
FIGURA 13 - PROCURA DE PRODUTOS POR CLIENTE HUTCHINSON PORTO.	28
FIGURA 14 - ORGANIGRAMA HUTCHINSON PORTO [38]	28
FIGURA 15 - REPRESENTAÇÃO DA ÁREA FABRIL	29
FIGURA 16 - <i>LAYOUT</i> DAS CÉLULAS DE FABRICO NA HUTCHINSON PORTO. ADAPTADO DE [39].	29
FIGURA 17 - ILUSTRAÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES DO T.70953	30
FIGURA 18 - RENAULT MÉGANE [36].	31
FIGURA 19 - ÁRVORE DE PRODUTO DO T.70953.	32
FIGURA 20 - <i>OO</i> DAS ZONAS DE PREPARAÇÃO E MONTAGEM PARA A REFERÊNCIA T.70953	33
FIGURA 21 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO PARA O T.70953.	35
FIGURA 22 - FLUXO PRODUTIVO LINHA AA9 DO T.70953.	36
FIGURA 23 - T.70953 VS T.70646.	37
FIGURA 24 - TEMPOS DE PRODUÇÃO DO T.70646.	40
FIGURA 25 - REFERÊNCIA F94319114 VS F94319456.	43
FIGURA 26 - TUBO CONFORMADO P34319456.	45
FIGURA 27 - CURVADORA MASSANAS COM FERRAMENTAS DO T.70646	46

FIGURA 28 - TUBO EM CONTACTO COM <i>BLOCAGE</i>	47
FIGURA 29 - ORIENTAÇÃO PELA FLANGE NO TOP	47
FIGURA 30 - TUBO NA MATRIZ DE SÉRIE	48
FIGURA 31 - <i>BRACKET</i> NOVA	49
FIGURA 32 - SIMULAÇÃO DA PRIMEIRA PENSADA VS SEGUNDA PENSADA	50
FIGURA 33 - TUBO P34319456 EM RETO	50
FIGURA 34 - ANGULAÇÃO ENTRE FLANGE E VÁLVULA	51
FIGURA 35 – POSIÇÃO DE CONTROLO INTERMÉDIO - F94319456	53
FIGURA 36 - PRODUTO FINAL - POSIÇÃO VEÍCULO T.70953.	53
FIGURA 37 - PLANNING DE INDUSTRIALIZAÇÃO DO T.70953. ADAPTADO DE HUTCHINSON PORTO.....	54
FIGURA 38 – VISTA DA ZONA DE FECHO DA MFB.....	57
FIGURA 39 - VISTA GERAL DA MFB.....	58
FIGURA 40 - GCC F94319456	58
FIGURA 41 - GCF T.70953	60
FIGURA 42 - GUIA PARA CURVADORA DINAMO	62
FIGURA 43 - GUIA MONTADO NA CURVADORA	63
FIGURA 44 - SIMULAÇÃO PUNCIONADORA.....	63
FIGURA 45 - ORIENTADOR DE PUNCIONAR P34319456.....	64
FIGURA 46 - MILESTONES DO CLIENTE	66
FIGURA 47 – PUNCIONADORA E ORIENTADOR DE PUNCIONAR	67
FIGURA 48 - MÁQUINA DE SOLDAR INDUÇÃO	68
FIGURA 49 - CURVADORA DINAMO	68
FIGURA 50 - MÁQUINA DE PENSAR.....	69
FIGURA 51 - PEÇA PENSADA EM AMBAS AS EXTREMIDADES-	70
FIGURA 52 - MFB	71
FIGURA 53 - <i>STRAP</i>	74
FIGURA 54 - <i>PLANNING</i> DE INDUSTRIALIZAÇÃO PARA ADIÇÃO DO <i>STRAP</i> NO T.70953.	74
FIGURA 55 - CUSTOS TOTAIS T.70953	77
FIGURA 56 - SINÓPTICO DO T.70953.	78
FIGURA 57 - <i>PROCESS</i> FMEA T.70953. ADAPTADO DE HUTCHINSON PORTO	80

FIGURA 58 – SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES MFB.....	82
FIGURA 59 - SISTEMA DE DETEÇÃO DA <i>BRACKET</i>	82
FIGURA 60 - SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES MÁQUINA TESTE.....	83
FIGURA 61 - <i>TEMPLATE</i> TEMPOS DE CICLO.....	84
FIGURA 62 -BALANCEAMENTO DA LINHA AA9 - T.70953.....	86
FIGURA 63 – <i>TAKT-TIME</i> VS TEMPO DE CICLO.....	87
FIGURA 64 - FOS T.70953.....	88
FIGURA 65 T.70953 - PRODUTO FINAL.....	95
FIGURA 66 – DESENHO TÉCNICO DO TUBO EM RETO.....	111
FIGURA 67 - BLOCAGE CURVADORA <i>MASSANAS</i>	112
FIGURA 68 - TOLERANCIAMENTO DA VÁLVULA NO CALIBRE.....	113
FIGURA 69 - CÁLCULO DA OVALIZAÇÃO DO TUBO.....	113
FIGURA 70 - TOLERANCIAMENTO PARA TORRES DE CONTROLO DE CURVATURA.....	114
FIGURA 71 - TOLERANCIAMENTO PARA TORRES DE CONTROLO DO CASQUILHO.....	114
FIGURA 72 – CONTROLO DA FLANGE DO TUBO F94319456.....	115
FIGURA 73 - TOLERANCIAMENTO PARA CONTROLO DA <i>BRACKET</i>	116
FIGURA 74 - PARÂMETROS DE SOLDADURA AA9.....	116
FIGURA 75 - INSTRUÇÃO DE TRABALHO <i>STANDARD</i> DA MFB – AA9.....	117
FIGURA 76 - INSTRUÇÃO DE PREPARAÇÃO <i>STANDARD</i> DA PUNÇONADORA - AA9.....	118
FIGURA 77 - PARÂMETROS TESTE DE ESTNAQUICIDADE.....	119
FIGURA 78 - T.70953 (FOLHA 1/2).....	120
FIGURA 79 - T.70953 (FOLHA 2/2).....	121

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - TOP 10 CONSTRUTORES AUTOMÓVEL A NÍVEL MUNDIAL [9].	10
TABELA 2 - BOM DE UMA MESA DE MADEIRA. ADAPTADO DE [17].	15
TABELA 3 - ATIVIDADES E FERRAMENTAS NA FASE <i>DEFINE</i> . ADAPTADO DE [22] E [31].	19
TABELA 4 - ATIVIDADES E FERRAMENTAS NA FASE <i>MEASURE</i> . ADAPTADO DE [26] E [31].	19
TABELA 5 - ATIVIDADES E FERRAMENTAS NA FASE <i>ANALYSE</i> . ADAPTADO DE [22] E [31].	20
TABELA 6 - ATIVIDADES E FERRAMENTAS NA FASE <i>DESIGN</i> . ADAPTADO DE [22] E [31].	20
TABELA 7 - CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DO FMEA [34].	22
TABELA 8 - LISTA DE COMPONENTES DO T.70955	31
TABELA 9 - VOLUME ANUAL DO T.70953	37
TABELA 10 - FAMÍLIAS DE REFERÊNCIAS DA LINHA AA9	38
TABELA 11 - PREVISÃO DE PROCURA MENSAL DA LINHA AA9.	39
TABELA 12 - TURNOS LINHA AA9.	40
TABELA 13 - DADOS FINAIS PARA CAPACIDADE PRODUTIVA DA AA9.	42
TABELA 14 - CODIFICAÇÃO TUBO F94319456	43
TABELA 15 - COMPRIMENTO TEÓRICO F94319456.	44
TABELA 16 - COMPRIMENTO TEÓRICO F1341606L187.	44
TABELA 17 - COMPRIMENTO TEÓRICO APÓS CONFORMAÇÃO	45
TABELA 18 - TIPO DE VÁLVULA E MECANISMO DA VÁLVULA DA LINHA AA9	52
TABELA 19 - REQUISITOS TÉCNICOS PARA A PRODUÇÃO DA MFB	57
TABELA 20 - RESUMO DO GCC	59
TABELA 21 - RESUMO DO GCF.	61
TABELA 22 - MAPA COMPARATIVO DE INDUSTRIALIZAÇÃO	65
TABELA 23 - CUSTOS E PRAZOS TOTAIS DE INDUSTRIALIZAÇÃO	65
TABELA 24 - RESUMO NDUS DA SEMANA 8	69
TABELA 25 - RESUMO INDUS SEMANA 9	70
TABELA 26 - INTERVENIENTES NA VALIDAÇÃO DE MÁQUINAS.	71
TABELA 27 - RESUMO DE PROBLEMAS NA VALIDAÇÃO DA MFB	72

TABELA 28 - RESUMO INDUS SEMANA 16.....	73
TABELA 29 - CUSTOS DE AQUISIÇÃO	76
TABELA 30 - CUSTOS E TEMPOS DE MÃO DE OBRA	77
TABELA 31 - CUSTOS TOTAIS DE PRODUÇÃO DO T.70953	77
TABELA 32 - SISTEMA DE DETEÇÃO DO <i>STRAP</i>	81
TABELA 33 - MEDIÇÃO DE TEMPOS DA LINHA AA9.....	84
TABELA 34 - WC DE CADA FAMÍLIA	85
TABELA 35 - RESUMO DO BALANCEAMENTO DA LINHA AA9 COM 90% DE RENDIMENTO	86
TABELA 36 - TABELA 36 - REQUISITOS FOS POR DEPARTAMENTO.	87
TABELA 37 - VALIDAÇÃO DA OPERAÇÃO PUNCONAR	89
TABELA 38 - VALIDAÇÃO DA OPERAÇÃO SOLDAR	90
TABELA 39 - VALIDAÇÃO DA OPERAÇÃO APARAFUSAR	90
TABELA 40 - VALIDAÇÃO DA OPERAÇÃO CURVAR DÍNAMO	91
TABELA 41 - VALIDAÇÃO DA OPERAÇÃO CURVAR MASSANAS	92
TABELA 42 - VALIDAÇÃO DA OPERAÇÃO PRENSAR	93
TABELA 43 - VALIDAÇÃO DA OPERAÇÃO MONTAR <i>BRACKET</i> E ADICIONAR <i>STRAP</i>	93
TABELA 44 - VALIDAÇÃO DA OPERAÇÃO TESTE E CALIBRE FINAL	94
TABELA 45 - OBJETIVOS VS RESULTADOS DO PROJETO	100

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	3
1.2	OBJETIVOS.....	3
1.3	METODOLOGIA	4
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	INDÚSTRIA AUTOMÓVEL	9
2.1.1	IMPORTÂNCIA ECONÓMICA DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL.....	9
2.1.2	INDÚSTRIA DE COMPONENTES AUTOMÓVEL EM PORTUGAL.....	11
2.2	INDUSTRIALIZAÇÃO DE PRODUTOS	13
2.2.1	PROJETO DE PRODUTOS	13
2.2.2	BOM E GAMAS OPERATÓRIAS	14
2.2.3	LEAN SIX SIGMA	17
2.2.4	CICLO DMADV	18
2.2.5	DIAGRAMA DE GANTT	21
2.2.6	PROCESS FMEA	21
3	DESENVOLVIMENTO.....	27
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	27
3.2	PRODUTO	30
3.3	PROCESSO PRODUTIVO.....	32
3.4	PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO	36
3.4.1	FASE <i>DEFINE</i>	36
3.4.2	FASE <i>MEASURE</i>	56
3.4.3	FASE <i>ANALYSE</i>	65

4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	99
4.1	CONCLUSÕES	100
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	101
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	105
6	ANEXOS.....	110

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1.5 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Nos últimos anos, os líderes mundiais do setor automóvel têm testemunhado um certo risco no desenvolvimento da indústria. Um lento crescimento económico, aliado ao decréscimo de confiança por parte do consumidor, traduziu-se numa quebra de vendas de novos veículos na maioria dos mercados.

No entanto, esta queda camuflou diversos desenvolvimentos em termos industriais. Por exemplo, o aumento dos preços de venda dos automóveis não tem sido proporcional ao crescimento dos *standards* de qualidade e produtividade. Atualmente, os carros são mais seguros, a sua eficiência no consumo de combustível é superior e a inovação tem crescido exponencialmente [1]. Assim sendo, surge a oportunidade de acompanhar o desenvolvimento tecnológico através da conceção de novos produtos.

O tema definido para o desenvolvimento da dissertação foi estabelecido através da necessidade de prototipagem de uma nova referência com o intuito de ser aprovada para o fabrico em série, no âmbito do projeto FT268.

O processo de industrialização em estudo decorreu entre o mês de Dezembro de 2017 e Setembro de 2018 numa empresa fornecedora de componentes de sistemas de ar condicionado e direção assistida para o setor da indústria automóvel: Hutchinson Porto.

As amostras iniciais, resultantes do processo de pré-série desenvolvido na linha de produção AA9, destinaram-se à aprovação da construtora Renault-Nissan.

O trabalho foi desenvolvido essencialmente no departamento de engenharia, sob a orientação parcial da diretora Eng^a Luísa Silva, do coordenador de industrialização, Eng.^o Hugo Nunes e Eng.^o de industrialização João Dias, aliado a uma equipa multidisciplinar, envolvendo áreas intervenientes.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal a análise e gestão do processo de industrialização associado a uma linha de produção que fabrica componentes para os sistemas de ar condicionado, denominada de AA9. A metodologia utilizada foi o ciclo DMADV, ferramenta de *Lean Six Sigma*, destinada ao desenvolvimento de novos projetos. O projeto tem como foco principal a seguinte sequência:

- Análise do produto a fabricar;
- Estudo da viabilidade de industrialização;
- Definição do processo de industrialização;

- *Process FMEA* para novos componentes;
- Validação de *Poka-Yokes*;
- Medição de tempos do fluxo produtivo;
- Validação do processo produtivo.

1.3 Metodologia

De modo a atingir os objetivos principais da dissertação, inicialmente foi desenvolvida uma revisão bibliográfica referente a ferramentas de *Lean Six Sigma*, de forma a apoiar o projeto proposto.

Como tal, optou-se por incidir essencialmente na metodologia DMADV (*Define, Measurement, Analysis, Design and Verify*), que são referidos e utilizados na realização prática do trabalho.

A metodologia de estudo foi dividida em sete Etapas:

- Etapa 0 – Revisão bibliográfica sobre as metodologias a aplicar.

Numa primeira instância, torna-se necessário reunir as ferramentas teóricas para poder aplicar na prática do projeto. Assim sendo, foi elaborada uma pesquisa que incidiu maioritariamente sobre metodologias *Lean Manufacturing* utilizadas no setor automóvel.

- Etapa I (*Define*) – Análise e planeamento do projeto.

Esta etapa destina-se essencialmente à fase embrionária da gestão do projeto, no qual são estudadas as suas *milestones*, e através das mesmas é elaborado um *planning* de industrialização que englobará prazos e custos. Este deve ser aprovado pela construtora/cliente, que será a Renault.

Posteriormente, foi feita uma análise rigorosa aos desenhos 2D e 3D provenientes do centro de desenvolvimento da Hutchinson, sediado em França. As simulações foram realizadas através do *Software CAD PRO ENGINEER /PTC CREO*.

- Etapa II (*Measure*) – Encomenda e validação da modelação das ferramentas necessárias para o desenvolvimento do protótipo do produto a industrializar.

Nesta etapa é essencial que se estude os casos possíveis no que diz respeito à simulação das ferramentas, de modo a que, numa fase posterior, o seu teste no terreno seja eficiente. As ferramentas são desenvolvidas pela equipa técnica *de CAD*, e validadas pelo piloto do projeto. Após a sua validação teórica, são reencaminhadas

para o fabricante que apresente melhor relação dentro de três parâmetros essenciais: qualidade, prazo e preço.

- Etapa III (*Analyse*) – Industrialização das ferramentas desenvolvidas e, elaboração da documentação de apoio às linhas de produção e representação dos custos de produção.

Após o estudo realizado da referência a produzir, foi necessária a definição do seu processo produtivo. Para isso, procedeu-se à realização da ficha técnica associada, documento este que é fulcral para apoio ao processo produtivo, pois é o guia de produção para cada referência. Nessa ficha deve estar incluída a sequência de fabrico do processo, máquinas associadas, número das instruções de trabalho e preparação, assim como as referências de cada matéria-prima, ilustração do componente e embalamento.

A execução deste documento tem como ferramentas base o plano 2D do projeto, NI's, ETE, BOM e DCL. Após a receção das ferramentas que foram desenvolvidas, é necessário realizar o seu teste em chão de fábrica.

Este período do projeto normalmente é acompanhado por ligeiras retificações que possuem custos associados, no entanto, residuais. Na aplicabilidade das ferramentas, há que ter em conta geralmente três fatores: ergonomia, qualidade e tempo de *setup*.

Os custos de produção foram elaborados pela equipa de *cost analysis*, sendo estes apresentados e enviados para o cliente.

- Etapa IV (*Design*) – *Process FMEA* e cumprimento das *milestones*.

Após os primeiros testes e otimizações de ferramentas, em parceria com os operadores, preparadores e monitores da linha AA9, foram realizadas diversas simulações em conjunto com a equipa de *Process FMEA*. Esta etapa é essencial para a minimização de futuros problemas em produção em série.

De seguida, procedeu-se ao cumprimento das *milestones* associadas, decompostas em diversas datas, nas quais são entregues pequenos lotes de produto acabado ao cliente, sendo que estas quantidades vão aumentando gradualmente até à fase de *SOP*.

- Etapa V (*Verify*) – Validação do processo produtivo e *SOP*.

Nesta etapa, foi realizada uma validação do processo no seu conjunto, em parceria com o Departamento da Qualidade e Produção (Equipa *Process FMEA*). Antes da fase *SOP*, o processo deve ser suficientemente robusto para corresponder às necessidades do cliente.

É essencial que, a transição entre o processo de industrialização e produção-série seja equilibrada. Assim sendo, os primeiros volumes entregues ao cliente requerem um acompanhamento cuidado na produção pelo piloto do processo.

- Etapa VI – Análise comparativa e conclusões.

Por fim, foi efetuada uma análise sobre a situação prévia comparativamente à atual, acompanhada de sugestões de melhoria ao processo.

1.4 Estrutura do projeto

O projeto encontra-se estruturado em quatro capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução

O primeiro capítulo contém a contextualização do problema, objetivos definidos, metodologia utilizada e ordenada, assim como a organização do projeto.

- Capítulo 2 – Revisão bibliográfica

No segundo capítulo é retratada toda a revisão bibliográfica que servirá de alicerce para o trabalho realizado.

- Capítulo 3 – Desenvolvimento

O capítulo três engloba essencialmente todo o trabalho prático associado ao projeto em questão, seguindo a metodologia DMADV, assim como a apresentação da empresa.

- Capítulo 4 – Conclusões

O capítulo quatro descreve o resultado face aos objetivos propostos, assim como sugestões de melhoria ao projeto.

- Capítulo 5 – Bibliografia e outras fontes de informação

O quinto capítulo inclui as fontes inerentes à componente teórica do projeto.

- Capítulo 6 – Anexos

Por último, o capítulo 6 inclui documentação de apoio à vertente empírica do trabalho desenvolvido.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

2.2 INDUSTRIALIZAÇÃO DE PRODUTOS

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

O setor automóvel é um ramo de elevada exigência, nomeadamente no que concerne à multiplicidade de normas específicas [2]: ambiente, qualidade e segurança, são áreas onde as normas devem ser estritamente seguidas. Paralelamente ao elevado número de restrições desta área, é possível admirar o seu lado criativo. Exemplo disso é a grande construtora *Tesla*, que está a revolucionar esse tecido empresarial através do fabrico de viaturas em constante inovação, como por exemplo a possibilidade do controlo remoto de um automóvel ser realizado através de uma aplicação [3].

Relativamente à cadeia de abastecimento no universo automóvel, esta define-se pela sua amplitude em termos de quantidade de fabricantes diretos, mas ao mesmo tempo restrita, pois é exigido um elevado nível de qualificação para ser considerado como fornecedor nessa indústria tão competitiva [4, 5].

2.1.1 Importância económica da indústria automóvel

A indústria automóvel cada vez mais é uma peça vital na economia mundial. Desde 2005 até 2017, o crescimento de vendas a nível global de todas as categorias de veículos passou de 66 milhões para 97 milhões de automóveis por ano (Figura 1), garantindo atualmente cerca de 15 milhões de postos de trabalho [6].

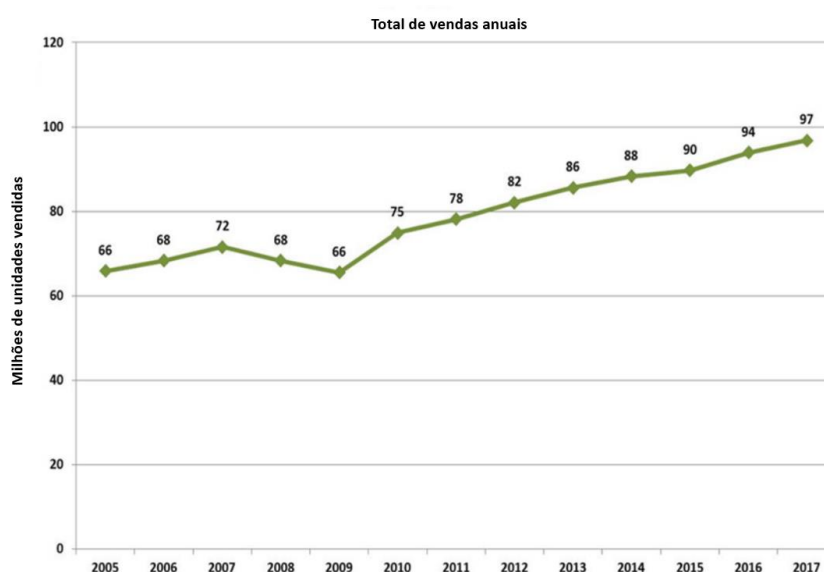


Figura 1 - Vendas a nível mundial de automóveis. Adaptado de [6].

A nível global, o setor automóvel representa aproximadamente 1,5 triliões de euros [7], sendo que a construtora japonesa Toyota, lidera o ranking de produtores de automóveis, representando uma quota de mercado de 9,2%. Em segundo lugar encontra-se o grupo alemão Volkswagen, com uma participação de 7,2% [8], detentor de doze marcas automóveis em sete países europeus.

Para uma análise mais abrangente, é possível visualizar a Tabela 1 no que diz respeito a unidades produzidas.

Tabela 1 - Top 10 construtores automóvel a nível mundial [9].

Ranking	Empresa	Ano 2015	Ano 2016
1	TOYOTA	10 083 831	10 213 486
2	VOLKSWAGEN	9 872 424	10 126 281
3	HYUNDAI	7 988 479	7 889 538
4	G.M.	7 484 452	7 793 066
5	FORD	6 393 305	6 429 485
6	NISSAN	5 170 074	5 556 241
7	HONDA	4 543 838	4 999 266
8	FIAT	4 865 233	4 681 457
9	RENAULT	3 032 652	3 373 278
10	PSA	2 982 035	3 152 787

Em termos de resultados operacionais, a indústria automóvel tem apresentado números progressivamente sólidos. Relativamente ao ano de 2016, o *seu EBIT (Earnings Before Interests and Tax)* médio situou-se nos cerca de 6%, enquanto os fornecedores dos construtores possuem um EBIT ligeiramente superior, cerca de 7%. Destaque para a margem de 9% relativo aos fornecedores italianos.

No que diz respeito aos construtores, estes alcançaram um número inferior comparativamente aos fabricantes de componentes, apenas 5,5%. De salientar a indústria nipónica, com valores a rondar os 8%, fruto sobretudo dos grandes líderes mundiais, *Toyota*, *Nissan* e *Honda*. Em segundo lugar, apresenta-se com cerca de 6%, a maior potência europeia, a Alemanha, sendo maioritariamente representado pelo grupo *Volkswagen* (Figura 2).

Relativamente ao crescimento anual de receitas ao nível dos fabricantes de viaturas, a China assume o destaque com 12%, e com cerca de 18% para os fornecedores.

Apesar do domínio Oriental atual, a previsão para 2025 será de forte crescimento. As tendências de cariz tecnológico a emergir, dividem-se em quatro setores: mobilidade, condução autónoma, eletrificação e digitalização. A taxa de crescimento no que diz

respeito a veículos futuristas poderá chegar a 35% , enquanto que a Europa e os E.U.A. apenas terão impacto entre 10 a 15% [10].

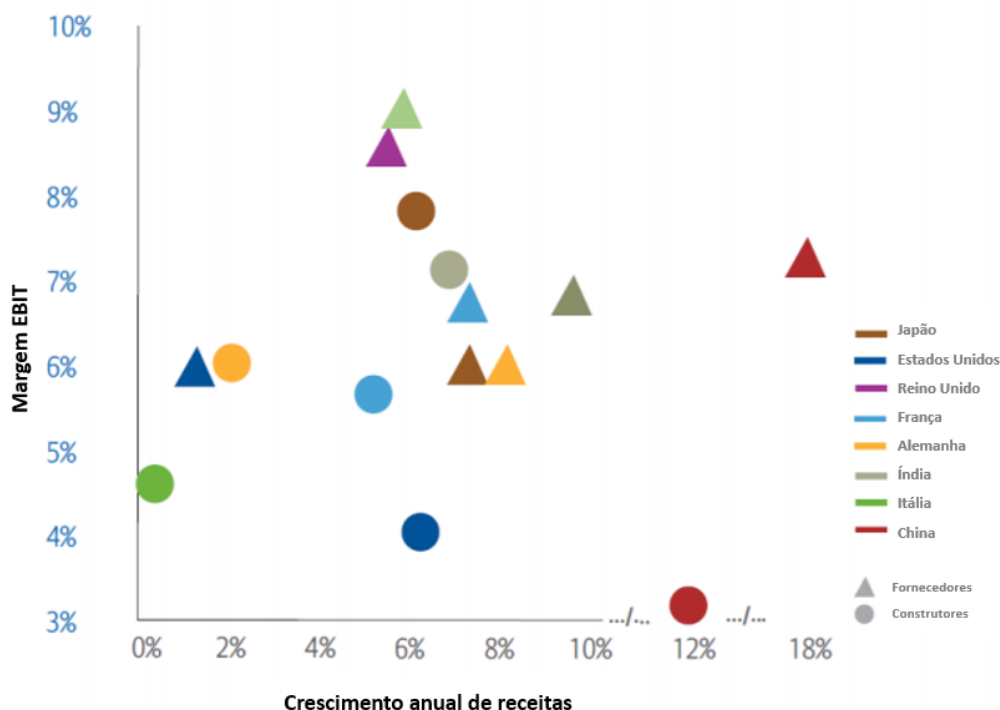


Figura 2 - EBIT de Construtores vs Fornecedores. Adaptado de [11].

É possível afirmar que são poucas as indústrias que afetam o quotidiano de forma tão preponderante na maior parte dos seres humanos. A indústria automotiva confere uma ampla mobilidade ao cidadão, e estudos revelam que cerca de 90% dos idosos, se tivessem que abdicar do seu veículo próprio, iriam sofrer substancialmente na sua autonomia [12].

2.1.2 Indústria de componentes para automóvel em Portugal

Em Portugal, a indústria automóvel é um setor fundamental para a economia, nomeadamente no que diz respeito à geração de postos de trabalho e exportação.

A nível europeu, encontra-se na 15ª posição. O país conta com cinco grandes construtoras, *PSA, Mitsubishi, Caetano Bus, Toyota Caetano* e *VW Autoeuropa*. A última referida, é a maior representante a nível de vendas anuais (Figura 3), contribuindo com um total de 72.000 postos de trabalho [13].

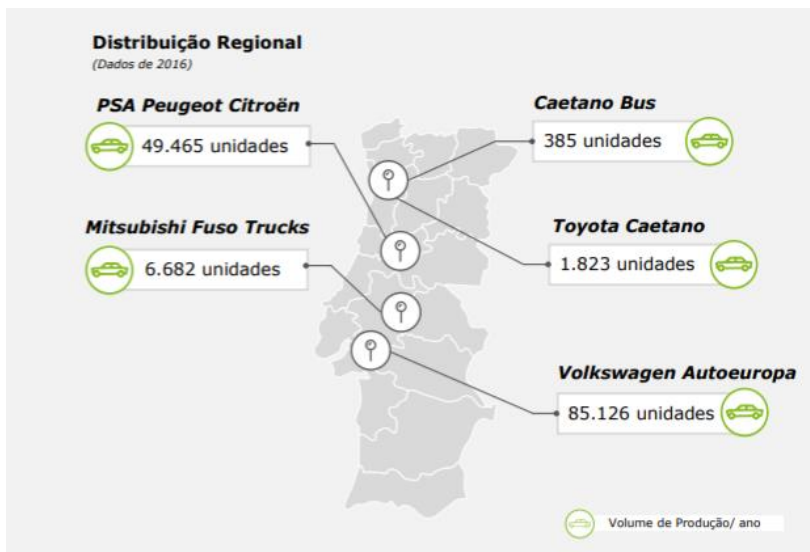


Figura 3 - Volume de produção anual de automóveis [2].

Na indústria automóvel lusófona, as suas principais áreas de atuação são o fabrico de viaturas, moldes e componentes. Segundo [2], o setor de componentes é o mais relevante, constituindo cerca de 400 empresas, gerando uma percentagem superior a 80% do volume total de negócios do setor automobilístico. Essa discrepância entre construtores e fornecedores na área automóvel, é visível através da exportação no setor, representado na Figura 4.



Figura 4 - Destino das exportações da indústria automóvel [14].

Organizações como *Continental*, *Delphi*, *Faurecia*, *Renault Cacia* e *Bosch* são os principais representantes destes valores. No ano de 2016, a indústria na sua globalidade exportou 98 % da sua produção. Os principais clientes são a Espanha e Alemanha [14].

