

Otimização e controlo de uma linha de produção

João Abel Guillot Machado dos Santos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. José Manuel Ferreira Duarte

Orientador na empresa: Eng. Lisuarte Gomes



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Fevereiro 2021

*“Courage and perseverance have a magical talisman, before which difficulties and obstacles
vanish into air.”*

John Quincy Adams

Resumo

O automóvel é, desde a sua invenção, um produto indissociável das sociedades modernas pela mobilidade que lhes trouxe, pelo seu contributo para o desenvolvimento económico em sentido lato e pela liberdade que proporcionou às pessoas. A automatização dos processos permitiu assegurar as necessidades de procura crescente dos automóveis, aumentar a qualidade oferecida aos clientes cada vez mais exigentes e reduzir os custos da produção.

Esta dissertação foi elaborada na empresa Faurecia Assentos para Automóveis Metal e centrou-se no projeto HJB. Este projeto é responsável pela produção das estruturas dos Assentos Traseiros do *Renault Captur* e divide-se em duas linhas de produção: Encostos Traseiros (ET) e Assentos Traseiros (AT).

O presente estudo visa aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos ICE- *Internal Combustion Engine*, PHEV- *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* e ADR- *Australian Design Rules*, que incorporam o projeto HJB- Segunda geração do *Renault Captur*. Neste âmbito foi feita uma análise exaustiva do funcionamento de todos os processos dos postos que faziam parte deste projeto, no sentido de identificar quais os problemas e áreas passíveis de melhoria. Atualmente, diversos fatores têm afetado este projeto a nível de controlo, eficiência e fiabilidade. Relativamente ao controlo, verifica-se a carência de um sistema que permita efetuar a validação das aparafusadoras da linha de montagem. A nível de eficiência, alguns postos do processo e a linha de montagem não apresentavam a disposição ideal. Por fim, no que diz respeito à fiabilidade, surgiram incidentes que afetavam diversas componentes da estrutura do Assento Traseiro, como o aparecimento de salpicos nos mecanismos, *Strap wires* dessoldados, casquilhos trocados e material indesejado no interior das corredeiras. Após identificação dos problemas, foram implementadas mudanças para colmatar os problemas detetados. Projetou-se uma ferramenta, aplicou-se uma rotação de 90° na linha de montagem e alterou-se a posição de alguns postos. Por fim, projetou-se um posto de soldadura, implementaram-se dois sensores lasers com duas estruturas e otimizou-se o sistema de trancamento das paletes. Todas estas implementações são adjacentes aos respetivos processos que necessitavam de melhorias para otimizar e controlar o projeto como um todo.

Os resultados permitiram concluir que todas as alterações feitas relativamente ao controlo, à fiabilidade e à eficiência da linha de produção, surtiram melhorias no projeto HJB. Este estudo gerou, assim, um aumento no fluxo do processo, uma redução de custos e um aumento da qualidade do produto.

Palavras-Chave: Melhoria Linha de Produção, defeitos e controlos de uma linha de produção

Optimization and control process of a production line

Abstract

Since its invention, the automobile has been a product inseparable from modern societies due to the mobility it has brought them, to its contribution to economic development in a broad sense and to the freedom it has given people. The automation of processes has ensured the growing demand for cars, as well as increasing the quality offered towards the significant demanding customers and reduce the production costs.

This master thesis was settled at *Faurecia Assentos para Automóveis Metal* and focused on the HJB project. This project assesses the production of *Renault Captur* rear seat structures and is divided into two production lines: Rear backrests (ET) and Rear Seats (AT).

This study aims to increase the productivity and quality of the ICE- Internal Combustion Engine, PHEV- Plug-in Hybrid Electric Vehicle and ADR- Australian Design Rules products, which incorporate the HJB- Second Generation *Renault Captur* project. In order to properly analyze this question, I had exhaustively examined the dynamics between the processes at the stations that were part of this project, to identify the problems and areas for improvement. Currently, several factors have affected this project in terms of control, efficiency, and reliability. From the control's point of view, there is a lack of a system that allows the validation of the assembly line screwdrivers. In terms of efficiency, some stations in the process and the assembly line were not optimally arranged. Finally, from a reliability level, incidents occurred that affected several components of the rear seat structure, such as the appearance of splashes in the mechanisms, unweld *Strap wires*, changed bushings and unwanted material inside the slides.

After identifying the problems, changes were implemented to address these correctly. A tool was designed, a 90° rotation was applied on the assembly line and the position of some posts was changed. Finally, a welding station was created, two laser sensors with two structures were implemented and the pallets locking system were optimized. All these implementations are related to the processes that needed improvement to optimize and control the project.

The results led to the conclusion that all the changes made regarding the control, reliability and efficiency of the production line, resulted in improvements in the HJB project. This study thus generated an increase in process flow, a reduction in costs and an increase in product quality.

Keywords: Production line improvements, defects, and control of a production line

Agradecimentos

Queria começar por deixar uma palavra de agradecimento a todas as pessoas que estiveram direta ou indiretamente envolvidos nesta tese de mestrado.

Ao meu orientador da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, o Prof. José Ferreira Duarte, que sempre me acompanhou e apoiou desde o primeiro ano na faculdade fazendo-me crescer tanto como pessoa como futuro Engenheiro.

Ao meu orientador na Faurecia Eng. Lisuarte Gomes, pela disponibilidade, liberdade e apoio demonstrado durante estes meses. Deixo também uma palavra de agradecimento a todos da equipa de Engenharia que sempre se disponibilizaram para qualquer apoio, especialmente ao Frederic Pollet que me acompanhou desde o início.

A todos os meus colegas e amigos na Faurecia, alguns já colegas desde o início da faculdade, e que ajudaram a minha integração na empresa, nomeadamente, André Silva e Manuel Sousa.

À empresa JALM, em especial ao Vítor Pinho, por sempre se ter disponibilizado para me arranjar as componentes necessárias para os meus projetos.

Aos meus amigos mais chegados que sempre me apoiaram, Rogério Gonzalez, Diogo Sousa, Gonçalo Ribeiro, Hampus Muntzing, Jorge Ribeiro, João Aleluia, Inês Resende, Mariana Tavares, Carolina Sousa e Rita Rodrigues

À Gianfranco Motorsport, em especial ao Carlos Rodrigues, por todas as oportunidades que me proporcionou, por todo o conhecimento que me passou e pelos grandes momentos que passamos.

À minha família, nomeadamente os meus pais e à minha avó, sem os quais, não teria chegado onde cheguei.

À minha namorada Joana Freitas que sempre me acompanhou e apoiou de forma incansável.

Por fim, ao meu grande amigo Ricardo Guedes por me ter acompanhado tanto fora como dentro deste projeto.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	Grupo Faurecia	2
1.2.1	Faurecia Portugal.....	3
1.3	Objetivos do projeto	6
1.4	Método seguido no projeto.....	7
1.5	Estrutura da dissertação.....	8
2	Estado de arte.....	9
2.1	Linhas de Produção	9
2.2	Processos de Ligação por Soldadura	10
2.2.1	Soldadura por Resistência (RSW)	11
2.2.2	Soldadura por Resistência (PW).....	12
2.2.3	Soldadura MAG.....	13
2.3	Processos de Rebitagem e Ligação Aparafusada	17
2.3.1	Rebitagem.....	17
2.3.2	Ligação aparafusada	19
2.4	Controlo do Processo.....	22
2.4.1	Sensores de posição.....	23
2.4.2	Sensores de Segurança.....	24
2.4.3	Sensores de processamento de imagem.....	25
2.4.4	Sensor de Identificação.....	25
2.5	Process Failure Modes and Effect Analysis- PFMEA and Reverse Process Failure Modes and Effect Analysis- RPFMEA	26
2.6	Poka Yoke.....	29
3	Projeto HJB- análise do processo	31
3.1	Processo de Produção ET	34
3.2	Processo de Produção AT.....	36
3.2.1	Secção Preparatória	37
3.2.2	Secção de Soldadura.....	39

3.2.3	Secção de Montagem.....	42
4	Identificação dos problemas	43
4.1	Método para a validação das aparafusadoras	43
4.2	Posicionamento da linha de montagem e dos postos.....	45
4.3	Salpicos no Mecanismo.....	47
4.4	<i>Strap wire</i> dessoldado.....	50
4.5	Casquilhos <i>Headrest</i> dos ET	51
4.6	Trancamento das paletes.....	54
5	Trabalhos realizados e resultados obtidos	57
5.1	Validação das Aparafusadoras.....	57
5.1.1	<i>Robot KUKA</i>	57
5.1.2	Conceção da ferramenta	60
5.2	Alteração do <i>Layout</i>	65
5.2.1	Rotação da Linha de Montagem.....	65
5.2.2	Novas posições dos postos	67
5.3	Novo posto de soldadura	68
5.3.1	Estudo da disposição das peças a soldar.....	70
5.3.2	Projeto do JIG de fixação das peças a soldar.....	71
5.3.3	Implementação do JIG de fixação.....	76
5.3.4	Validação do JIG de fixação.....	77
5.3.5	Teste macrográfico dos cordões de soldadura	78
5.3.6	Validação dos cordões.....	79
5.4	Casquilhos <i>Headrest</i>	82
5.5	Trancamento paletes.....	87
6	Discussão de resultados.....	93
6.1	Validação das aparafusadoras.....	93
6.2	Otimização do <i>Layout</i>	94
6.3	Novo posto de soldadura	95
6.4	Casquilhos <i>Headrest</i>	99
6.5	Trancamento paletes.....	100

7	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	101
	Referências	103
	Anexo A.....	105

Siglas

ABS- Acrylonitrile Butadiene Styrene

ADR- Australian Design Rules

AT- Assentos Traseiros

BV- Base Validação

CO₂- Dióxido de carbono

ET- Encostos Traseiros

FAA METAL- Faurecia Assentos para Automóveis, Metal

FMEA- Failure Modes and Effect Analysis

FVA- Ferramenta Validação das Aparafusadoras

HJB- Código da segunda geração do *Renault Captur*

HMI- Human Machine Interface

HNO₃- Ácido nítrico

ICE- Internal Combustion Engine

JIG- Nomenclatura para ferramenta projetada

KR- Kuka *Robot*

MAG- Metal Active Gas

MIG- Metal Inert Gas

NPR-Número prioritário de risco

OHP- Organização Humana de Produção

O₂- Oxigénio

PFMEA- Process Failure Mode and Effect Analysis

PHEV- Plug-In Hybrid Electric Vehicle

PLA- Polyatic Acid

PVV- Placa Vertical de Validação

PW- Projection Welding (Soldadura por Resistência (Projeção))

RFID- Radio Frequency Identification

RPFMEA- Reverse Process Failure Mode and Effect Analysis

RSW- Resistance Spot Welding (Soldadura por Resistência (Ponto))

RUAP- Responsável por unidade autónoma de produção

SJM- São João da Madeira

SPR (PW)- Soldadura por Resistência- Projection Welding

SPR(RSW)- Soldadura por Resistência- Resistance spot welding

UAP- Unidade autónoma de Produção

Índice de Ilustrações

Figura 1- Logotipo Faurecia (Faurecia(c), 2020)	2
Figura 2- Dados principais do ano de 2019 (Faurecia(c) 2020).....	3
Figura 3- Dados FAA METAL, (Faurecia, 2020).....	4
Figura 4- Organização FAA METAL, (Faurecia, 2020).....	5
Figura 5- Projetos FAA METAL e respetivos clientes, (Faurecia, 2020).....	5
Figura 6- Apresentação dos objetivos iniciais.....	6
Figura 7- Cronograma	7
Figura 8- Primeira linha de montagem por Henry, Ford (FORD, 2020).....	9
Figura 9- Exemplo de uma linha de montagem de assentos (Cognix 2017)	10
Figura 10- Ferramenta RSW (Messler, 1999).....	11
Figura 11-Representação de soldadura por ponto, (Kahraman 2005).....	12
Figura 12- Exemplos de <i>studs</i> e porcas para PW (Normandy Fasteners 2021) (Nielsen 2014).	13
Figura 13: Processo de PW (Rashid, 2019).....	13
Figura 14- Exemplo de uma máquina de soldadura MIG/MAG (Weman, 2012).....	14
Figura 15: Comprimento inicial do fio (Weman, 2012).....	15
Figura 16-Efeito da velocidade na soldadura	15
Figura 17-Tipos de movimentos da tocha (Weman, 2012)	16
Figura 18- Posição angular da tocha (Weman, 2012)	16
Figura 19- Exemplo de duas peças ligadas por rebites (Hangar MMA 2020).....	17
Figura 20- Exemplo de uma máquina de rebitagem por prensa (Faurecia,2020).....	18
Figura 21- Ferramenta de Rebitagem Orbital (Mraz 2016).....	18
Figura 22- Funcionamento Rebitagem Orbital (Mraz 2016).....	19
Figura 23- Exemplo de ligação aparafusada (Faurecia(a), 2020).....	20
Figura 24- Diagrama circular das perdas de tensão (Faurecia(a), 2020).....	20
Figura 25- Efeito do relaxamento no aperto (Faurecia(a), 2020).....	20
Figura 26- Sequência das aparafusadoras (Faurecia(a), 2020).....	21
Figura 27- Sensores indutivos e capacitivos, respetivamente (IFM, 2020).....	23
Figura 28- Sensores Laser (IFM, 2020).....	24
Figura 29- Sensores de cilindro (IFM, 2020)	24
Figura 30- Barreiras de Segurança (IFM, 2020).....	24
Figura 31- Sensor de processamento de imagem (IFM, 2020).....	25
Figura 32- Sistemas de Identificação (IFM, 2020).....	25

Figura 33- Assento Traseiro HJB <i>Renault Captur</i> (Faurecia(b), 2020).....	31
Figura 34- Procedimento de fabricação dos ET	33
Figura 35- Procedimento de fabricação dos AT.....	33
Figura 36- ET 60% e ET 40% respetivamente (Faurecia(b), Synoptique de Fabrication et de Contrôle 2020).....	34
Figura 37- Representação da posição das porcas nos <i>Goussets</i> (Faurecia(b) 2020).....	34
Figura 38-Representação da posição dos casquilhos <i>Headrest</i> no ET 60% e no ET 40%, respetivamente (Faurecia(b) 2020).....	35
Figura 39- Representação do ET 60% e das componentes soldadas no posto K03 (Faurecia(b) 2020).....	35
Figura 40- Representação ET 40% das componentes soldadas no K03 (Faurecia(b) 2020)....	35
Figura 41-Acoplamento do <i>Backpanel</i> nos ET no posto K04 (Faurecia(b) 2020).....	36
Figura 42- Assento Traseiro ICE/ADR	36
Figura 43- Ferramenta de rebitagem do posto K16.....	37
Figura 44- Rebitagem das bases das corredeiras (Faurecia(b) 2020)	37
Figura 45-Representação das posições das porcas nos <i>Goussets</i> (<i>duas imagens à esquerda</i>), suporte de cinto (central) e <i>Riser</i> (direita) (Faurecia(b) 2020).....	37
Figura 46- Ferramenta do posto K05 (Faurecia(b) 2020).....	38
Figura 47- Representação da rebitagem dos discos e dos rebites no <i>Gousset</i> (esquerda), suporte de cinto (central) e <i>Riser</i> (direita)(Faurecia(b) 2020).....	38
Figura 48-Representação das caixas rebitadas no <i>Gousset</i> (esquerda), suporte de cinto (central) e <i>Riser</i> (direita) (Faurecia(b) 2020)	39
Figura 49-Rebitagem dos pinos nos trancadores (Faurecia(b) 2020).....	39
Figura 50- PW dos arames do assento (Faurecia(b) 2020).....	39
Figura 51- Representação das componentes soldadas no posto K08 (Faurecia(b) 2020)	40
Figura 52- Representação posição arames no <i>Gousset</i> (Faurecia(b) 2020).....	40
Figura 53- Representação da soldadura da estrutura final do AT (Faurecia(b) 2020)	41
Figura 54-Soldadura das componentes auxiliares do AT ICE (Faurecia(b) 2020)	41
Figura 55- Acoplamento das corredeiras, <i>anti-burst</i> e polias do mecanismo (Faurecia(b) 2020)	42
Figura 56- Exemplo de uma aparafusadora (Dessoutter 2020).....	43
Figura 57- Sistema de validação Ferramentas (Faurecia(a), FST-S-PSX-0001/en 2020).....	44
Figura 58- Exemplo de um Transdutor Atlas Copco.....	44
Figura 59- <i>Layout</i> atual da secção dos AT	46
Figura 60- <i>Layout</i> atual da secção dos ET.....	46

Figura 61- Mecanismo dos AT.....	47
Figura 62- Salpico na face lateral do disco.....	47
Figura 63- Demonstração de um salpico num dos trancadores.....	48
Figura 64- Caixas de Proteção <i>Gousset</i> (esquerda), suporte de cinto (central) e <i>Riser</i> (direita)	48
Figura 65-Aplicação de massa nas caixas de proteção.....	49
Figura 66- Tubo central com <i>Strap wire</i> ICE/ADR	50
Figura 67- Tubo central com o <i>Strap wire</i> PHEV	50
Figura 68- Exemplo de um <i>Strap wire</i> dessoldado.....	50
Figura 69- Casquilhos <i>Headrest</i> do posto K02	51
Figura 70- Batentes dos casquilhos do posto K02.....	51
Figura 71- Exemplo dos casquilhos nas respetivas posições	51
Figura 72- Representação da posição dos casquilhos do K02.....	52
Figura 73- Posição correta dos casquilhos no ET 40%	52
Figura 74- Casquilho rodado e na posição errada.	53
Figura 75- Seguimento Linha de Montagem.....	54
Figura 76- Placa de <i>nylon</i> para proteger as corrediças	55
Figura 77- <i>Robot</i> KUKA KR 12 R1810-2 (KUKA 2020).....	58
Figura 78- Controlador KR C4 (KUKA 2020).....	58
Figura 79- Representação da estrutura das aparafusadoras (vista de frente).....	59
Figura 80- Representação da estrutura das aparafusadoras (vista de lado).....	59
Figura 81- Corrediças HJB.....	61
Figura 82- Ferramenta de Validação das Aparafusadoras (FVA)	62
Figura 83-Base da Ferramenta de Validação.....	62
Figura 84- Placa Vertical de Validação.....	63
Figura 85- Placa de alumínio da base.....	63
Figura 86- Cilindro de fixação.....	64
Figura 87- Linha de Montagem do projeto HJB.....	65
Figura 88- Demonstração da rotação da linha de montagem	66
Figura 89-Novo <i>Layout</i> dos postos e posição do novo posto de soldadura.....	67
Figura 90-Novo posto de soldadura (K17).....	69
Figura 91- Disposição das peças: a) <i>Goussets</i> b) Suporte de cinto c) <i>Riser</i> d) Tubos com as duas referências do <i>Strap wire</i>	71
Figura 92- JIG do posto K17 com os conjuntos e os <i>Strap wires</i> : a) Cilindro A acoplado ao suporte das proteções dos <i>Goussets</i> , (a1) e dos Suporte de Cinto (a2), b) Cilindro B acoplado	

ao suporte das proteções (b1) do <i>Riser</i> , c) Cilindros C e D acoplados às fixações dos <i>Strap wires</i>	72
Figura 93-Representação do cilindro A: a) Suporte das proteções fixada ao cilindro A, a1) Proteções <i>Goussets</i> , a2) Proteções Suporte de Cinto, d1) veios de guiamento, e) Corpo do cilindro.....	73
Figura 94- Representação do cilindro B: b) suporte proteções fixada ao cilindro B, b1) Proteções do <i>Riser</i> , d2) Veios de guiamento, f) Corpo do cilindro B.	73
Figura 95-Representação dos cilindros C e D: c1) Corpo cilindro C ou D, c2) Suporte da fixação do <i>Strap wire</i> , c3) Fixação do <i>Strap wire</i>	74
Figura 96- Sistema de fixação dos <i>Strap wires</i> : a) <i>Strap wire</i> PHEV fixado por (a1), b) <i>Strap wire</i> ICE/ADR fixado por (b1).....	74
Figura 97- JIG com os suportes das peças.....	75
Figura 98- Representação das proteções nas três componentes	76
Figura 99- JIG na posição de origem.....	77
Figura 100-Demonstração de corte correto	78
Figura 101- Representação dos cordões no <i>Gousset</i>	80
Figura 102-Representação dos cordões no suporte de cinto.....	80
Figura 103-Representação dos cordões no <i>Riser</i>	81
Figura 104-Representação dos cordões no <i>Strap wire</i> ICE/ADR	81
Figura 105- Representação dos cordões no <i>Strap wire</i> PHEV	81
Figura 106- Impletação dos novos suportes e sensores no posto K02	82
Figura 107- Suporte do sensor no posto K02	83
Figura 108- Sensor O1D IFM <i>Electronics</i>	83
Figura 109-Implementação do suporte e sensor.....	84
Figura 110-Desenho 2D da ferramenta do posto K02	85
Figura 111-Representação da chapa de cobre de divisão.....	85
Figura 112- Base do protótipo.....	87
Figura 113-Corpo do protótipo.....	88
Figura 114- <i>Ender 3 v2</i> (Worten 2020).....	88
Figura 115- Primeiro protótipo.....	89
Figura 116-Demonstração do enchimento e espessura exterior utilizados.....	89
Figura 117- Implementação do protótipo	90
Figura 118- Novo pino implementado no veio de trancamento.....	91
Figura 119- Rasgo no suporte da placa de nylon.....	92
Figura 120- FVA preparada para efetuar a validação.....	93

Figura 121- Novo <i>Layout</i> dos AT do projeto HJB.....	94
Figura 122- Resultado teste macrográfico do Gousset.....	96
Figura 123- Resultado teste macrográfico do suporte de cinto	96
Figura 124- Resultado teste macrográfico do <i>Riser</i>	96
Figura 125-Resultado teste macrográfico do <i>Strap wire</i> ICE/ADR	97
Figura 126- Resultado teste macrográfico do <i>Strap wire</i> PHEV.....	97
Figura 127-Posto K02 com os sensores, os suportes e a placa.....	99
Figura 128- Palete com o novo sistema de trancamento	100
Figura 129- Demonstração do pino soldado no veio de trancamento e rasgo na estrutura	100

Índice de Tabelas

Tabela 1- Tabela de Severidade (Pedrosa, 2014).....	27
Tabela 2- Tabela de Ocorrência de falhas (Pedrosa, 2014).....	28
Tabela 3- Tabela dos Índices de Detecção (Pedrosa, 2014).....	28
Tabela 4- Representação dos 7 modos de falha.....	86

1 Introdução

O automóvel é, desde a sua invenção, um produto indissociável das sociedades modernas pela mobilidade que lhes trouxe, pelo seu contributo para o desenvolvimento económico em sentido lato e pela liberdade que proporcionou às pessoas. A procura por este bem tem-se desenvolvido de forma muito expressiva a nível mundial o que, aliado a todos os desenvolvimentos tecnológicos, permitiu à indústria automatizar diversos processos garantido, assim, uma maior velocidade de produção a par de crescente qualidade e produtividade.

A automatização dos processos permitiu assegurar as necessidades crescentes de produção, a redução do custo, bem como um controlo de qualidade mais preciso e um aumento do número de peças, qualidade de construção e fiabilidade dos materiais. Acresce que a exigência imposta pelos clientes é cada vez mais acentuada, fator esse que exige que a margem para erros seja mais reduzida. Para se garantir a qualidade global, diversas normas e processos foram concebidos no sentido de validar e controlar periodicamente as respetivas ferramentas.

Nos próximos subcapítulos, será feita uma breve descrição do Grupo Faurecia, local e empresa onde foi realizado este projeto. Ademais, uma explicação sobre os objetivos, as propostas, a metodologia e a estruturação deste documento irão completar este primeiro capítulo.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Esta dissertação está centrada na otimização, controlo e qualidade das linhas de produção do projeto HJB da Faurecia. Tem como principal objetivo final aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos ICE- *Internal Combustion Engine*, PHEV- *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* e ADR- *Australian Design Rules*. Estes produtos incorporam o projeto HJB- Segunda geração do *Renault Captur*.

Em termos concretos, este estudo foca-se na otimização de alguns processos a nível da produção, tanto na linha de montagem, como na qualidade do produto e controlo de ferramentas.

Este projeto localiza-se na fábrica Faurecia Assentos para Automóvel Metal (FAA METAL), mais concretamente no armazém SJM1- São João da Madeira 1, à responsabilidade do departamento de Engenharia.

A UAP (Unidade Autónoma de Produção) do projeto HJB, onde são fabricados os Assentos Traseiros do *Renault Captur*, encontra-se dividida em duas secções diferentes:

Encostos Traseiros (ET) e Assentos Traseiros (AT). Nestas secções têm surgido algumas falhas e incidentes, tais como, a não existência de uma ferramenta para validar as aparafusadoras da linha de montagem, a disposição dessa linha e de alguns postos, o aparecimento de salpicos nos mecanismos, *Strap wires* dessoldados, casquilhos trocados e material indesejado nas correções. Todos estes problemas mencionados, requerem mudanças e reestruturação.

1.2 Grupo Faurecia

A Faurecia foi oficializada no ano de 1998 aquando da fusão entre a Bertrand Faure e a ECIA, sendo hoje responsável pelo fabrico de assentos, escapes, interiores, componentes plásticos e eletrónica para a indústria automóvel. O logotipo está representado na Figura 1 (Faurecia, Manual de Acolhimento 2020).



Figura 1- Logotipo Faurecia (Faurecia(c), 2020)

Apresenta uma forte presença global com 248 fábricas e 35 centros de Investigação e Desenvolvimento, espalhadas por 37 países, o que perfaz um total de colaboradores superior a 115.000 (Faurecia,2019). A Figura 2 demonstra o grupo Faurecia a nível global.

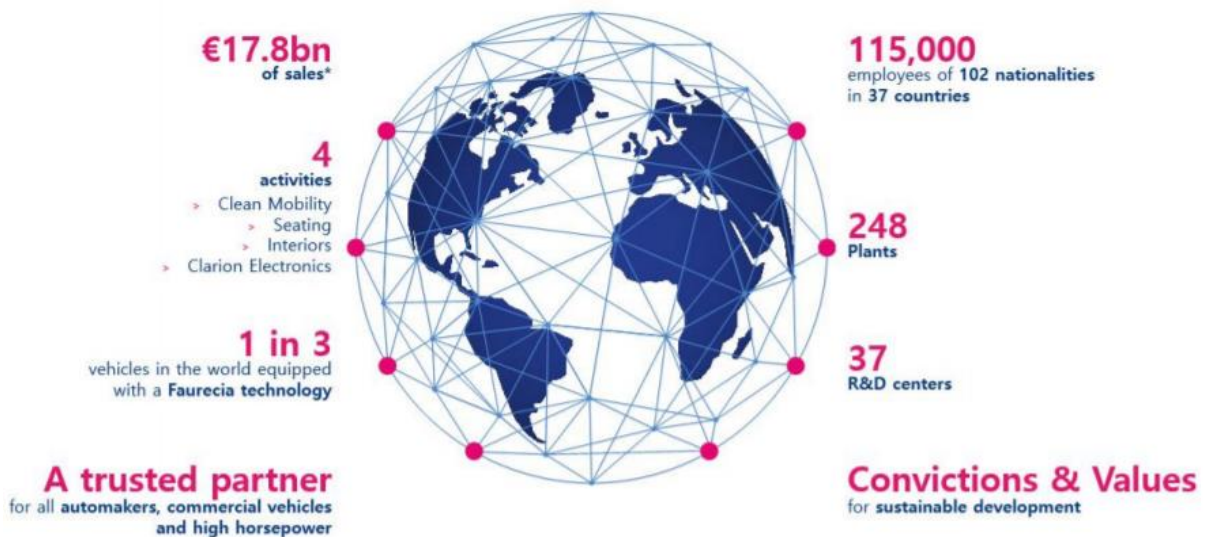


Figura 2- Dados principais do ano de 2019 (Faurecia(c) 2020)

A empresa é líder mundial em 3 grupos distintos:

- Assentos- Parte do negócio que conta com maior número de colaboradores, onde são produzidas as estruturas e os mecanismos de assentos manuais e elétricos;
- Interiores- Inclui todas as componentes como painéis de instrumentos, painéis de portas, consolas centrais e módulos acústicos;
- *Clean Mobility*- Relativa à tecnologia de controlo de emissões, recuperação de energia, redução de peso e performance acústica (Faurecia, 2020).

1.2.1 Faurecia Portugal

A nível nacional, a Faurecia contempla 4150 colaboradores que estão divididos por seis fábricas, um serviço central e uma divisão de *Confort & Trim Systems*, o que perfaz um volume de negócios de 967 milhões de euros anuais.

A origem da empresa remonta a 1951, como Molaflex, e deu início à produção de assentos automóveis, dez anos mais tarde. Com a fusão previamente mencionada em 1998, iniciou a sua atividade como Faurecia Assentos de Automóvel Lda (FAA METAL). Esta última, integra dois armazéns (SJM 1 e SJM 2) e é responsável pela produção de assentos de automóveis. A Figura 3 sintetiza os dados associados a esta fábrica (Faurecia, 2020).



Figura 3- Dados FAA METAL, (Faurecia, 2020).

A empresa FAA METAL dedica-se à produção das estruturas dos assentos para automóveis, produzindo aproximadamente 70.000 assentos por dia, através da utilização de diversos processos:

- Formação de tubos;
- *Expanding* automático;
- Soldadura MAG;
- Soldadura Laser;
- Soldadura Elétrica;
- Rebitagem e Aparafusamento;
- Pintura e Montagem.

A FAA METAL tem um plano organizacional que permite dividir os projetos igualmente pelos Responsáveis da Unidade Autónoma de Produção (RUAP). O armazém SJM1, está dividido em 4 Unidades Autónomas de Produção (UAP). Cada UAP está dividida por diferentes linhas de produção denominadas GAP, controladas por um supervisor, denominado de GAP *Leader*. Na Figura 4 é possível constatar como é feita a organização da FAA METAL.

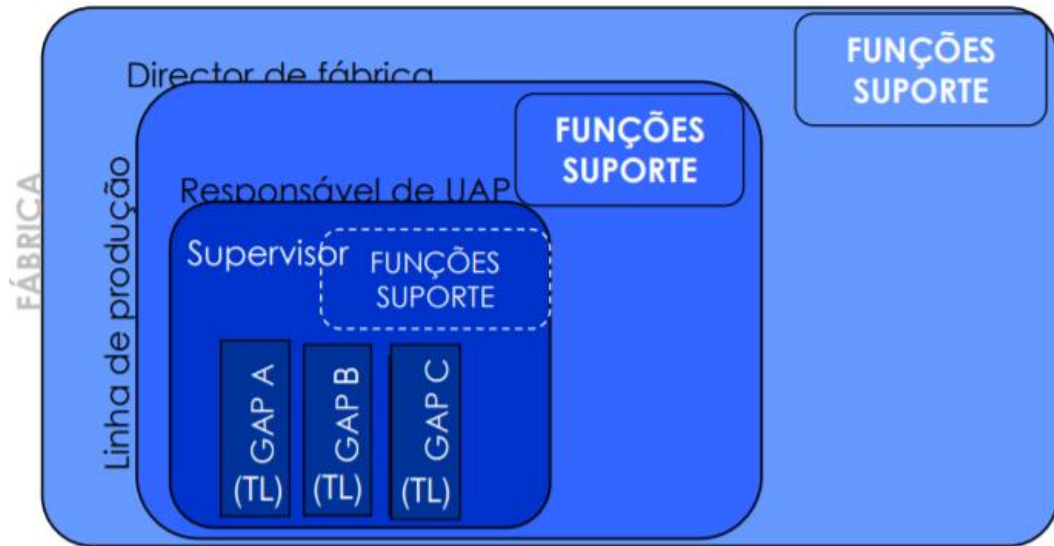


Figura 4- Organização FAA METAL, (Faurecia, 2020)

Por último, a Figura 5 representa os projetos atuais da FAA METAL divididos pelas quatro UAP's, referentes a cada cliente.