É possível concluir que ao longo de quatro anos, entre 2012 e 2016, houve um crescimento considerável a nível de exportações, cerca de 16 %. Ainda, relativamente aos fabricantes de componentes, surge destaque para áreas como a elétrica e eletrónica, representando 28% do volume de negócios, seguida de fabrico de chassis com 12%. As restantes áreas, como fabrico de pneus, motores e transmissões, sistemas diversos, surgem com percentagens inferiores a 10%.

O *cluster* da indústria automóvel representa 5,6% do Produto Interno Bruto (PIB) português. De realçar que, a maior fatia da percentagem apresentada pertence à indústria de componentes automóvel, que por sua vez realizou vendas equivalentes a 5% do PIB [14].

2.2 Industrialização de produtos

A industrialização de um produto é uma atividade funcional que requer dados de diferentes departamentos. Este processo engloba o desenvolvimento das características do produto, revisão de parametrizações, planeamentos e requisitos globais, assim como a definição da sua exequibilidade e testes a serem realizados.

2.2.1 Projeto de produtos

Um novo projeto surge através do pedido de um cliente, e pode ocorrer de duas formas:

- desenvolvimento de um produto de raiz;
- alteração de um produto existente.

O chefe de projeto começa por recolher requisitos do cliente, para no futuro potencializar o conceito do componente. Uma vez que o cliente aprova o conceito desenvolvido, é definido o processo de industrialização na respetiva fábrica. O processo de industrialização num ambiente fabril [15], de um modo geral, passa por três fases, ilustradas na Figura 5.

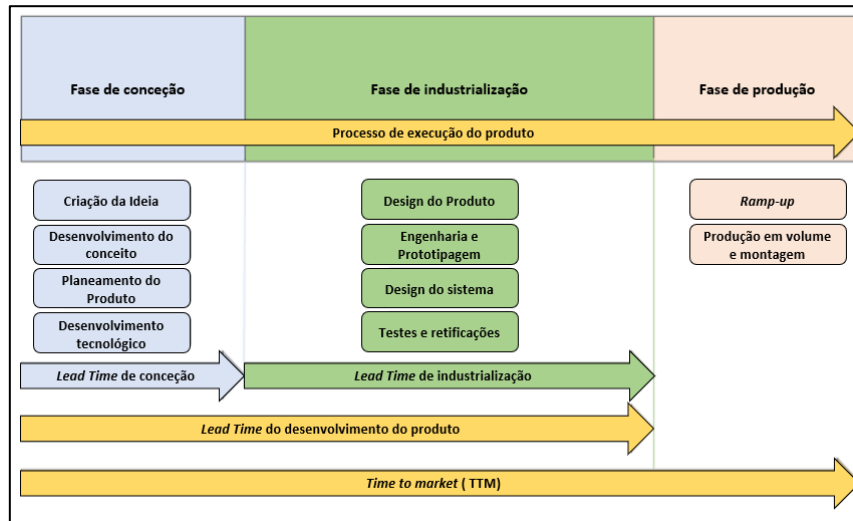


Figura 5 - Fases de industrialização. Adaptado de [15].

O processo de desenvolvimento de um produto consiste nas seguintes fases: conceção, industrialização e produção. A primeira etapa consiste na análise do produto a desenvolver e do seu conceito, assim como o seu planeamento. A fase seguinte, de componente mais prática, requer uma equipa qualificada para desenvolvimento do produto, com auxílio de programas CAD ou CAM, aliada a colaboradores que possam dar *feedback* desses mesmos protótipos recorrendo a testes em chão de fábrica. Numa fase final, a de produção, o processo deve ser sólido o suficiente para ser capaz de corresponder à procura prevista [16].

2.2.2 BOM e Gammas operatórias

2.2.2.1 Bill Of Materials

Antes da definição de qualquer produto final ou produto semiacabado, é necessário conhecer o grupo de matéria-prima ou componentes que o constituem. De acordo com [17], antes de se poder produzir algo, deve-se saber que componentes irão ser utilizados para o fabrico, como por exemplo, para fabricar uma dada gama de jantes, é necessário consultar que tipo de material e número de componentes o produto final vai consumir.

Segundo [18], a BOM é um ficheiro que permite a consulta de elementos e quantidades requeridas para o fabrico de um produto final, contudo, não contém os processos produtivos associados.

De forma a esclarecer o que se entende por esta metodologia, procedeu-se à análise de uma lista de materiais para o fabrico de uma mesa ilustrada na Tabela 2.

Tabela 2 - BOM de uma mesa de madeira. Adaptado de [17].

Descrição: MESA DE MADEIRA		
Referência: 100		
Referência componente	Descrição componente	Quantidade necessária
203	Perna	4
411	Estrutura inferior	2
622	Estrutura lateral	2
023	Topo da mesa	1
722	Suporte	1

De acordo com a Mesa de madeira representada, é possível concluir que esta apresenta cinco componentes distintos que permitem a sua construção, sendo que, as suas quantidades variam. As Pernas, são o componente que é utilizado em maior número, com quatro unidades, de seguida, ambas as Estruturas com duas unidades cada uma. E por fim, um Topo da mesa e um Suporte definem a lista de peças necessárias para a montagem do produto final.

A BOM é uma metodologia que pode ser utilizada de diversas formas por uma organização[19]. Na vertente prática deste projeto, o modelo utilizado será o de lista de materiais e por árvore de produto, ver Figura 6. A árvore representada permite ao leitor ter uma perceção visual mais simplificada do que é a estrutura do produto final, facilitando assim a sua análise. Este exemplo, contém apenas um nível de componentes, no entanto existem outros casos que requerem uma complexidade mais elevada.

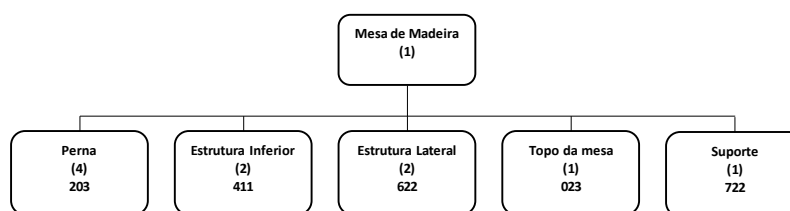


Figura 6 - Árvore de produto da Mesa de Madeira. Adaptado de [17].

É necessário referir que, por vezes, após a lista de materiais ser definida, por exemplo, pelo departamento de *Research and Development* (R&D), podem surgir alguns entraves no processo de fabrico que conduzam à alteração da BOM. Outro caso

possível, é quando um produto final sofre uma modificação, sendo necessária a alteração dos materiais que o constituem [20].

A *Bill Of Materials* é essencial para o planeamento da produção. Segundo [17], os dados que a constituem são introduzidos numa janela de entrada através de um *software* MRP (*Material Requirement Planning*) de forma que, quando os pedidos são anunciados pelo cliente, sejam lançadas as devidas produções de modo a corresponder às necessidades.

2.2.2.2 Gamas operatórias

A base da definição de gamas operatórias é a BOM, e como tal, é imprescindível na fase de implementação do processo produtivo. Este método consiste no sequenciamento das operações e alocação dos operadores de acordo com os seus postos de trabalho.

Segundo [21], a definição de gamas operatórias é o sistemático planeamento, execução e controlo das operações. Essa mesma definição implica que a gestão é necessária para garantir que essas ações têm um propósito bem definido, um sequenciamento lógico que vise atingir resultados práticos. Englobando este campo determinante do fluxo produtivo, há pontos que são importantes ter em conta, tais como: salvaguarda *lead times* de processo, ordenamento dos postos de trabalho, *standards* de qualidade, seleção de máquinas, formação de operadores e capacidade do processo.

Numa outra abordagem, as gamas operatórias definem-se como uma equivalência à BOO (*Bill-Of-Operations*), sendo esta uma sucessão de atividades, respeitando uma determinada ordem pré-definida [18].

Foi apresentado um exemplo do que é uma gama operatória do artigo XPTO, sendo que, os componentes previamente definidos na BOM são utilizados para produzir o que foi planeado. Neste caso em específico, foi analisado o produto final, designado de XPTO, ao qual é constituído por três produtos, Z1, Z2 e Z3, e três operações, OP1, OP2 e OP3. Aqui, existem duas gamas operatórias, a primeira é constituída por duas operações e dois produtos. A segunda gama, designada de B, necessita de dois componentes para ser fabricada.

Analisando a gama A, nota-se que OP1 necessita apenas de um componente Z2 para ser executada, no entanto a segunda operação, mais complexa, necessita do Z3 e da primeira operação para poder ser fabricada. Ora, neste caso, foi possível concluir que, em muitas situações de processo de fabrico, para se poder avançar para uma determinada operação, essa necessita que uma operação anterior seja concluída.

O caso B, é de um nível de complexidade inferior ao anterior, pois não envolve precedentes. Observa-se que, para realizar uma operação, necessita-se de duas peças

(Z2 e Z3). Fimdo este processo, é possível obter o produto XPTO, como demonstra a Figura 7.

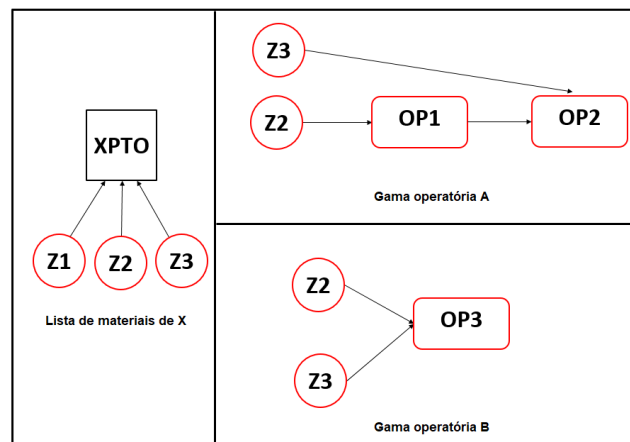


Figura 7 - Gamas operatórias. Adaptado de [18].

2.2.3 Lean Six Sigma

O *Six Sigma* é uma metodologia que é utilizada atualmente a nível global, tendo sido desenvolvida na *Motorola* através de Bill Smith durante os anos 80 [5]. No entanto, na década seguinte, a ferramenta propagou-se, através da líder mundial Americana, *General Electric*.

Existem várias abordagens acerca do conceito de *Seis-Sigma*. Segundo [22], deve existir uma simbiose entre *Seis-Sigma* e o *Lean*, sabendo que, a nível económico, o *Lean* tem as ferramentas apropriadas para atuar, enquanto o *Seis-Sigma* complementa o processo, através das suas ferramentas de controlo estatístico de processo.

Para [23], a definição do *Seis-Sigma* reside numa metodologia estatística para medição de processos, através da análise da sua capacidade. A sua utilização à escala mundial permite reconhecer que esta ferramenta produz componentes com apenas 3,4 defeitos por milhão.

De acordo com [24], a metodologia *Six Sigma* tem capacidade para minimizar a variação dos processos, e melhorá-los continuamente através de duas formas: por intermédio da ferramenta *Design For Six Sigma* (DFSS), normalmente utilizada para novos projectos, ou, por outro lado, numa abordagem a produtos já existentes, recorre-se ao DMAIC. A ferramenta que irá ser utilizada durante este projeto será o DFSS, também conhecido como DMADV, sendo constituído por cinco fases, *Define, Measure, Analyse, Design* e *Verify*.

2.2.3.1 Ciclo DMADV

Uma das ferramentas do *Seis-Sigma* comprovadas no universo empresarial denomina-se por DMADV [24]. A abordagem é aplicável quando o objetivo reside no desenvolvimento de um novo produto, processo ou serviço, e consiste essencialmente em cinco etapas (Figura 8).

No início do processo (*Define*), é quando se definem os objetivos do projeto a atingir e recursos necessários [25]. Na segunda fase (*Measure*), é realizado um estudo, de modo a perceber as fases críticas do processo em termos de qualidade [26].

A terceira etapa, conhecida por *Analyse*, foca-se na melhor forma de gerar valor para o cliente. No penúltimo passo, denominado por *Design*, é quando se pretende executar os novos processos, produtos ou serviços, garantindo a satisfação do cliente [27]. A última e quinta fase (*Verify*), remete-se ao controlo do processo implementado, através de mecanismos que garantam a sua eficiência [28].

É sabido que, no mundo da indústria automóvel, a metodologia DMADV tem apresentado resultados positivos. Num setor de elevada competitividade, é expectável que os fornecedores consigam corresponder às necessidades do cliente, encurtando os seus *lead times* e aumentando os níveis de qualidade [27].

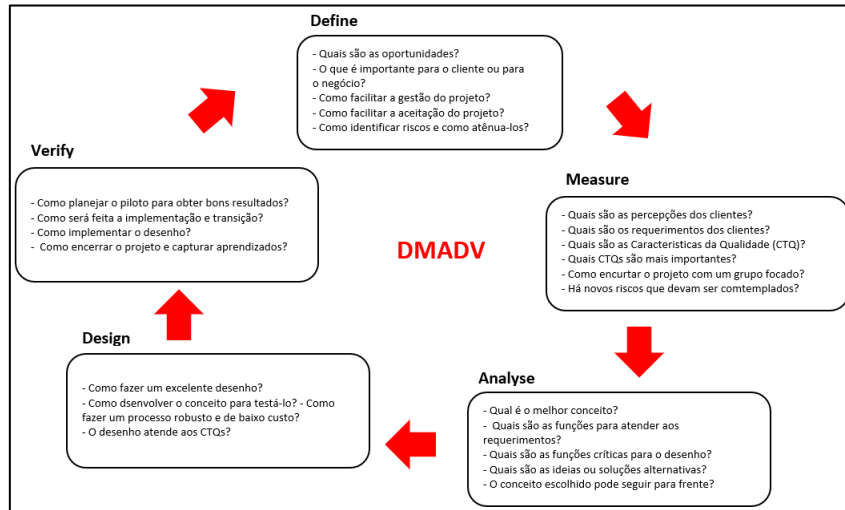


Figura 8 - Ciclo DMADV. Adaptado de [29].

2.2.3.1.1 Fase *Define*

Nesta fase, começa-se pela identificação do problema e seleção da equipa de projeto e recursos para resolver esse problema. De seguida, procede-se à definição de objetivos, de acordo com a perspetiva da organização e seus *stakeholders*.

As ferramentas de auxílio, consistem na elaboração de um *planning*, identificando possíveis riscos inerentes ao projeto [27]. O resumo do planeamento do projeto é realizado através do Diagrama de *Gantt*, documento este que permite o controlo de todo o processo, através de uma forma intuitiva e relativamente simples [30]. Em síntese, na Tabela 3, são apresentadas as tarefas a desempenhar e ferramentas alocadas na primeira etapa.

Tabela 3 - Atividades e ferramentas na fase *Define*. Adaptado de [22] e [31].

Atividades	Ferramentas
Criar um ficheiro que englobe as metas a atingir, a equipa e planeamento inicial do projeto.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de <i>Gantt</i> • Fluxograma do Processo • Diagrama SIPOC
Identificar e analisar possíveis riscos para o cliente final.	<ul style="list-style-type: none"> • QFD (<i>Quality Function Deployment</i>)
Selecionar os recursos e materiais necessários para a fase embrionária.	<ul style="list-style-type: none"> • VOC (Voice of the Customer) • <i>Brainstorming</i>

2.2.3.1.2 Fase *Measure*

Neste segundo nível do processo DMADV, é feita uma abordagem mais calculista, identificando o CTQ (*Critical to Customer*). Este passo visa a recolha das suas necessidades. A entidade fornecedora avalia o que é crítico no seu processo ou produto, de forma a minimizar futuros riscos internamente [22]. As atividades, assim como as ferramentas de medição relativas a esta etapa, encontram-se na Tabela 4. É importante referir que a nível de *design*, torna-se necessário haver uma relação eficiente entre os componentes a desenhar e a sua utilidade no contexto real [27].

Tabela 4 - Atividades e ferramentas na fase *Measure*. Adaptado de [26] e [31].

Atividades	Ferramentas
Estimar a satisfação dos clientes e qualidade do processo.	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados
Identificar indicadores chave para o processo, valores e tolerâncias.	<ul style="list-style-type: none"> • Histograma • Diagrama de <i>Pareto</i>
Desenvolver e otimizar o conceito do processo e <i>design</i> .	

2.2.3.1.3 Fase *Analyse*

Após a fase *Measure*, procede-se à etapa denominada de *Analyse*, onde os conceitos previamente definidos no início do ciclo devem ser prioritários. Como tal, é executada uma análise do processo, equipamento, sua funcionalidade, custo, assim como ao

aparecimento de *bottlenecks* no fluxo produtivo [31]. Através da Tabela 5, é possível avaliar as ações a cumprir, assim como as suas metodologias de apoio.

Tabela 5 - Atividades e ferramentas na fase *Analyse*. Adaptado de [22] e [31].

Atividades	Ferramentas
Identificar e priorizar objetivos anteriores.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama Causa-Efeito • Análise de riscos
Rever planeamento e analisar processo	
Examinar o conceito e capacidade do <i>design</i> , de forma a corresponder às necessidades do cliente.	

2.2.3.1.4 Fase *Design*

Nesta penúltima fase, pretende-se tornar o conceito em realidade, através da definição concreta dos processos[31]. Analisar possíveis defeitos no processo com o suporte de ferramentas da qualidade, como *Process FMEA*, e estipular *standards* de produção [22]. Através da Tabela 6 é possível observar as atividades inerentes, assim como as ferramentas de trabalho.

Tabela 6 - Atividades e ferramentas na fase *Design*. Adaptado de [22] e [31].

Atividades	Ferramentas
Gerar e selecionar o conceito.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Process FMEA (Failure Mode and Effect Analyses)</i> • <i>Flowchart</i> • <i>Benchmarking</i>
Otimização e robustez do projeto.	
Garantir as especificações do produto.	

2.2.3.1.5 Fase *Verify*

Por último, na fase *Verify*, é necessário validar as ações previamente definidas e implementadas, e garantir que as condições do produto estão de acordo com as especificações do cliente. Nesta etapa são realizadas testes piloto, de modo a perceber as possíveis modificações que poderão ser efetuadas. Por exemplo, num processo de industrialização, os testes são realizados na fase de transição para produção, assim como após o *SOP*, ou seja, quando as necessidades do cliente estão próximas dos valores das previsões estudadas [27]. Na Tabela 7 é possível visualizar as atividades inerentes à última fase do projeto.

Tabela 7 - Atividades e ferramentas na fase *Verify*. Adaptado de [29] e [34].

Atividades	Ferramentas
Testes piloto e validação do processo.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Poka-Yoke</i>
Otimização e robustez do projeto.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Check-list</i>
Implementação de controlo do processo.	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo do processo

2.2.3.2 Diagrama de Gantt

Segundo [30], o gráfico de *Gantt* é das ferramentas mais eficazes no que diz respeito a planeamento de processos e projetos. Esse mapeamento pode ser executado em ferramentas como *MS Excel* ou *MS Power Point*. No entanto, existem programas que conferem uma maior amplitude de recursos alocados a esse diagrama, tal como o *MS Project*.

A Figura 9 demonstra um exemplo prático do Diagrama de *Gantt*. O caso em estudo ocorre durante os primeiros treze dias de julho de 2007 e, para cada dia, ou conjunto de dias, é atribuída uma tarefa inerente ao projeto a desenvolver.

O eixo horizontal do gráfico representa os valores temporais, neste caso, número de dias. No eixo vertical, são definidas as atividades a serem executadas no tempo planeado.

ID	Tarefa	Início	Fim	jul07															
				30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Estudo de mercado	02/07/2007	02/07/2007																
2	Análise de exequibilidade de produção	02/07/2007	06/07/2007																
3	Desenvolvimento do design de produto	03/07/2007	09/07/2007																
4	Seleção do melhor design de produto	09/07/2007	09/07/2007																
5	Definição detalhada do processo produtivo	10/07/2007	12/07/2007																
6	ETC	12/07/2007	13/07/2007																

Figura 9 - Diagrama de *Gantt*. Adaptado [32].

2.2.3.3 Process *FMEA*

A avaliação de fiabilidade de um processo tem-se vindo a tornar parte integrante do desenvolvimento do produto, e é frequentemente baseada em modelos estatísticos [33].

Segundo [34], a metodologia *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)*, define-se como uma técnica para avaliar possíveis problemas de fiabilidade na fase inicial do processo produtivo. Para [33], *FMEA* é uma técnica de engenharia usada para identificar, priorizar e aliviar possíveis problemas do sistema, *design*, ou processo,

antes que os problemas ocorram. De acordo com [35], esta é uma das ferramentas mais conhecidas no que diz respeito à gestão da qualidade, utilizada principalmente para melhoria de produtos e processos.

O FMEA tradicional utiliza o RPN (*Risk Priority Number* – número de prioridade de risco), para avaliar o nível de risco de um componente ou processo. Este é obtido através da multiplicação de três fatores: a probabilidade de ocorrência de falha (O), índice de severidade de falha (S) e a probabilidade de não detetar essa falha (D) [35].

De acordo com [34], os três índices inerentes ao RPN, têm todos a mesma escala, onde o número um assume-se como o valor baixo, e dez, o valor mais elevado. O resultado do RPN encontra-se compreendido de um a mil valores, sendo que cada organização pode definir o seu limite de prioridade de risco. (Tabela 8)

Tabela 8 - Classificação dos índices do FMEA [34].

Índice	Escala
Severidade (S)	
Ocorrência (O)	[0-10]
Deteção (D)	
RPN	[1-1000]

Existem três tipos de FMEA [34], tais como:

- *System* FMEA;
- *Design* FMEA;
- *Process* FMEA;
- *Service delivery* FMEA;

No entanto, o projeto desenvolvido concentrou-se no *Process* FMEA, por ser o mais apropriado para efeitos de análise de processo de fabrico. Na Figura 10 encontra-se ilustrado um exemplo de um *template* para a sua execução [36]-

ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS FMEA DE PROCESSO												
Data Chave: Projeto: Pico: Participantes:						No. FMEA: Pag. / Rev. ____ / ____ Preparado por: Data da FMEA:						
Item / Função	Modo de Falha Potencial	Efeito (S) Potenciais (S) de Falha	SEVERIDADE	Causa Potencial (SM) Mecanismo	OCORRÊNCIA	Controlo Preventivo Actual	Controlo Detecção Actual	DETECTABILIDADE	NPR	Ações Recomendadas	Responsabilidade pelas ações recomendadas e os prazos envolvidos	Ações Realizadas

Figura 10 - Template FMEA [36].

Para [36], esta metodologia segue um procedimento específico e requer a participação de uma equipa multidisciplinar, que determine através de análise de modos de falha, o efeito de cada falha e pontos específicos desse defeito. Esse processo encontra-se representado na Figura 11.

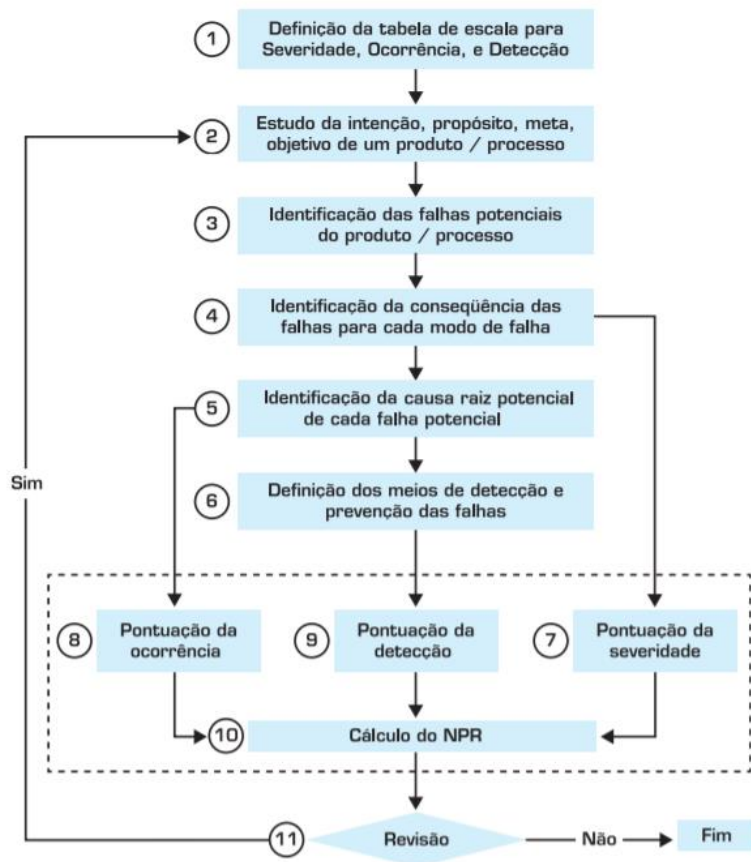


Figura 11 - Procedimento para preenchimento FMEA [36].

DESENVOLVIMENTO

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.2 PRODUTO

3.3 PROCESSO PRODUTIVO

3.4 PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Apresentação da empresa

A organização em estudo, situa-se em Portugal, no distrito do Porto, na cidade de Paredes. O grupo Hutchinson, de origem francesa, é constituído atualmente por 43 mil funcionários, distribuídos por 24 países. As receitas associadas, rondaram os 4,115 mil milhões de euros no ano de 2017 [37]. A petrolífera, Total S.A., é a atual detentora das suas participações maioritárias.

O grupo Hutchinson atua em diversos ramos de atividade, no entanto a filial em estudo, produz sistemas de tubos para ar condicionado e direção assistida para as grandes construtoras de automóveis. A distribuição da produção de ambos os componentes encontra-se representada na Figura 12.

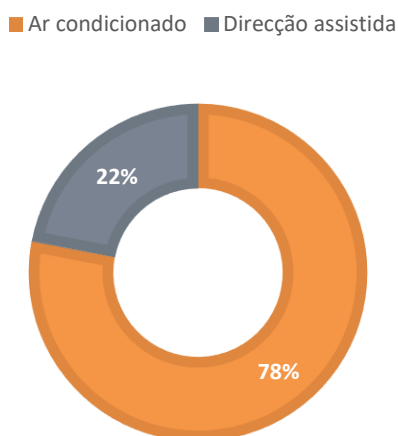


Figura 12 - Distribuição da produção Hutchinson Porto

Apesar da percentagem de produção dos produtos de ar condicionado ser notoriamente superior face aos tubos de direção assistida, ambas fornecem para construtoras de nível mundial. Essa mesma distribuição pode ser visualizada na Figura 13.

O cliente que representa a maior fatia no que diz respeito a vendas, é a Renault-Nissan com 59%, em segundo lugar, encontra-se o grupo Daimler com 21% dos produtos vendidos. Os restantes três clientes, PSA, Ford e General Motors, apresentam uma soma correspondente a 20% do total de vendas da Hutchinson Porto.

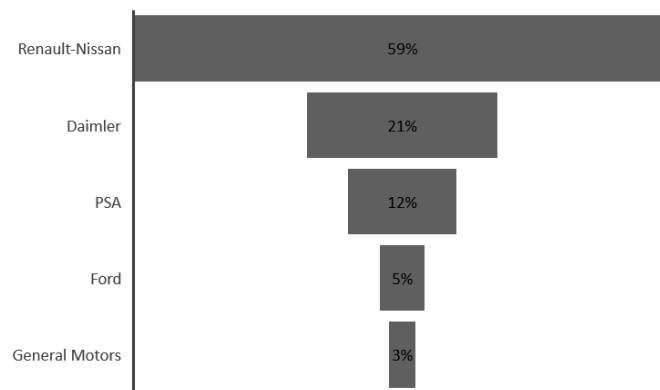


Figura 13 - Procura de produtos por cliente Hutchinson Porto.

No que se refere ao número de funcionários, este triplicou desde 2011. Em 2018, organização atua com cerca de 750 pessoas, distribuídas entre os setores de direção, engenharia, produção, qualidade, logística, informática, contabilidade e recursos humanos. O organigrama da Hutchinson pode ser consultado na Figura 14.

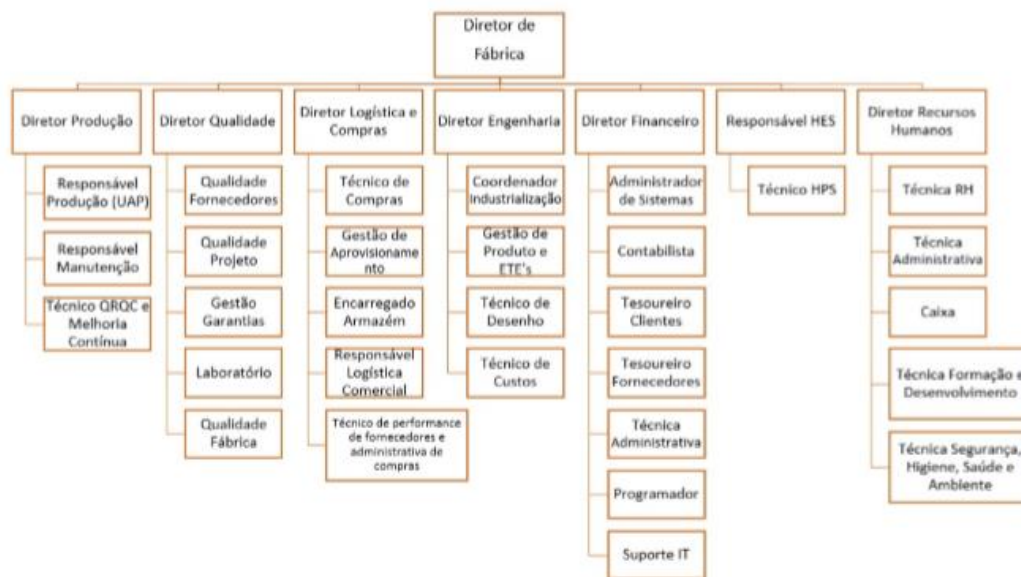


Figura 14 - Organigrama Hutchinson Porto [38]

A empresa foi inaugurada em 1998, num armazém próximo do atual. Atualmente, a fábrica divide-se essencialmente em duas áreas de produção, direção assistida e ar condicionado, sendo que, o segundo representa uma maior fatia dos 6000 metros quadrados disponíveis. Na Figura 15, pode-se observar a disposição do chão de fábrica da Hutchinson Porto, sendo que as UAP's – Unidades de Produção Autónomas, estão divididas pelas seguintes cores:

- UAP 1 – Azul claro;
- UAP 2 – Laranja;
- UAP 3 – Verde claro;

Além das unidades de produção, existem dois armazéns: o Armazém de matéria-prima – MP e o Armazém TPA – Produto Acabado. Incorporado no segundo Armazém, existe o Muro da Qualidade, para controlo de produtos finais previamente seleccionados.

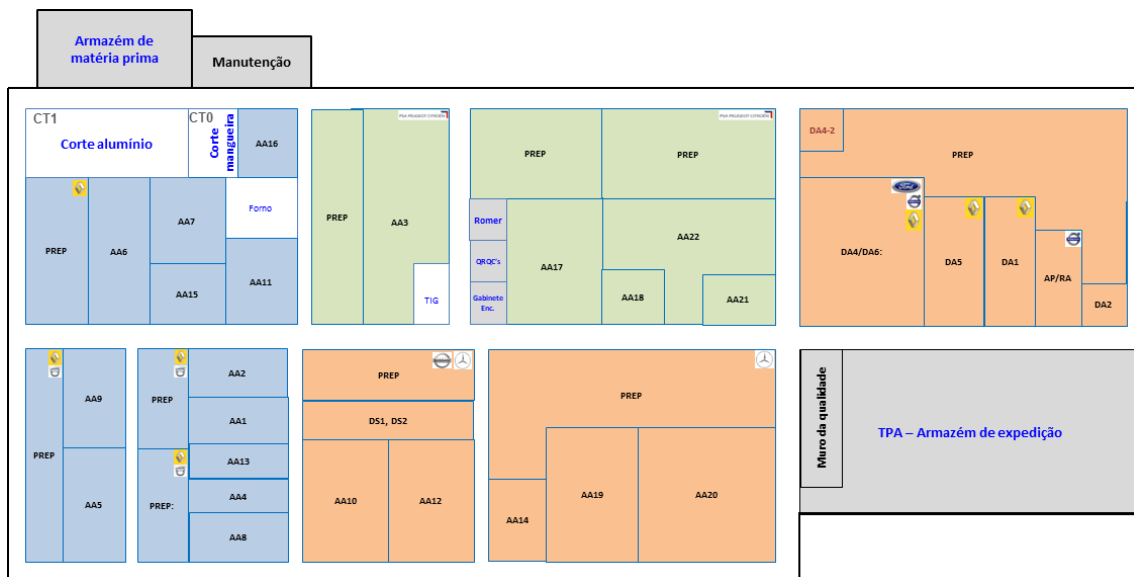


Figura 15 - Representação da área fabril

A disposição das células de fabrico estão organizadas em “U”, como apresenta a Figura 16. Este *layout* é ideal para gamas operatórias semelhantes assim como para uma média variedade de artigos.

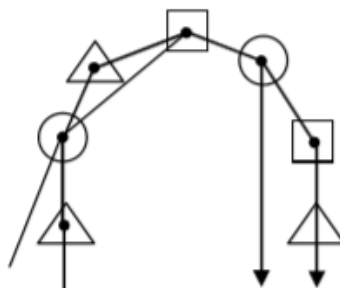


Figura 16 - *Layout* das células de fabrico na Hutchinson Porto. Adaptado de [39].

As linhas da Hutchinson Porto, normalmente operam em três turnos de oito horas, durante cinco dias por semana. No entanto, para corresponder à elevada procura, algumas linhas precisam de trabalhar em dois turnos de doze horas/dia, todos os dias da semana.

Em suma, a organização em estudo, que consolida a sua presença no mercado automóvel há duas décadas, é reconhecida como empresa modelo, nomeadamente devido aos seus resultados em termos de qualidade e prazo de entrega ao cliente. Isto deve-se maioritariamente aos controlos de qualidade em todas as fases de processo, auxiliados de sistemas *Poka-yoke*. Além disso, no que se refere à gestão da produção, é conferida uma maior versatilidade resultante das semelhanças nas gamas operatórias, permitindo assim a inserção de diversas referências em diferentes linhas de produção

3.2 Produto

Numa fase embrionária do projeto, é necessário o conhecimento dos processos produtivos da empresa. Deste modo, o planeamento para a entrada de um novo produto pode ser executado da melhor forma possível. Como tal, numa primeira fase é feita uma análise de capacidade e um estudo de exequibilidade ao produto em questão, que posteriormente será introduzido na linha de produção AA9.

Como anteriormente já foi enunciado, o produto final do processo produtivo é o tubo de ar condicionado, que é constituído por vários componentes. Na Figura 17, pode-se observar o produto em estudo, na sua forma final, designado de T.70955. É de salientar que ao longo do ciclo DMADV, a vertente prática do projeto, o produto irá sofrer alterações, até assumir a forma representada. Na Tabela 9, são mostrados os componentes associados, assim como as suas referências.

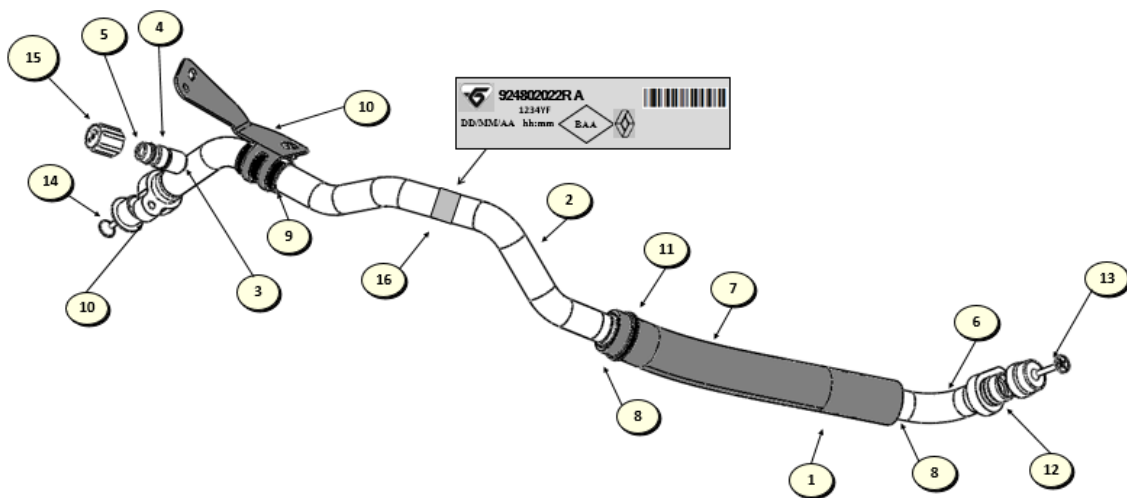


Figura 17 - Ilustração dos elementos constituintes do T.70953

Para uma melhor compreensão do projeto em estudo, foi elaborada uma descrição sucinta do produto e dos processos produtivos que constituem a sua globalidade.

A industrialização do projeto FT268, será aplicada ao modelo Mégane da marca francesa Renault (Figura 18).



Figura 18 - Renault Mégane [36].

Tabela 9 - Lista de componentes do T.70955

Componente	Referência	Legenda
Mangueira de borracha	F1341606L175	1
<i>Multicurvo</i> alumínio Ø19x1,24	F94319456L457	2
Anilha de soldadura	F1281102	3
Válvula de gás 1234YF	F2940143	4
Mecanismo da válvula	F2940207	5
<i>Multicurvo</i> alumínio Ø19x1,24	F93319114L162	6
Proteção térmica L210	F1442502	7
Casquilhos prensados	F2842502	8
Colar	F6901904	9
<i>Bracket</i> aço	F24104429	10
<i>Strap</i>	F6430104	11
<i>O'Rings</i>	F6111304	12
Tampão flange macho	F6320815	13
Tampão flange fêmea	F6320821	14
Tampão válvula	F6390207	15
Etiqueta de identificação	F6541401	16

A mangueira de borracha, *multicurvos*, casquilhos e flanges, correspondem a componentes que são produzidos nas zonas de preparação da fábrica, e que numa fase de processo mais avançada, entram nas linhas de produção onde o tubo de ar condicionado é montado.

A válvula, a proteção térmica, o colar, o *bracket*, o *strap*, os *O'rings*, os tampões, o mecanismo de válvula, a anilha e a etiqueta, são componentes que são montados na peça, na respetiva zona de montagem (AA9). Na Figura 19, referente à árvore do produto, é possível uma melhor compreensão da peça em questão.

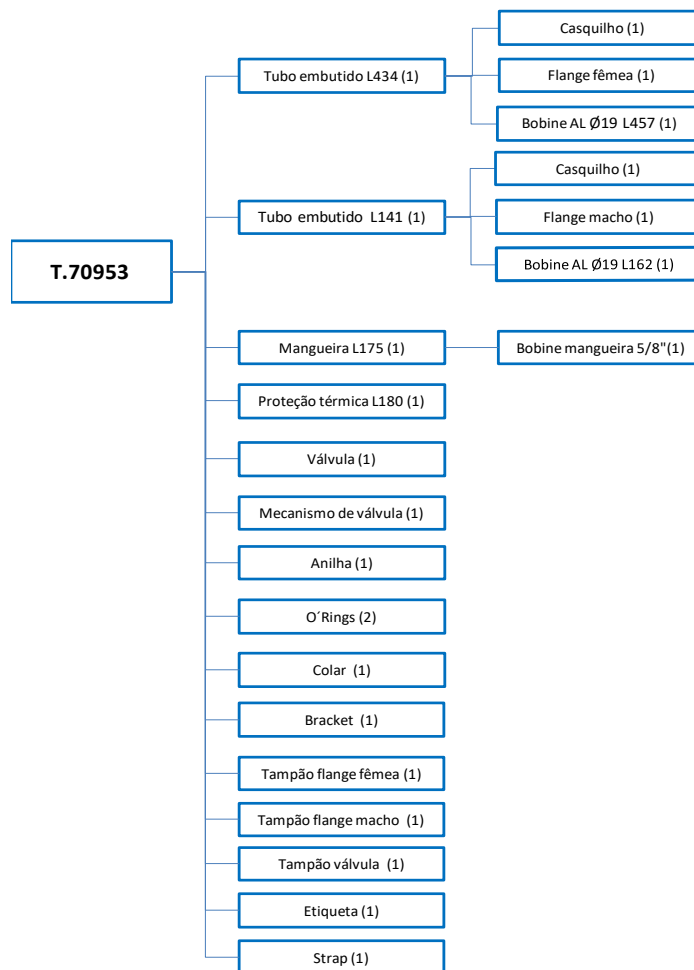


Figura 19 - Árvore de produto do T.70953.

3.3 Processo produtivo

O fluxo do produto T.70953 está dividido em nove fases, associadas a seis áreas:

- Armazém MP – Matéria-prima;
- CT1 – Corte de Alumínio e escareamento;
- CTO – Corte de mangueira;
- PREP I – Conformação e lavagem;
- UAPØ15 – Linhas de montagem AA9 (apesar da unidade de produção ser identificada como UAPØ15, esta produz referências de Ø19,05 mm) e Shop Stock;
- Armazém de expedição - TPA.

No entanto, para este caso, apenas se irá debater a parte do *layout* da fábrica que interessa para a produção do T.70953. As zonas associadas encontram-se ilustradas na Figura 20, pela cor verde.

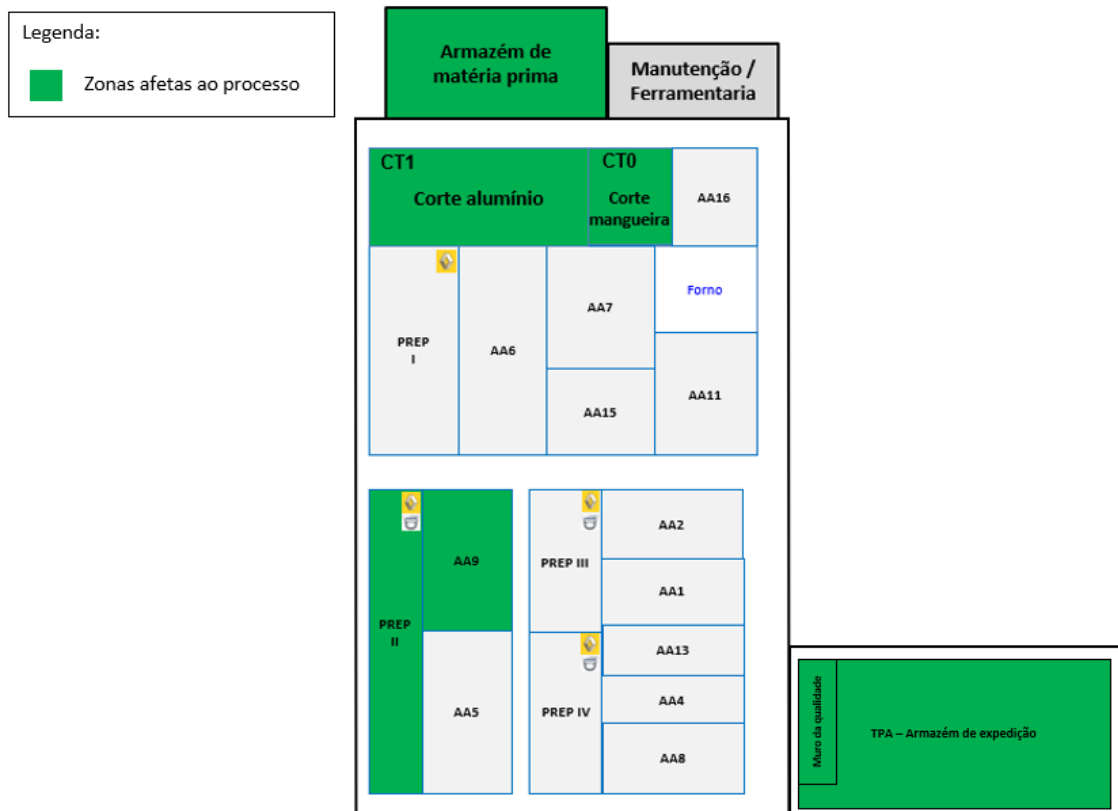


Figura 20 – *Layout* das zonas de preparação e montagem para a referência T.70953

Setor UAP I

Agora que é possível detetar as zonas afetas ao processo do produto em estudo, procedeu-se à representação do seu fluxo produtivo na sua generalidade. Este foi dividido em dois fluxogramas, o primeiro foca-se nas operações exteriores à Linha de montagem, e a seguinte discrimina os processos inerentes à Linha de produção AA9.

MP – Armazém de matéria-prima

O armazém de matéria-prima é responsável por rececionar todos os componentes que abastecem as linhas de montagem e PREP's. Por norma, os materiais são rececionados dentro de caixas-palete.

CT1 – Corte de alumínio

O alumínio é comprado em bobines de diversos diâmetros. Neste caso, os tubos que foram produzidos são de $\varnothing 19,05 \times 1,24 \text{ mm}$.

Após este componente ser acondicionado no MP, este é transportado para o posto de corte - CT1. Aqui, o alumínio é cortado de acordo com o requisito da produção, e de seguida, passa pelo processo de escareamento, sendo este um subposto da zona de corte. De seguida, o alumínio cortado é transportado em BAC's (caixas de plástico *standard* de armazenamento) para a PREP, para ser conformado e lavado.

CT0 – Corte de mangueira

Relativamente ao produto designado por “mangueira”, este é adquirido em rolos, e após o seu armazenamento no MP, é transportado em caixas palete para o CT0, onde será cortado de acordo com as ordens de produção. Relativamente à sua movimentação para a linha de produção, é executada por intermédio do comboio logístico.

No que diz respeito aos restantes componentes, estes são enviados diretamente do armazém para as linhas de produção em BAC's e não sofrem qualquer transformação, sendo armazenados diretamente na Linha AA9.

PREP I – Conformação e lavagem

Na PREP I, são executadas as primeiras operações de preparação de componentes, designadas de conformação e lavagem. Após os tubos completarem as operações do CT0, CT1 e PREP, são enviados para o *Shop Stock* da UAP $\varnothing 15$, que se encontra entre a zona de preparação e a linha de montagem AA9. Deste modo, o seu abastecimento é feito de forma rápida e eficiente, por intermédio das caixas de armazenamento.

TPA – Armazém de produto acabado

Após o produto assumir a sua forma final, este é retirado das linhas de produção em embalagens identificadas e, posteriormente, transportado pelo comboio, em caixas palete, para o armazém de produto acabado, designado de PA. Nesta área, durante as

primeiras semanas, o produto é controlado no Muro da Qualidade, subsetor do Armazém de PA.

De forma a compreender mais facilmente o processo na sua generalidade, foi elaborado um fluxograma que se encontra representado na Figura 21.

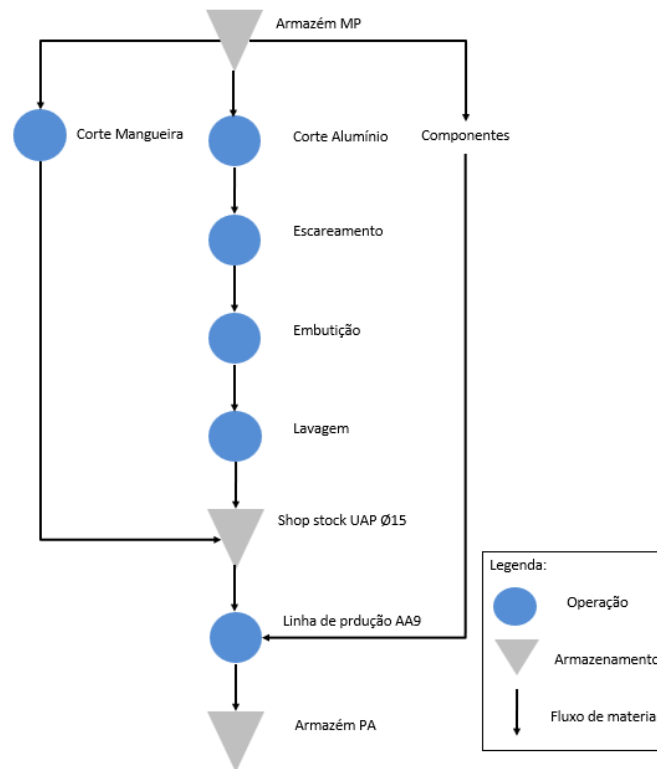


Figura 21 - Fluxograma do processo para o T.70953.

Linha de produção AA9

A Figura 22 representa o fluxo produtivo da linha AA9. O *Shop Stock* é o local onde todos os produtos semi-elaborados, provenientes da PREP e do CT1 estão armazenados. Os outros componentes, como por exemplo, anilhas, válvulas ou proteções, são abastecidos pelo comboio logístico em caixas *kanban* (BAC's).

A linha de produção AA9, engloba, para esta referência, dez operações para completar o T.70953, sendo que, de um modo geral, o primeiro tubo (Tubo A) sofre quatro operações antes de ser unido, e o segundo tubo (Tubo B) apenas sofre uma operação até ser montado. Esta união é feita por intermédio da mangureira, a qual é prensada nas suas extremidades, completando a junção dos dois tubos de alumínio, já curvados.

Antes da verificação de fugas no conjunto, é feito um controlo dimensional no GCF (Calibre Controlo Final) e, por fim, as peças são embaladas numa caixa enviada para o Armazém PA.

É de realçar que, na fase de lançamento do produto para série, todas as peças passam no Muro de Qualidade. Isto significa que a peça é controlada fora de linha, antes de ser enviada para o cliente.

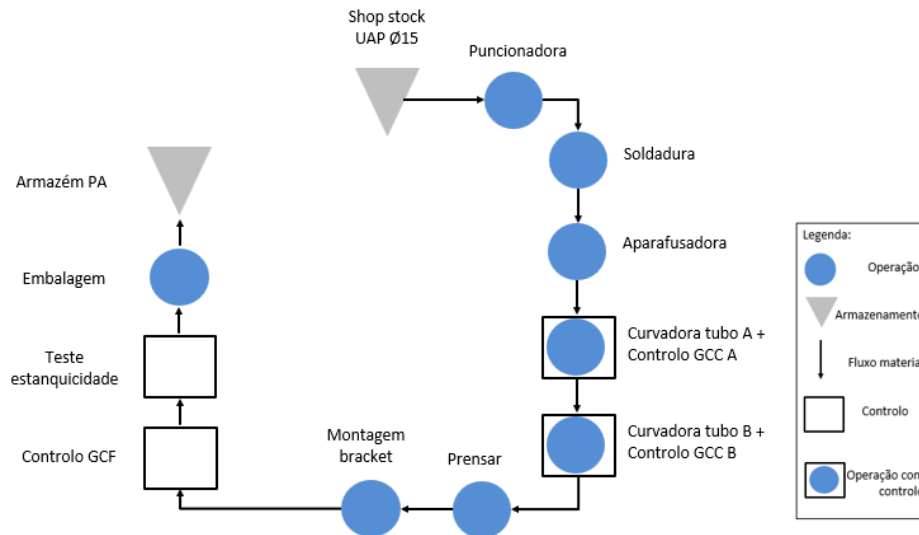


Figura 22 - Fluxo produtivo Linha AA9 do T.70953.

3.4 Processo de industrialização

O processo de industrialização seguinte aborda a aplicação da metodologia Seis-Sigma na implementação de um novo projeto numa linha de produção da Hutchinson Porto. O desenvolvimento prático do projeto, foi concebido no Departamento de Engenharia, tendo como alicerce a metodologia DMADV. Consequentemente, este capítulo é estruturado pela definição das fases deste ciclo, inerentes ao processo de industrialização.

3.4.1 Fase Define

Esta primeira etapa do ciclo DMADV, encontra-se dividida em três pontos:

- Consiste na realização de um estudo de capacidade da linha de produção inerente ao projeto a industrializar;
- O segundo incidirá numa análise de exequibilidade à produção desse mesmo produto;
- E por fim, é realizada a elaboração de um *planning* que englobou todos os custos e *lead times* do processo de industrialização.

3.4.1.1 Estudo de capacidade

O processo produtivo da Hutchinson Porto, está dividido essencialmente em duas áreas, AC e DA. De modo a proceder-se ao estudo de capacidade, será necessário saber qual a linha de produção alocada ao mesmo.

Neste caso específico, a primeira informação que foi obtida pelo cliente, é que a referência a industrializar, designada de T.70953, irá substituir a referência de série T.70646, devido a alterações do motor FT268. Na Figura 23 é possível observar uma breve comparação entre a tubagem atual, a azul, e a nova tubagem, com a cor verde.

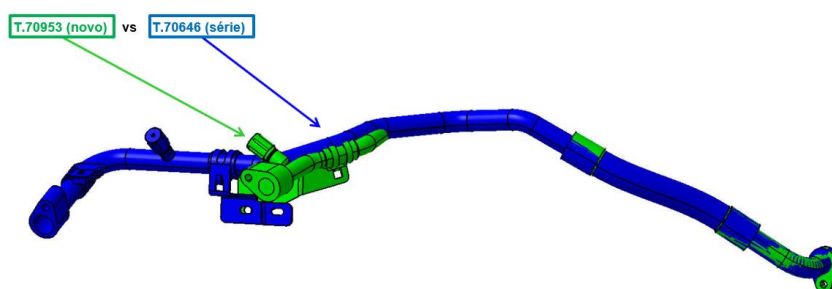


Figura 23 - T.70953 vs T.70646

Previsão da procura dos clientes

Numa primeira abordagem, ambas as referências aparentam ser bastante similares, no entanto, em termos de processo e componentes, apresentam algumas diferenças, análise essa que será feita posteriormente neste capítulo.

Tendo em conta que a nova referência é de $\varnothing 19,05 \text{ mm}$ sabe-se que só poderá ser produzida nas linhas AA9 ou AA5. Como a referência de série (T.70646) é produzida na linha AA9, foi admitido que a referência T.70953 também será produzida nessa mesma área.

Para efeito de estudo de capacidade, foram necessários dois dados essenciais: as quantidades anuais da nova referência e os tempos de processo produtivo *standard* da referência atual. Esses dados serão posteriormente enviados para a Renault-Nissan, por intermédio de um *template* fornecido pelo cliente.

As necessidades da Renault-Nissan nos próximos cinco anos para a referência T.70953 estão representadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Volume anual do T.70953

Ano	2018	2019	2020	2021	2022
Volume anual	71255	75420	81450	84510	80215

Para o cálculo da capacidade da linha AA9, utilizou-se o cenário que continha o maior volume de peças, ou seja, o ano de 2021. Nesse ano, a previsão de consumo anual é de 84510 peças.

Para poder prosseguir com a análise de capacidade da linha de produção em questão, foi necessário analisar a sua previsão de produção em 2018. Os dados foram fornecidos através do Plano Industrial e Comercial da Empresa (PIC).

A linha de produção AA9 fabrica cerca de dezoito referências, sendo que, quinze são de consumo série, e duas são MTO (*Make to Order*), ou seja, apenas são produzidas pontualmente.

No âmbito da organização das referências produzidas na linha, foi adicionada a nova referência, T.70953, à Tabela 11 de distribuição de famílias da AA9. Esta distribuição segue critérios relacionados com a especificação de cada produto, e como a referência a industrializar não é compatível com as restantes nove famílias, foi necessária a adição de uma nova família, a F10.

Tabela 11 - Famílias de referências da linha AA9

Famílias	Referência	Famílias	Referência
	T.70472	F4	T.70546
	T.70474	F5	T.70646
	T.70475		T.70647
F1	T.70473	F6	T.70692
	T.70377		T.70690
	T.70659	F7	T.70525
	T.70689	F8	T.70551
F2	T.70541	F9	T.70671
	T.70542	F10	T.70953
F3	T.70661		

De forma a transmitir ao leitor uma informação mais sucinta, foi realizada uma tabela com as quantidades mensais por família, assim como a percentagem de alocação de cada uma na linha AA9. Na Tabela 12 encontra-se inserida a nova referência a industrializar, T.70953, correspondente a uma nova família, F10.

No final, encontra-se o somatório da procura mensal e diária. Estes valores foram utilizados para efeito do cálculo do *takt-time* da linha.

Tabela 12 - Previsão de procura mensal da linha AA9

Famílias	Procura mensal	Alocação [%]
1	7633	19,02
2	790	1,97
3	7695	19,17
4	683	1,70
5	12460	31,05
6	3	0,01
7	9	0,02
8	3170	7,90
9	3	0,01
10	7683	19,15
Total procura mensal	40129	-
Total procura diária	1911	-

Tempo de ciclo

De modo a dar continuidade ao cálculo de capacidade, foi necessário estimar o *bottleneck* do processo produtivo. Para esse efeito, utilizaram-se os tempos de ciclo *standard* da referência que irá ser suprimida, T.70646.

Todas as operações contêm uma peça por máquina, no entanto, no último posto são realizados controlos de fuga às peças numa cabina de teste de estnaquicidade, e essa máquina tem capacidade para testar duas peças de cada vez.

Após a análise à Figura 24, é possível recolher os dados principais para o cálculo de capacidade, tais como, o gargalo do processo, associado ao primeiro posto (36,5 segundos).

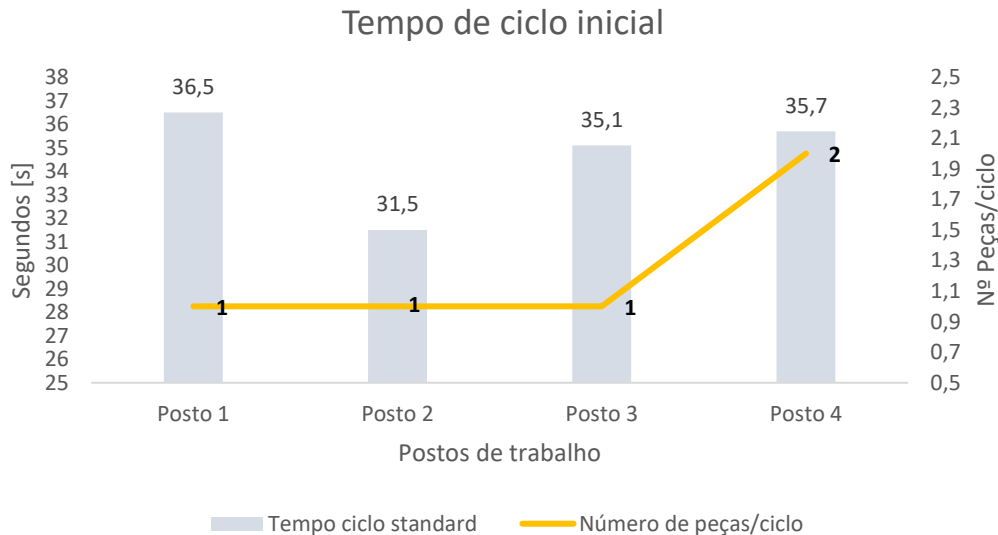


Figura 24 - Tempos de produção do T.70646

Número de operadores e dias de produção

A linha de produção AA9 opera normalmente com três operadores, podendo variar até quatro, se a procura assim o exigir.

Os turnos *standard* por dia são três, de oito horas cada um. Cada turno tem três paragens (TP), duas são de quinze minutos, um para lanche e a outro para limpeza da linha, e uma terceira de trinta minutos para refeição, totalizando uma hora de tempo não dedicado à produção de peças e sete horas de tempo dedicado à linha.