Figura 5- Projetos FAA METAL e respetivos clientes, (Faurecia, 2020)

1.3 Objetivos do projeto

Esta dissertação tem como objetivo otimizar o projeto HJB, que incorpora os produtos ICE, PHEV e ADR. O âmbito deste projeto centra-se na produção de Assentos Traseiros para o *Renault Captur*.

Foram identificadas três grandes vertentes de melhoria: qualidade, produtividade, fiabilidade. Na Figura 6 são apresentadas as propostas iniciais dadas pela empresa dos objetivos referentes a cada vertente.

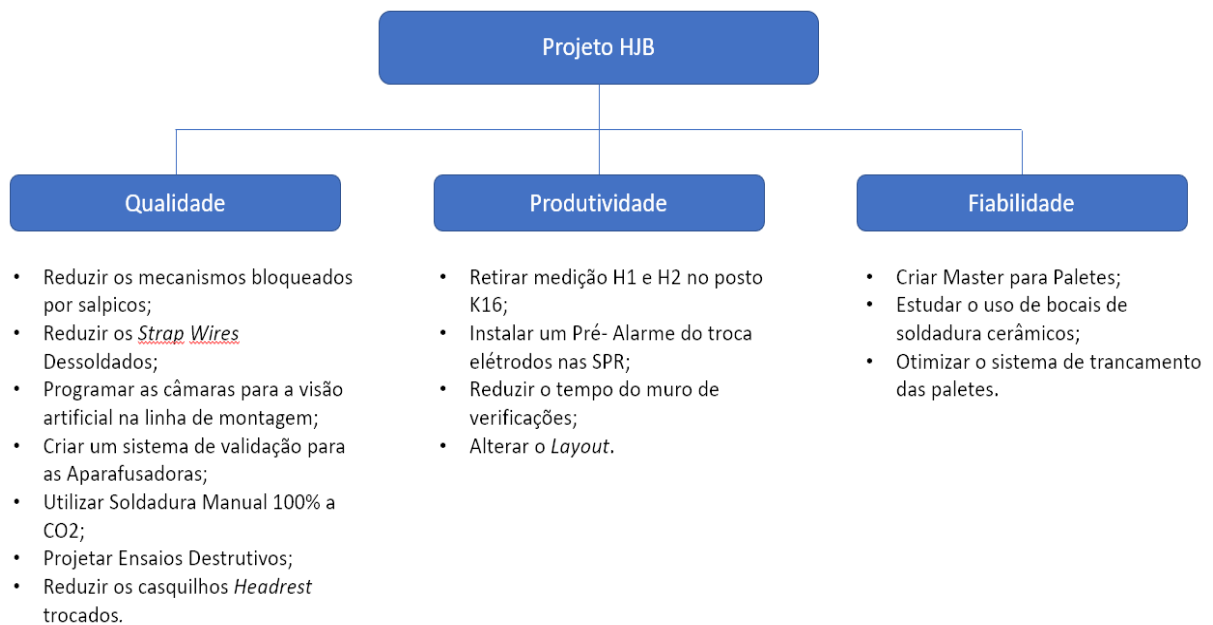


Figura 6- Apresentação dos objetivos iniciais

Esta dissertação centra-se especificamente nos seguintes objetivos:

- Projetar um sistema de validação para as aparafusadoras;
- Projetar um processo que reduza o aparecimento de salpicos no mecanismo;
- Projetar um processo que resolva o problema dos *Strap wires* dessoldados;
- Alterar a linha de produção;
- Projetar um novo sistema de controlo da posição dos casquilhos *Headrest*;
- Projetar um novo sistema de trancamento das paletes.

1.4 Método seguido no projeto

O interesse em trabalhar neste projeto HJB da FAA METAL manifestou-se devido ao grau de complexidade do mesmo. Por sua vez, contempla assim, uma maior variedade de vertentes a melhorar, que vão ser abordadas nesta dissertação

Este trabalho contou com a disponibilidade institucional e atenção dispensada por técnicos e quadros qualificados da empresa que não é demais sublinhar.

Fundamentalmente, o trabalho no terreno, conheceu as seguintes fases:

- *Production training*;
- Conhecimento do laboratório;
- Projeto;
- Implementação.

Nesta primeira fase, diversos postos do projeto HJB foram o local de aprendizagem do funcionamento do processo. Inicialmente na secção dos Encostos Traseiros (ET), avançando posteriormente para a secção de soldadura dos Assentos Traseiros (AT) e finalizando na secção de montagem permitindo assim conhecer a totalidade do funcionamento do projeto. De seguida, foi feita uma breve apresentação do laboratório, de forma a conhecer os técnicos, processos de calibração e validação e os testes lá efetuados. Após conhecimento geral da estrutura da linha de produção e dos processos envolvidos, iniciou-se a fase de projeto e melhoria de ferramentas, tendo em vista os desígnios de melhoria de qualidade, produtividade e fiabilidade, juntamente com os parceiros tecnológicos e estratégicos da Faurecia. Numa fase final, foram implementadas as ferramentas projetadas e, posteriormente, analisados e discutidos os resultados obtidos.

O cronograma do projeto foi consensualizado e está sintetizado na Figura 7.

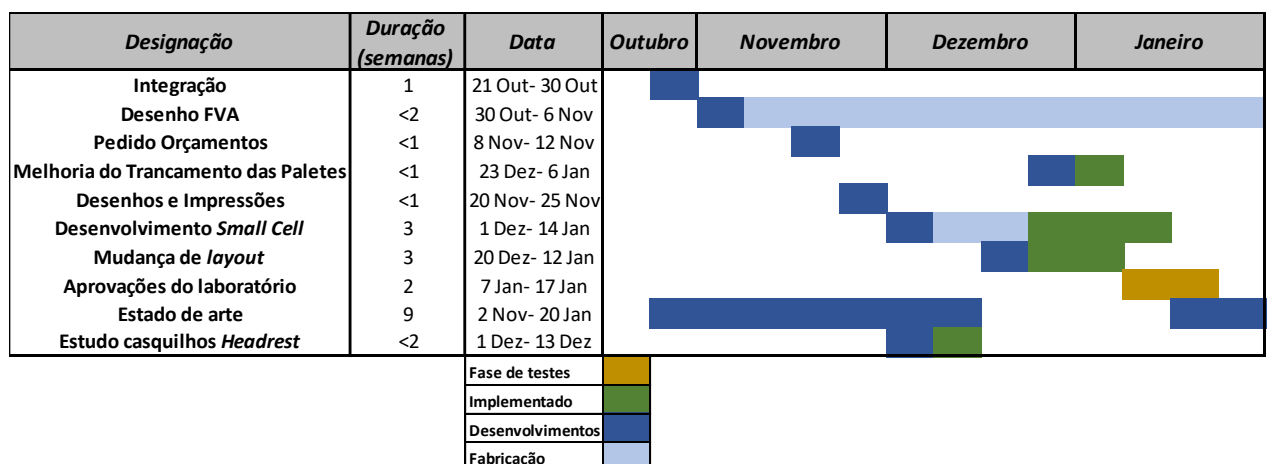


Figura 7- Cronograma

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação, excluindo este primeiro capítulo, está organizada em 8 capítulos:

- Capítulo 2: Consiste numa breve introdução da indústria automóvel e dos conceitos relevantes para a realização deste estudo;
- Capítulo 3: Baseia-se na análise do processo de produção dos Assentos Traseiros, onde são demonstrados os componentes e métodos utilizados;
- Capítulo 4: São explicados detalhadamente os problemas detetados;
- Capítulo 5: São descritas as soluções implementadas, juntamente com a explicação das ferramentas projetadas;
- Capítulo 6: São discutidos os resultados das soluções implementadas;
- Capítulo 7: São apresentadas as conclusões do estudo e sugestões de trabalhos futuros.
- Anexos.

2 Estado de arte

Neste capítulo são abordados os conceitos relevantes necessários à realização deste trabalho.

A indústria automóvel é fascinante a todos os níveis: da produção ao marketing, da distribuição à gestão de encomendas e de stocks dos processos de automatização, ao controlo de qualidade, e da inovação à segurança.

No âmbito desta dissertação, enquadrámos neste capítulo alguns tópicos diretamente relacionados com os objetivos do projeto e que se dividem nos seguintes temas:

- Linhas de produção;
- Processos de Soldadura;
- Processos de Rebitagem;
- Ligação Aparafusada;
- Controlo do Processo.

2.1 Linhas de Produção

Conseguir produzir objetos da forma mais eficiente e eficaz possível é um dos objetivos claros da indústria. Para alcançar esse objetivo, as indústrias têm de ter habilidade para produzir em massa, incrementando, assim, a produtividade e reduzindo os custos unitários. Estes últimos ganhos permitem tornar a indústria mais competitiva na sua área.

As primeiras linhas de montagem, criadas por Henry Ford em 1913, permitiram gerar um novo mundo, o da produção em massa (Figura 8) (FORD 2020).

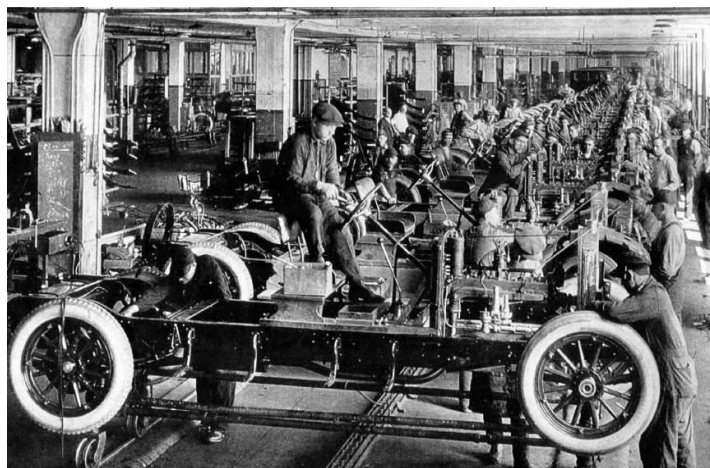


Figura 8- Primeira linha de montagem por Henry, Ford (FORD, 2020)

Após essa geração e revolução na área industrial, o método artesanal veio dar lugar ao processo automático, seguindo-se vários desenvolvimentos e incrementos.

A evolução e apuramento deste novo processo, aliado aos desenvolvimentos tecnológicos em todo o século XX, conduziu à evolução acentuada dos processos de automatização: robotização, manuseamento, produção *on demand*, stocks zero ou próximo disso, flexibilidade produtiva, entre outros aspetos (Curado 2019). Em paralelo com esta evolução, as linhas de produção de assentos para automóveis também evoluíram. A Figura 9 apresenta um exemplo de uma linha de montagem de assentos na atualidade.



Figura 9- Exemplo de uma linha de montagem de assentos (Cognix 2017)

2.2 Processos de Ligação por Soldadura

A soldadura é um processo de ligação entre dois materiais do mesmo tipo a partir da aplicação de calor e pressão. Após o arrefecimento dos dois materiais estes passam a ser um. “*Welding is an operation in which continuity is obtained between parts for assembly, by various means*” [Norma R 857 (1958)]. Este processo é considerado uma arte do passado, por ser um dos mais antigos. Em 1889, nos Estados Unidos, foi patenteado o processo de soldadura por arco elétrico. Com o avanço da tecnologia, vários métodos foram surgindo, em que atualmente são utilizados diversos processos de soldadura como (Messler 1999):

- Soldadura MIG/MAG;
- Soldadura por arco de plasma;
- Soldadura TIG;
- Soldadura por Resistência;
- Soldadura por arame tubular;
- Soldadura por feixe de Elétron;
- Soldadura por eletrodo revestido
- Soldadura Oxi-gás
- Soldadura de Hidrogenia atómico

Para a realização desta dissertação vão ser aprofundados os seguintes processos de Soldadura (Messler, 1999):

- Soldadura por Resistência (Por Ponto) -RSW (*Resistance Spot Welding*);
- Soldadura por Resistência (Por Projeção) - PW (*Projection Welding*);
- Soldadura MAG- (*Metal Active Gas*).

2.2.1 Soldadura por Resistência (RSW)

A soldadura por resistência por ponto (RSW), reside, de uma forma geral, numa geração de calor a partir da resistência ao fluxo da corrente elétrica que existe entre os eléctrodos. A soldadura verifica-se no ponto de contacto entre as duas peças, aquando da pressão aplicada pelas pontas dos eléctrodos, derretendo a secção até se formar o *nugget*. Após o arrefecimento as peças ficam unidas. Esta ferramenta é arrefecida a água a partir de um sistema interno de canais (Enami 2016).

Neste caso da RSW, a ferramenta é constituída por dois eléctrodos e, geralmente um fixo e um móvel e a soldadura da mesma verifica-se aquando de um equilíbrio entre a pressão, temperatura e tempo (Figura 10) (Enami 2016).

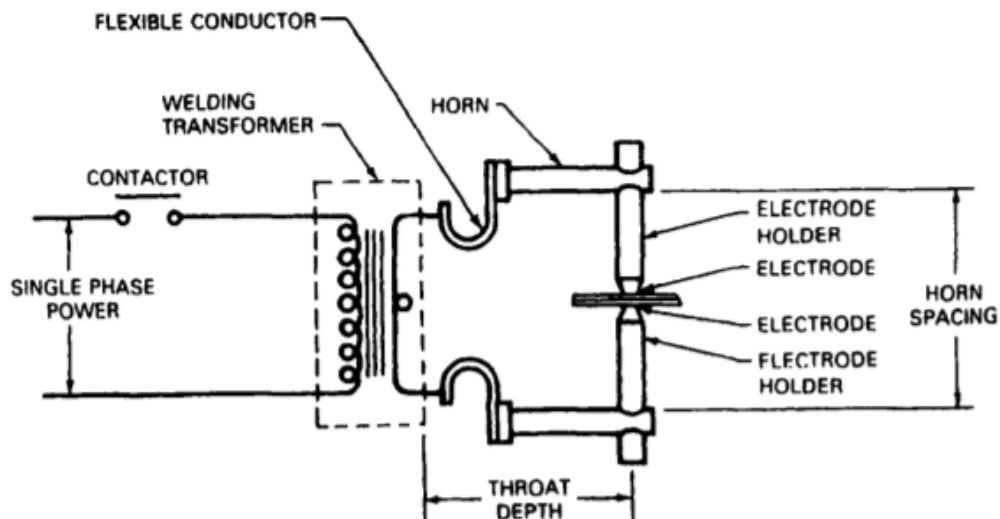


Figura 10- Ferramenta RSW (Messler, 1999)

Assim sendo, a pressão aplicada, a qual varia perante a soldadura que vai ser feita, tem de ser a suficiente para impedir a deformação do *nugget*, isto é, se for abaixo da pressão indicada este *nugget* vai ter tendência para se expandir numa área maior, acabando por gerar uma solda com menos penetração. Caso a pressão aplicada seja mais elevada, a solda pode tornar-se mais reduzida, fazendo com que a união não seja tão forte (Messler 1999).

Este método pode ser dividido em 4 passos diferentes como demonstrado na Figura 11 (Messler 1999).