Em alguns casos, as linhas trabalham em dois turnos de doze horas, de modo a satisfazer as necessidades do cliente. Na Tabela 13 encontra-se ilustrado um resumo geral dos turnos da Hutchinson Porto. No que diz respeito a este caso específico, a linha trabalha em dois turnos de doze horas.

Tabela 13 - Turnos linha AA9.

	Turno A	Turno B	Turno C
Horário turno [h]	7h00 - 15h00	15h00 - 23h00	23h00 - 7h00
TP [min]	60	60	60
	Turno D	Turno E	
Horário turno [h]	6h00 - 18h00	18h00 - 6h00	
TP [min]	60	60	

No que concerne ao número de dias, o que está definido em condições normais, é de cinco dias por semana, No entanto, em diversas situações, existem linhas que trabalham todos os dias, e até mesmo em feriados e férias, se assim for necessário.

Takt-Time (TT)

O TT diz respeito ao tempo necessário para a produção de uma referência, de modo a corresponder às necessidades do cliente.

Numa primeira fase, foi necessário saber o tempo efetivo de trabalho (TET) dos operadores em cinco dias de trabalho. Para realizar esse cálculo, foi necessário pesquisar dois pontos:

- Tempo de trabalho bruto;
- Paragens planeadas.

Na Tabela 14 encontra-se a distribuição de tempo de trabalho semanal, de modo a dar continuidade ao cálculo do TT.

Tabela 14 - Tempo de trabalho semanal

1 Turno	2 Turnos	3 Turnos
Tempos de trabalho bruto		
[Horas por semana]		
43,75	87,75	126
Paragens planeadas		
[Horas por semana]		
5	10	14,5
Tempo de trabalho efetivo		
[Horas por semana]		
38,75	77,5	111,5

Relativamente ao número de turnos a trabalhar, o que está definido é que se realize as simulações para três turnos. Nesse sentido, procedeu-se à determinação do valor inerente ao TT, representado na equação 1:

$$\begin{aligned}
 TT &= \frac{TET [3 Turnos] \times 3600 \text{ s}}{\text{Volume diário (Pedido cliente)} \times 5 \text{ dias}} = & (1) \\
 &= \frac{111,5 \times 3600 \text{ s}}{1911 \times 5} = 42 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Cálculo da capacidade produtiva

De modo a finalizar o estudo de capacidade, será necessário saber a quantidade de peças a produzir por hora (PPH). Para tal, utilizou-se o valor do *Bottleneck*, ou seja, o tempo de ciclo (TC). É estimado um valor de 1,5 s (*Standard*) de tempo não cíclico (TNC). O PPH é obtido com um fator de 90% de rendimento, que se traduz num fator de 1,1, (valor *standard*). De modo a contabilizar os *setups* e variações no ritmo de produção, estes encontram-se aglomerados nos restantes 10%. Para tal, recorreu-se à equação 2:

$$PPH = \frac{60 \times 60}{(TC + TNC) \times 1,1} = \frac{3600}{(35 + 1,5) \times 1,1} = 90 \text{ peças/hora} \quad (2)$$

Na Tabela 15 é possível observar os dados finais para a apresentação da capacidade produtiva da linha AA9, a trabalhar apenas em cinco dias e dois turnos, com rendimento de 90%.

Tabela 15 - Dados finais para capacidade produtiva da AA9

PPH	Alocação da referência nova [%]	TT [s]	TC [s]
90	19,15%	42	40,2

Tendo em conta que o tempo de ciclo (TC=40,2) é inferior ao *TT* (TT = 42 s), conclui-se que a linha da AA9 tem capacidade para produzir a nova referência T.70953, salientando que existe a possibilidade de aumentar o número de dias de trabalho, para sete, aumentando assim a capacidade.

3.4.1.2 Análise de exequibilidade

Nesta fase do projeto, já é possível concluir que a linha de produção AA9 tem capacidade para produzir o T.70953. O passo que se segue destina-se à realização de um estudo de exequibilidade do processo, que irá consistir essencialmente na análise de exequibilidade para duas áreas distintas:

- Zonas de preparação da fábrica: CT1, CT0 e PREP;
- Linha de produção AA9.

Apesar da referência T.70953 ser constituída por dois tubos de alumínio, apenas uma das tubagens precisa de ser industrializada. Na Figura 25 encontra-se representada a tubagem de série F94319114 (tubo menor), que irá ser montada com a referência a industrializar F94319456 (tubo maior).

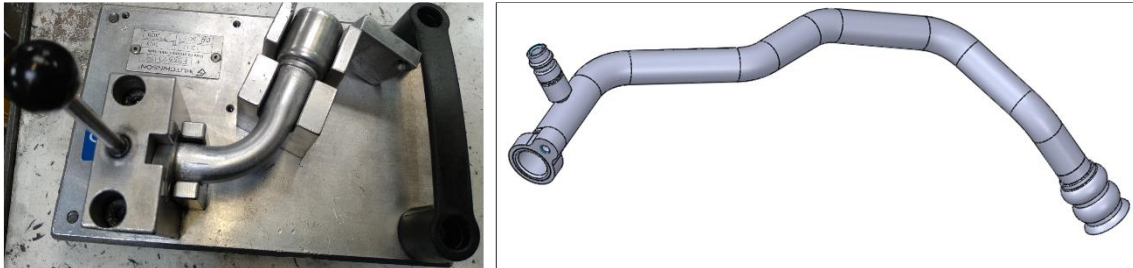


Figura 25 - Referência F94319114 vs F94319456.

3.4.1.2.1 Zonas de preparação

CT1 – Corte de alumínio

Neste posto, foi necessário analisar três pontos, o diâmetro do alumínio, a sua espessura e o seu comprimento. Caso os primeiros dois fatores sejam diferentes do *standard* da fábrica, será necessário o estudo para o desenvolvimento de novas ferramentas.

Na Hutchinson Porto existem codificações para cada fase do processo e, como tal, antes do tubo novo (F94319456) se apresentar com a curvatura ilustrada na figura anterior, tem adjudicadas transformações a nível físico, assim como em termos de nomenclatura.

Na Tabela 16 é possível visualizar as diferentes fases de codificação do tubo a industrializar (INDUS), consoante as suas transformações no processo produtivo.

Tabela 16 - Codificação tubo F94319456

Processo	Codificação
Corte do alumínio	F1140707L457
Conformação	P34319456
Após curvado	F94319456

É crucial que estas nomenclaturas sejam criadas, pois na produção série, cada posto tem que ter todos os seus *kanban* devidamente identificados.

Esta gestão facilita todo o trabalho à equipa, por diversos motivos:

1. **Monitora de produção** – Facilidade na gestão de *stocks* e indicar referências a produzir.
2. **Operador de linha e PREP** – Saber qual a referência a produzir, não correndo o risco de confusão.
3. **Operador do comboio logístico** – Saber quais as referências a transportar.

Nesta fase inicial de fabrico, designada por corte de alumínio, as tubagens são conhecidas com a codificação F114 (quatro dígitos iniciais), e os restantes números ditam o diâmetro e a espessura da bobine de alumínio a cortar. Na Tabela 17 encontra-se o comprimento teórico do tubo a industrializar. Relativamente ao comprimento real, esse será validado no terreno, quando as INDUS tiverem início. Logo, a referência a ser cortada designa-se por:

- F1140707 - Tubo AL cortado $\varnothing 19,05$ mm x 1,24 mm L457

Tabela 17 - Comprimento teórico F94319456.

Comprimento teórico de corte
457 [mm]

Após análise no *software* de gestão de *stocks* *MACPAC* e a validação da informação no terreno, foi possível concluir que o diâmetro de alumínio já é fabricado nesse posto para diversas tubagens ($\varnothing 19,05$ mm x 1,24 mm). Relativamente à medida de corte (457mm), foi possível validar o seu comprimento teórico com um já existente na Hutchinson, no entanto, após a INDUS, esse valor terá que ser confirmado.

CT0 – Corte de mangueira

No posto de corte de mangueira será relevante avaliar, à semelhança do posto anterior, três fatores: diâmetro da mangueira, espessura e comprimento de corte (Tabela 18). Para este caso, a referência tubagem de mangueira a industrializar é:

- F1341606L187 – Tubo cortado CLIM 6S 5/8"

Tabela 18 - Comprimento teórico F1341606L187.

Comprimento teórico
187 [mm]

Após análise no *MACPAC* e confirmação no posto CTO, foi possível concluir que em termos de processo, o corte desta mangueira não deverá causar entropia na zona de preparação.

PREP I – Conformação e lavagem

O posto de conformação trata-se de um posto bastante específico. A alocação do alumínio a conformar irá depender das Normas Internas inerentes às flanges e/ou casquilhos a serem conformados nas suas extremidades. O seu comprimento teórico após conformação encontra-se representado na Tabela 19.

Na Figura 26 é possível visualizar o 2D inerente ao tubo conformado P34319456 e com a identificação das suas NI's. Para a flange, está atribuída a NI 3321, para o casquilho a NI 4348.



Figura 26 - Tubo conformado P34319456

Tabela 19 - Comprimento teórico após conformação

Comprimento teórico
441 [mm]

3.4.1.2.2 Zona de montagem

Linha de produção AA9

Agora que se sabe que os componentes da zona de preparação se encontram teoricamente disponíveis para a linha de produção, fez-se uma análise de exequibilidade a todos os postos de trabalho da zona de montagem da linha AA9.

Após esse estudo, foi elaborado um *planning* que engloba todas as necessidades, relativamente a ferramentas a desenvolver e/ou máquinas a adquirir.

Dos oito postos, quatro foram analisados no *Software CAD PRO ENGINEER* pela seguinte ordem de importância:

- Curvadora *Dinamo*;
- Máquina de montar *bracket*/MFB;

- Prensa Lomar;
- Puncionadora.

A sequência de análise apresentada é *standard*, devido à criticidade das atividades, ou seja, a máquina mais complexa de industrializar é a Curvadora, pois depende de diversas variantes e, na fase inicial, é o posto que tem tendência a apresentar mais refugo.

Por outro lado, no posto onde se punciona o tubo e se crava a válvula, já é conhecida a referência do componente a inserir no tubo, o que quer dizer que o número de ferramentas a desenvolver será menor.

Relativamente às restantes máquinas, não foi necessário recorrer ao *software* 3D, pois a sua análise será feita diretamente no terreno. Os postos a analisar futuramente são:

- Soldadura;
- Aparafusadora;
- Curvadora *Massanas*;
- Teste de estnaquicidade.

Curvadora *Dinamo*

De modo a cumprir a sequência do estudo, a primeira máquina a analisar foi a curvadora. Apesar do processo produtivo ter uma sequência lógica, usualmente começa-se por este posto, pois é a tarefa mais crítica, quer em termos de industrialização, quer em complexidade de análise.

A linha de produção AA9 é constituída por duas curvadoras, de modelos diferentes. Uma é designada por *Dinamo*, máquina onde se simulou a curvatura do tubo a industrializar. A outra curvadora corresponde ao modelo *Massanas*, que curva o tubo de série. Na Figura 27 encontra-se representado o 3D da Curvadora *Dinamo* com as ferramentas do T.70646.

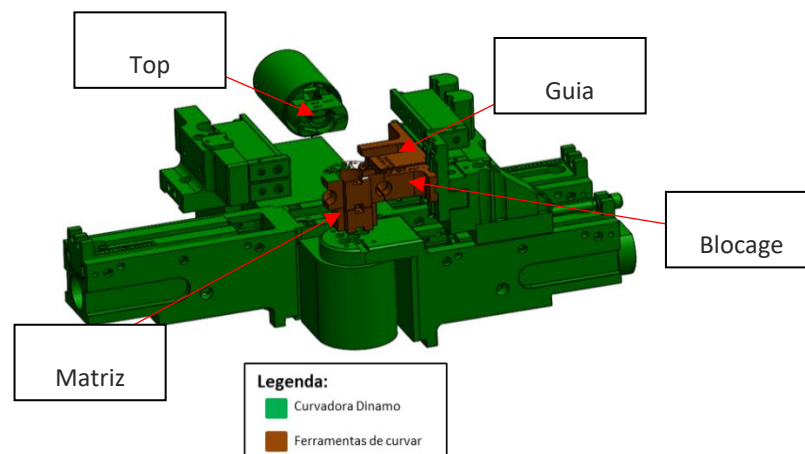


Figura 27 - Curvadora Massanas com ferramentas do T.70646

A primeira abordagem consiste na simulação 3D com ferramentas já existentes, de modo a reduzir os custos do projecto. No entanto, nem sempre é possível. A Figura 28 comprova que o tubo F94319456 na sua última curva, estabelece contacto com uma das ferramentas de linha, nomeadamente o Guia.

A válvula de gás interfere com o Guia (ferramenta que apoia o tubo ao longo da sua curvatura), peça que normalmente é encomendada em aço temperado, devido às cargas axiais que suporta. Como tal, foi necessário desenvolver e fabricar uma ferramenta nova, de modo a que esse contacto seja suprimido.



Figura 28 - Tubo em contacto com *blocaje*

No que diz respeito ao Top de série, por norma é fabricado em aço e, como se pode observar na Figura 29, o tubo é orientado pela flange. No entanto, também poderia ser orientado pelo casquilho, mas implicaria tempo de *setup* maior, para trocar para as Pinças. Conclui-se que não há qualquer entrave nesta fase do processo, pois a NI da flange ilustrada, já é utilizada na linha de produção.

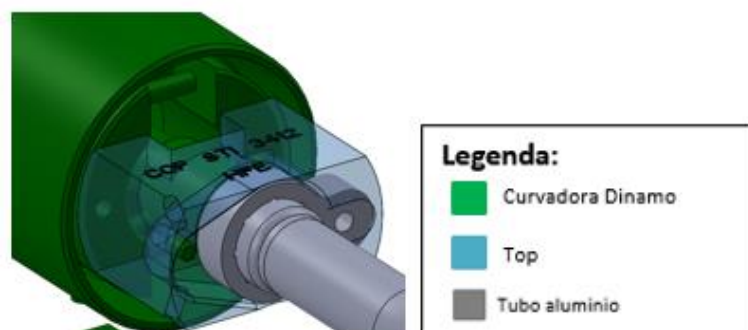


Figura 29 - Orientação pela flange no Top

Na Figura 30 encontra-se representado o *Multicurvo* montado na matriz. Esta é a ferramenta mais importante da curvadora, normalmente produzida em aço temperado, pois a matriz suporta diferentes tipos de cargas ao longo da curvatura do tubo. A ferramenta também tem que garantir que o tubo não irá sofrer ovalizações significativas, ou que este não fique com marcas visíveis.

De acordo com a simulação 3D, o tubo P34319456 não apresentou qualquer problema com a matriz de série, desde a primeira até à última curva.

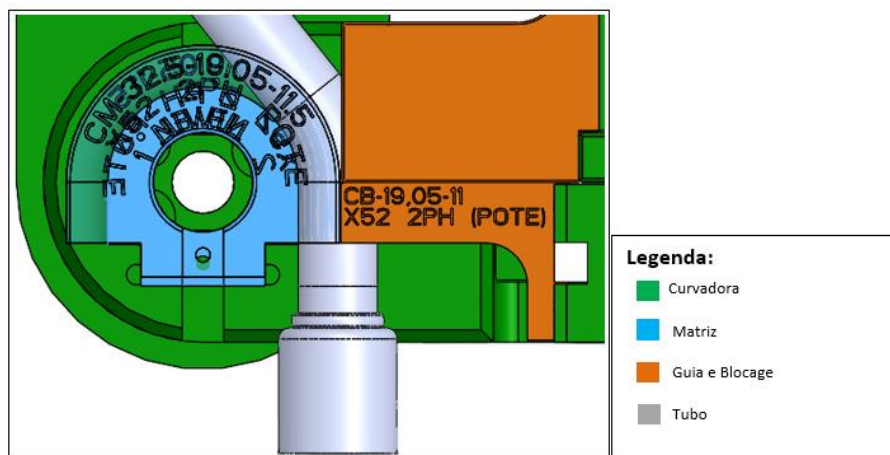


Figura 30 - Tubo na matriz de série.

O *Blocage*, identificado como CB-19,05-11 pela cor laranja, também não apresenta nenhuma dificuldade face à curvatura do tubo.

Posto isto, a única ferramenta que será preciso desenvolver e adjudicar a um fornecedor, será o Guia. De seguida, procedeu-se à análise da *bracket* que foi montada no tubo.

Máquina de montar *bracket*

Nesta fase do processo, sabe-se que entrará em série uma nova *bracket* na fábrica da Hutchinson Porto, nomeadamente na linha AA9.

A referência T.70646, comparativamente à nova T.70953, difere na geometria da *bracket*. E como o componente em questão é algo específico, por norma existe uma máquina para cada tipo de *bracket*.

O plano consistiu no envio do desenho 3D da referência T.70953, assim como o seu plano 2D para os fornecedores, de modo a que seja fabricada uma nova máquina de *bracket*, que consiga corresponder às necessidades de INDUS, mas principalmente de série. De modo a que a peça seja fabricada de acordo com as especificações da

Hutchinson, foi enviado o caderno de encargos oficial. A Figura 31 ilustra a nova *bracket* que será montada no tubo a industrializar.

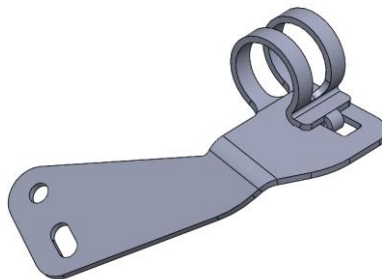


Figura 31 - *Bracket* nova

Prensa Lomar

O terceiro posto a ser analisado foi a máquina de prensar. Aqui é onde ocorre a união entre os *multicurvos* de alumínio, através da cravação do casquilho na mangueira.

No plano 2D, é indicado a NI da prensada, e verificou-se que coincide com o *standard* da linha, ou seja, não foi necessário o desenvolvimento de patas novas para a sua cravação. As patas correspondem às ferramentas que são utilizadas para a cravação do casquilho.

Para que esta operação de prensar seja executada com sucesso, foi necessário verificar se o orientador de prensar da referência antiga consegue garantir os dois seguintes pontos:

- Orientação do tubo na segunda prensada;
- Top (encosto do casquilho) em ambas as prensadas.

Através da simulação com o orientador de prensar ORIPT 201, que correspondente à referência de série, deduz-se que não é necessário o desenvolvimento de uma ferramenta nova. A Figura 32 representa a simulação do tubo a produzir na máquina de prensar, e encontra-se dividida em duas partes: lado esquerdo demonstra a simulação da primeira prensada e o lado direito demonstra a simulação da segunda prensada.

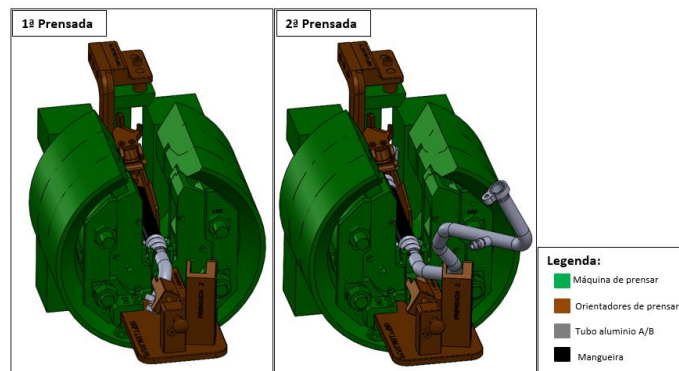


Figura 32 - Simulação da primeira prensada vs segunda prensada

Conclui-se que a ferramenta de linha – orientador de prensar, indicada pela cor castanha, é suficiente para poder prensar ambas as extremidades.

Esta análise deve-se ao facto de o tubo pequeno estar devidamente apoiado, assim como o segundo, e a angulação entre as suas extremidades ser garantida pelas torres de apoio. Deste modo, o operador consegue realizar as prensadas com ergonomia, garantindo os dois pontos referidos na página anterior, e sobretudo não comprometer os requisitos de qualidade.

Puncionadora

Relativamente ao primeiro posto da linha de produção, a análise inicial consiste nos seguintes pontos:

- Comprimento da peça em reto;
- Angulação entre válvula e flange;
- Proximidade entre válvula e flange;
- Tipo de válvula.

Para proceder à análise do primeiro ponto, terá que se converter o tubo curvado em reto, tal como Figura 33. Esta conversão resolve os três primeiros requisitos, pois é conseguida a angulação pretendida, assim como a distância entre a válvula e a flange.

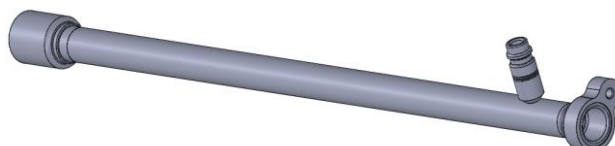


Figura 33 - Tubo P34319456 em reto

Realiza-se a modelação para a conformação, de modo a saber se a máquina tem comprimento suficiente para o tubo, mas tendo em conta que o comprimento da máquina é superior a 441 *mm*, não existe entrave.

No que diz respeito à angulação entre válvula e flange, a cota determinada de 54,4° terá que ser idêntica à do plano 2D, o que se pode confirmar na Figura 34. De acordo com esta informação, será desenvolvido um orientador de puncionar específico para esta referência.

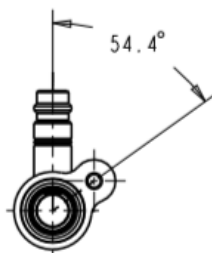


Figura 34 - Angulação entre flange e válvula

No terceiro e último ponto, o tipo de válvula, importa saber qual o componente a cravar no tubo, pois cada válvula tem ferramentas próprias. Na linha de produção existem dois tipos, e a F2940143 é uma das atuais, o que significa que não será necessário desenvolver mordças (conjunto de duas peças que apertam o tubo, enquanto é puncionado e cravado), nem suportes (mecanismo que segura a válvula até à sua cravação no tubo) de válvula novos. O desenho técnico do tubo em reto pode ser consultado na Figura 66 (Anexo A).

Soldadura

Neste posto de trabalho é onde ocorre a soldadura por indução. Aqui, é necessário ter em conta dois pontos:

- Comprimento da peça em reto;
- Tipo de válvula.

A atenção ao primeiro ponto remete ao comprimento útil da máquina (1500 *mm*). Na análise ao posto de puncionar, concluiu-se que o tubo tem 441 *mm*, portanto não há qualquer problema nesta operação.

Como se sabe, a válvula F2940143, que é abastecida pelo gás 1234YF, já é consumida na linha, ou seja, em termos de processo de soldadura não há entrave, pois a parametrização do processo deverá ser semelhante ao existente.

Aparafusadora

Analogamente ao processo anterior, os pontos a analisar coincidem em duas frentes, com a adição de um terceiro:

- Comprimento total da peça em reto;
- Tipo de válvula;
- Tipo de mecanismo da válvula.

O tipo de válvula é fundamental, pois existem dois tipos na linha de produção (Tabela 20), e para cada tipo existe um mecanismo de válvula diferente. As válvulas são diferentes, quer em tipo de gás, quer em geometria. E para cada válvula existe um conjunto de duas mordças.

Relativamente ao mecanismo de válvula ou obús, componente que é aparafusado no interior da válvula previamente soldada, apenas terá que se confirmar o seu consumo na linha. Caso contrário, ter-se-ia que adquirir máquinas ou ferramentas novas para esta nova especificação.

Tabela 20 - Tipo de válvula e mecanismo da válvula da linha AA9

Válvula	Gás	Mecanismo da válvula
F2940143	1234YF (Gás novo)	F2940207
F2940126	R134A (Gás antigo)	F2940209

Tendo em conta que o obús (mecanismo da válvula) pertencente ao tubo já a ser utilizado na linha, não será necessário desenvolver ferramentas novas.

Teste de estnaquicidade

Por fim, encontra-se o posto de teste, onde normalmente são testadas duas peças de cada vez, de modo a verificar possíveis fugas. Além disso, ocorrem diversos controlos com o auxílio de sistemas *Poka-Yoke*.

É necessário ter em conta dois pontos essenciais:

- Dimensão do conjunto de dois produtos acabados;
- Sistemas *Poka-Yoke* para deteção de *bracket* e/ou válvulas.

Com base na geometria da referência antiga, já ilustrada no início deste capítulo, conclui-se que a sua ocupação na cabina de teste não causará entrave.

Relativamente ao segundo ponto, é sabido que irá ser consumida uma *bracket* nova, o que quer dizer que terá que ser desenvolvido um sistema *Poka-Yoke* para a deteção da mesma.

Posição de controlo intermédio - F94319456

Na penúltima etapa do estudo de exequibilidade, foi necessário o envio dos *multicurvos* F94319456 em formato 3D e 2D para os fornecedores de calibres, assim como o caderno de encargos atualizado GCC.

Com base nestes três parâmetros, o fornecedor será capaz de modelar um sistema que permita controlar o tubo após ser curvado na *Dinamo*.

O plano 2D é de enorme relevância, pois contém as coordenadas cartesianas do *multicurvos*, assim como as tolerâncias desejadas. No entanto, essas mesmas tolerâncias são alteradas para um regime mais restrito, de modo a controlar variações do processo.

A validação dessas mesmas tolerâncias, assim como a do calibre na sua conjuntura, irão ocorrer na fase *Measure* do ciclo DMADV. Na Figura 35 encontra-se o tubo na sua posição de controlo.

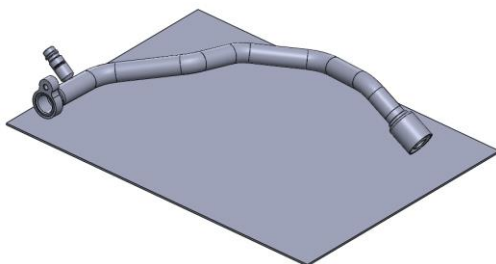


Figura 35 – Posição de controlo intermédio - F94319456.

Posição de controlo final (posição veículo) - T.70953

Por fim, procede-se ao envio do produto final na posição em que irá ficar no veículo, ou seja, toda a sua geometria deverá corresponder às zonas de montagem do motor da Renault-Nissan. Analogamente ao passo anterior, são enviados os pontos necessários. Na Figura 36 é possível observar o T.70953 na posição veículo.

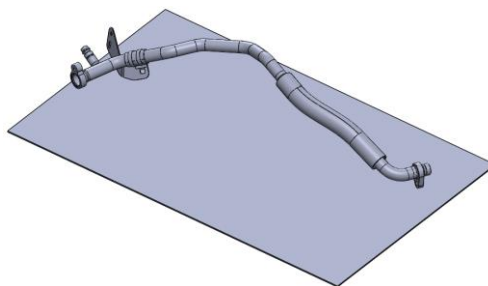


Figura 36 - Produto final - posição veículo T.70953.

Com base no estudo de exequibilidade do processo, foi realizado um *planning* com o intuito de ser enviado para o cliente final, englobando todas as necessidades que foram levantadas ao longo desta análise.

3.4.1.3 Planning de Industrialização

Na fase final da etapa *Define*, foi elaborado um planeamento de modo a ser enviado para a construtora Renault-Nissan, com todos os custos e prazos associados. Estes últimos dados foram baseados no histórico de planeamentos interno. O diagrama na Figura 37 está dividido em Semanas (S), tendo o seu início em Dezembro de 2017 na S49, terminando em Abril de 2018, correspondente à semana 16. A durabilidade total do projeto de industrialização até à primeira entrega de peças ao cliente é de vinte semanas, ou seja, cinco meses. Relativamente ao seu custo de execução, foi estimado em cerca de 16.600 €.

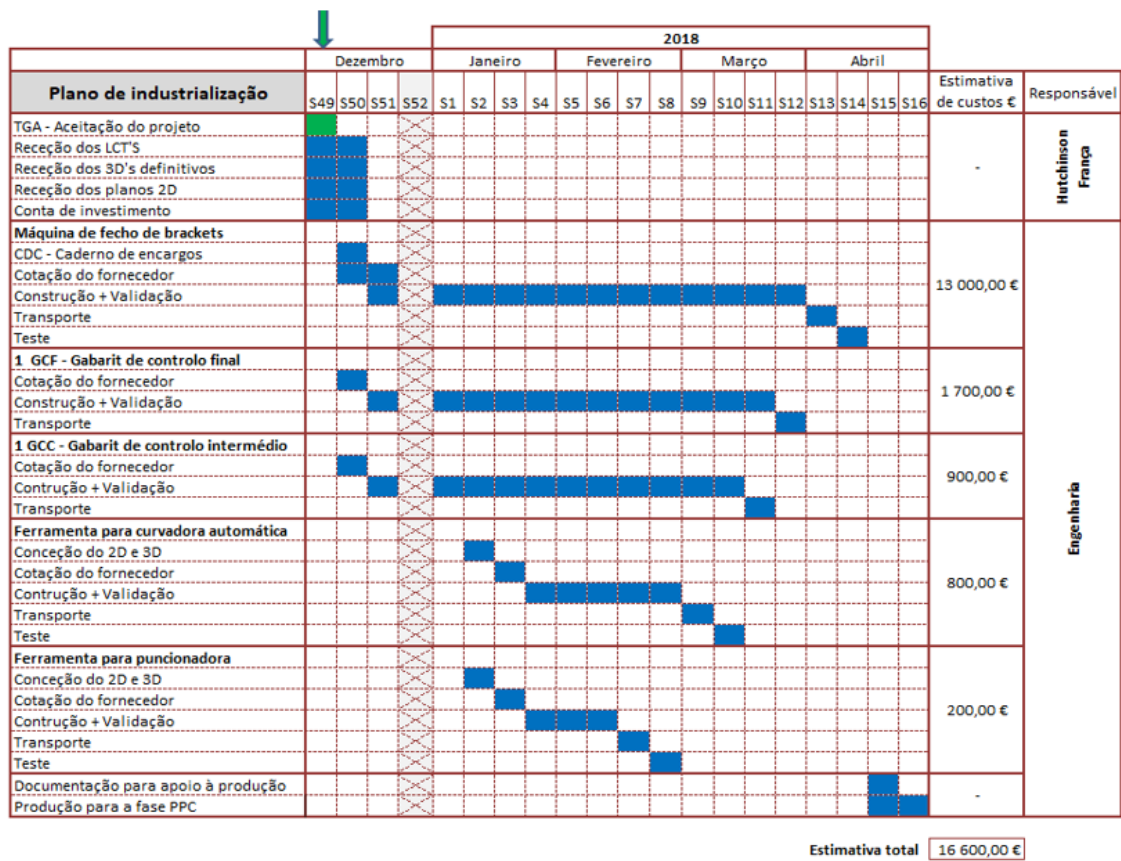


Figura 37 - Planning de Industrialização do T.70953. Adaptado de Hutchinson Porto.