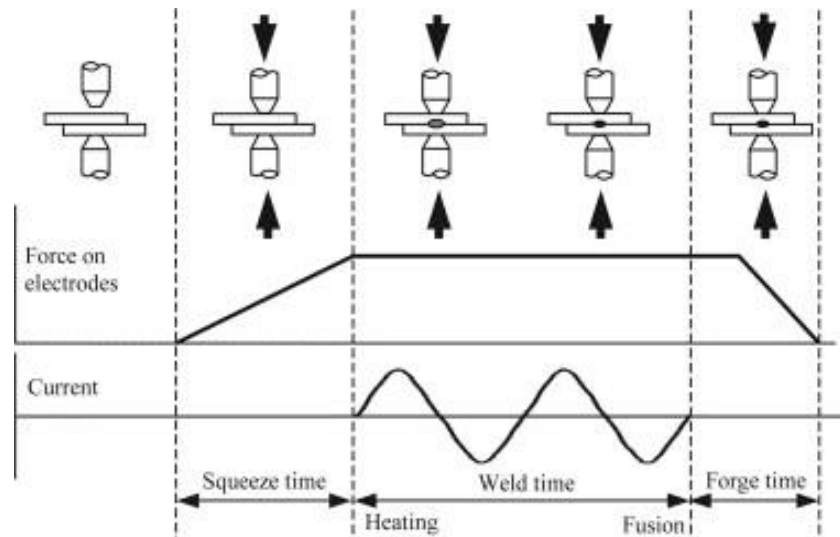


Figura 11-Representação de soldadura por ponto, (Kahraman 2005)

- **Compressão** (*Squeeze time*) - Corresponde ao primeiro passo do método onde temos um lado da ferramenta a encostar às peças no qual é aplicada uma certa pressão, de forma a garantir a correta formação da solda na interface;
- **Solda** (*Weld time*) - É o momento em que a corrente atravessa os materiais e a temperatura se eleva até ao ponto de fusão;
- **Retenção** (*Forge time*) - Passo em que se garante que a solda se mantém, onde já não existe passagem de corrente, mas é mantida a pressão aplicada;
- **Repouso**- No quarto e último passo alivia-se a pressão, o que permite o arrefecimento até se obter uma solda solidificada.

Uma das grandes razões pelas quais se utiliza muito este método, deve-se ao facto de ser facilmente automatizável. Na indústria automóvel, com o auxílio de um *robot*, são criadas as trajetórias e assim, é permitido que, apenas num ciclo, seja possível realizar-se diversos pontos. A soldadura por ponto é uma das hipóteses mais fiáveis e utilizadas para soldar componentes de espessura menor ou de difícil acesso (Messler 1999).

2.2.2 Soldadura por Resistência (PW)

Na soldadura por resistência por projeção (PW), apesar de o funcionamento ser o mesmo, existem algumas diferenças entre eles, nomeadamente, o tipo de ferramenta que é utilizada. Utiliza-se uma ferramenta fixa com um número variável de cilindros, geralmente pneumáticos, que após a colocação do produto, iniciam o movimento de compressão. Estando as componentes comprimidas, dá-se a passagem de corrente efetuando-se a soldadura.

Este método é muito utilizado, principalmente para soldar porcas, *studs* e arames. Quando são produzidos estes últimos, são adicionadas projeções (excesso de material) que permitem gerar as soldas nesses pontos (Figura 12) (Rashid 2019).



Figura 12- Exemplos de *studs* e porcas para PW (Normandy Fasteners 2021) (Nielsen 2014).

Considerando que a corrente tem tendência para passar na zona de menor espessura, estas projeções são, deste modo, adicionadas para garantir que a corrente passa nessas zonas. No instante em que a corrente passa nessas zonas é gerado o calor suficiente para as derreter. À imagem do método anterior, este é também arrefecido a água (Rashid 2019). O processo está ilustrado na Figura 13.

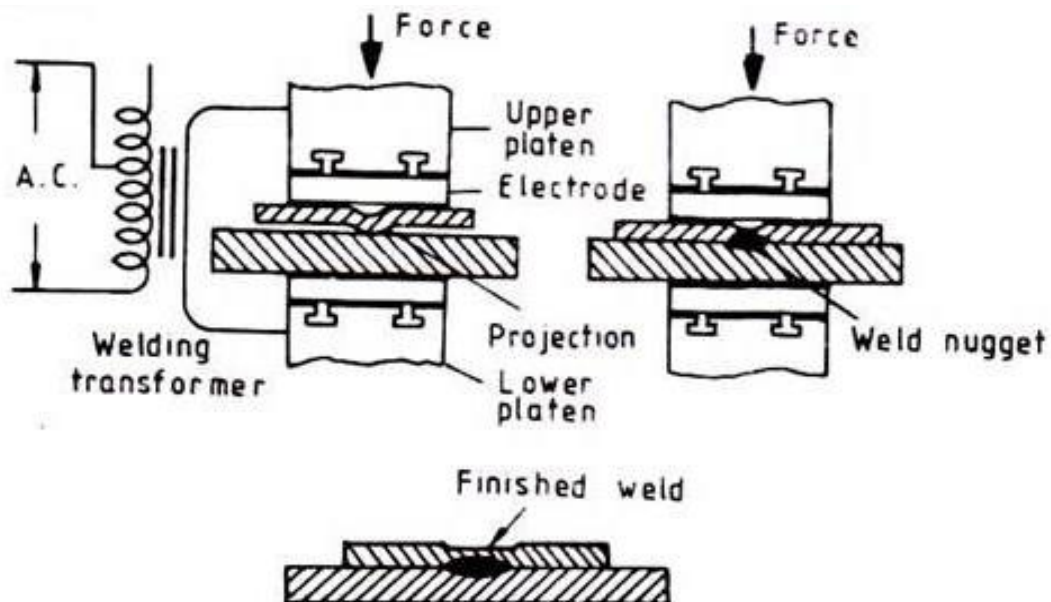


Figura 13: Processo de PW (Rashid, 2019)

2.2.3 Soldadura MAG

A soldadura por arco manual era, até ao final da década de 70, o método dominante na indústria. Com a aplicação da mesma na indústria automóvel, a soldadura MIG/MAG passou a ser inequivocamente líder em processos industriais. A grande diferença verificada entre MIG

(*Metal Inert Gas*) e MAG (*Metal Active Gas*) prende-se com os gases utilizados. São utilizados gases inertes como o árgon com MIG e gases ativos, geralmente, como o CO₂ no MAG.

Este estudo apenas se vai cingir no processo de soldadura MAG. Este método apresenta a facilidade de ser alimentado por um tanque geral às fábricas, sendo que, com a devida canalização é possível alimentar bastantes ferramentas (Weman, 2012). De forma a simplificar o estudo do método MIG/MAG, recorre-se à Figura 14, a qual exemplifica o funcionamento do processo (Weman 2012).

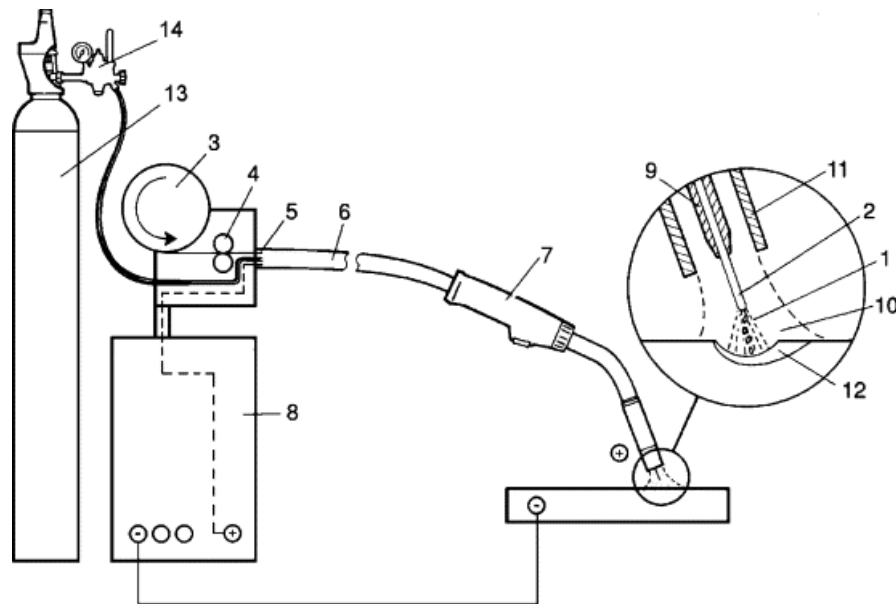


Figura 14- Exemplo de uma máquina de soldadura MIG/MAG (Weman, 2012)

- 1- Arco que embate no produto;
- 2- Fio eléctrodo constantemente alimentado;
- 3- Bobine do fio;
- 4- Engrenagens de guiamento à pistola/bico de soldadura;
- 5- Conduta flexível;
- 6- Conduta de proteção;
- 7- Pistola/bico de soldadura;
- 8- Quadro de alimentação;
- 9- Tubo de contacto;
- 10- Gás de proteção fornecido pelo bocal 11;
- 11- Bocal de soldadura;
- 12- Solda;
- 13- Tanque de gás; *
- 14- Indicador do tanque. *

* Pontos 13,14 geralmente situados fora das fábricas em zona de segurança

De modo a ser possível obter uma boa solda, o processo está dependente dos seguintes parâmetros:

- **Tensão:** Quanto maior for este valor, maior será o comprimento do arco, resultando numa solda mais larga. É dependente ainda da espessura das peças, uma vez que, se esta for reduzida e a tensão for demasiado alta, existe o risco de queimar a peça;
- **Diâmetro do fio:** Depende das intensidades a utilizar;
- **Velocidade de alimentação do fio e intensidade:** A intensidade é controlada indiretamente pela velocidade do fio selecionada, havendo assim, a possibilidade de variar o valor dessa intensidade. Esta velocidade depende, assim, da espessura das peças;
- **Stick out:** Representa o comprimento do fio fora do bico de soldadura. Para se obter o comprimento inicial, tem de se medir a distância entre a peça e a ponta de contato como representado na Figura 15. Com essa medida, o comprimento inicial tem de ser entre 10 a 15 vezes o diâmetro do fio. Esta medida, caso seja curta pode provocar uma soldadura entre a ponta do fio e o bico de contato, se estiver muito comprida, pode gerar falhas de solda especialmente no início;

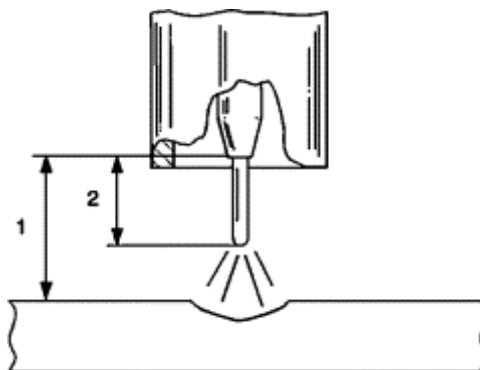


Figura 15: Comprimento inicial do fio (Weman, 2012)

- **Velocidade de soldadura:** Este parâmetro afeta na aparência, penetração e expansão da solda, como representado na Figura 16;

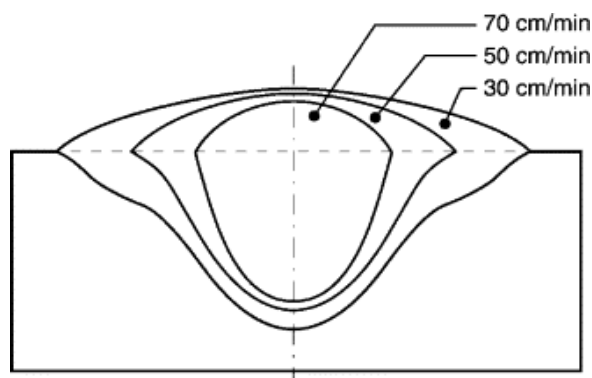


Figura 16-Efeito da velocidade na soldadura

- **Indutância (Relação entre campo magnético e intensidade da corrente):** Este parâmetro tem de ser ajustado consoante o diâmetro do fio, uma vez que nos processos

mais sensíveis, se este valor for muito baixo, gera um aumento na geração de salpicos apesar de gerar um arco concentrado. Se apresentar valores elevados, a estabilidade vê-se reduzida e consequentemente o risco de colisão aumenta;

- **Gás de proteção e caudal:** Nos aços, o gás mais utilizado é o argon com uma mistura de 5-20% de dióxido de carbono (CO_2) e algumas vezes oxigénio (O_2). Quanto ao caudal, este vai depender do arco e do material a utilizar, podendo mesmo alcançar valores de 20 litros por minuto;
- **Posição da tocha e da junção:** Esta posição vai fazer variar a qualidade da solda e a penetração nos materiais, como demonstrado na Figura 17.

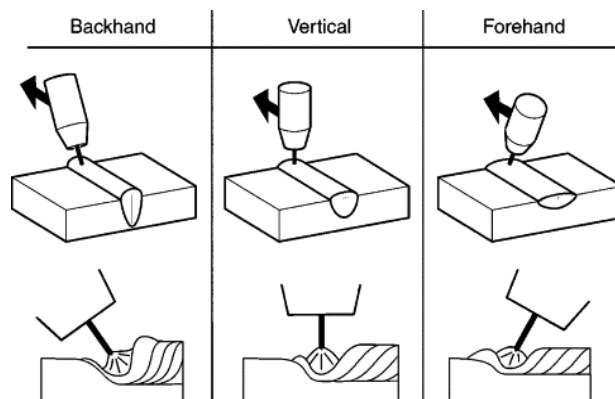


Figura 17-Tipos de movimentos da tocha (Weman, 2012)

Outro ponto fundamental a mencionar, prende-se com a necessidade de o ângulo da tocha estar a 45° quando se tem duas peças perpendiculares. Caso não se suceda, pode então verificar-se a falha de penetração numa das peças (Figura 18) (Weman, 2012).

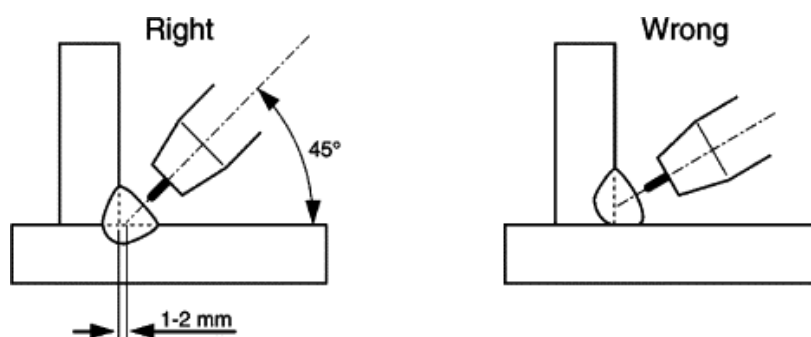


Figura 18- Posição angular da tocha (Weman, 2012)

2.3 Processos de Rebitagem e Ligação Aparafusada

2.3.1 Rebitagem

A rebitagem é um processo que, através de um rebite e da deformação a frio ou a quente, concretiza a união de duas peças, sendo estas uniões rígidas ou móveis (Figura 19) (AGME 2021).

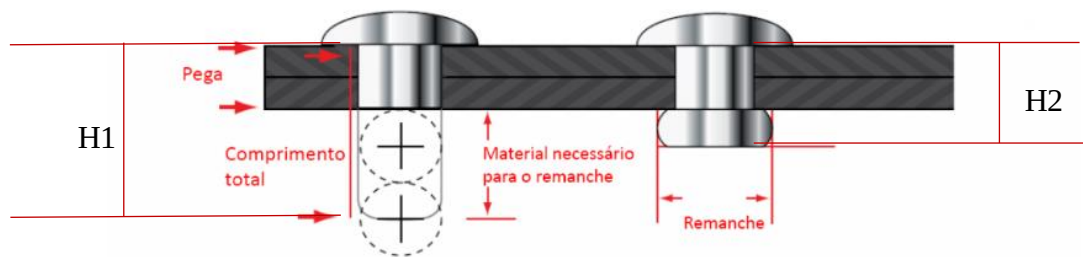


Figura 19- Exemplo de duas peças ligadas por rebites (Hangar MMA 2020)

A rebitagem é, assim, um processo utilizado devido à sua simplicidade em garantir a união de secções. Como exemplos de utilização deste processo, tal como Torre Eiffel, a *London Bridge* e a Ponte Luíz I, foram feitas a partir de rebitagem a quente. No início do século XX começaram a aparecer os primeiros martelos a ar, que facilitaram o esforço necessário para a rebitagem (Rivets de France 2017).

Atualmente, este processo continua a ter grande utilização, dado à facilidade de montagem, parâmetros e criação dos rebites.

Os métodos existentes são os seguintes:

- Rebitagem por impacto;
- Rebitagem orbital;
- Rebitagem radial;
- Rebitagem por rolos;
- Rebitagem por prensa.

Para este projeto utiliza-se a rebitagem por prensa e rebitagem orbital.

Rebitagem por prensa

A rebitagem por prensa é um processo permanente onde é aplicada uma força vertical constante deformando o material até a ligação entre peças estar completa.

Neste método tem-se uma ferramenta constituída por um ou mais cilindros pneumáticos ou hidráulicos, que, a partir da aplicação de uma força constante deformam o rebite de uma forma uniforme, obtendo as peças rebitadas. Este processo é denominado de rebitagem por prensa (Figura 20) (Faurecia, FST-S-PSX-0110-01 2015).

Para garantir uma boa rebitagem, é necessário contabilizar duas medições, geralmente consideradas as alturas H1 e H2, as quais indicam a altura inicial do rebite e a altura após rebitagem.

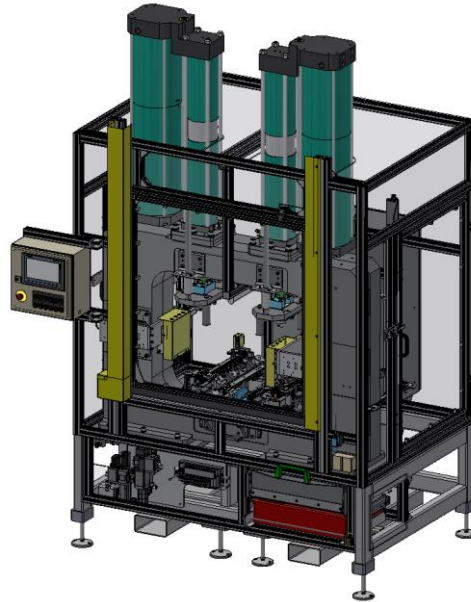


Figura 20- Exemplo de uma máquina de rebitagem por prensa (Faurecia,2020)

Rebitagem Orbital

A rebitagem orbital é um processo a frio partindo de uma ponta da ferramenta, em que esta ponta aplica uma força axial e radial no rebite. Progressivamente deforma o material até atingir o formato final. Este método é cada vez mais utilizado, por ser mais silencioso e ter uma força axial, cerca de 80% mais reduzida do que na rebitagem por impacto (método mais antigo da rebitagem a frio) (Faurecia(a), FST-S-PSX-0026 2011). A Figura 21 representa uma ferramenta de rebitagem orbital.



Figura 21- Ferramenta de Rebitagem Orbital (Mraz 2016)

Em termos de funcionamento, a ferramenta enquanto aplica a força axial, encontra-se, simultaneamente, em rotação a um ângulo de 3 a 6 graus como representado na Figura 22 (Cubberly 1989).

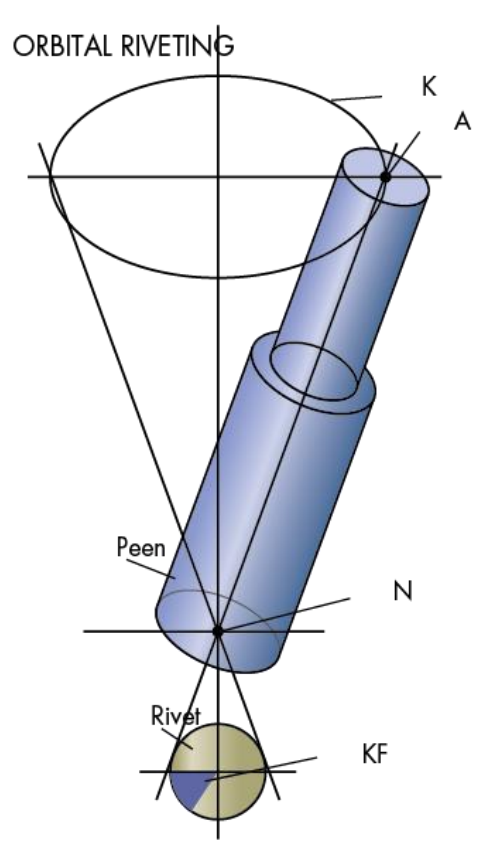


Figura 22- Funcionamento Rebitagem Orbital (Mraz 2016)

Nas condições descritas acima, é permitido, assim, conceber um rebite com um formato variável e ter um maior controle nas folgas verificadas nas peças. Este método é utilizado, então, em situações com menos acesso às peças a rebitar (Mraz 2016).

2.3.2 Ligação aparafusada

Entende-se como ligação aparafusada, a união de duas peças utilizando parafusos e porcas, técnica que já faz parte da produção há mais de 200 anos. Esta ligação é definida pela força de aperto que permite evitar o desaperto por vibrações dinâmicas (Faurecia(a) 2020).

Durante este processo é aplicada uma força que obriga a rotação da porca até as duas peças encostarem, e finalmente, se aplicar o binário final de aperto (Figura 23).

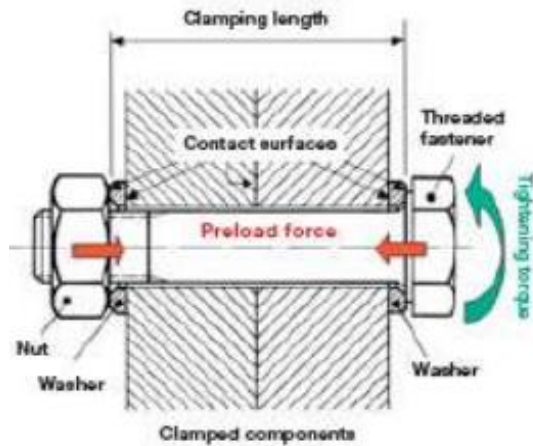


Figura 23- Exemplo de ligação aparafusada (Faurecia(a), 2020)

Para se aplicar este último, tem de se ter em consideração fatores como a fricção e o relaxamento da peça. É possível verificar através da Figura 24 que, em termos relativos, apenas 10% do binário é utilizado para gerar a tensão necessária, devido às perdas para a face da porca e para a rosca do parafuso (Faurecia(a), 2020).

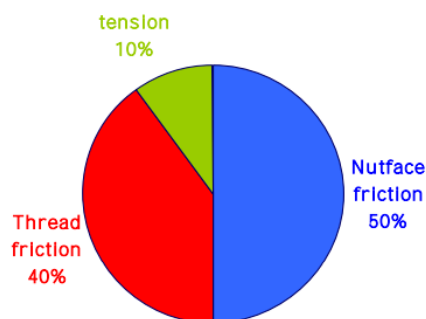


Figura 24- Diagrama circular das perdas de tensão (Faurecia(a), 2020)

Após o binário final ser aplicado, passado um determinado tempo as peças têm tendência para “relaxar”, devido à adaptação das superfícies e ao fluxo do material (Figura 25). Por conseguinte, deve ser considerado este relaxamento aquando da decisão do valor do binário final.

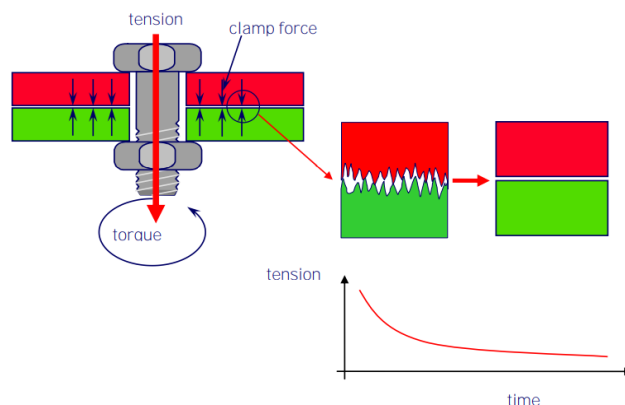


Figura 25- Efeito do relaxamento no aperto (Faurecia(a), 2020)

Atualmente, na indústria automóvel, cada vez mais se utiliza aparafusadoras manuais, o que contribuiu positivamente para o desenvolvimento e de aumento da velocidade da produção.

Esta ferramenta tem um processo base dividido em 3 fases, e representado na Figura 26:

1. Primeira fase (V1): Posiciona-se a aparafusadora no parafuso ou na porca, geralmente aplicando uma rotação contrária ao sentido dos ponteiros do relógio;
2. Fase *Run down* (V2): Inicia-se o movimento de rotação até a porca ou o parafuso encostar na superfície;
3. Fase final (V3): Aplica-se o binário final com uma velocidade mais reduzida.

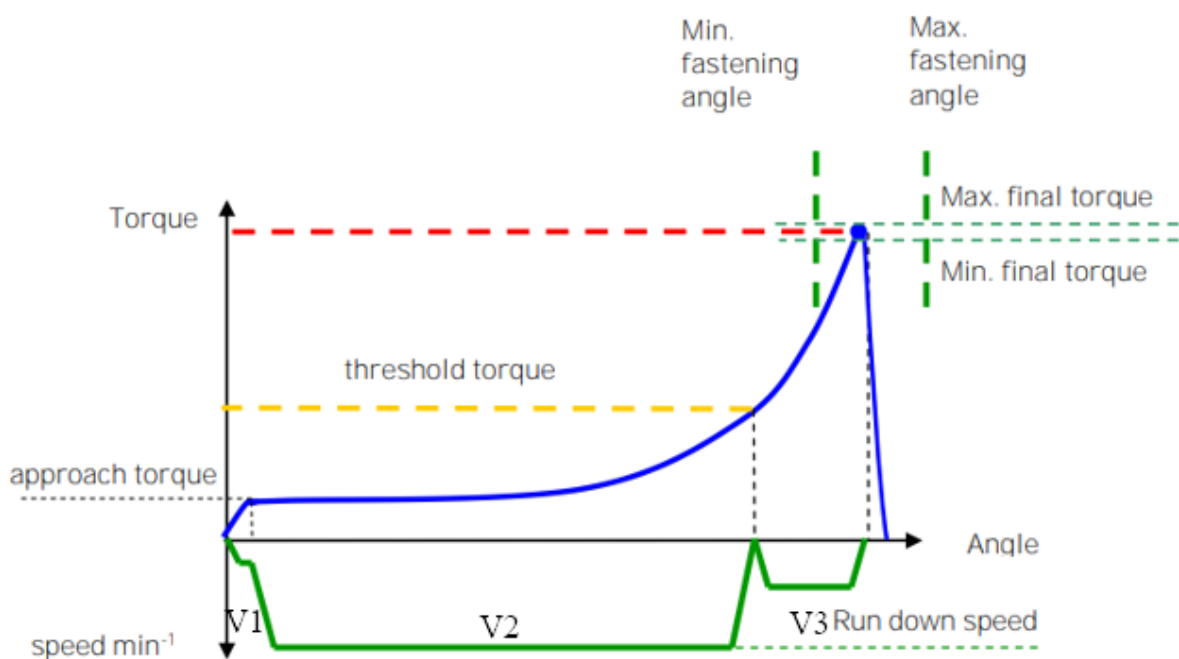


Figura 26- Sequência das aparafusadoras (Faurecia(a), 2020)

Para se garantir um bom aperto, têm de ser considerados certos parâmetros como (Faurecia(a), FST-S-PSX-0001/en 2020):

- Cálculo teórico da ligação;
- Definição do torque nominal com as respetivas tolerâncias;
- Definição da relevância de segurança;
- Estudar o *overtorquing* da ligação;
- Descobrir qual o binário destrutivo do aperto;
- Binário;
- Velocidade;
- Curva de aceleração;
- Tempo.

2.4 Controlo do Processo

Na indústria automóvel, um dos pontos mais importantes da produção é o de conseguir controlar o máximo de variáveis, de forma a que as peças sejam produzidas com maior qualidade com maior segurança.

A segurança do operador é uma preocupação constante e crescente que as empresas devem ter sempre em conta. Temperaturas elevadas, velocidades de movimentação, possibilidades de esmagamento, entre outros, são alguns dos possíveis motivos que podem colocar em causa a segurança do operador. Para se evitar possíveis acontecimentos, o controlo feito a partir de sensores é imprescindível. Outro ponto que deve ser considerado é o da rastreabilidade dos produtos ao longo de toda a produção, de forma a ter perceção de onde e quando foi feito cada produto e identificar facilmente um defeituoso.

Para se obter um maior controlo dos fatores mencionados acima, pode-se recorrer à utilização dos sensores. Um sensor, por definição, é um componente elétrico de entradas e saídas, sendo que, ao medir uma entrada de uma leitura física, afeta a resposta do sensor de acordo com essa leitura. A saída por sua vez vai ser o sinal representante dessa resposta (Nyce 2004). Os sensores apresentam vários tipos, os quais devem ser adequados à linha de produção em uso. Na indústria os tipos de sensores mais utilizados são os que se seguem:

- Sensores de pressão;
- Sensores ultrassónicos;
- Sensores magnéticos;
- Sensores fotoelétricos;
- Sensores capacitivos, indutivos ou laser;
- Sensores de fibras óticas;
- Sensores magnéticos;
- Sensores de imagens;
- Sensores transdutores lineares;
- Sensores de proximidade;

Os sensores que vão mais de encontro a este estudo são os seguintes:

- Sensores de posição;
- Sensores de segurança;
- Sensores de processamento de imagem;
- Sensores de identificação.

2.4.1 Sensores de posição

Estes sensores são bastantes utilizados para a deteção de posição ou presença de uma peça. Esta deteção é feita a partir da variação da distância do valor de referência do sensor, sendo este valor denominado *target* (Nyce 2004). Para se seleccionar o tipo correto de sensor é necessário entender o ambiente, o que vai ser medido e com que precisão se vai medir.

Os sensores de posição, podem ser indutivos, capacitivos, laser, magnético, de cilindro, entre outros. A principal diferença verificada nos tipos de sensores são os materiais a medir.

O sensor indutivo é utilizado em zonas de maior sujidade (como ferramentas de soldadura) para detetar materiais metálicos e os capacitivos são utilizados em zonas mais abertas para detetar qualquer tipo de material metal, ou não metal (Nyce 2004). A Figura 27 ilustra os dois tipos de sensores referidos.



Figura 27- Sensores indutivos e capacitivos, respetivamente (IFM, 2020)

A seleção do tipo de sensor a utilizar, vai depender do espaço disponível para a instalação do mesmo e do propósito que este vai ter. Em situações em que não seja vantajoso aplicar um sensor diretamente na base da ferramenta ou nas suas proximidades, o sensor laser é o mais adequado. Este permitirá que possa estar a uma distância segura para efetuar as medições necessárias. É também utilizado em ferramentas onde se quer garantir o correto posicionamento de certas peças. Este sensor cria um feixe de luz vermelha que mede a distância ao ponto de reflexão e, caso a distância seja diferente do estipulado, o sensor assume o mau posicionamento da peça. Existem ainda sensores laser com a capacidade de definir uma distância máxima e um mínima de leitura (Figura 28) (IFM 2020).



Figura 28- Sensores Laser (IFM, 2020)

Por fim, os sensores de cilindro, são pequenos sensores acoplados nos cilindros que permitem a leitura de fim de curso destes cilindros (Figura 29) (IFM 2020).



Figura 29- Sensores de cilindro (IFM, 2020)

2.4.2 Sensores de Segurança

Como já referido, a segurança é decisiva na produção e, de forma a evitar que haja contacto entre o operador e uma máquina em funcionamento, existem sensores apropriados para esse fim.

Os mais utilizados são as barreiras de segurança representadas na Figura 30 que a partir de um *sender* e um *receiver*, emitem um sinal constante entre as duas barreiras paralelas que, no caso deste sinal ser cortado, o funcionamento da máquina é interrompido (IFM 2020).



Figura 30- Barreiras de Segurança (IFM, 2020)

2.4.3 Sensores de processamento de imagem

Estes sensores são utilizados para auxiliar a rastreabilidade das peças. Estes, funcionam à semelhança de uma câmara, possuindo um leitor no interior, para fazer a leitura de, por exemplo, um código QR. Este código está associado a uma peça do produto e são estes sensores que dão a autorização ao programa para avançar com o processo. Ademais, regista toda a informação relacionada com essa peça como a altura em que foi criada e a altura em que foi enviada para o cliente (Figura 31) (IFM 2020).