Na coluna do lado esquerdo, encontram-se as atividades inerentes ao projeto, e na coluna do lado direito, a equipa responsável pela execução das mesmas. Cada

atividade tem a sua durabilidade em semanas, representada por um quadrado azul. As atividades sinalizadas a verde, significa que já se encontram “OK”.

Com base no demonstrado no *planning*, encontra-se uma explicação do que será feito em cada uma das fases do processo, desde a sua fase inicial, até à fase final;

- **Aprovação do projeto** - S49 - Os projetos de industrialização começam pelo envio do estudo de capacidade e custos de produção (ETE) para o cliente. No entanto, este último requisito só será apresentado na fase *Analyse* do projeto. De seguida, na fase TGA, a Renault e a sede da Hutchinson, localizada França, aprovam o projeto.
- **Receção da documentação e conta de investimento** - S49 até S50 - No prazo de duas semanas, a Hutchinson Porto tem que receber toda a documentação proveniente da Hutchinson França, nomeadamente a *BOM*, seguida dos desenhos 3D do produto acabado, assim como os seus desenhos 2D associados. Por fim, verifica-se a receção da conta de investimento associada, a qual é baseada no custo total que foi enviado para a marca. A conta de investimento permite a aquisição de todas as ferramentas, máquinas, serviços de fornecedores e outros trabalhos inerentes ao projeto FT268.
- **Máquina de fecho de brackets** - S50 até S14 - A partir da semana 50, o fornecedor a quem foi alocada a Máquina de *brackets*, será capaz de enviar um orçamento (no prazo de uma semana). O prazo máximo para a construção deste tipo de máquina rondará catorze semanas. Esta é a atividade crítica, o que quer dizer que todo o projeto de industrialização estará dependente da produção desta nova máquina. O custo estimado da mesma foi de 13.000€.
- **Gabarit de controlo final** - S50 até S12 - Aquando do processo anterior, será enviada a simulação do tubo na sua posição veículo para os diversos fornecedores. A durabilidade esperada, assim como o custo, correspondem a treze semanas e 1.700 €, respetivamente;
- **Gabarit de controlo intermédio** - S50 até S11 - É esperado que o tempo de fabrico de um calibre intermédio seja inferior ao de um GCF, como tal, o tempo máximo admitido é de doze semanas, e o seu custo será também menor, pois exige um nível de maquinação bem mais simples;
- **Ferramenta para curvadora automática** - S2 até S10 - A partir da segunda semana do ano 2018, será desenvolvido o Guia para a curvadora automática. O seu valor final não irá ultrapassar os 800 €. Relativamente ao prazo de entrega, espera-se que seja inferior a sete semanas.

- **Ferramenta para puncionadora - S2 até S8** - Por último, no que diz respeito ao fabrico de ferramentas, encontra-se o orientador de puncionar. A sua maquiagem não é tão complexa quanto os componentes anteriores e, como tal, o seu valor e prazo de entrega são os mais baixos.
- **Fase PPC – S15 até S16** - De acordo com o planeado, em Abril, já será feita uma primeira produção para entregar peças diretamente ao cliente. De modo a que essa produção seja bem-sucedida, é necessário que todas as ferramentas estejam devidamente afinadas, e que a documentação de apoio à linha de produção esteja em conformidade.

3.4.2 Fase Measure

A segunda etapa do ciclo DMADV, denominada de *Measure*, incidiu maioritariamente sobre dois pontos;

- Validação de calibres e máquinas;
- Modelação das ferramentas necessárias para industrializar o produto final.

O projeto encontrava-se na semana 50, significando que, já foi rececionada toda a documentação e conta de investimento necessária para se proceder à aquisição de máquinas e ferramentas a fornecedores. Como tal, iniciou-se a validação pela atividade mais crítica, a aquisição da MFB (Máquina de fechar *brackets*). De seguida, foi feita uma análise aos desenhos 3D inerentes aos calibres desenvolvidos pelos fornecedores. Por último, procedeu-se à modelação das ferramentas necessárias para as máquinas da linha AA9.

3.4.2.1 Validação de máquinas e calibres

Validação MFB

Com base no estudo de exequibilidade da fase *Define*, segue-se a validação da nova máquina MFB. Na Tabela 21 encontram-se os requisitos iniciais para dar o “OK” para avançar com a produção das máquinas:

Tabela 21 - Requisitos técnicos para a produção da MFB

Requisitos técnicos
<ul style="list-style-type: none">Ferramenta de fecho deve acompanhar todo o contorno da <i>bracket</i> e ser capaz de fechar o linguete na sua totalidade.
<ul style="list-style-type: none">Máquina deve conter consola que incorpore modo manual (dedicado ao departamento de Engenharia e Manutenção) e modo automático (Produção).
<ul style="list-style-type: none">Torres para apoiar o <i>multicurvo</i>.
<ul style="list-style-type: none">Sensor de deteção da <i>bracket</i> e sensor de deteção do colar (<i>Poka-Yokes</i>).
<ul style="list-style-type: none">Dimensão da máquina não ocupar mais do que 2,5 m².
<ul style="list-style-type: none">Máquina deve conter uma zona específica para armazenamento dos componentes a fabricar (BAC's).
<ul style="list-style-type: none">Zona de acesso ao fecho do <i>bracket</i> deve ser ampla, para facilitar o trabalho do operador.
<ul style="list-style-type: none">Zona de trabalho convenientemente ergonómica (distância entre componentes) e altura da zona de trabalho adequada.
<ul style="list-style-type: none">Máquina deve respeitar a sequência de fabrico exigida.

Na Figura 38 encontra-se o desenho 3D da MFB que irá montar a *bracket* pretendida. Os requisitos exigidos na tabela anterior foram todos cumpridos, no entanto, de modo a não tornar a análise tão exaustiva, optou-se por mostrar apenas a zona de fecho, focando o estudo na vertente técnica.

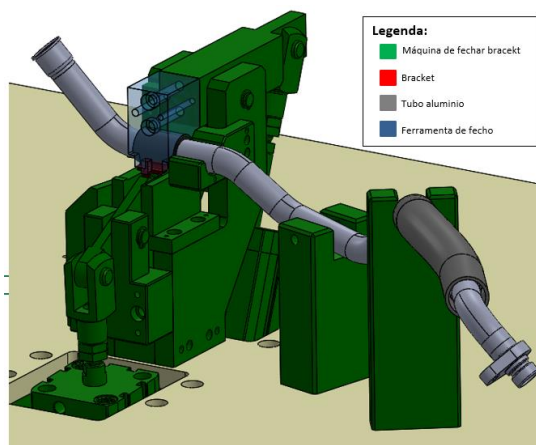


Figura 38 – Vista da zona de fecho da MFB.

De modo a ter uma perceção geral da máquina a fabricar, encontra-se na Figura 39 a modelação final executada pelo fornecedor.

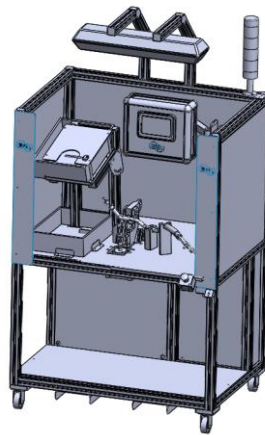


Figura 39 - Vista geral da MFB.

Finda a análise à máquina em questão, procede-se à encomenda da mesma. O seu prazo de entrega será de treze semanas. No que concerne ao preço final, o valor é de 11.500 €.

Validação de calibres

A segunda atividade mais crítica do projeto, é a encomenda de calibres. Como tal, a sequência deve ser cumprida. Após a realização do estudo relativamente à execução dos calibres, foi obtido um *feedback* por parte do fornecedor com o desenho 3D do que possivelmente será o GCC que irá controlar o tubo F94319456, assim como o GCF.

A validação de calibres é um processo minucioso, que requer uma análise técnica detalhada. Como tal, existe um processo *standard* que reúne e analisa todos os casos possíveis, para a sua aprovação. No Anexo C, podem ser consultadas as tolerâncias relacionadas com os calibres intermédios e finais.

GCC – *Gabarit* de controlo intermédio

Na Figura 40 encontra-se o GCC, que controlará o tubo após curvar.

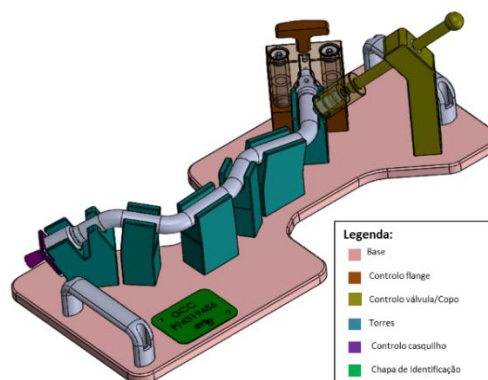
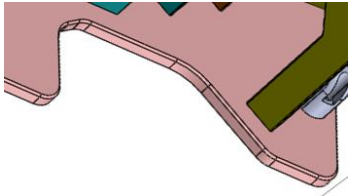
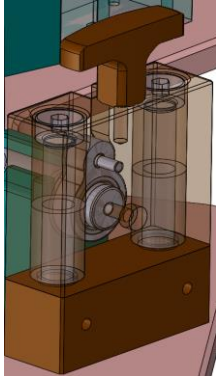
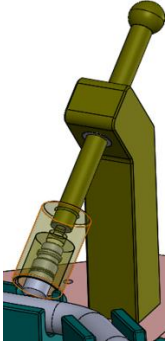
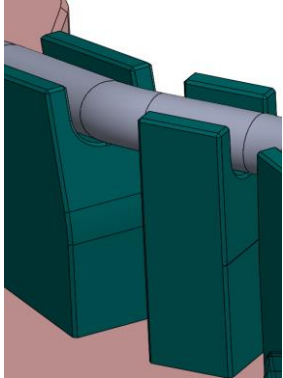
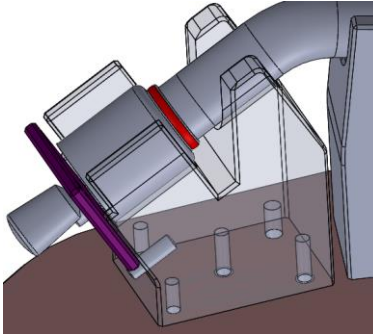


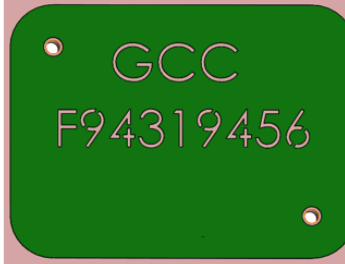
Figura 40 - GCC F94319456

A Tabela 22 contém a descrição da funcionalidade de cada controlo e componente pertencente ao GCC.

Tabela 22 - Resumo do GCC

Ferramenta de controlo e componentes	Funcionalidade	Ilustração
Base	<ul style="list-style-type: none"> • Suportar a estrutura. • A base não possui uma geometria simétrica. Os rasgos são maquinados propositadamente, de modo a reduzir ao máximo o peso do calibre. De recordar que este será armazenado numa estante, e será utilizado regularmente pela produção. 	
Controlo da flange	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar a geometria exterior e interior da flange. Esta peça é fundamental para o encaixe no motor do carro, pois é um ponto de fixação de duas furações. 	
Controlo da válvula	<ul style="list-style-type: none"> • A válvula é o componente que permite o abastecimento do gás no automóvel e, como tal, a sua angulação deve ser controlada. O copo tem essa funcionalidade. As tolerâncias foram pensadas de modo a que se consiga controlar o desvio angular que ocorre durante o processo de soldadura. 	
Torres	<ul style="list-style-type: none"> • As torres ilustradas na imagem, têm como funcionalidade principal o controlo do <i>routing</i> (curvatura) da peça após curvar. 	

Controlo do casquilho	do	<ul style="list-style-type: none"> • A torre ilustrada tem o objetivo de garantir as dimensões exteriores do casquilho. • Outro ponto a ser controlado é a balona, saliência (vermelha) que circunda o lado direito do casquilho. • O batente, de cor roxa, limita o comprimento do tubo. 	
-----------------------	----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Chapa	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação do calibre. 	
-------	-------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Encerrada a análise ao calibre, procedeu-se à encomenda do mesmo. O seu prazo de entrega será de oito semanas. No que concerne ao valor de compra, é de 600 €.

Neste momento, já é possível ter uma perceção de qual é a funcionalidade de um calibre intermédio. O próximo passo consiste na explicação do GCF do produto acabado.

GCF – *Gabarit* de controlo final

Na Figura 41 encontra-se uma simulação do T.70953, montado no calibre final.

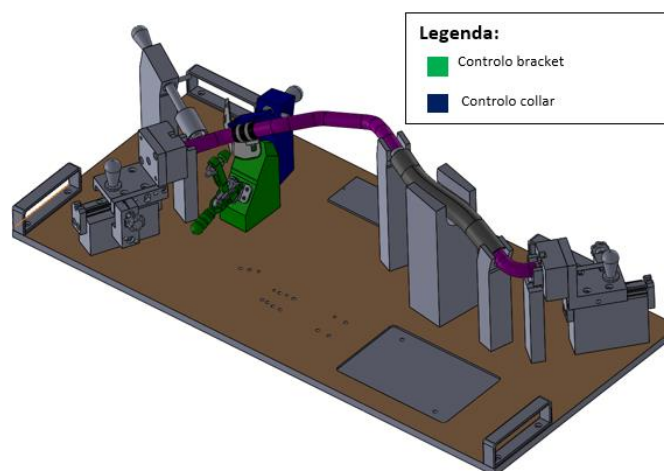
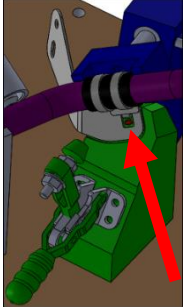
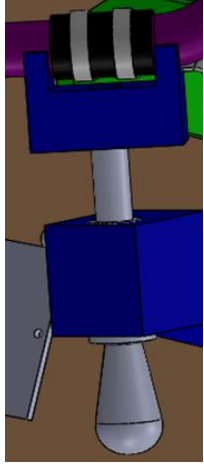


Figura 41 - GCF T.70953

Tendo em conta que diversos pontos foram explicados na tabela anterior, apenas se consideraram os novos controlos, como por exemplo, o da *Bracket* e o do Colar. A Tabela 23 contém as informações inerentes ao GCF.

Tabela 23 - Resumo do GCF

Ferramenta de controlo e componentes	Funcionalidade	Ilustração
Controlo <i>bracket</i>	<ul style="list-style-type: none"> A torre ilustrada pela cor verde representa o controlo da <i>bracket</i>. Este controlo garante a angulação da <i>bracket</i>, assim como a sua geometria. Dentro deste controlo, existe um pino (seta vermelha). Este componente está dimensionado para que, quando a <i>bracket</i> for montada no veículo, a <i>bracket</i> seja fixada sem qualquer problema. 	
Controlo colar	<ul style="list-style-type: none"> Controlar o posicionamento do Colar (Cor preta). A forquilha representada a azul, delimita a o intervalo de deslocação do colar. É necessário que o componente esteja bem fixo, pois é o material de borracha que separa o tubo da <i>bracket</i>. 	

Encerrada a análise ao calibre final, procedeu-se à encomenda do mesmo. O seu prazo de entrega será de oito semanas. No que concerne ao valor de compra, é de 1100 €.

3.4.2.2 Modelação de ferramentas para industrialização

Relativamente ao estipulado no início do ciclo DMADV, as atividades mais duradouras decorreram conforme o desejado. De seguida, durante a segunda semana do ano 2018, ocorreu a segunda etapa da fase *Measure*. Esta dividiu-se em dois subgrupos de modelação de ferramentas:

- Ferramenta para curvadora automática;

- Orientador de puncionar.

Ferramenta para curvadora automática

Tal como foi analisado no estudo de exequibilidade, surgiu a necessidade de desenvolver uma Guia para a curvadora Dinamo, devido ao contacto entre a válvula e a ferramenta de série.

A Figura 42 representa a ferramenta no seu estado final. A sua execução teve como base a Guia já existente na linha de produção. A diferença principal consiste na abertura do rasgo representado a verde, de modo a que não haja contacto com a válvula.

Outro fator a ter em conta, na fase final do desenvolvimento de ferramentas, é a sua identificação. É estritamente necessário que estejam identificadas, de modo a facilitar o *setup* da máquina, reduzindo assim o tempo de espera.

As linhas de produção utilizam múltiplas referências e, como tal, necessitam de diversas ferramentas para as produzir. Como tal, cada ferramenta contém o código do *multicurvo* inerente, que neste caso é o F94319456.

Para uma análise mais detalhada, é possível consultar o desenho técnico da Guia no Anexo A.

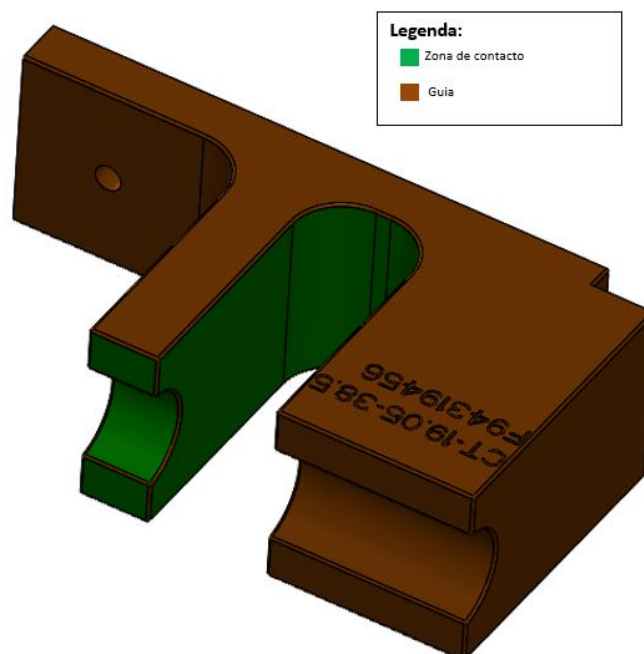
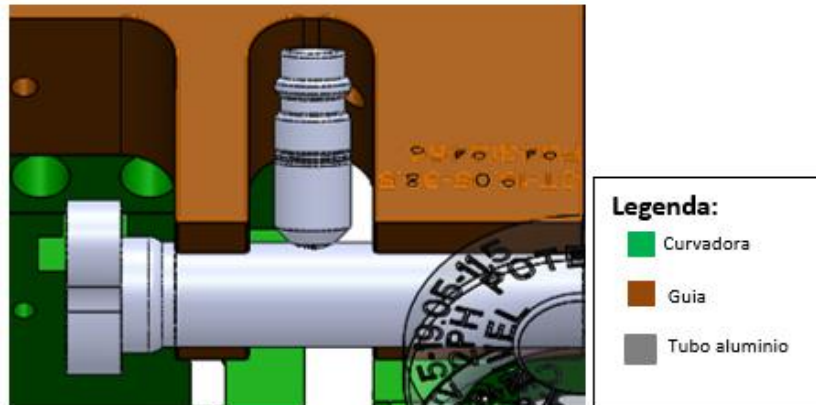


Figura 42 - Guia para curvadora Dinamo

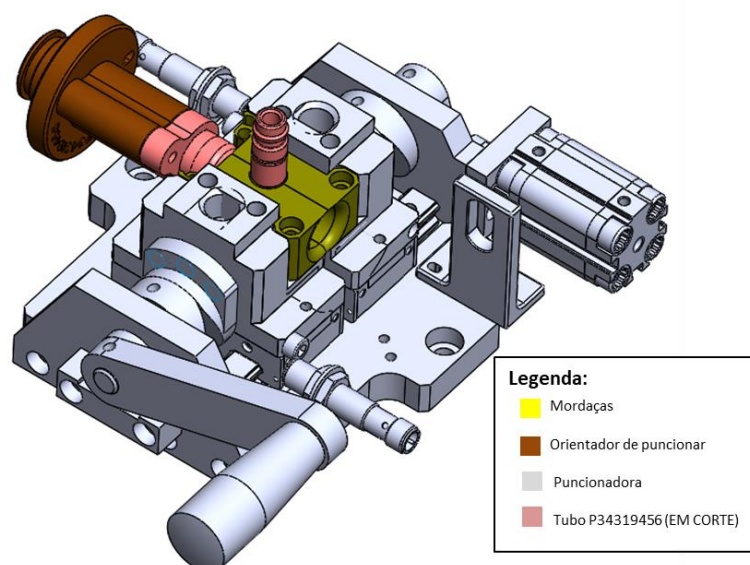
De acordo com a Figura 43, é possível verificar que durante o processo de curvatura do tubo, a válvula já não estabelece contacto com a Guia.



Finda a modelação da ferramenta de curvar, procedeu-se à encomenda da mesma. O seu prazo de entrega é de cinco semanas. No que concerne ao valor de compra, é de 350 €.

Orientador de Puncionar

Na Figura 44 encontra-se representada a simulação de uma vista em corte do tubo na puncionadora, juntamente com o novo orientador de puncionar, que se encontra apoiado na flange. As mordças que servem de aperto na válvula são ferramentas de série, pois como foi dito anteriormente, a válvula já é utilizada na linha AA9.



Na Figura 45 é possível visualizar o orientador de puncionar com maior detalhe. O pino representado tem como funcionalidade angular a flange face à válvula. Representado pela cor cinzenta, encontra-se o corpo do orientador. Não é habitual a inserção desta saliência na ferramenta, no entanto, para este caso, foi necessário devido à proximidade entre a válvula e a flange. O seu desenho técnico pode ser consultado no Anexo A.

O que aconteceria sem este corpo extra, seria a impossibilidade de fecho das mordças, significando que não se conseguiria comprimir o tubo, logo não seria possível a operação de puncionar.



Figura 45 - Orientador de puncionar P34319456.

Encerrado o desenvolvimento do orientador de puncionar, procedeu-se à encomenda do mesmo. O seu prazo de entrega será de quatro semanas. No que concerne ao valor de compra, o mesmo é de 110 €.

Custos e prazos totais de industrialização

Com o objetivo de ter uma perceção dos custos associados às necessidades de industrialização, foi elaborado um mapa comparativo com os valores efetivamente

utilizados. Esse mapa contempla os custos e prazos previstos no planning, comparando-os com o que foi gasto na prática (Consultar Tabela 24).

Tabela 24 - Mapa comparativo de industrialização

Necessidades	Preço previsto [€]	Preço real [€]	Prazo previsto [S]	Prazo real [S]
MFB	13.000	11.500	14	13
GCF	1.700	1.100	13	8
GCC	900	600	12	8
Guia	800	350	7	5
Orientador de puncionar	200	110	4	4

Todas as necessidades inerentes ao projeto FT268 são pagas pelo cliente. É disponibilizada uma conta de investimento com base no *planning* que foi enviado e toda a gestão do orçamento disponibilizado é da responsabilidade do departamento de engenharia. Na Tabela 25 encontra-se um resumo do estado do projeto, englobando o orçamento disponível, custos totais, custos previstos, assim como os prazos. Relativamente ao orçamento restante, esse foi direcionado para as próximas despesas inerentes ao projeto.

Tabela 25 - Custos e prazos totais de industrialização

Orçamento disponibilizado pelo cliente [€]	Custo total previsto [€]	Custo total real [€]	Poupança [€]	Prazo total previsto [S]	Prazo total real [S]
25.000	16.600	13.660	2.940	14	13

3.4.3 Fase Analyse

A prioridade nesta fase do projeto concentra-se na execução do que foi definido inicialmente, ou seja, testar as ferramentas na linha de produção, de modo a que na primeira fase de entrega de peças (PPC – Semana 21) os meios estejam relativamente estáveis. Esta etapa divide-se em três pontos essenciais:

- Planeamento de intervenção na linha de produção da AA9, de modo a testar as ferramentas desenvolvidas;
- Elaboração de documentação de apoio à produção;
- Ilustração dos custos de produção.

3.4.3.1 Intervenções na linha de produção AA9

No âmbito das intervenções de industrialização, foi elaborada uma *timeline* com as *milestones* do cliente. Cada produção terá como objetivo produzir apenas o que é pedido pelo cliente, de modo a não acumular *stock* e não correr o risco de ter peças obsoletas, caso haja modificações.

Por norma, os projetos de industrialização iniciam a sua primeira fase de entrega de protótipos na etapa denominada de VCLOT, no entanto, não foi possível aceitar a data proposta pelo cliente. Como foi demonstrado no *planning* elaborado na fase *Measure*, a receção da documentação oficial ocorreu na semana 49 de 2017, e o primeiro pedido do cliente, era de vinte semanas antes, S29 (Figura 46).

No que diz respeito à fase PPC, a *milestone* foi cumprida na semana 21 e a quantidade de peças produzida foi de 25 unidades. A partir dessa etapa, o número de protótipos pedidos pelo cliente tem uma tendência crescente. A fase MA ocorre quatro semanas depois da última, com uma quantidade de 60 peças. Por último, encontra-se a fase de SOP (produção série). Todas estas etapas ficaram à responsabilidade da Hutchinson Porto. A *timeline* encontra-se ilustrada na Figura 46.

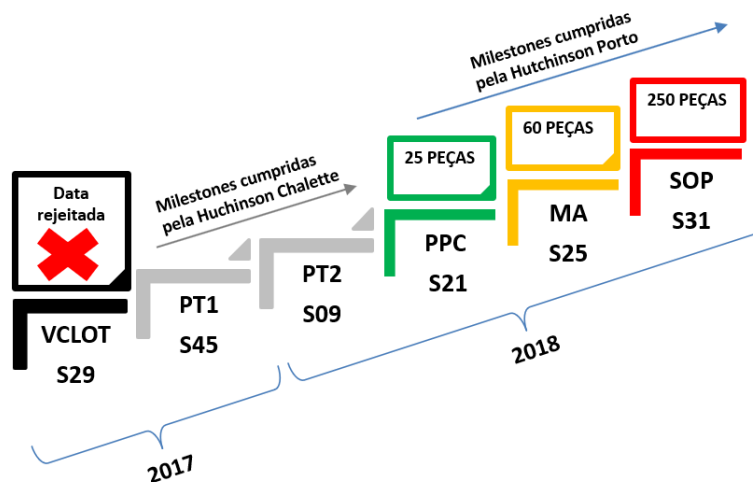


Figura 46 - Milestones do cliente

A primeira ação no terreno ocorreu na semana 8, data coincidente com a chegada do GCF e GCC. Nessa fase do projeto, já todas as ferramentas se encontravam disponíveis para serem testadas. Apesar da máquina de *brackets* ainda não ter sido rececionada, isso não impede o teste das ferramentas anteriores a esse processo.

Reunião *Vie-Serie*

As reuniões de vida série ocorrem semanalmente e tem como objetivo principal acompanhar o status das industrializações. A equipa de *Vie-Serie* é constituída por elementos pertencentes a diversos departamentos, tais como: Engenharia, Qualidade, Produção, Logística e Segurança.

INDUS semana 8

Com base na disponibilidade do departamento de produção, foi efetuado um pedido de 50 peças (P34319456) para serem cortadas e conformadas de acordo com os comprimentos definidos previamente.

O objetivo da primeira INDUS consistiu na parametrização de três máquinas, de modo a obter o *multicurvo* F94319456. Assim, os equipamentos intervencionados foram: puncionadora, máquina de soldar e curvadora Dinamo.

Puncionadora

As etapas para a máquina de puncionar (Figura 47) foram as seguintes:

- Afinar puncionadora para comprimento do tubo;
- Centrar válvula de acordo com a cota definida;
- Montar orientador de puncionar (Figura 47).

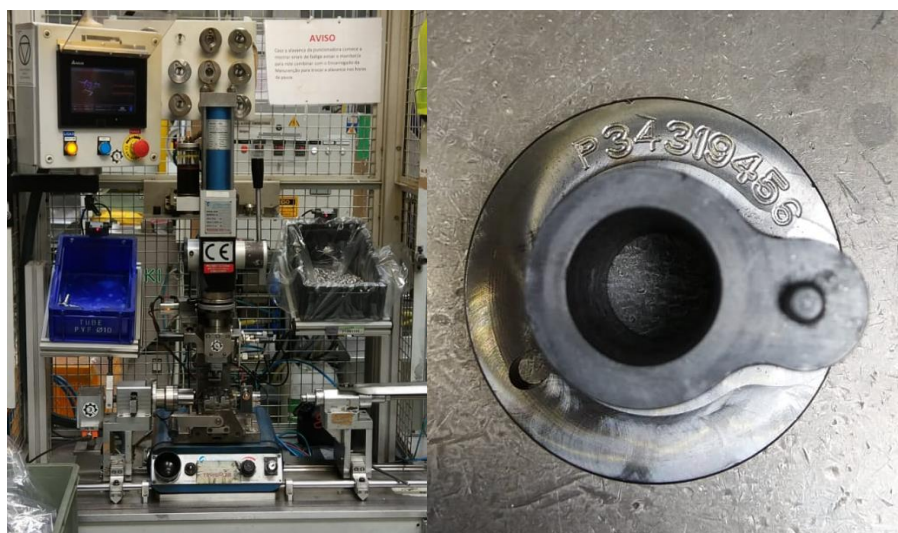


Figura 47 – Puncionadora e orientador de puncionar

Máquina de soldar

- Afinar extremidades para o comprimento do tubo;
- Utilizar parâmetros de soldadura *standard* (Anexo B) para a válvula F2940143.