Figura 31- Sensor de processamento de imagem (IFM, 2020)

2.4.4 Sensor de Identificação

Estes sensores são maioritariamente utilizados nas linhas de montagem para identificar as paletes, de modo a facilitar a deteção de qualquer problema relacionado com essa paleta. Consegue identificar a paleta que deu erro, como por exemplo, um aparafusamento defeituoso. Este sistema é denominado de RFID- *Radio Frequency Identification* e é composto por uma *tag* de identificação e uma antena de leitura (Figura 32) (IFM 2020).



Figura 32- Sistemas de Identificação (IFM, 2020)

2.5 Process Failure Modes and Effect Analysis- PFMEA and Reverse Process Failure Modes and Effect Analysis- RPFMEA

O *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) é um dos métodos mais utilizados nas indústrias para controlar o risco associado aos diversos postos das linhas de produção. É um método sistemático para identificar, definir e eliminar possíveis falhas no sistema, no desenho, no processo ou até mesmo no serviço de entrega ao cliente (Baghbani 2019).

Uma das técnicas mais frequentes na indústria automóvel é o *Process Failure Mode and Effect Analysis* (PFMEA). Este método identifica potenciais modos de falhas do processo, os efeitos de falhas e avalia a criticidade desses efeitos. Deste modo permite fornecer informações sobre o nível de severidade, capacidade de deteção, manutibilidade e segurança (Pedrosa 2014).

Para se gerar um PFMEA é necessário seguir os 22 passos referidos no Manual de Referência FMEA:

1. Numeração PFMEA;
2. Identificação do processo;
3. Identificação dos setores envolvidos;
4. Identificação do responsável;
5. Designação do produto ou processo;
6. Definição da data chave;
7. Definição da data de início e finalização PFMEA;
8. Identificação dos departamentos envolvidos;
9. Identificação dos componentes ou processos;
10. Identificação dos modos de falha potenciais;
11. Identificação dos efeitos potenciais de falha;
12. Identificação da Severidade (S) (Tabela 1);

Tabela 1- Tabela de Severidade (Pedrosa 2014).

Efeito	Critério (Severidade do efeito)	Índice de Severidade
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do produto e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio.	10
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do produto e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental com aviso prévio.	9
Muito alto	Produto/Item inoperável, com perda das funções primárias.	8
Alto	Produto/Item operável, mas com nível de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.	7
Moderado	Produto/Item operável, mas com nível de conforto/ conveniência baixo. Cliente sente desconforto.	6
Baixo	Produto/Item operável, mas com nível de conforto/ conveniência e desempenho reduzido. O cliente sente alguma insatisfação.	5
Muito baixo	Itens: Forma e acabamento não conforme. Defeito notado pela maioria dos clientes.	4
Menor	Itens: Forma e acabamento não conforme. Defeito notado por alguns clientes.	3
Muito menor	Itens: Forma e acabamento não conforme. Defeito notado por clientes acurados.	2
Nenhum	Sem efeito	1

13. Classificação de características críticas;
14. Identificação das causas e mecanismos potenciais de falhas;
15. Identificação da Ocorrência (O) (Tabela 2);

Tabela 2- Tabela de Ocorrência de falhas (Pedrosa 2014).

Efeito	Taxas de falha possíveis (número de horas)	Cpk	Índice (O)
Muito alta: A falha é quase inevitável	≥ 1 em 2	$\geq 0,33$	10
	≥ 1 em 3		9
Alta: Geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas frequentes	1 em 8	$\geq 0,51$	8
	1 em 20	$\geq 0,67$	7
Moderada: Geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas ocasionais, mas não em maiores proporções	1 em 80	$\geq 0,83$	6
	1 em 400	$\geq 1,00$	5
	1 em 2000	$\geq 1,17$	4
Baixa: Associada a processos similares que apresentaram poucas falhas	1 em 15000	$\geq 1,33$	3
Muito baixa: Associada a processos quase idênticos que apresentaram apenas falhas isoladas	1 em 150000	$\geq 1,50$	2
Improvável: Falha é improvável. Processos quase idênticos nunca apresentaram falhas	≤ 1 em 1500000	$\geq 1,67$	1

16. Identificação dos controlos atuais do processo;
17. Identificação da Detecção (D) (Tabela 3);

Tabela 3- Tabela dos Índices de Detecção (Pedrosa 2014).

Detecção	Critério (Probabilidade de Detecção pelo Controlo de Projeto/Processo)	Índice de Detecção
Quase Impossível	Não é conhecido controlo disponível para detetar o modo de falha.	10
Muito remota	Probabilidade muito remota de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	9
Remota	Probabilidade remota de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	8
Muito baixa	Probabilidade muito baixa de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	7
Baixa	Probabilidade baixa de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	6
Moderada	Possibilidade moderada que o Controle de Projeto irá detetar um causal mecanismo potencial e subsequente modo de falha.	5
Moderadamente alta	Probabilidade moderadamente alta de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	4
Alta	Probabilidade alta de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	3
Muito alta	Probabilidade muito alta de que o controlo atual irá detetar o modo de falha.	2
Quase certamente	Controlo atual quase certamente irá detetar o modo de falha. A confiança nos controlos de deteção é conhecida em processos similares.	1

18. Obtenção do Número Prioritário de Risco (NPR);
19. Definição das ações recomendadas;
20. Definição do responsável e do prazo;
21. Implementação das ações corretivas definidas;
22. Obtenção do NPR final (Moura 2000).

Relativamente ao Número Prioritário de Risco (NPR), este valor é obtido a partir da multiplicação entre a Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D): $NPR=S \cdot O \cdot D$.

A Severidade representa a magnitude da falha no sistema, de modo a quantificar as consequências com um elevado risco de ocorrência. A Ocorrência (O) é a probabilidade de a falha acontecer e a Detecção (D) a probabilidade inversa de detetar a falha antes que esta aconteça (Baghbani 2019).

O valor do NPR varia entre 1 e 1000, sendo que, quanto maior for este valor, maior é a importância do modo de falha, aumentando, assim, a sua prioridade de resolução (Baghbani 2019).

No que diz respeito ao *Reverse Process Failure Mode and Effect Analysis* (RPFMEA), este processo é responsável pela melhoria contínua do PFMEA. Para tal, as equipas associadas ao RPFMEA, fazem uma verificação constante dos modos de falhas nos processos. Ademais, faz-se o diagnóstico da situação atual do processo, efetuam-se testes de eficiência, analisam-se os resultados e por fim atualiza-se e define-se o novo PFMEA (SNECI 2018). Um exemplo de modos de falha e de um PFMEA está presente no Anexo A.

2.6 Poka Yoke

A *Poka Yoke* é um termo japonês para “à prova de erros”. É um mecanismo que ajuda um operador na linha de produção a evitar erros ou defeitos. Deste modo, a *Poka Yoke* é muito utilizada no início dos turnos de produção para garantir que os processos estão a funcionar como expectável (Saurin 2010).

Podem ser utilizados três tipos diferentes de *Poka Yoke*: uma física para prevenir fluxos de massa, energia ou informação, uma funcional que é ligada ou desligada mediante um acontecimento independente da interpretação do operador, como por exemplo um cadeado ou uma *password* e uma simbólica que é utilizada quando é necessária interpretação e que se mantém fisicamente presente, como por exemplo um sinal de segurança (Saurin 2010).

3 Projeto HJB- análise do processo

Neste capítulo é realizada a descrição do processo inerente ao projeto HJB da Faurecia.

O projeto HJB é a designação utilizada para a construção da estrutura dos Assentos Traseiros da segunda geração do *Renault Captur* (Figura 33). Este processo é constituído por um total de 17 postos diferentes, sendo que 16 são postos principais representados pela letra K e um auxiliar representado por M9.03. Produz aproximadamente 1200 Assentos Traseiros e 1200 Encostos Traseiros por dia (entre 380 a 450 por turno).



Figura 33- Assento Traseiro HJB *Renault Captur* (Faurecia(b), 2020)

Todo o processo foi observado e avaliado nas suas 2 secções:

- Secção para os Encostos Traseiros (ET);
- Secção para os Assentos Traseiros (AT).

De modo a facilitar a análise do projeto HJB, um resumo do procedimento de fabricação dos Assentos está demonstrado nas figuras 34 e 35.

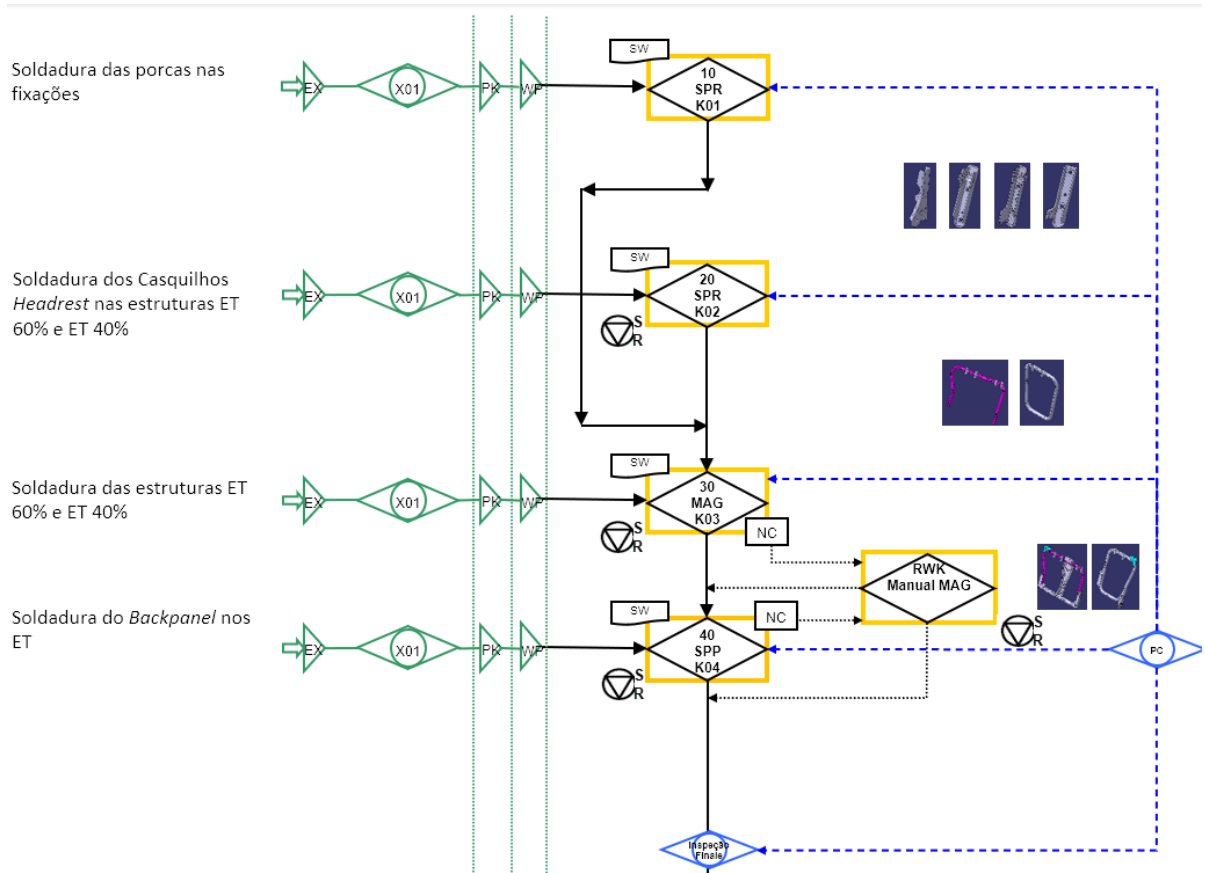


Figura 34- Procedimento de fabricação dos ET

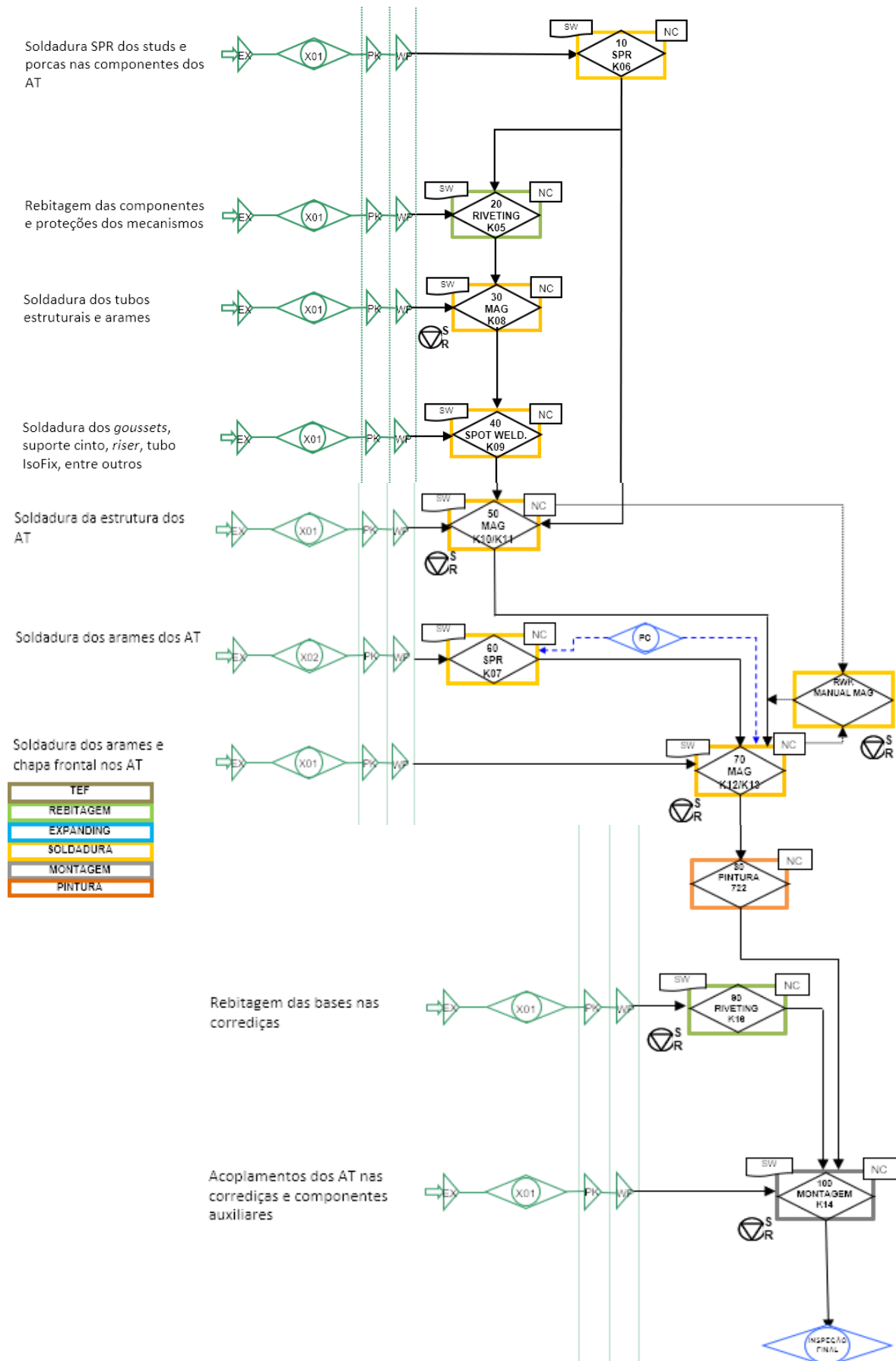


Figura 35- Procedimento de fabricação dos ET

3.1 Processo de Produção ET

A secção dos ET é composta por 4 postos principais e um posto auxiliar, sendo responsável pela produção dos dois encostos traseiros dos *Renault Captur*, sendo que, o encosto traseiro de maior secção é o ET 60% e o encosto traseiro de menor secção é o ET 40% (Figura 36).

No posto auxiliar M9.03 é realizada a união entre o esqueleto central e um *stud* (perno com cabeça para soldadura) sinalizados na figura 36, com PW (*projection welding*). Esta união é utilizada no ET 60% para lhe aumentar a rigidez e permitir o encaixe de um suporte de cinto.

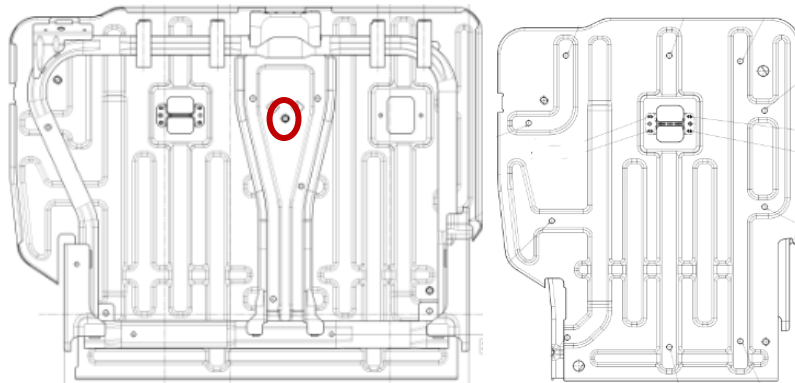


Figura 36- ET 60% e ET 40% respetivamente (Faurecia(b), Synoptique de Fabrication et de Contrôle 2020)

Relativamente aos postos principais, no posto K01, por PW, é feita a junção de 6 porcas cilíndricas M10 e uma porca quadrada M8 às 4 fixações (*Goussets*) que compõem os ET (Figura 37). A máquina, composta por 4 cilindros pneumáticos, faz a movimentação necessária para soldar as porcas às fixações, as quais, por sua vez, permitem o acoplamento dos encostos aos assentos.

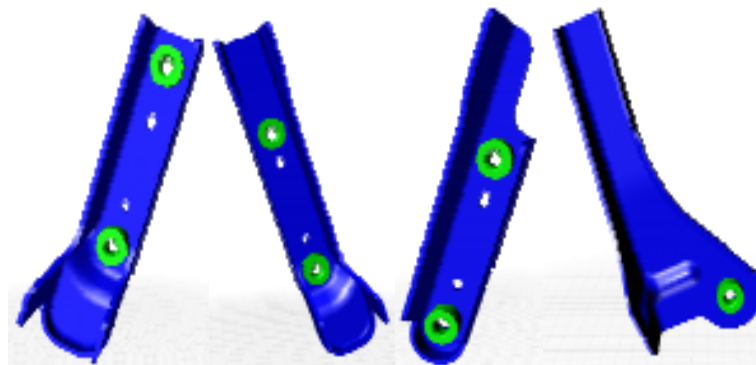


Figura 37- Representação da posição das porcas nos *Goussets* (Faurecia(b) 2020)

O posto K02, muito semelhante à ferramenta anterior, é responsável por soldar os casquilhos *headrest* nas estruturas ET 60% e ET 40% (Figura 38).

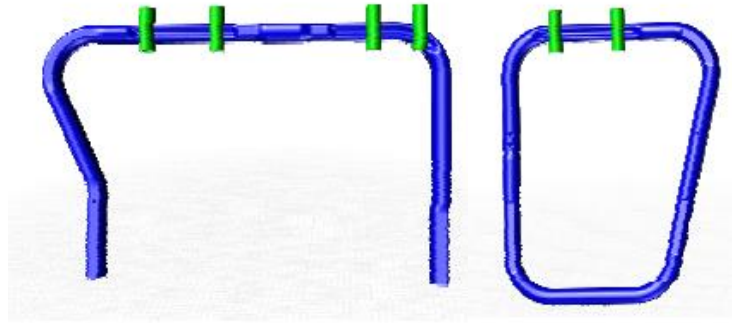


Figura 38-Representação da posição dos casquilhos *Headrest* no ET 60% e no ET 40%, respetivamente (Faurecia(b) 2020)

No posto K03, a partir da soldadura MAG são acopladas as componentes anteriormente mencionadas com as presentes neste posto. Ou seja, no ET 60% realiza-se a soldadura das fixações (*Goussets*), do tubo *ISOFix*, do esqueleto central, do suporte de comando do cabo e da guia do cinto, como se pode visualizar na Figura 39.

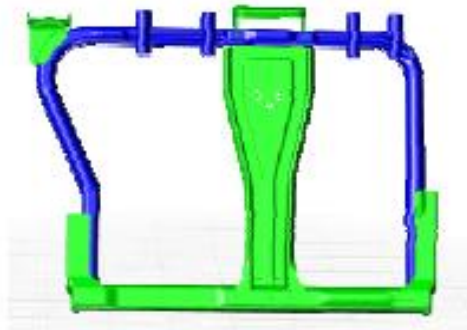


Figura 39- Representação do ET 60% e das componentes soldadas no posto K03 (Faurecia(b) 2020)

No ET 40% o processo é mais simples. São soldados os restantes *Goussets* e o suporte de comando do cabo (Figura 40).

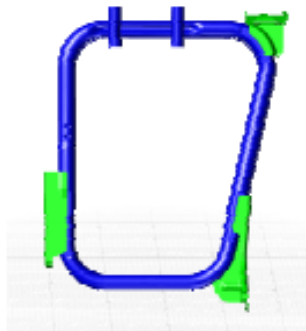


Figura 40- Representação ET 40% das componentes soldadas no K03 (Faurecia(b) 2020)

Após verificação visual de todas as componentes mencionadas anteriormente, faz-se a junção dos *backpanel* e do suporte a partir de RSW no último posto desta secção (K04) (Figura 41).

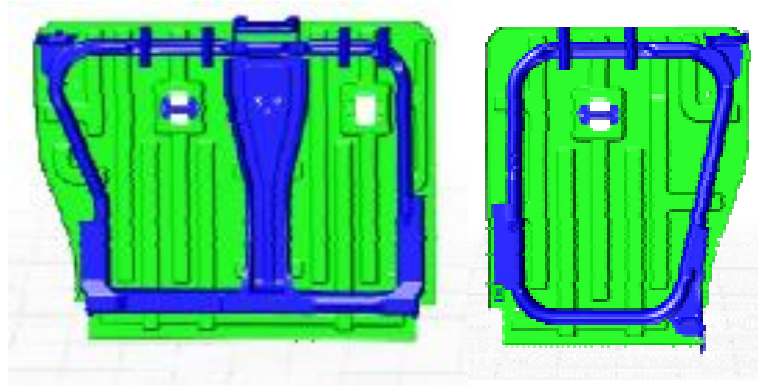


Figura 41-Acoplamento do *Backpanel* nos ET no posto K04 (Faurecia(b) 2020)

O último passo desta secção passa pela impressão das etiquetas de identificação com requisitos de despacho.

3.2 Processo de Produção AT

O processo de produção dos Assentos Traseiros (AT) é mais complexo (Figura 42) e é composto por 12 postos. Os postos estão divididos em 3 secções:

- Secção preparatória composta por 4 postos;
- Secção de soldadura composta por 6 postos;
- Secção de montagem composta por 2 postos.

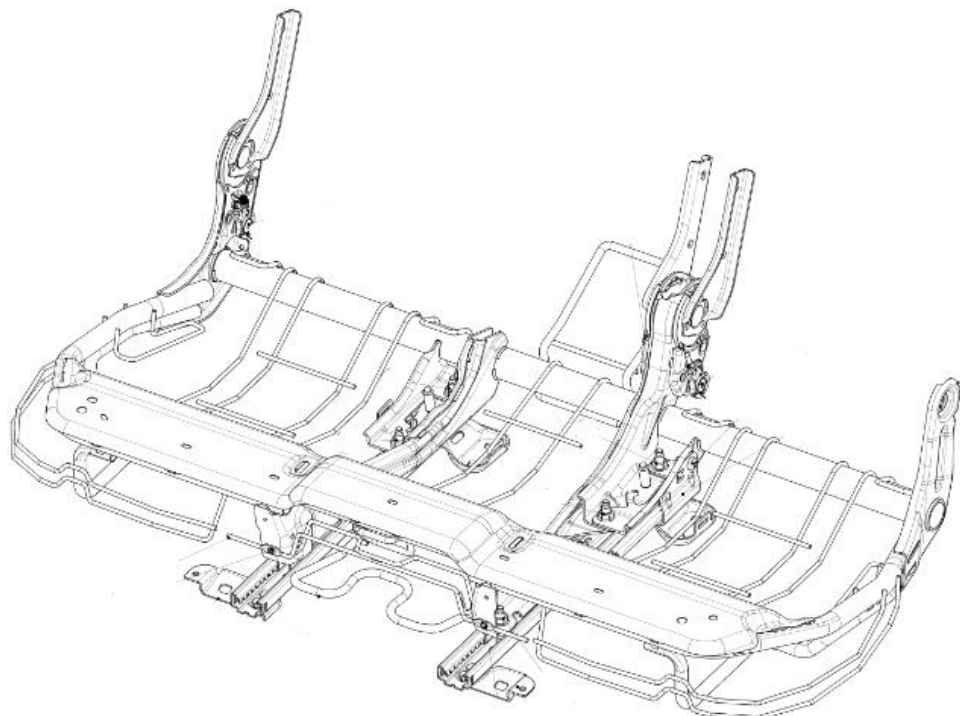


Figura 42- Assento Traseiro ICE/ADR

3.2.1 Secção Preparatória

A secção preparatória, tem como primeira referência o posto K16 (Figura 43), no qual se realiza a rebitagem por prensa das bases das corrediças (Figura 44). Para isso são utilizados 4 rebites. Ademais é acoplado o *palonier*, sendo esta a componente responsável por desbloquear as corrediças, indicado para as referências ICE/ADR ou PHEV.

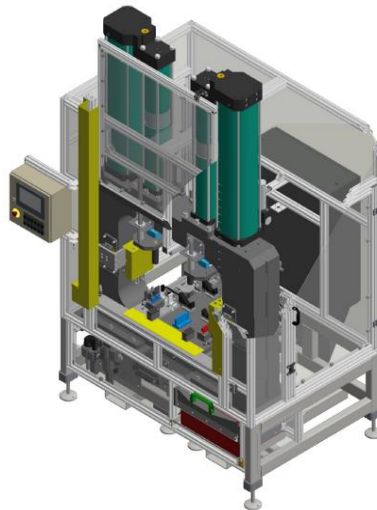


Figura 43- Ferramenta de rebitagem do posto K16



Figura 44- Rebitagem das bases das corrediças (Faurecia(b) 2020)

O posto seguinte, K06 é, responsável pela PW dos *studs* e de duas porcas M10 nas quatro componentes representadas na Figura 45.



Figura 45-Representação das posições das porcas nos *Goussets* (duas imagens à esquerda), suporte de cinto (central) e *Riser* (direita) (Faurecia(b) 2020)

A ferramenta do posto K05 é a mais elaborada desta secção e, até, de todo o processo. Esta realiza a rebitagem dos componentes do mecanismo que permite a mobilidade dos encostos. A ferramenta está representada na Figura 46 é constituída por uma base rotativa com 4 divisões.

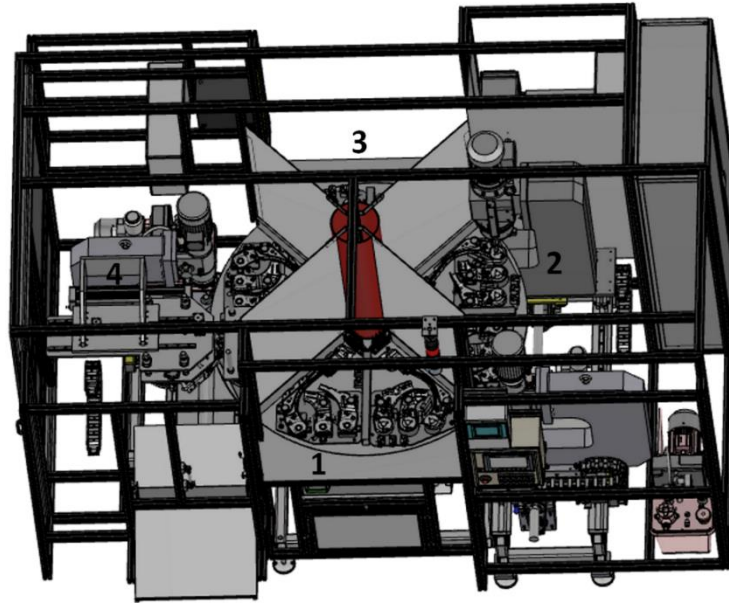


Figura 46- Ferramenta do posto K05 (Faurecia(b) 2020)

A primeira divisão começa por colocar os rebites na ferramenta e, de seguida os três discos de rotação, do *Gousset*, do suporte de cinto e do *Riser*. Nesta divisão são colocados os rebites e os trancadores para serem rebitados na quarta divisão.

Na segunda divisão, a partir de uma ferramenta de rebitagem orbital, rebitam-se os discos e os rebites dos trancadores às peças. A Figura 47 representa o *Gousset*, o suporte de cinto e o *Riser* com os discos rebitados.

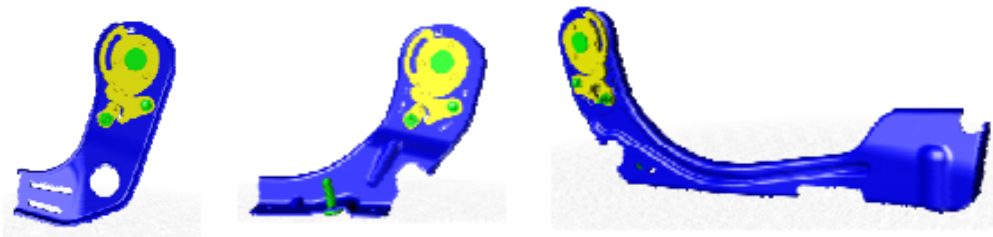


Figura 47- Representação da rebitagem dos discos e dos rebites no *Gousset* (esquerda), suporte de cinto (central) e *Riser* (direita)(Faurecia(b) 2020)

Na terceira divisão, manualmente, um operador inverte a face das peças para colocar os 2 trancadores e as caixas de proteção por peça (Figura 48).

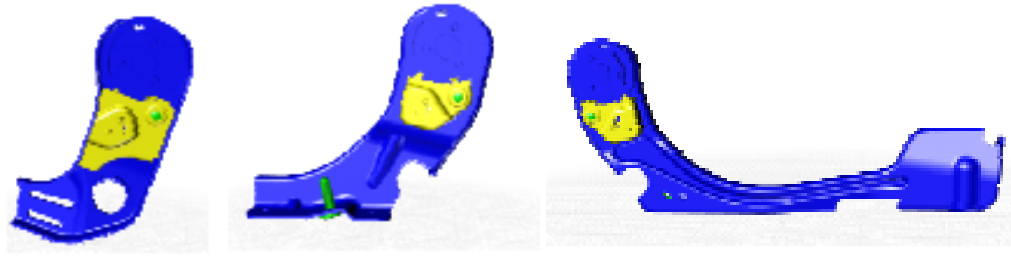


Figura 48-Representação das caixas rebitadas no *Gousset* (esquerda), suporte de cinto (central) e *Riser* (direita) (Faurecia(b) 2020)

Por fim, é na quarta divisão da máquina, que é feita a rebitagem das caixas e dos trancadores (Figura 49). Um braço mecânico finaliza o processo, transferindo as peças para um tapete rolante até à zona de soldadura.



Figura 49-Rebitagem dos pinos nos trancadores (Faurecia(b) 2020)

O último posto da secção preparatória é o posto K07, onde é realizada a PW dos arames dos assentos (Figura 50).

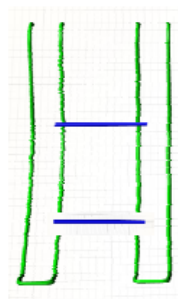


Figura 50- PW dos arames do assento (Faurecia(b) 2020)

3.2.2 Secção de Soldadura

Finalizada a preparação dos componentes, estes avançam para a secção de soldadura. Esta é composta por 6 postos em que dois são duplicados para garantir a redução do tempo de ciclo, como será esclarecido no seguimento deste capítulo.

Nesta secção define-se, igualmente, qual a referência do produto que irá ser utilizada. Essas referências são:

- PHEV- *Plug-In Hybrid Electric Vehicle*;
- ICE- *Internal Combustion Engine*;
- ADR- *Australian Design Rules*.