Na Figura 48 é possível visualizar a máquina a ser intervencionada no processo de industrialização.



Figura 48 - Máquina de soldar indução

Curvadora Dinamo:

- Preparador da linha de produção insere as coordenadas na curvadora CNC (Figura 49) de acordo com o programa criado;
- Montar guia na curvadora e ferramentas de série;
- Preparador afina *routing* do *multicurvo* F94319456, de modo a encaixar no GCC.



Figura 49 - Curvadora Dinamo

Após a primeira industrialização, surgiram alguns problemas, os quais se encontram descritos na Tabela 26, assim como as soluções implementadas.

Tabela 26 - Resumo NDUS da semana 8

Problema	Solução
✘ Não é possível montar orientador de puncionar na máquina.	✓ Retificar 0,2 mm no pino de encaixe.
✘ Comprimento teórico do tubo é elevado, após conformação.	✓ Reduzir comprimento do tubo no processo do corte de alumínio de 441mm para 434 mm.
✘ Descentramento da válvula no calibre.	✓ Ajustar centramento na puncionadora.
✘ Válvula marcada na curvadora.	✓ Retificar 3 mm na face da guia.
✘ Máquina de indução queima a válvula.	✓ Reduzir 2 s no tempo de soldadura.

Após a realização das retificações acima descritas, foi planeada na reunião vida série da semana 9, a segunda industrialização. Nesta segunda etapa, foi feito um pedido de 50 peças do tubo P34319456, assim como o tubo de série P33319114. Findo o processo de conformação, é necessário produzir 60 mangueiras da refª F1341606L175, para poder unir os *multicurvos* na máquina de prensar.

INDUS semana 9

Nesta segunda intervenção, o processo consistiu no teste das ferramentas previamente retificadas, assim como na execução do processo produtivo até à máquina de prensar Figura 50. Terminado este processo, serão enviadas peças para o fornecedor da máquina de *brackets*, de modo a serem realizados testes.



Figura 50 - Máquina de prensar

Na Tabela 27 encontram-se descritos os problemas e soluções encontradas para a segunda intervenção na linha AA9.

Tabela 27 - Resumo INDUS semana 9

Problema	Solução
* Comprimento do tubo continua elevado após conformação.	✓ Reduzir comprimento do tubo no processo do corte de alumínio de 436 mm para 434 mm.
* Comprimento teórico da mangueira [187 mm] é elevado.	✓ Reduzir comprimento de corte da mangueira para 175 mm.
* Angulação entre 1ª e 2ª prensada não conforme.	✓ Ajustar posicionamento das torres do orientador de prensar.
* Tubo está a ser marcado devido ao diâmetro da Guia.	✓ Retificar canal da Guia 0.1 mm.

Terminada a segunda industrialização, procedeu-se à retificação do produto, assim como às ferramentas mencionadas.

Nesta fase do processo, foi definido em concordância com o fornecedor da máquina de *brackets* o envio de peças prensadas (Figura 51), juntamente com *brackets* para serem montados na MFB.



Figura 51 - Peça prensada em ambas as extremidades.

A terceira fase de INDUS ocorreu na semana 13, data coincidente com a receção da máquina de *brackets*.

INDUS semana 13

O primeiro passo nesta industrialização consistiu na receção e validação da máquina de *brackets*. Quando um equipamento é rececionado na Hutchinson Porto, este segue um procedimento rigoroso, antes de poder ser utilizado em contexto de produção.

Existe um ficheiro *standard* que permite a validação de máquinas. Pode ser encontrado no Anexo C. Cada máquina está associada a uma área de produção, e cada área de produção é constituída por uma equipa de trabalho. Na Tabela 28 é possível consultar as responsabilidades inerentes a cada departamento, no que se refere a este processo de validação. E na Figura 52 encontra-se a máquina a validar.



Figura 52 – MFB.

Tabela 28 - Intervenientes na validação de máquinas

Departamento	Função
Engenharia	<ul style="list-style-type: none"> • Responsável por pilotar a validação do equipamento, garantindo a aprovação dos restantes departamentos; • Garantir o devido funcionamento da máquina; • Elaborar instrução de trabalho e preparação <i>standard</i> do equipamento.
Segurança	<ul style="list-style-type: none"> • Validar equipamento de acordo com os requisitos e normas de higiene e segurança; • Responsável por toda a documentação inerente ao departamento de segurança, como por exemplo, lista de riscos afetos ao funcionamento da máquina.
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Validar todas as <i>spare parts</i>, manual da máquina, esquemas elétricos, pneumáticos e hidráulicos, assim como <i>backups</i> de autómatos; • Responsável por toda a documentação inerente ao departamento de manutenção como, por exemplo, manutenções de primeiro nível; • Garantir que a máquina é identificada com o seu código de imobilizado.
Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovar equipamento, tendo em conta qualidade, tempo de ciclo e ergonomia.
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovar a qualidade do produto; • Responsável por toda a documentação inerente ao departamento de qualidade, como por exemplo, pautas de controlo.

O processo de validação de máquinas divide-se em três fases:

- Validação provisória pela industrialização;

- Validação provisória pelo operador;
- Validação definitiva.

Na validação provisória, é necessário que o equipamento cumpra essencialmente todos os requisitos inerentes ao departamento de segurança e engenharia. Deste modo, o piloto do equipamento poderá fazer os testes iniciais e desenvolver os seus protótipos.

Foram apresentados requisitos iniciais afetos a ambos os departamentos.

Requisitos iniciais de engenharia:

- Ferramenta de fecho para acompanhar todo o contorno do *bracket* e ser capaz de fechar na sua totalidade;
- Torres para apoiar o *multicurvo*;
- Sensor de deteção do *bracket* (*Poka-Yoke*);
- Sensor de deteção do colar (*Poka-Yoke*);
- Máquina deve conter consola que incorpore modo manual (dedicado ao departamento de Engenharia e Manutenção) e modo automático (Produção).

Requisitos básicos de segurança:

- Botão de emergência deve ser capaz de cortar o ar comprimido à máquina;
- Botão *start* e *reset* devidamente identificados;
- Interruptor ON/OFF;
- Barreiras de segurança;
 - Documentação: certificado CE de acordo com as normas exigidas, assim como manual operacional da máquina.

Requisitos básicos de manutenção:

- Esquemas elétricos e pneumáticos;
- *Backup* do autómato em linguagem *Ladder*.

São apresentados na Tabela 29 os requisitos a cumprir pelo fabricante.

Tabela 29 - Resumo de problemas na validação da MFB

Requisitos em falta	Plano
✘ Certificado CE não cumpre normas de segurança.	✓ Alertar fornecedor para enviar o certificado correto.
✘ Quando o ar é cortado, o cilindro pneumático não deve memorizar o sinal, ou seja, não deverá continuar o movimento após a readmissão de ar.	✓ Planear intervenção na máquina com um programador do fabricante.
✘ Ferramenta de fecho do <i>bracket</i> deixa marcas visíveis no componente.	✓ Planear intervenção na máquina com um técnico do fabricante.

3.4.3.2 Documentação de apoio à Linha AA9 e continuação da industrialização

Ficha técnica

Depois da máquina ser validada pelo departamento de segurança, o operador tem permissão para poder trabalhar no equipamento de produção. No entanto, para a linha de fabrico poder seguir um fluxo contínuo, será necessária a criação de uma ficha técnica que englobe todos os passos necessários para o seu fabrico. No ANEXO D pode ser consultada a ficha técnica pertencente ao T.70953.

Instrução de preparação e trabalho *standard*

A ficha técnica não é o único documento necessário para a produção da nova referência. Também foi necessário criar um documento inerente à nova máquina de fecho de *brackets*. Este documento segue um *template standard* e, como tal, foram criadas duas instruções:

- IPS - documento que ilustra os passos inerentes ao arranque da máquina (Anexo D);
- ITS - processo de como se deve operar ciclicamente o equipamento (Anexo D).

Ambas as instruções se encontram no Anexo D. Tendo em conta o planeamento relativo à MFB, foi preparada uma nova produção que ocorreu na semana 16.

INDUS semana 16

Nesta fase do processo, o objetivo passou por completar a referência T.70953, executando o processo na sua íntegra. Na INDUS, foram disponibilizadas 50 peças, sendo que, apenas foram produzidas em conformidade 29. Tendo em conta que o próximo envio de peças para o cliente será na semana 21, com uma quantidade de 25 peças, este pedido fica coberto. Os problemas inerentes à terceira INDUS estão listados na Tabela 30.

Tabela 30 - Resumo INDUS semana 16

Problema	Solução
✘ Risco de proteção térmica não se manter fixa ao longo do tempo devido. Vibrações do motor podem causar escorregamento da proteção.	✔ Propor ao cliente a adição de um <i>strap</i> , de modo a fixar a proteção ao casquilho prensado.

O componente sugerido ao cliente para solucionar o problema de escorregamento da proteção no T.70953 já existe noutra linha de produção da fábrica da Hutchinson

Porto. A Figura 53 representa um exemplo de uma abraçadeira, mais conhecido como *strap*.



Figura 53 – Strap.

Com base no risco verificado relativamente ao escorregamento da proteção térmica, foi elaborado um planeamento para apresentar ao cliente. Este encontra-se representado na Figura 54.

O seu início ocorreu na semana 18, e terminou na S28, o que significa que todas as modificações inerentes à adição do *strap* foram concluídas antes da produção série do projeto, que teve o seu início na semana 31.

A duração total prevista da modificação foi de 10 semanas. Relativamente ao seu custo de execução, foi estimado um valor a rondar os 2.100 €.

	2018												Estimativa de custos €	Responsável	
	Maio			Junho				Julho							
Plano de industrialização para adição do strap	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28				
TGA - Aceitação do projeto	█													-	Hutchinson França
Receção dos LCT'S	█	█													
Receção dos 3D's definitivos	█	█													
Receção dos planos 2D	█	█													
Conta de investimento															
GCF - Modificação														900,00 €	Engenharia
Conceção do 2D e 3D		█													
Cotação do fornecedor			█												
Construção + Validação				█	█	█	█	█	█	█					
MPP - Detecção do strap														500,00 €	
Cotação do fornecedor							█								
Instalação + Teste								█	█						
MPP - Pistola para corte do strap														700,00 €	
Cotação do fornecedor				█	█	█									
Transporte						█	█								
Instalação + Teste								█	█	█					
Documentação para apoio à produção											█				
Produção para a fase SOP												█	█		
Estimativa total												2 100,00 €			

Figura 54 - *Planning* de Industrialização para adição do *strap* no T.70953.

Com base no *planning* demonstrado, encontra-se uma explicação de cada etapa do processo, desde a sua fase inicial até à final;

- **Aprovação da modificação – S19** – O planeamento em questão impacta sobretudo nos custos de produção e, conseqüentemente, no preço de venda final. Deste modo, foi necessária a aprovação da modificação por parte do cliente.
- **Receção da documentação e conta de investimento – S18 até S19** - No prazo de duas semanas, a Hutchinson Porto recebeu toda a documentação proveniente da Hutchinson França. Visto que a modificação em questão impacta a mudança da árvore do produto, foi necessária a receção dos desenhos 2D e 3D atualizados. No que diz respeito à conta de investimento, não foi necessária uma nova abertura, pois foi possível poupar 11.340 € do planeamento executado, na fase inicial do projeto de INDUS.
- **Modificação do calibre final (GCF) S19 até S26** – Tendo em conta que será adicionado um componente ao produto final, será necessário realizar um controlo posicional do mesmo. Como tal, foi enviado para o cliente o 3D atualizado com a torre de controlo pretendida. Foi necessário também o envio do calibre final, de modo a que a torre seja montada, assim como a execução de furações para a sua inserção. Esta define-se como a atividade crítica, englobando um prazo total de sete semanas, custando cerca de 900 €.
- **Modificação na máquina de fecho de brackets – S24 até S26** – Foi definido que a operação de adicionar o *strap* seja executada na máquina de *brackets*. O *strap* tem que ser montado manualmente após a operação de prensar, e o corte do seu excesso será executado por intermédio de uma pistola pneumática. A máquina tem de ser capaz de detetar a presença da abraçadeira, de modo a não correr o risco de serem enviadas peças defeituosas. Portanto, na sua torre de controlo foi instalada uma fibra ótica, para a deteção da abraçadeira. Relativamente às máquinas alternativas a instalar o *strap*, a máquina de prensar não possui condições para a adição de um meio como a pistola. A outra possibilidade seria a máquina de teste, no entanto, para além do seu custo de instalação ser elevado, a operação em si, a realizar neste posto, não seria ergonómica para o operador. Sendo assim, o custo de fabrico da torre, instalação da fibra e pistola na MFB, foi estimado num valor de 500 €.
- **Pistola para corte do strap – S21 até S26** – No que diz respeito à aquisição da pistola pneumática para cortar a abraçadeira, teve um custo estimado de 700 € e um prazo aproximado de seis semanas.

3.4.3.3 Representação dos custos de produção

Nesta última etapa da fase *Analyse*, foram representados a totalidade dos custos de produção inerentes ao fabrico da referência T.70953. Estes custos foram desenvolvidos no departamento de engenharia, através da equipa de *cost analysis*. A organização dos mesmos encontra-se estruturada em três frentes:

- Custos de aquisição de componentes;
- Custos e tempos de mão-de-obra;
- Custos totais de produção.

Custo de aquisição de componentes

No que diz respeito ao custo de aquisição de componentes, encontra-se um resumo representado na Tabela 31. Aqui foi analisado o valor total de compra, tendo em conta todos os componentes que são montados no T.70953, à exceção da mangueira. Este último componente apenas foi contabilizado nos custos totais de produção. Na compra de qualquer produto, existe a possibilidade de esse ter uma não conformidade. Como tal, foi considerado o custo de defeituosos na aquisição de componentes.

Tabela 31 - Custos de aquisição

Custo total de aquisição	Custo de aquisição	Custo de aquisição defeituosos
3,05 €	2,99 €	0,06 €

Custo e tempos de mão-de-obra

O custo de aquisição de componentes é essencial para a estruturação do valor de um produto. Porém, há que ter em conta a totalidade de custos inerentes ao fabrico dessa peça. Como tal, na Tabela 32 encontra-se representada a totalidade de custos de mão de obra (MO), assim como todos os outros custos diretos (OCD). O consumo de eletricidade e ar comprimido da fábrica são alguns exemplos desses custos.

A soma das operações associadas à elaboração do produto final encontra-se descrita, desde a fase do corte de alumínio até ao teste de estnaquicidade.

Por último, foram contabilizados os tempos de mão-de-obra direta e indireta, MOD e MOI, respetivamente. Por mão-de-obra direta entende-se todo o trabalho realizado pelo operador de produção inerente ao fabrico de uma peça. No caso da MOI, diz respeito ao trabalho de supervisor de produção ou, por exemplo, a manutenção de máquinas, pois não tem impacto direto na produção do componente.

Tabela 32 - Custos e tempos de mão de obra

	Quantidade operações	MOD [min]	MOI [min]	MO	OCD
Total	19	6,0	2,40	1,22 €	0,50 €

Custos totais de produção

Em suma, foi feita uma análise a todos os custos inerentes ao processo de fabrico da referência T.70953. O valor total do custo do produto é de 5,49 €. Nesta soma, encontra-se adicionado o valor por embalagem e o custo total da mangueira. Na Tabela 33 é possível visualizar o resumo dos custos totais.

Tabela 33 - Custos totais de produção do T.70953

Aquisição componentes	Mangueira	Mão-de- Obra	Outros Custos Diretos	Refugo	Embalagem	Total
3,05€	0,55€	1,22€	0,50€	0,10€	0,08€	5,49€

De modo a conferir uma perceção mais clara relativamente à distribuição dos valores percentuais, foi laborado um gráfico circular representado na Figura 55.



Figura 55 - Custos totais T.70953

3.4.4 Fase Design


Esta fase do projeto, consistiu essencialmente na clarificação do processo produtivo, assim como na análise de riscos inerentes ao processo, por intermédio da metodologia *Process FMEA*.


Sinóptico do Projeto

Com vista a cumprir com um dos requisitos do cliente, foi enviado um sinóptico do processo produtivo. Este documento ilustra o fluxo do processo na sua totalidade, contendo as referências de cada produto, número de operações e postos de trabalho. Nas reuniões de *Process FMEA*, o documento em questão é necessário para o seguimento da análise de riscos. Na Figura 56 encontra-se representado o sinóptico da referência T.70953.

Fábrica	Fase do processo	Operação	N°	924802022R	
				P34319456	P33319114
				Ø 19,05	Ø 19,05
Hutchinson Porto	Receção de material	Receção de componentes	000	1	1
	Preparação	Cortar tubo de alumínio	360	1	1
		Embutir (Caquillo)	321/322	2	2
		Embutir (Flange)	321/322	3	3
		Lavagem automática	301	4	4
	Corte de mangueira	Corte de mangueira automático	040	1	
	Linha de montagem	Punclonar	340	1	-
		Solda por indução	310	2	-
		Aparafusar mecanismo de válvula	220	3	-
		Curvar	331	4	1
		Montar protecção	070	5	
		Montar + angular + prensar	051	6	
		Montar + angular + prensar	051	7	
		Montar bracket	190	8	-
		Colocar strap	070	9	
		Colocar O'Rrings	192	-	10
Teste Hélio		084	11		
Colocar tampões	110	12 (X3)			
Colar etiqueta	151	13	-		
Embalar	120/140	14			

Legenda:

 Célula individual = operação singular

 Duas células unidas = operação comum


 Não contém operação

Figura 56 - Sinóptico do T.70953.

Process FMEA

Na última etapa da fase *Design*, foi executada uma análise de riscos ao processo produtivo. A equipa destacada para o *Process FMEA* é a mesma da *Vie Serie*. A reunião ocorreu na semana 21, aproximadamente dois meses antes do SOP.

A reunião de *Process FMEA* consiste em quatro objetivos principais:

- Análise de falhas inerentes ao processo produtivo a entrar em série;
- Definição dos métodos utilizados para prevenir essas falhas;
- Determinação do valor do risco (RPN);
- Seguimento das ações.

O ficheiro de análise, contempla todas as operações inerentes ao fabrico da peça, sendo assim um documento demasiado exaustivo para poder ser incorporado neste relatório. Neste caso, interessa apenas demonstrar o estudo feito relativamente ao novo componente crítico do projeto, o *bracket*.

O RPN, ou seja, o valor do risco, é calculado através da multiplicação de três índices:

1. Ocorrência (O);
2. Severidade (S);
3. Detecção (D).

Relativamente ao índice de ocorrência da falha no processo de montagem do *bracket*, a sua classificação é baseada numa tabela ordenada de 1 a 10, sendo 10 a maior probabilidade de ocorrer a falha. O valor atribuído foi de 8 valores, tendo como base de comparação processos idênticos em curso na fábrica.

No que diz respeito ao índice de severidade, o seu valor está associado ao efeito mais sério num potencial modo de falha. A sua classificação, tal como o anterior, é avaliada numa escala de 1 a 10, sendo 1 o valor de menor relevância para a equipa de FMEA. Tendo em conta processos similares à montagem deste componente, foi atribuído um valor de 2 unidades para este parâmetro, o que significa que o seu efeito não terá um impacto significativo no processo.

O terceiro parâmetro, denominado de deteção, tem como finalidade a avaliação de como o processo será controlado. Semelhante aos dois processos anteriores, este índice é classificado num intervalo de 1 a 10 valores, sendo o valor mais alto correspondente a um nível de deteção impossível de realizar, não conferindo assim qualquer oportunidade para controlar o processo em análise. Neste caso, foi atribuída a classificação de 2 valores, ou seja, existe uma forte probabilidade de o processo ser controlado.

Por último, através da aglomeração dos três parâmetros analisados, obteve-se o valor da prioridade de risco do processo (RPN = 32), tendo em conta que o limite estabelecido internamente para o RPN é de 200 valores.

Em suma, foi despoletada uma ação de modo a minimizar o risco de enviar o produto acabado sem a *bracket* montada. Foi sugerido o desenvolvimento de um sistema *Poka-Yoke* incorporado no posto de teste, para detetar a presença do *bracket*. Na fase *Verify*, encontra-se ilustrada essa mesma ação. A equação 3 representa o cálculo de RPN:

$$\begin{aligned} RPN &= O \times S \times D = \\ &= 8 \times 2 \times 2 = 32 \end{aligned} \quad (3)$$

Na Figura 57 encontra-se representado o FMEA inerente ao processo de montagem do novo *bracket* na referência T.70953.

PROCESS FMEA																	
ANÁLISE DE RISCO																	
SINÓPTICO		PRODUTO	CLIENTE	PROCESSO			S.O.D.			ACÇÕES PREVENTIVAS E CORRETIVAS							
CODIFICAÇÃO DA OPERAÇÃO	NOME TÉCNICO DA OPERAÇÃO (SINÓPTICO) <i>Descrição da operação</i>	POTENCIAL MODO DE FALHA <i>Potencial falha na realização da operação</i>	EFEITO DE FALHA <i>Efeito na peça</i> <i>Efeito no processo</i> <i>Efeito na montagem no carro</i> <i>Efeito no cliente final</i>	POTENCIAS CAUSAS DE FALHA	MÉTODO ATUAL DE PREVENÇÃO PARA A FALHA	MÉTODO ATUAL DE DETEÇÃO DA FALHA	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETEÇÃO	RPN	AÇÃO RECOMENDADA	RESPONSÁVEL	DATA ATUAL DD/MM/AA	STATUS DA AÇÃO	RESULTADO DA AÇÃO	AÇÃO NECESSÁRIA NO PLANO DE CONTROLO?	AÇÃO ESPECÍFICA NECESSÁRIA NO PLANO DE CONTROLO? (TESTES EM LABORATÓRIO)
				<u>MATERIAL</u> <i>(conectado ao componente)</i> <u>EQUIPAMENTO</u> <i>(Ferramenta/Máquina)</i> <u>MÉTODO</u> <i>(procedimento, instrução, plano de controlo.)</i> <u>HUMANO</u> <i>(competência, comunicação, formação)</i> <u>AMBIENTE</u> <u>MANUTENÇÃO</u>	<i>Nota = Poka Yoke deve estar incluído na prevenção [Poka Yoke = anti-erro]</i>	<i>Tipo de controlo para detetar possíveis erros no processo anterior</i>					<u>MATERIAL</u> <i>(conectado ao componente)</i> <u>EQUIPAMENTO</u> <i>(Ferramenta/Máquina)</i> <u>MÉTODO</u> <i>(procedimento, instrução, plano de controlo.)</i> <u>HUMANO</u> <i>(competência, comunicação, formação)</i> <u>AMBIENTE</u> <u>MANUTENÇÃO</u>					Sim Não	Sim Não
190	Montar bracket : Fixar bracket por cima do colar, em torno do multicurvo com a orientação correta. Não danificar a sua estrutura, assim como o alumínio. Peça deve conter a orientação correta de modo a ser corretamente montada no veículo.	Ausência da bracket	Efeito na peça: incorreta realização das operações descritas anteriormente. Efeito no fabricante automóvel: Impossibilidade de montagem. Efeito no consumidor final: --	Humano: não cumprimento da Ficha técnica.	Sistema POKA-YOKE: Sensor de deteção de bracket na MFB	Validação da primeira peça, no início do ciclo produtivo. Verificação de uma peça por embalagem	8	2	2	32	EQUIPAMENTO: Desenvolver sistema de deteção Poka-Yoke no posto de teste de modo a detetar presença da bracket após operação na MFB.	Francisco Tadeu	23/05/2018	OK	Funcionament o OK: Sistema capaz de detetar presença da bracket. Teste de estanquidade não é realizado sem a validação do componente.	SIM	NÃO

Figura 57 - Process FMEA T.70953. Adaptado de Hutchinson Porto.

3.4.5 Fase Verify

A última fase do ciclo DMADV, consistiu essencialmente na validação do processo produtivo. Como tal, foi necessária a revisão de todas as ações definidas previamente.

Nesta etapa, foi efetuada a medição de tempos de ciclo, no âmbito do cálculo da capacidade produtiva efetiva.

Por último, importa garantir que não exista qualquer anomalia em termos de produção, assegurando solidez no processo produtivo para o fabrico em série. Deste modo, foi realizada uma validação de sistemas anti-erro (*Poka-Yoke*).

3.4.5.1 Validação de sistemas *Poka-Yoke*



De acordo com o planeamento efetuado na fase *Design*, inerente à modificação do produto final, concluiu-se que seria necessário o desenvolvimento de ferramentas e sistemas de deteção. Estes, seriam dedicados exclusivamente a dois componentes:

- *Strap* – Sistema de deteção incorporado na máquina de fecho *do bracket*;
- *Bracket* – Sistema de deteção incorporado na máquina de Teste de estnaquicidade.

Sistema de deteção do *strap*

De modo a garantir a presença do *strap* na referência T.70953, foi desenvolvido um sistema integrado na máquina de fechar *brackets*. Esse sistema é composto por três componentes, torre, fibra ótica e pistola pneumática. Na Tabela 34 encontram-se as ilustrações do sistema na sua conjuntura.

Tabela 34 - Sistema de deteção do *strap*

Sistema	Ilustração
Torre com fibra ótica incorporada	
Pistola pneumática	

No que diz respeito à sequência de fabrico inerente à máquina de teste, a sua atualização encontra-se ilustrada na Figura 60. A operação adicionada está identificada com o número 2.

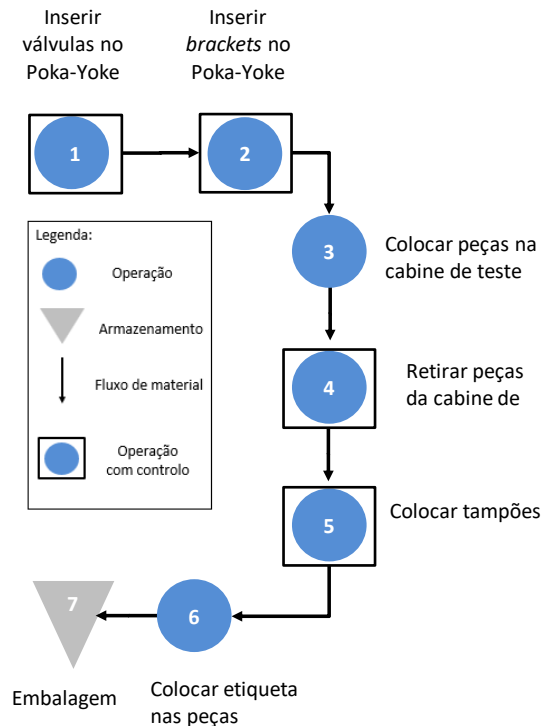


Figura 60 - Sequência de operações máquina teste

3.4.5.2 Medição dos tempos de ciclo

Na fase inicial do projeto, etapa *Define*, foi realizada uma estimativa dos tempos de produção. Após oito meses, foi possível a realização da medição dos tempos reais de fabrico, pois todos os meios estão disponíveis para a sua execução. É necessária a realização desta medição, de modo a criar o equilibrado da linha de produção, e posteriormente a *FOS LAYOUT*. Ambos os documentos foram entregues ao departamento de produção para futuras atualizações.

No que diz respeito à cronometragem de tempos de ciclo na fase pré-série, é respeitado um conjunto de normas:

- Definição do tempo inicial e final de cada operação;
- Ter uma amostra mínima de dez ciclos repetitivos;
- Medir tempos de espera e tempo máquina;
- Ritmo de trabalho do operador deve ser normal.

Na Figura 61 encontra-se o *template* interno de medição de tempos de ciclo.

Medição de tempo de ciclo																										
Produto / Referência:		Posto:																	Linha: AA9							
Processo :		Análise efectuada por:AC/TC																								
Data: 23-06-16		Ciclos																								
Nº	Operação elementar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	MinRep	Média	mini	Maxi	V%
1	Top:																									
2	Top:																									
3	Top:																									
4	Top:																									
5	Top:																									
6	Top:																									
7	Top:																									
8	Top:																									
9	Top:																									
Tempo de ciclo com espera																						0,0				
Tempo operativo sem espera		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Observações																										
a																										
b																										
c																										
d																										
e																										

Figura 61 - *Template* tempos de ciclo

Foram registadas as medições dos tempos de ciclo inerentes à referência T.70953. Na Tabela 35 encontram-se os tempos de produção medidos na linha de produção AA9.

Tabela 35 - Medição de tempos da linha AA9

Posto	Operação	Tempo Operação [s]
1	Puncionar	8,8
	Soldar por Indução	4,9
	Aparafusadora	7,7
	Curvar na máquina Dinamo	7,6
	Controlo GCC F94319456	4
2	Curvar na máquina Massanas	5
	Controlo GCC F94319114	2
	1ª Prensada + proteção	11,4
	2ª Prensada	8,7
3	Montar <i>bracket</i> + <i>Cable tie</i>	33,2
4	O´rings (2x)	4
	GCF T.70953 (2x)	12
	Teste (2x)	18,7
	Tampões + etiquetas (2x)	23,5
	<i>Poka-Yokes</i> (2x)	5,9
	Embalagem (2x)	2
Todos	\sum <i>Tempos não ciclicos</i>	6,9

Work content

Com o intuito de determinar o tempo total para a produção de uma referência, foi calculado o *Work Content* (WC). Na Tabela 36 é mostrado o WC de cada família, assim como a % de alocação associada.

Tabela 36 - WC de cada família

Famílias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
WC [s]	111	151	160	124	121,2	106,5	144	121	130	141,6
Alocação [%]	19,02	1,97	19,18	1,70	31,05	0,01	0,02	7,90	0,01	19,15

O cálculo representado na equação 4 refere-se ao *Work Content*:

$$\begin{aligned}
 WC &= \sum WC_i \times Alocação_i = & (4) \\
 &= 111 \times 19,02\% + 151 \times 1,97\% + 160 \times 19,18\% + 124 \times 1,7\% \\
 &+ 121,20 \times 31,05\% + 106,50 \times 0,01\% + 144 \times 0,02\% \\
 &+ 121 \times 7,9\% + 130 \times 0,01\% + 141,60 \times 19,15\% = 131 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Número mínimo de postos

O número mínimo de postos de trabalho é representado pela letra N. Para a realização do seu cálculo, foram necessários dois valores previamente calculados: o *Work Content* e o *Takt Time*. Na equação 5 encontra-se indicado o valor de N:

$$N = \frac{WC}{TT} = \frac{131}{42} = 3,1 \cong 4 \text{ postos de trabalho} \quad (5)$$

Balanceamento dos postos para a referência T.70953

Na Figura 62 encontra-se a ilustração do balanceamento de postos da linha AA9 para a referência T.70953. É verificado que o tempo de ciclo é de 35,4 s. A diferença de tempo entre postos de trabalho não é significativa, o que se traduz num equilibrado de 92%:

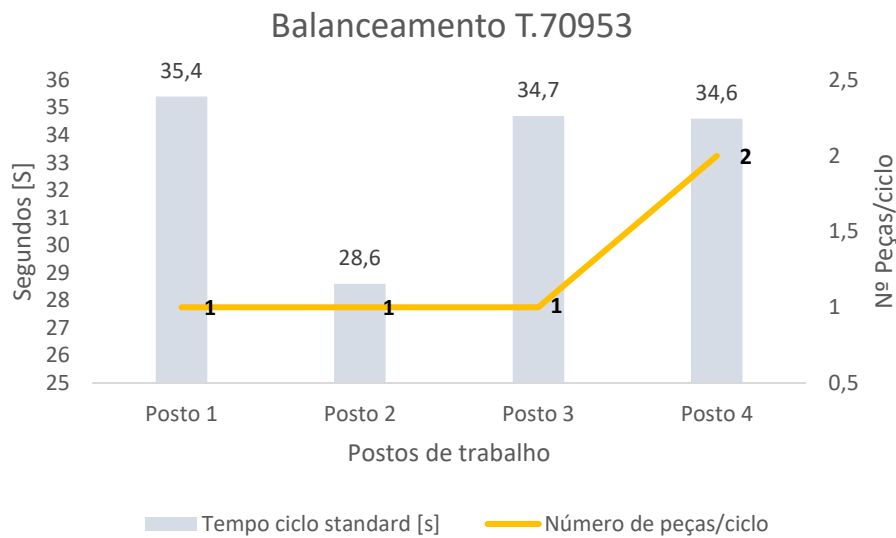


Figura 62 -Balanceamento da linha AA9 - T.70953

Na equação 6 encontra-se calculado o número de peças produzidas por hora, tendo como base o tempo de ciclo e os tempos não cíclicos. O rendimento utilizado é o valor *standard* de 90%:

$$PPH = \frac{60 \times 60}{(TC + TNC) \times 1,1} = \frac{3600}{(35,4 + 1,5) \times 1,1} = 92 \text{ peças/hora} \quad (6)$$

O número de peças produzidas por hora encontra-se representado na equação 7.

$$POH = \frac{PPH}{N} = \frac{92}{4} = 23,1 \text{ peças/op/hora} \quad (7)$$

Relativamente ao resumo do balanceamento da linha com um rendimento de 90%, conclui-se através da Tabela 37 que:

Tabela 37 - Resumo do balanceamento da linha AA9 com 90% de rendimento

Tempo ciclo [s]	Prod/Hora	Prod/Turno	Peças/OP/Hora
38,9	92	740	23,1

Capacidade da linha

Como é possível observar na Figura 63, conclui-se que a linha tem capacidade para fornecer peças ao cliente, pois o seu tempo de ciclo é inferior ao *Takt-Time* (valor previamente calculado na fase *Define*).

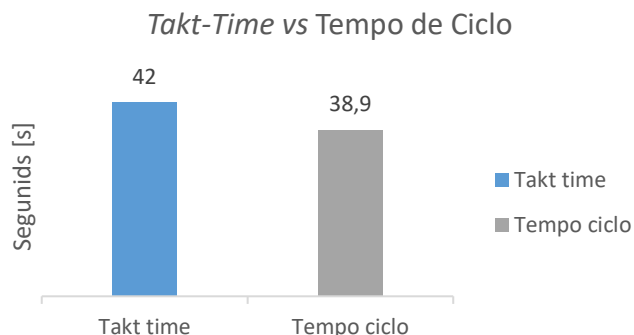


Figura 63 – *Takt-Time vs Tempo de Ciclo*

FOS – Folha de Operação Standard

A Folha de Operação *Standard* é um ficheiro interno que confere uma série de informações relacionadas com a referência a produzir. Esta é colocada na linha de fabrico, para consulta da equipa de produção. A Figura 64 ilustra a FOS da referência T.70953, representando o desfecho de todo o balanceamento calculado, assim como os requisitos inerentes a cada departamento. Na Tabela 38 encontra-se uma lista dos parâmetros abordados na FOS.

Tabela 38 - Requisitos FOS por departamento.

Engenharia	Qualidade	Segurança
<i>Takt-Time</i>	Pontos chave	Equipamento de segurança
<i>Work Content</i>	Alerta de controlo por posto	Alerta de segurança de acordo com o posto
Objetivo peças turno	-	-
Objetivo peças hora	-	-
Tempo ciclo	-	-
Peça operador hora	-	-
Volume mínimo diário	-	-
Movimentações com e sem peças	-	-
Operações a executar por posto	-	-

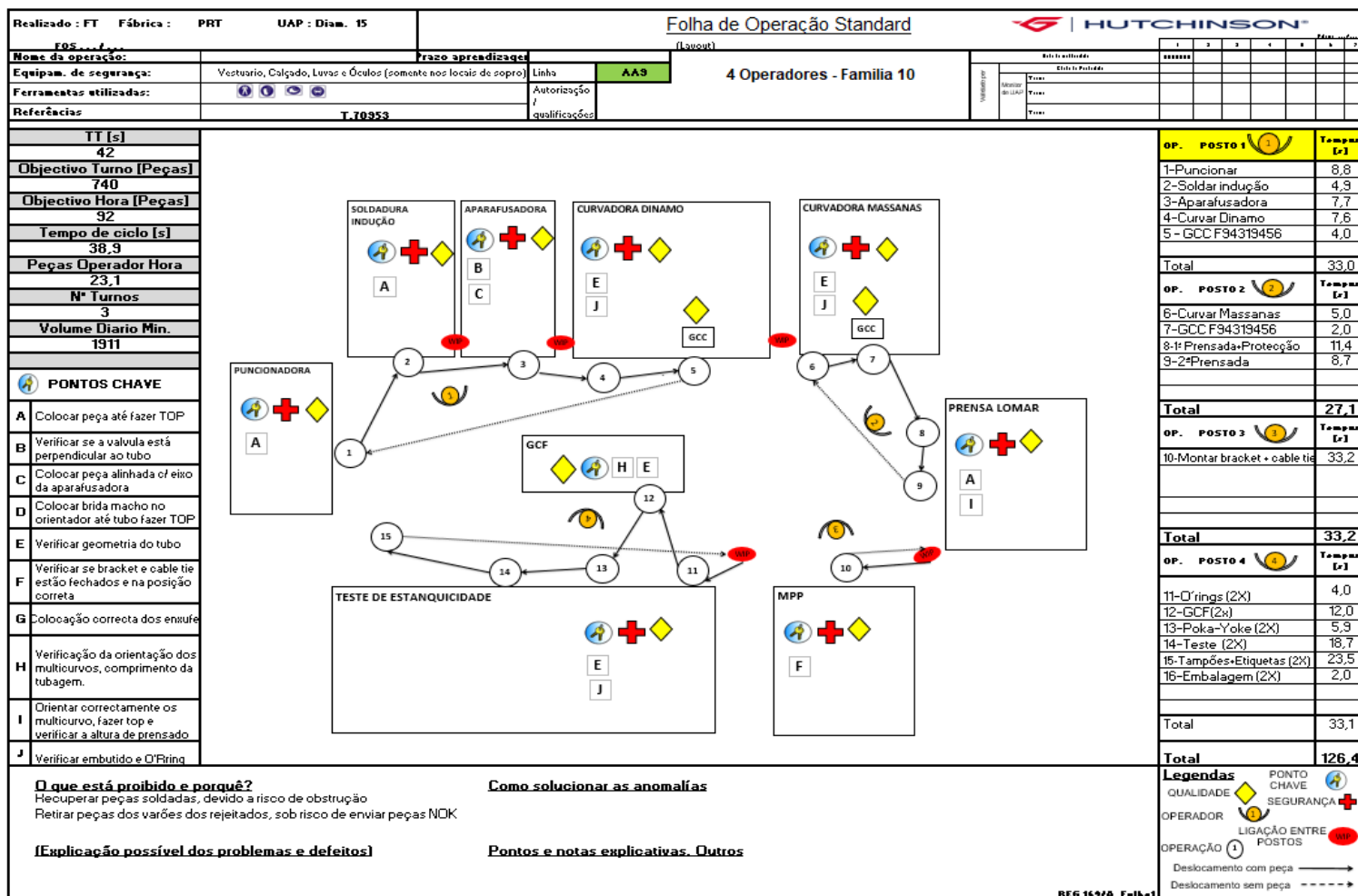


Figura 64 - FOS T.70953


3.4.5.3 Validação do processo

De modo a validar o processo produtivo da referência industrializada, foi convocada uma reunião interdepartamental na linha de produção AA9. Os pontos analisados foram divididos por tipo de máquina, seguindo a sequência de fabrico previamente definida.

Puncionadora

A primeira máquina do processo é a puncionadora, e neste posto importa analisar os pontos evidenciados na Tabela 39. Para uma consulta mais detalhada no que diz respeito a tolerâncias e métodos de controlo do processo de puncionar, poderá ser encontrada informação nos Anexos A e C, respetivamente.


Tabela 39 - Validação da operação Puncionar

Requisito	Tolerância	Validação
Comprimento entre flange e válvula (c)	$c = 45,2 \pm 1 \text{ mm}$	45 mm
Ferramenta garante angulação (α) entre flange e válvula	$\alpha = 54,5^\circ$	OK
Altura da válvula após puncionar	$35,2 \pm 0,5 \text{ mm}$	35mm 
Peça padrão	N.A.	

Máquina de soldar por indução

O segundo posto é o de soldadura por indução. Na operação de soldar, importa analisar os pontos evidenciados na Tabela 40. No Anexo C, é possível consultar os parâmetros de soldadura da linha de produção AA9.

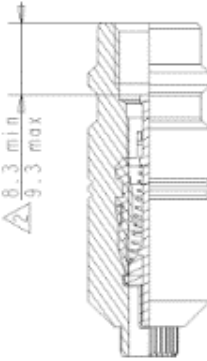

Tabela 40 - Validação da operação Soldar

Requisito	Tolerância	Validação
IPSS - Instrução de Preparação Standard de Soldadura – (Tempo de soldadura, t)	$t = 16,9 \pm 2,3 \text{ s}$	$t = 15,2 \text{ s}$
Estado da soldadura	N.A.	

Aparafusadora

A terceira máquina do processo de fabrico é a Aparafusadora. Relativamente a este posto, os requisitos necessários para a sua validação encontram-se na Tabela 41.

Tabela 41 - Validação da operação Aparafusar

Requisito	Tolerância	Validação
Altura do obús (h) no interior da válvula	$h = 8,8 \pm 0,5 \text{ mm}$	$h = 9,1 \text{ mm}$
		

Curvadora Dínamo + GCC

A Curvadora CNC dedicada ao tubo F94319456 cumpriu com os pontos apresentados na Tabela 42. As tolerâncias inerentes ao processo de curvatura encontram-se disponibilizadas no Anexo B.

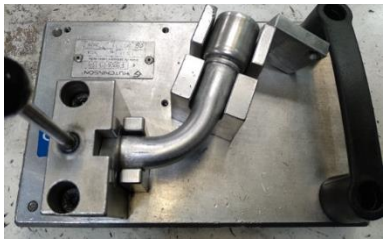



Tabela 42 - Validação da operação Curvar Dínamo

Requisito	Tolerância	Validação
Ausência de danos no tubo e ovalização (Ov) menor que 20%	Consultar Anexo B	Ov = 16,48% 
Routing (Curvatura)	Consultar Anexo C	
Centramento da válvula (angulação)	Consultar Anexo B	
Controlo do casquilho	Consultar Anexo C	
Controlo da flange	Consultar Anexo C	

Curvadora Massanas + GCC

No que diz respeito à máquina responsável pela curvatura do tubo F94319114, a sua validação pode ser observada na Tabela 43.

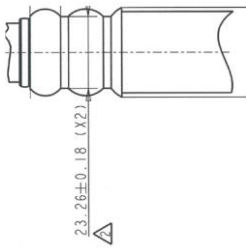


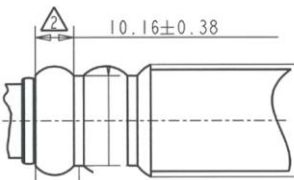


Tabela 43 - Validação da operação Curvar Massanas

Requisito	Tolerância	Validação
<i>Routing</i> (Curvatura) + Comprimento do tubo	Consultar Anexo C	
Ausência de danos no tubo	N.A	
Controlo do casquilho	Consultar Anexo C	
Controlo da flange	Consultar Anexo C	

Prensa Lomar

A máquina de prensar tem como requisitos principais os parâmetros abordados na Tabela 44.


Tabela 44 - Validação da operação Prensar

Requisito	Tolerância	Validação
<p>Ø da 1ª e 2ª Prensada (ØP)</p>	<p>$\text{ØP} = 23,26 \pm 0,18 \text{ mm}$</p> 	<p>$\text{Ø1ªP} = 23,20 \text{ mm}$</p>  <p>$\text{Ø2ªP} = 23,31 \text{ mm}$</p> 
<p>Altura da 1ª e 2ª prensada (HP)</p>	<p>$\text{HP} = 10,16 \pm 0,38 \text{ mm}$</p> 	<p>$\text{H1ªP} = 10,26 \text{ mm}$</p>  <p>$\text{H2ªP} = 10,04 \text{ mm}$</p> 

MFB

A máquina de fechar *brackets* tem como requisitos principais os parâmetros abordados na Tabela 45.

Tabela 45 - Validação da operação montar *bracket* e adicionar *strap*

Requisito	Tolerância	Validação
<p>Fecho correto do linguete; Estado da <i>bracket</i>.</p>	<p>N.A.</p>	

Strap deve estar perto da balona e em cima da primeira prensada.

N.A.



Calibre final e Teste de estnaquicidade

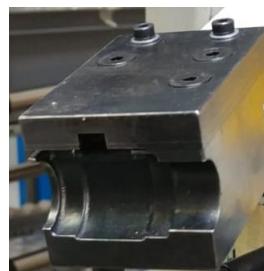
O GCF e o teste de estnaquicidade requerem os pontos enunciados na Tabela 46.

Tabela 46 - Validação da operação teste e calibre final

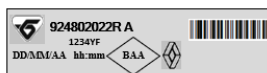
Requisito	Tolerância	Validação
<p><i>Routing</i> (Curvatura); Comprimento do tubo; Angulação entre tubos.</p>	<p>Consultar Anexo C</p>	
<p>Ausência de danos no tubo.</p>	<p>N.A.</p>	
<p>Controlo posicionamento da <i>bracket</i>; Controlo posicionamento do colar.</p>	<p>Consultar Anexo C</p>	
<p>Controlo posição <i>strap</i> (S)</p>	<p>$S = 9,1 \begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix} mm$</p>	

Poka-Yoke bracket

N.A.



Criação da etiqueta de identificação



Pressão de tese = 25 bar

Sem fugas no teste de estnaquicidade;
Inserção do programa na consola

Tolerância de fuga
Máxima
= $2,7 \times 10^{-4} \text{ mbar}$

Mínimo
= $5,4 \times 10^{-4} \text{ mbar}$

Peça OK

(Consultar Anexo C)

Resultado

Na Figura 65 é possível visualizar um exemplo de uma peça OK, cumprindo, deste modo, os requisitos do cliente.



Figura 65 - T.70953 - produto final

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento deste trabalho visou a industrialização de um componente de um sistema de ar condicionado para veículos automóveis, desde a fase embrionária até à sua conceção final. O projeto foi concluído com sucesso através do uso da metodologia *Six Sigma*, incorporando o ciclo DMADV.

O primeiro objetivo para conceção do produto com a referência T.70953 consistiu numa análise à capacidade produtiva da linha AA9, e na aprovação pelo cliente do planeamento de industrialização apresentado. A interseção entre o volume máximo anual com a capacidade disponível da linha de produção, conduziu à validação do tempo de ciclo pretendido. Concluiu-se que o tempo simulado é inferior ao *takt-time* imposto pelo volume de encomendas. O segundo passo, consistiu na validação teórica do processo, através do *software ProEngineer*. A exequibilidade de produção dependeu da análise a doze postos de trabalho, permitindo concluir que iria ser necessária a aquisição de uma nova máquina, assim como ferramentas e calibres de controlo. Deste modo, foi possível espelhar a viabilidade de industrialização através da elaboração de um *planning*. Este foi executado em treze semanas, proporcionando uma poupança de 2.940 €.

No âmbito da execução do processo produtivo, foram realizados ensaios em chão de fábrica. Num horizonte temporal de oito semanas, foi fabricado o primeiro protótipo conforme. Esta fase permitiu a comparação da definição teórica com a sua aplicabilidade no contexto real. A diferença traduziu-se num total catorze retificações, englobando ferramentas desenvolvidas, produto acabado e alterações da nova máquina de *brackets*. Posteriormente à execução da primeira peça conforme, procedeu-se à definição do processo produtivo através da criação da Ficha Técnica, documento vital para a equipa da unidade produtiva. Este é o guia de produção para cada referência, e engloba a sequência de fabrico da peça, Normas Internas, BOM, Instruções de Trabalho e Preparação das máquinas.

No seguimento da definição do processo produtivo, procedeu-se à produção de pequenos lotes. Foi possível concluir que, o processo não continha a robustez desejada, devido ao facto de ter sido detetado internamente, o escorregamento entre a proteção térmica e a mangueira prensada. Assim sendo, foi elaborado um novo planeamento no sentido de alterar o produto final, adicionando um novo componente, o *strap*, que fixasse a proteção. Esse planeamento implicou um aumento nos custos de produção e, conseqüentemente, no preço de venda do produto final. Contudo, a modificação foi aprovada pelo cliente.

Concluindo a BOM, foi necessário o envio de protótipos para o cliente, com a finalidade de completar o motor do veículo associado. No entanto, não foi possível

corresponder a todos os pedidos do cliente, pois as datas apresentadas antecederiam a receção de toda a documentação e orçamento necessários para o desenvolvimento do produto final. Contudo, foi possível corresponder aos três pedidos mais importantes da fase de prototipagem, totalizando um conjunto de 335 peças conformes, garantindo 100% de satisfação do cliente.

A fim de analisar as falhas inerentes ao processo produtivo a entrar em série, foi elaborado o *Process FMEA*. Esta metodologia teve como finalidade prever os possíveis erros no processo da montagem da nova *bracket*. Neste seguimento, procedeu-se ao cálculo do RPN (*Risk Priority Number*) e à implementação de um sistema *Poka-Yoke* que controlasse a presença do *bracket*.















Os tempos de ciclo de um produto são uma vertente essencial de qualquer processo produtivo. Assim sendo, ao final de oito meses de trabalho, comprovou-se que a linha AA9 tinha, efetivamente, capacidade para produzir a referência nova, pois o valor do *takt-time*, 42 s, é superior ao tempo de ciclo real, 35,4 s. Nesse sentido, foi elaborado a Folha de Operação *Standard*, documento de suporte à linha de produção. Esta engloba todas as operações, movimentações de cada operador, tempos de produção e pontos-chave do processo.

No contexto da passagem da fase de industrialização para produção em série, procedeu-se à validação do processo produtivo. Esta etapa comprovou toda a robustez do projeto desenvolvido, através da aprovação de todos os requisitos de qualidade e produção previamente definidos.

Em síntese, o uso da metodologia DMADV, ferramenta integrante do *Six Sigma*, permitiu atingir os objetivos propostos, através do cumprimento das suas etapas, transformando um mapeamento detalhado na conclusão de um projeto bem-sucedido.

Através da Tabela 47 é possível avaliar os resultados atingidos, tendo em conta os objetivos iniciais do projeto.

Tabela 47 - Objetivos vs Resultados do projeto

Objetivo	Resultado
 Análise do produto a fabricar.	 Há capacidade disponível.
 Viabilidade de industrialização.	 Produto é exequível.
 Definição do processo de industrialização.	 Industrialização foi mapeada.
 Aprovação de 335 peças pelo cliente.	 100% conformes.
 <i>Process FMEA</i> para novos componentes.	 <i>Poka-yoke</i> validado.
 Medição de tempos do fluxo produtivo.	 Tempo de ciclo < <i>Takt-Time</i> .
 Validação do processo produtivo.	 Projeto em produção série.

4.1 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

No decorrer do processo de industrialização, constatou-se que seria apropriada a aquisição de uma nova curvadora para a linha de produção AA9, pois o tempo de *setup* e tempo de ciclo da máquina atual, resulta em esperas evitáveis na linha de fabrico. Assim sendo, um equipamento mais recente permitiria um rendimento superior, traduzindo-se no aumento do número de peças fabricadas por hora.

Outra ideia a ter em conta seria a criação de linhas dedicadas apenas a produtos em fase de industrialização. Deste modo, não haveria interrupções nas linhas de produção para realizar o fabrico de protótipos. Aliado a esse fator, seria possível executar uma análise no terreno mais detalhada, requisito essencial no desenvolvimento de novos projetos.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 ARTIGOS EM REVISTAS INTERNACIONAIS

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. Deloitte, *A new era - Accelerating towards 2020 - An automotive industry transformed*. 2009. [Online]. Disponível: <https://www2.deloitte.com/global/en.html>. [Acesso em: 19/11/2018].
2. Deloitte. *Estudo do Cluster da Indústria Automóvel em Portugal*. 2018. [Online]. Disponível: http://www.mobinov.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=139:estudo-do-cluster-da-industria-automovel-em-portugal&catid=88&lang=pt&Itemid=967. [Acesso em: 25/08/2018].
3. Dellinger, A. *Tesla Summon turns vehicles into giant RC cars*. 2018 [Online]. Disponível: <https://www.digitaltrends.com/cars/tesla-summon-feature-remote-control/>. [Acesso em: 10/11/2018].
4. Rao, R.S. (2017). A Review on Competitive Structure of Automobile Industry. *Asian Journal of Applied Science and Technology*. vol. 1(9): p. 175-185. Andhra Pradesh: AJAST. ISBN 2456-883X.
5. Brady, J.E. and T.T. Allen. (2006). A review and agenda for future research. *Six Sigma literature*. vol nº 22(3). p. 335-367. Sheffield: Quality and reliability engineering International. ISBN 0748-8017.
6. OICA. *World Motor Vehicle Sales*. 2017. [Online]. Disponível: <http://www.oica.net/category/sales-statistics/>. [Acesso em: 1/8/2018].
7. Wood, L. *Ten Forecasts for the Automotive Sector - A \$1.7 Trillion Market - Research and Markets*. 2017. [Online]. Disponível: <https://www.businesswire.com/news/home/20171208005676/en/Ten-Forecasts-Automotive-Sector---1.7-Trillion>. [Acesso em: 14/7/18].
8. Statista. *Global car market share of the world's largest automobile OEMs in 2016*. 2017. [Online]. Disponível: <https://www.statista.com/statistics/316786/global-market-share-of-the-leading-automakers/>. [Acesso em: 10/11/2018].
9. OICA. *World Motor Vehicle Production*. 2017. [Online]. Disponível: <http://www.oica.net/wp-content/uploads/World-Ranking-of-Manufacturers.pdf>. [Acesso em: 14/7/2018].
10. Berger, R. *Global Automotive Supplier Study 2018 - Transformation in light of automotive disruption*. 2018. [Online]. Disponível: <https://www.rolandberger.com/en/Publications/Global-Automotive-Supplier-Study-2018.html>. [Acesso em: 20/11/2018].

11. Hermes, E. *Profits in the Auto Industry: Rich and Richer*. 2017. [Online] Disponível: https://www.eulerhermes.com/en_global/economic-research/news/1198.html?postID=1198. [Acesso em: 13/8/2013].
12. Davidse, R.J. (2007) *Assisting the older driver: intersection design and in-car devices to improve the safety of the older driver*. Tese de Mestrado. University of Groningen, Faculty of Behavioural and Social Sciences, Groningen.
13. Wickham, A. *The Automotive industry employs more people than you think*. 2017. [Online]. Disponível: <https://www.fircroft.com/blogs/the-automotive-industry-employs-more-people-than-you-think-71462610395>. [Acesso em: 8/7/2018].
14. AFIA. *Indústria de Componentes para a Indústria Automóvel Aumenta Quota de Mercado*. 2018. [Online]. Disponível: https://afia.pt/wp-content/uploads/2018/01/afia_indcompquotamercado_20180122.pdf. [Acesso em: 14/9/2018].
15. Johansson, E.a.K., Kenan. (2016). *Management of industrialization projects*. Tese de Doutoramento. School of Engineering, JTH, Industrial Engineering and Management, Jönköping.
16. Duncan, W.R. (1996). *A guide to the project management body of knowledge*, Pennsylvania: ed. I. Project Management Institute. ISBN 978-1-935589-67-9.
17. J.R. Tony Arnold, S.N.C. Lloyd M. Clive. (2008). *Introduction to Materials Management*. New Jersey: ed. P.H. PEARSON. ISBN 13: 978-0-13-233761-8.
18. Gomes, J.P.d.O. (2014). *Metodologia para apoio à implementação de um modelo de referência genérica de artigos*. Tese de Doutoramento. Departamento de Produção e Sistemas, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Braga.
19. Van Veen, E. and J. Wortmann. (1992). New developments in generative BOM processing systems. *Production Planning & Control*. vol nº 3(3): p. 327-335. Eindhoven. ISSN 0953-7287.
20. Jiao, J., et al. (2000). Generic bill-of-materials-and-operations for high-variety production management. Vol nº 8(4): p. 297-321. UK: Concurrent Engineering. ISSN 1063-293X.
21. Gupta, S. and M. Starr. (2014). *Production and operations management systems*. New York: CRC Press. ISBN 1466507330.
22. George, M.L. and M. George. (2003). *Lean six sigma for service.*, New York: McGraw-Hill New York, NY. DOI: 10.1036/0071436359.
23. Wang, H. (2008). *A review of six sigma approach: methodology, implementation and future research*. in *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing: WiCOM'08. 4th International Conferenc*: IEE. ISBN 978-1-4244-2108-4.

24. Bañuelas, R. and J. Antony. (2003). *Going from six sigma to design for six sigma: an exploratory study using analytic hierarchy process*. Coventry: The TQM Magazine. Vol nº 15(5): p. 334-344. DOI: 10.1108/09544780310487730.
25. Mandahawi, N., R.H. Fouad, and S. Obeidat. (2012). *An application of customized lean six sigma to enhance productivity at a paper manufacturing company*. Jordan: JJMIE. Vol nº 6(1): p. 103-109. ISSN 1995-6665.
26. Abbood, H.M. (2016). *A review paper: Six Sigma methodologies to improving product quality (IPQ)*. Karbala: Advances in Natural and Applied Sciences. Vol nº 10(12): p. 1-8. ISSN: 1995-0772.
27. Pendokhare, D.G. and T. Quazi. (2015). *A Review of DMADV: Methodology, Customer Satisfaction and Research Area*. International Journal of Scientific & Engineering Research. Vol nº 6(1). ISSN 2229-5518.
28. Pyzdek, T. and P.A. Keller. (2014). *The six sigma handbook*. New York, NY: McGraw-Hill Education DOI: 10.1036/0071415963.
29. Bruno, C.A. (2016). *Desenvolvimento do processo de CRM utilizando-se do método DMADV*. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá Centro de Tecnologia Maringá, Maringá.
30. Wilson, J.M. (2003). *Gantt charts: A centenary appreciation*. Glasgow: European Journal of Operational Research. Vol nº 149(2): p. 430-437. ISSN 0377-2217.
31. Sokovic, M., D. Pavletic, and K.K. Pipan. (2010). *Quality improvement methodologies—PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS*. Ljubljana: Journal of achievements in materials and manufacturing engineering, Vol nº 43(1): p. 476-483.
32. Taxén, L. and J. Lilliesköld. (2008). *Images as action instruments in complex projects*. Brighton: International Journal of Project Management. Vol nº 26(5): p. 527-536. DOI: 10.1016/j.ijproman.2008.05.009.
33. Kmenta, S., P. Fitch, and K. Ishii. (1999). *Advanced failure modes and effects analysis of complex processes*. Stanford: Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conference, Design for Manufacturing Conference.
34. Lipol, L.S. and J. Haq. (2011). *Risk analysis method: FMEA/FMECA in the organizations*. Boras: International Journal of Basic & Applied Sciences. Vol nº 11(5): p. 74-82. ISSN: 2077-1223.
35. Kumru, M. and P.Y. Kumru. (2013). *Fuzzy MEA application to improve purchasing process in a public hospital*. Istanbul: Applied Soft Computing. Vol nº 13(1): p. 721-733. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.08.007>.

-
36. Aguiar, D.C.d. e V.A. Salomon. (2007). *Avaliação da prevenção de falhas em processos utilizando métodos de tomada de decisão*. Guaratinguetá: UNESP. Vol nº 17, n. 3, p. 502-519. ISSN: 0103-6513.
37. Hutchinson. 2018. [Online]. Disponível: <https://www.hutchinson.com/en>. [Acesso a 22/11/2018].
38. Dias, P. (2018). *ANÁLISE E MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL*. Tese de Mestrado. ISEP, Porto.
39. Ávila, I.C.P. (2015). *Planeamento e programação da produção*. ISEP, Porto.

ANEXOS

6 ANEXOS

6.1 Anexo A – Desenhos técnicos 2D

Segue em anexo os desenhos 2D realizados pelo técnico CAD, sob a supervisão do piloto do projeto FT268.

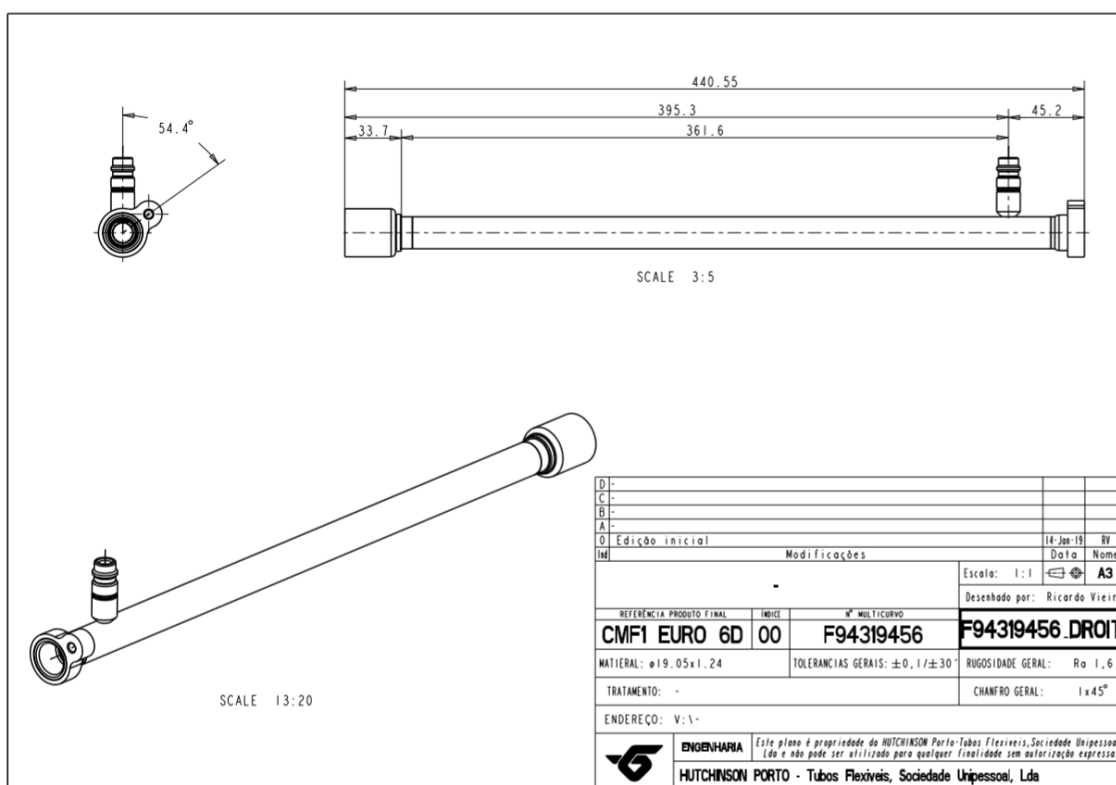


Figura 66 – Desenho técnico do tubo em reto

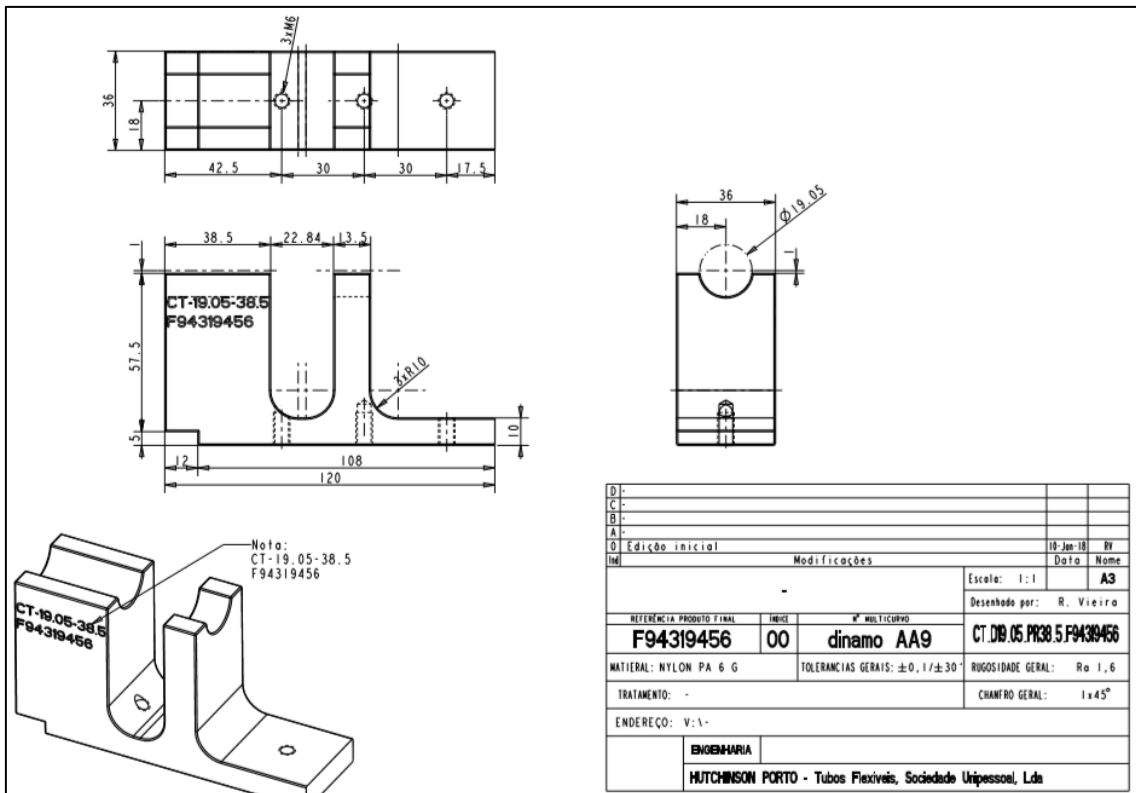


Figura 67 - Blocage curvadora *Massanas*

6.2 Anexo B – Métodos de controlo do processo

6.2.1 Controlo dimensional da válvula

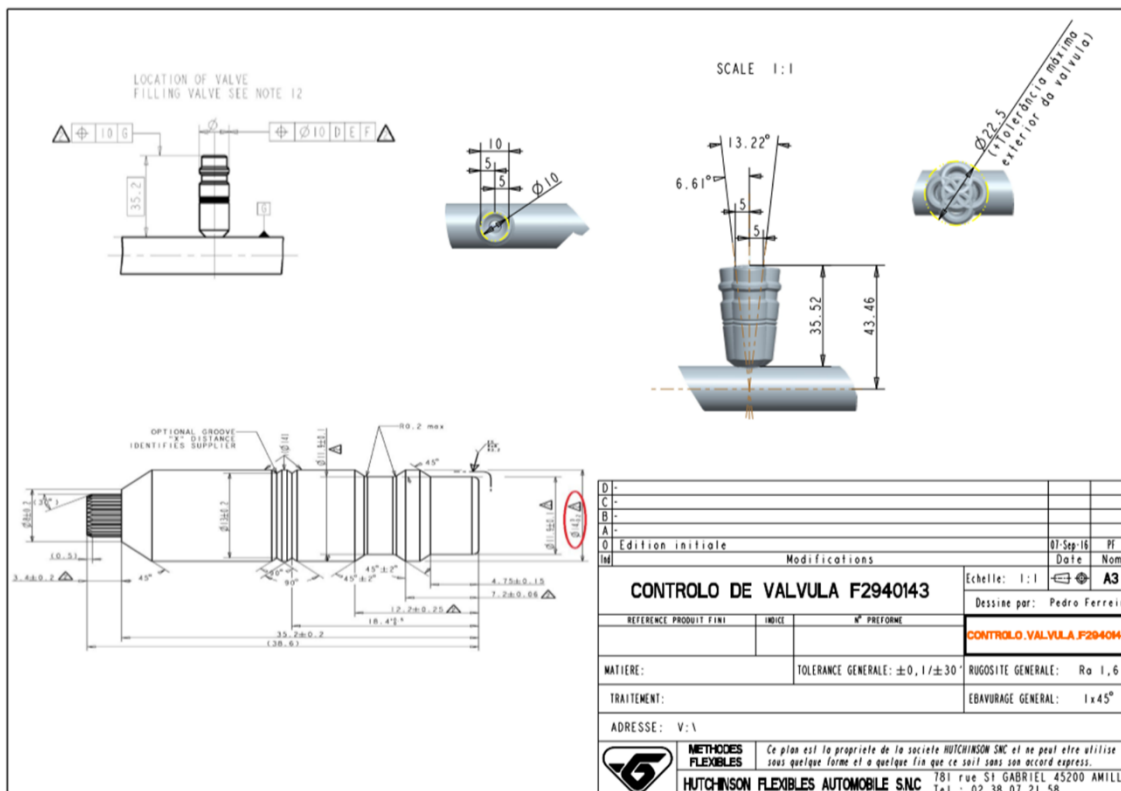


Figura 68 - Toleranciamento da válvula e do copo da válvula no calibre.

6.2.2 Processo de curvatura

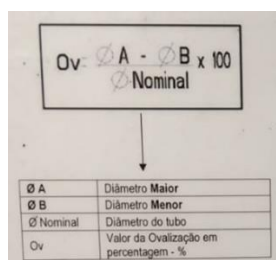


Figura 69 - Cálculo da ovalização do tubo

Na equação 7 confirma-se percentagem de ovalização do tubo F94319456:

$$Ov = \frac{\varnothing A - \varnothing B}{\varnothing Nominal} \times 100 = \frac{18,89 - 15,75}{19,05} \times 100 = 16,48\% \quad (7)$$

6.3 Anexo C – Toleranciamento de calibres

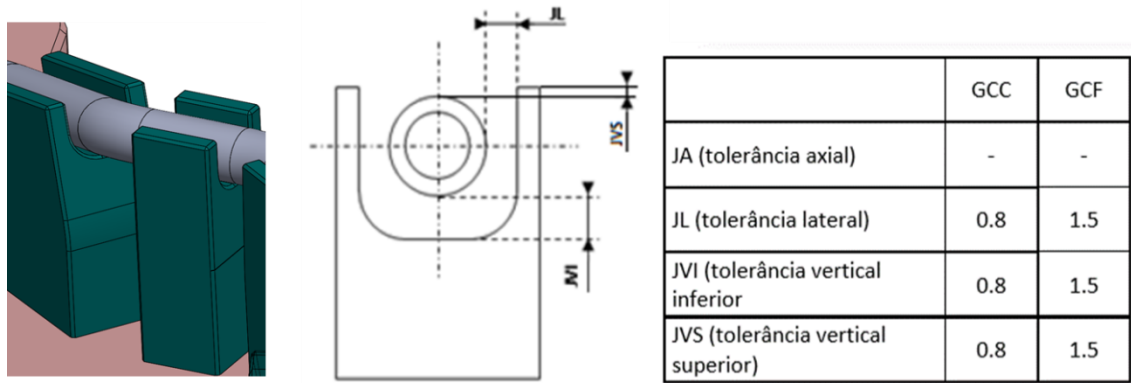


Figura 70 - Toleranciamento para torres de controlo de curvatura

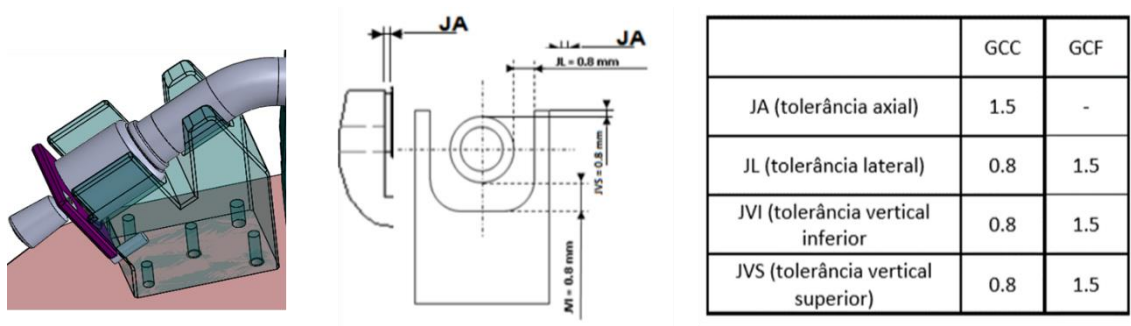


Figura 71 - Toleranciamento para torres de controlo do casquilho

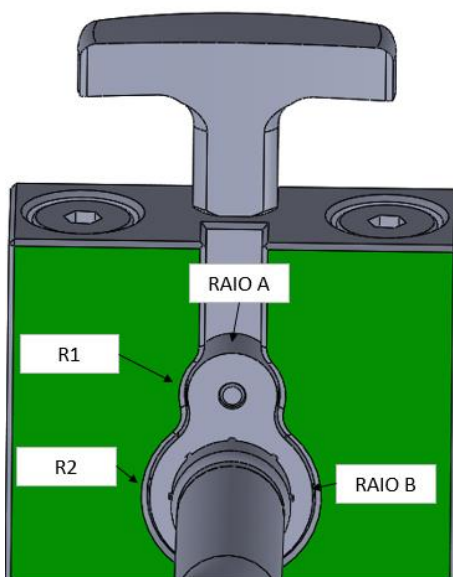


Figura 72 – Controle da flange do tubo F94319456

A equação número 8 diz respeito ao cálculo do raio máximo/mínimo que a flange pode ter.

$$R_A = R_{A_{nominal}} + \text{Desvio superior flange} = 8 + 0,3 = 8,3 \text{ mm} \quad (8)$$

$$R_B = R_{B_{nominal}} + \text{Desvio superior flange} = 14,5 + 0,3 = 14,8 \text{ mm} \quad (8)$$

A equação número 9 concerne ao raio máximo/mínimo que o controle da flange pode admitir.

$$R_1 = R_A + \text{Tolerância máxima} = 8,3 + 0,25 = 8,55 \text{ mm} \quad (9)$$

$$R_2 = R_B + \text{Tolerância máxima} = 14,8 + 0,25 = 15,05 \text{ mm} \quad (9)$$

A equação número 10 representa a tolerância final da torre móvel que controla a flange do *multicurvo*.

$$\text{Tolerância da torre móvel} = R_1 - R_{A_{nominal}} = 8,55 - 8 = 0,55 \text{ mm} \quad (10)$$

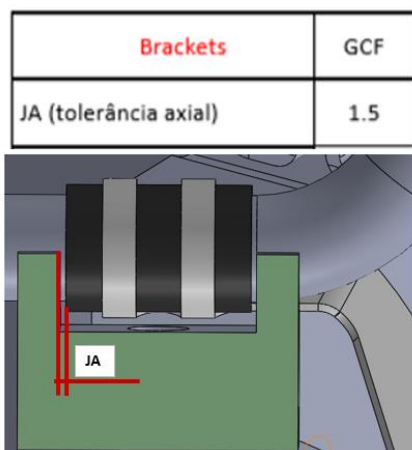


Figura 73 - Toleranciamento para controlo da *bracket*

6.4 Anexo D – Documentação de apoio à Linha AA9

Quadro 1:

Ø tubo [mm]	Ref Válvula	Tempo de soldadura [s]		Potência [%]
		Máximo	Mínimo	
15	F2940126	Máximo	15,9	90
	F2940143	Mínimo	13,9	
19	F2940126	Máximo	19,25	
	F2940143	Mínimo	14,6	

Figura 74 - Parâmetros de soldadura AA9

INSTRUÇÃO DE TRABALHO STANDARD
I.T.S. - DIV0147



Equipamento		Código	DIV0147	
		Descrição	Máq. Fechar brackets	
Seq.	Descrição do Método de Trabalho			
10	Retrar bracket (foto1)			
20	Colocar bracket (foto2)			
30	Retirar borracha (foto3)			
40	Colocar borracha (foto4)			
50	Posicionar multicurvo de acordo com (foto5 e 6)			
60	Pressionar start (foto7) cilindro irá avançar e fechar bracket (foto8)			
70	Retirar "strap" (foto9)			
80	Colocar "strap" a volta da proteção do multicurvo (foto10)			
90	Cortar excesso de material do "strap" com a pistola pneumática (foto11)			
1				
2				
3				
4				
000	23/07/2018	Edição inicial		Francisco Tadeu
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO		EMISSOR
ASSINATURA		<input type="checkbox"/> ENGENHARIA / <input type="checkbox"/> M.CONTÍNUA	PRODUÇÃO	QUALIDADE

Figura 75 - Instrução de Trabalho Standard da MFB – AA9

**INSTRUÇÃO DE PREPARAÇÃO STANDARD
I.P.S. - DIV0072**



Equipamento		Código	DIV0072																																	
		Descrição	Puncionadora																																	
Seq.	Descrição do Método de Trabalho																																			
10	Ligar interruptor																																			
20	Alterar angulador conforme O.F.(Foto2)																																			
30	Alterar mordças conforme OF (Quadro 1 e 2)																																			
40	Verificar estado do punção (Foto3)																																			
50	Utilizar suporte de válvula de acordo com a O.F, consultar Quadro 1 e 2																																			
60	Ajustar posição de acordo com a O.F, utilizar peça padrão como referência (Foto5)																																			
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3</div> </div> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Quadro 1</th> <th>Ø15</th> <th>Quadro 2</th> <th>Ø19</th> </tr> <tr> <th>Válvula</th> <th>Suporte de válvula</th> <th>Válvula</th> <th>Suporte de válvula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F2940126</td> <td></td> <td>F2940126</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: yellow;">R134a</td> <td></td> <td style="background-color: yellow;">R134a</td> </tr> <tr> <td>F2940143</td> <td></td> <td>F2940143</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: blue;">1234YF</td> <td></td> <td style="background-color: blue;">1234YF</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mordças Ø15</td> <td></td> <td>Mordças Ø19</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">5</div>					Quadro 1	Ø15	Quadro 2	Ø19	Válvula	Suporte de válvula	Válvula	Suporte de válvula	F2940126		F2940126			R134a		R134a	F2940143		F2940143			1234YF		1234YF		Mordças Ø15		Mordças Ø19				
Quadro 1	Ø15	Quadro 2	Ø19																																	
Válvula	Suporte de válvula	Válvula	Suporte de válvula																																	
F2940126		F2940126																																		
	R134a		R134a																																	
F2940143		F2940143																																		
	1234YF		1234YF																																	
	Mordças Ø15		Mordças Ø19																																	
001	20/10/2017	Adição dos componentes de Ø19		Francisco Tadeu																																
000	15/05/2017	Edição Inicial		Francisco Tadeu																																
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO		EMISSOR																																
ASSINATURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		

Figura 76 - Instrução de Preparação Standard da Puncionadora - AA9

Linha	Máquina	Receita nº	nºPeças	Pressão de Teste [bar]	Mistura [%]	Receita Utilizada [mbar.l/s]	Tempo de teste de fuga fina (s)
AA3	CAB0020	1	1	25	25	$2,6 \times 10^{-4}$	2
		2	2			$5,9 \times 10^{-4}$	
AA4	CAB0039	1	1			$1,5 \times 10^{-4}$	
		2	2			$3,9 \times 10^{-4}$	
		3	3			$5,1 \times 10^{-4}$	
AA5	CAB0024	1	1			$2,7 \times 10^{-4}$	
		2	2			$5,4 \times 10^{-4}$	
AA7	CAB0013	1	1			$4,8 \times 10^{-4}$	
		2	2			$5,3 \times 10^{-4}$	
AA9	CAB0033	1	1			$2,7 \times 10^{-4}$	
		2	2			$5,4 \times 10^{-4}$	
AA10	CAB0034	1	1			$2,5 \times 10^{-4}$	
		2	2			$3,2 \times 10^{-4}$	
AA12	CAB0025	1	1			$1,9 \times 10^{-4}$	
		2	2			$2,8 \times 10^{-4}$	
AA14	CAB0020	2	1			$3,2 \times 10^{-4}$	
		4	2	$5,2 \times 10^{-4}$			
AA17	CAB0049	1	1	$2,6 \times 10^{-4}$			
		2	2	$5,9 \times 10^{-4}$			

Figura 77 - Parâmetros teste de estnaquicidade

HUTCHINSON®		FICHA TÉCNICA				Cliente: RSA				
Referência BE: F70953		Referência Hutchinson Porto: T.70953		Índice maior BE: 01		Projeto: FT268				
Referência Cliente: 1234		Índice Cliente: A		Nº ETE: 5678		T.70953				
Família Produto: Ar Condicionado				Centro de produção: AA9						
OP#	OPERAÇÃO	POSTO/MAQ	COMPONENTES			OBSERVAÇÃO	DOCUMENTAÇÃO			
			DESIGNAÇÃO	Q	REFERÊNCIA		STI	ITS/IPS/IPSS	PC	
PREPARAÇÃO										
040	Corte de Tubagem Automático	Máq. Corte Automático	Mangueira CLUM65 5/8"	1	F1341606L175	1	tol +/- 2mm	-	ITS007	040
MONTAGEM										
340	Puncionar tubo de Alumínio	Máq. Puncionar Simples	Tubo Ø15x1,24 Anilha de soldadura Válvula (Gás 1234YF)	1 1 1	P34319456 F1281102 F2940143	2 - 3	Utilizar angulador (P34319456)	-	206/DIV0072/-	340
310	Soldadura por Indução	Máq. Soldar por Indução	OP340	1	-	-	Ver IPSS	-	207/087/SOL0020	310
220	Montagem de mecanismo de válvula	Máq. Aparafusar Simples	OP310 Mecanismo valve	1 1	- F2940207	- -	- PKY	1092	147/056/-	220
331A	Curvadora Automática	Dynamo	OP220	1	-	-	Após curvado F94319456	-	068/-/-	331
331B			Tubo alumínio Ø19.05x1.24	1	P33319134	4	-	Após curvado F94319456	-	153/-/-
070	Montar Protecções (manual)	Manual	OP331B Protecção térmica	1 1	- F1442502	5	-	-	-	070
051A	Montar + Angular + Presnar	Lomar	OP070	1	-	6	-	-	125/019/-	051
051B			OP331A OP051A OP051B	1 1 1	- - -	7	-	ORIPT_LOM_0201	8347	-
190	Montar Bracket	Máquina de montar Bracket	OP051B Collar Bracket	1 1 1	- F6901904 F24104429	- 8 9	- PKY	-	DIV0148	190
191	Montar abraçadeira		OP190 Abraçadeira	1 1	- F6430104	- 10	- PKY	1092	-	191
192	Colocar O'ring modo manual	O' Ring	OP191 O'ring	1 2	- F6111304	- 11	-	-	-	192
084	Teste Hélio	Telstar	OP192	1	-	-	-	-	-	084
110			Montar Tampões	OP084 Tampão Tampão Tampão	1 1 1 1	- F6320815 F6320821 F6390207	- 12 13 14	- PKY (Testar 2 peças por ciclo)	-	113/043/-
151	Impressão de etiqueta de identificação		OP110 Etiqueta cinzenta	1 100	- F6541401	- -	-	-	-	151
120	Embalar	Posto de Embalar T.70953-01	OP151 SU 0770 1200 X 1000 X 975	100 1	- -	- -	100 PCS SU	-	058/-/-	120

00	21/06/2018	Edição Inicial						Francisco Tadeu	
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO						EMISSOR	
Eng.	PRODUTO	QUALIDADE	PRODUÇÃO	LOGÍSTICA	MAC	PAC			

Ficha 78 - T.70953 (Folha 1/2)

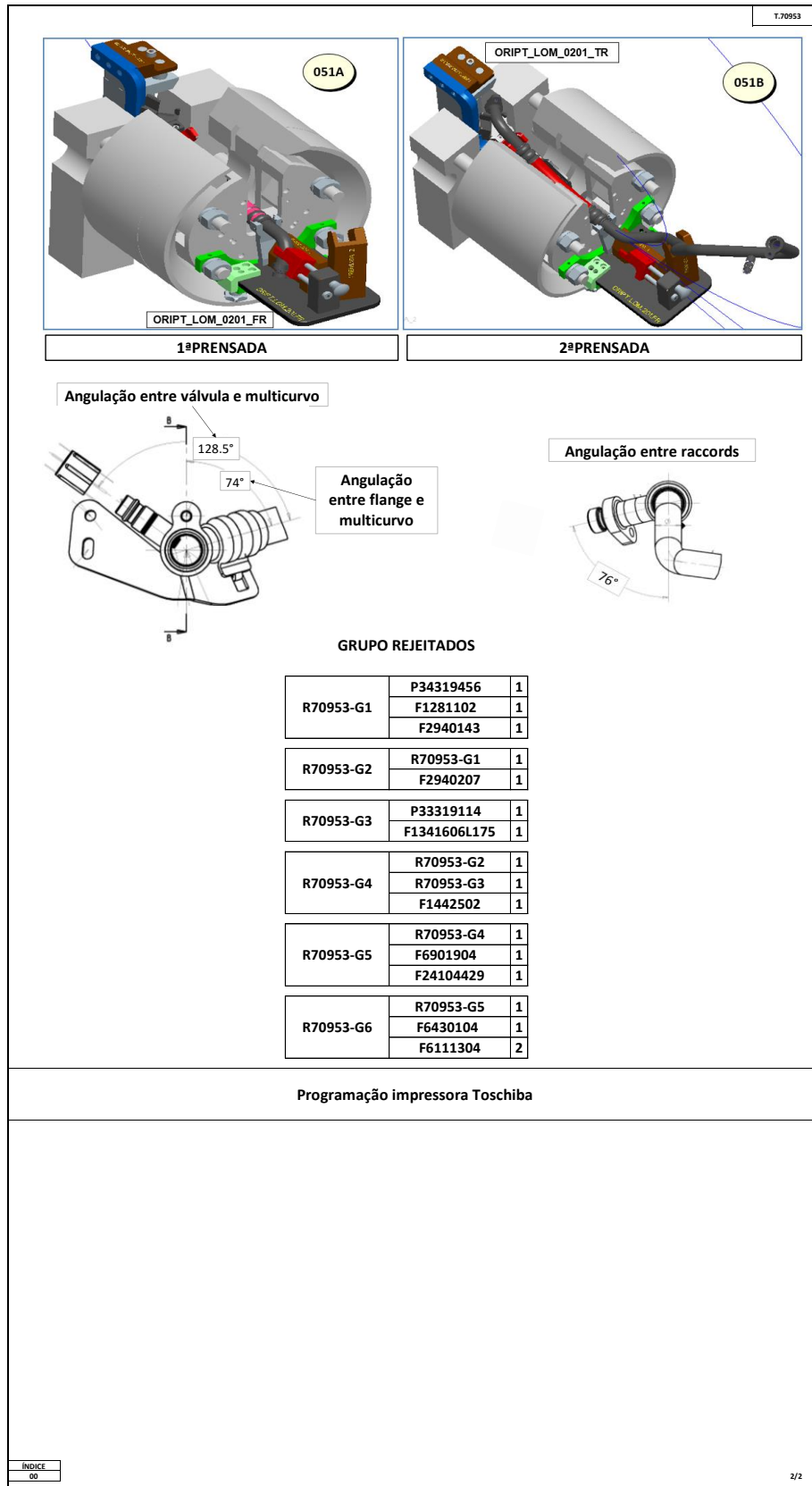


Figura 79 - T.70953 (Folha 2/2)

6.5 Anexo E - Template validação de máquinas



ACEITAÇÃO DE NOVOS MEIOS DE PRODUÇÃO

1. DADOS DO NOVO MEIO DE PRODUÇÃO:

EQUIPAMENTO: CÓDIGO - DESCRIÇÃO _____

FORNECEDOR: _____ RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO: _____

DESCRIÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO PARA VALIDAÇÃO: _____

2. PONTOS PENDENTES / OBSERVAÇÕES:

Plano de ações	Responsável	Prazo	Status

3. DOCUMENTAÇÃO:

	Necessária?	Responsável	Código do documento
PLANO DE MANUTENÇÃO	<input type="checkbox"/>		
FICHA DE MANUTENÇÃO DE 1º NÍVEL	<input type="checkbox"/>		
PAUTA DE CONTROLO	<input type="checkbox"/>		
FICHA DE SEGURANÇA	<input type="checkbox"/>		
ITS	<input type="checkbox"/>		
IPS	<input type="checkbox"/>		
IPSE	<input type="checkbox"/>		
IPSS	<input type="checkbox"/>		

4. VALIDAÇÕES:

	Aceitação provisória Industrialização	Data	Aceitação provisória Operador	Data	Aceitação definitiva	Data
Industrialização						
HSE						
Qualidade	N/A		N/A			
Produção	N/A		N/A			
Manutenção	N/A		N/A			

ACEITAÇÃO PROVISÓRIA DATA: _____ ACEITAÇÃO DEFINITIVA DATA: _____

COMENTÁRIOS: _____

NOTA: Só poderá ser considerada a aceitação definitiva quando houver validação da documentação necessária no ponto 3. Todas as equipas devem assegurar que a documentação está disponível para consulta na produção.