O primeiro posto de soldadura, denominado de K08 é constituído por uma mesa rotativa para ser feita a inserção dos componentes com o processo de soldadura a decorrer. Este posto funciona com o auxílio de 3 *robots*. Ainda neste posto é dada a junção dos *Goussets*, do suporte de cinto e do *Riser* com os tubos que fazem parte do formato do assento e ainda com as componentes que ligam os assentos aos encostos (Figura 51). Neste posto, a referência ICE e PHEV utilizam o mesmo tipo de tubo, enquanto o ADR utiliza um tubo de maior diâmetro.

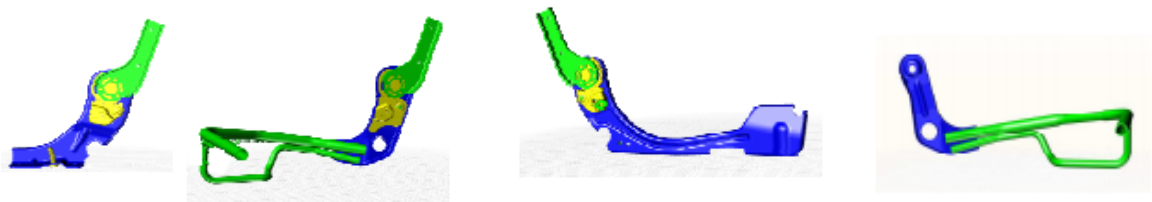


Figura 51- Representação das componentes soldadas no posto K08 (Faurecia(b) 2020)

No posto seguinte, posto K09, por RSW, são soldados os arames laterais do AT nos tubos dos *Goussets* (Figura 52).

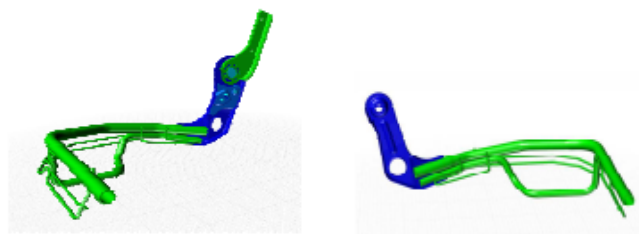


Figura 52- Representação posição arames no *Gousset* (Faurecia(b) 2020)

O processo prossegue com a soldadura do conjunto completo (Figura 53). Ou seja, soldam-se as componentes que formam o AT, como também o *Strap wire* indicado para cada referência. Existem 2 tipos de *Strap wire*, sendo que o ICE e o ADR levam um tipo do *Strap wire* e o PHEV leva outro. Devido ao elevado tempo de execução do processo de soldadura dos cordões, são necessários 2 postos (K10 e K11) para aumentar a velocidade e o fluxo do processo.

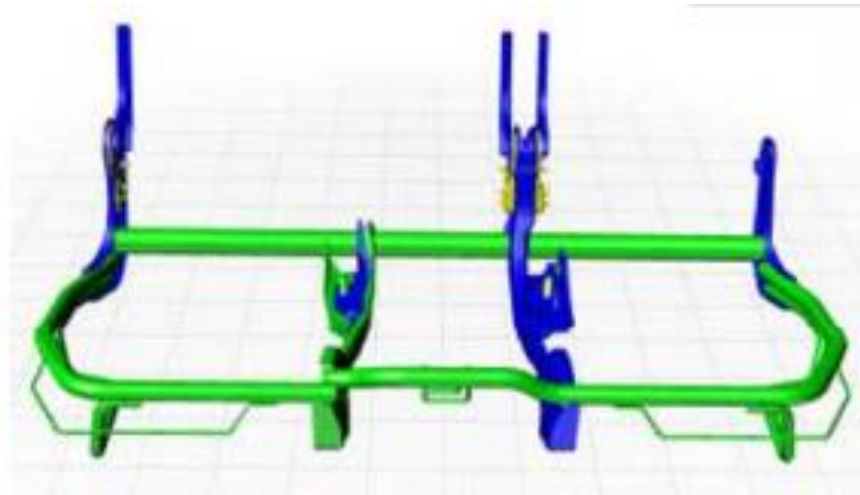


Figura 53- Representação da soldadura da estrutura final do AT (Faurecia(b) 2020)

Nos últimos dois postos (K12 e K13), solda-se a chapa frontal, os arames de fixação e acrescentam-se as molas das polias. A grande variação de componentes neste posto resulta pelo facto do ICE e o ADR utilizarem o *glider* e o PHEV não. A Figura 54 demonstra um exemplo ICE.

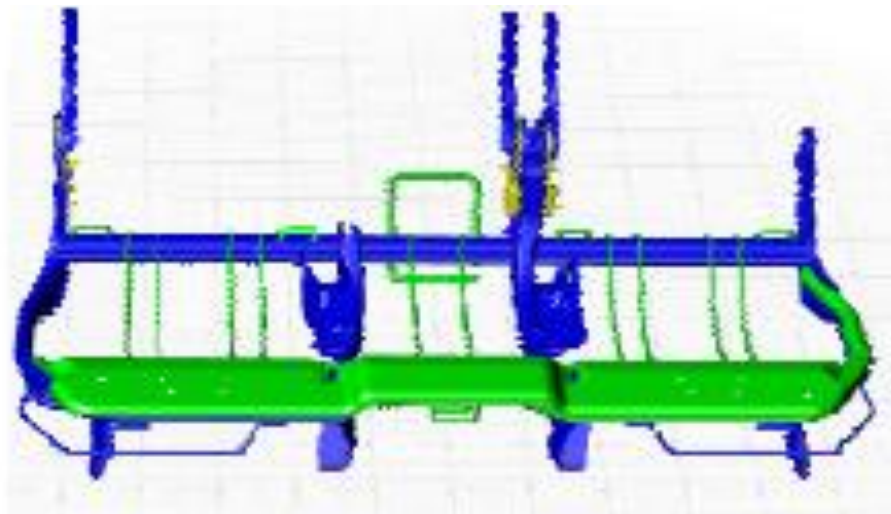


Figura 54-Soldadura das componentes auxiliares do AT ICE (Faurecia(b) 2020)

Dada por terminada a produção do AT, este passa para uma zona onde é feita a verificação visual de todos os cordões de soldadura. De seguida, o assento é transportado para a pintura.

3.2.3 Secção de Montagem

Após pintura do Assento Traseiro (AT), segue-se o acoplamento das corredeiras, do *anti-burst* e das polias de mobilidade dos ET. Estas ações são realizadas manualmente no posto K14 e de forma automática no posto K15.

O processo de acoplamento das corredeiras é automático e realizado por um *robot* KUKA. Este faz o aperto de quatro porcas M10, utilizando uma aparafusadora vertical. Realiza igualmente os apertos das duas porcas frontais do AT utilizando uma aparafusadora horizontal.

O *anti-burst*, sistema de segurança em caso de falha dos outros sistemas, é feito manualmente no posto K14 através de duas aparafusadoras.

De forma manual, são acrescentadas ainda três polias neste posto. Estas permitem o movimento do mecanismo da mobilidade do ET, feito com o auxílio de uma aparafusadora vertical, finalizando o AT. A Figura 55 ilustra o AT com as corredeiras, o *anti-burst* e as polias.

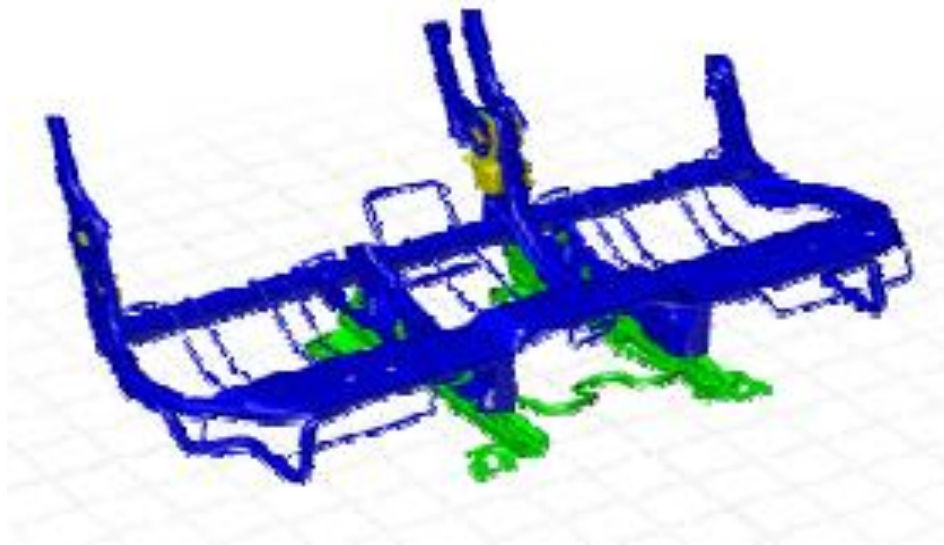


Figura 55- Acoplamento das corredeiras, *anti-burst* e polias do mecanismo (Faurecia(b) 2020)

No final da linha do posto K14, o AT é retirado para o muro das verificações finais e são colocadas as corredeiras na palete para que esta reentre na linha de montagem.

4 Identificação dos problemas

Neste capítulo vão ser abordados os problemas detetados nas duas linhas de produção referentes ao projeto HJB.

Após análise exaustiva foram identificados os seguintes problemas:

- Método não existente para validar as aparafusadoras da linha de montagem;
- Posicionamento não adequado da linha de montagem e de alguns postos;
- Salpicos no mecanismo;
- *Strap wires* dessoldados;
- Casquilhos trocados nas estruturas dos ET;
- Material indesejado nas corrediças na linha de montagem.

4.1 Método para a validação das aparafusadoras

A primeira necessidade identificada prende-se com a validação das aparafusadoras da linha de montagem dos Assentos Traseiros (linha dos AT discutida no capítulo 3), onde são utilizadas 5 aparafusadoras (Figura 56). Estas são responsáveis pelo correto acoplamento do assento às corrediças, o aperto das chapas do *anti-burst* e o aperto das três polias do mecanismo.



Figura 56- Exemplo de uma aparafusadora (Dessoutter 2020)

O primeiro posto em que existe aparafusamento, é constituído por um *robot* KUKA. Devido à posição das porcas, é necessário utilizar duas aparafusadoras. Uma delas vertical que é responsável pelo aperto de quatro porcas M10 e outra horizontal responsável pelo aperto das duas porcas na parte frontal do assento. A necessidade desta última aparafusadora, deve-se ao facto do espaço disponível para a trajetória do *robot*, ser extremamente reduzida.

A validação das aparafusadoras tem de realizada de acordo com a norma interna da Faurecia: “FST-SPSX-0001”. Esta norma define que para se validar uma aparafusadora são necessárias 30 medições realizadas de acordo com o esquema identificado na Figura 54. Uma medição é obtida, quando se aplica o binário final de aperto, onde o transdutor transmite um

sinal para o controlador com o valor medido. Este transdutor de binário (Figura 58) é posicionado como ilustrado na Figura 57 entre a parafusadora e a ferramenta de aperto.

Também é indicado na norma que cada parafuso ou porca não pode ser sujeito a mais de 3 apertos, pois pode afetar a integridade dos parafusos ou porcas. Por estes últimos motivos, a norma também indica que para se validar as aparafusadoras não pode ser utilizado o produto, pois pode afetar essa mesma integridade.

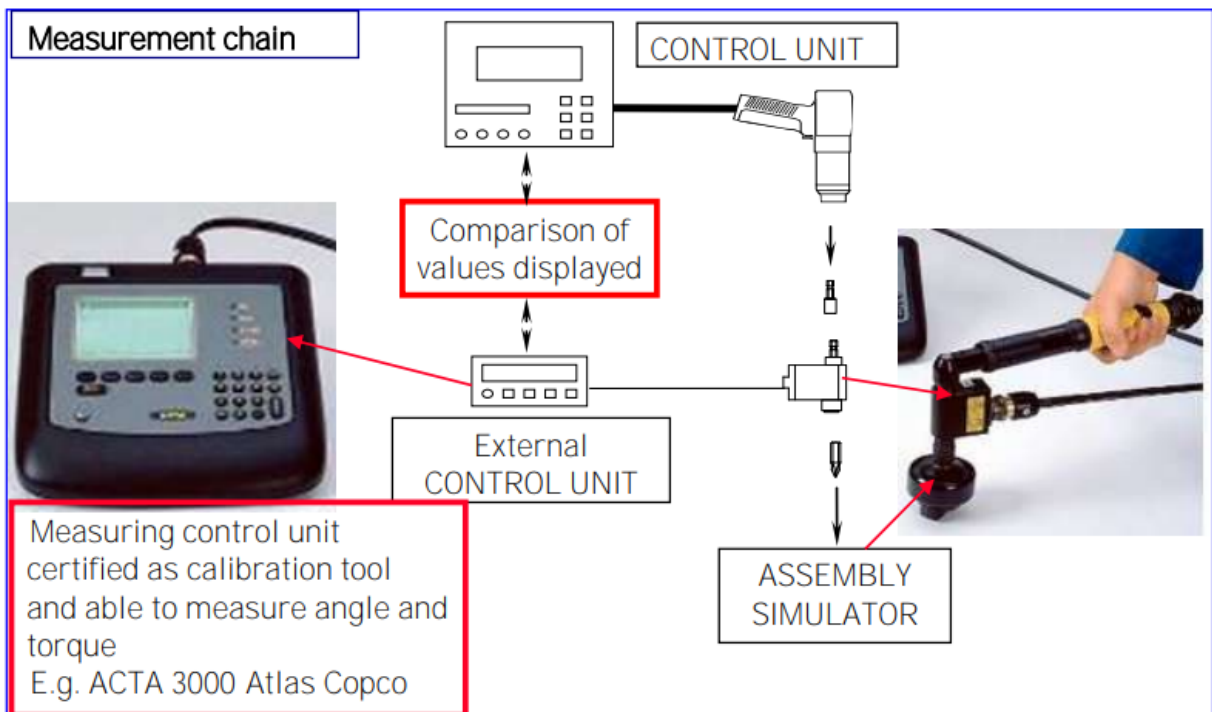


Figura 57- Sistema de validação Ferramentas (Faurecia(a), FST-S-PSX-0001/en 2020)

De acordo o ponto 1.4.1 da referida norma é necessário utilizar uma unidade de controlo certificada que permita a medição de ângulo e binário. Geralmente utiliza-se o ACTA 3000 Atlas Copco como a unidade de controlo e o transdutor de binário IRTT-B Atlas Copco (Figura 58).



Figura 58- Exemplo de um Transdutor Atlas Copco

4.2 Posicionamento da linha de montagem e dos postos

O posicionamento de uma linha de montagem ou de um posto de trabalho se não for revisto de forma contínua, pode vir a ser um problema. Por sua vez, pode afetar tanto, positiva, como, negativamente o fluxo do processo de uma linha de produção.

Para ser possível controlar o efeito deste posicionamento é essencial uma análise constante da linha de produção. Esta análise consiste na deteção de quaisquer tipos de movimentações, na linha de produção que não sejam ideais. Estas movimentações podem advir de manipuladores robóticos, operadores na linha e nos postos, entre outros.

A disposição geral de um projeto, denominado *layout*, é uma das áreas que tem mais tendência para sofrer alterações, pois cada vez que uma máquina ou ferramenta é otimizada ou implementada, o *layout* também se altera de forma a acompanhar essa otimização. Para além do tempo necessário à mudança, é também essencial ter em conta as regras de ergonomia da empresa.

Na FAA METAL o limite de peso que pode ser levantado por um operador é de 12kg, valor que coincide com as normas de ergonomia da empresa. Ao longo destes últimos anos, o projeto HJB sofreu algumas alterações que permitiram tornar o fluxo mais eficiente. A mudança mais significativa que ocorreu na secção de preparatórias dos AT, foi a alteração da posição do posto K05, que faz a alimentação direta do posto K08 (Figura 59). Esta alteração consistiu numa rotação de 90° permitindo assim, a implementação de um tapete rolante, de modo a facilitar a alimentação das componentes. As Figuras 59 e 60 representam o *layout* dos AT's e dos ET's, respetivamente.

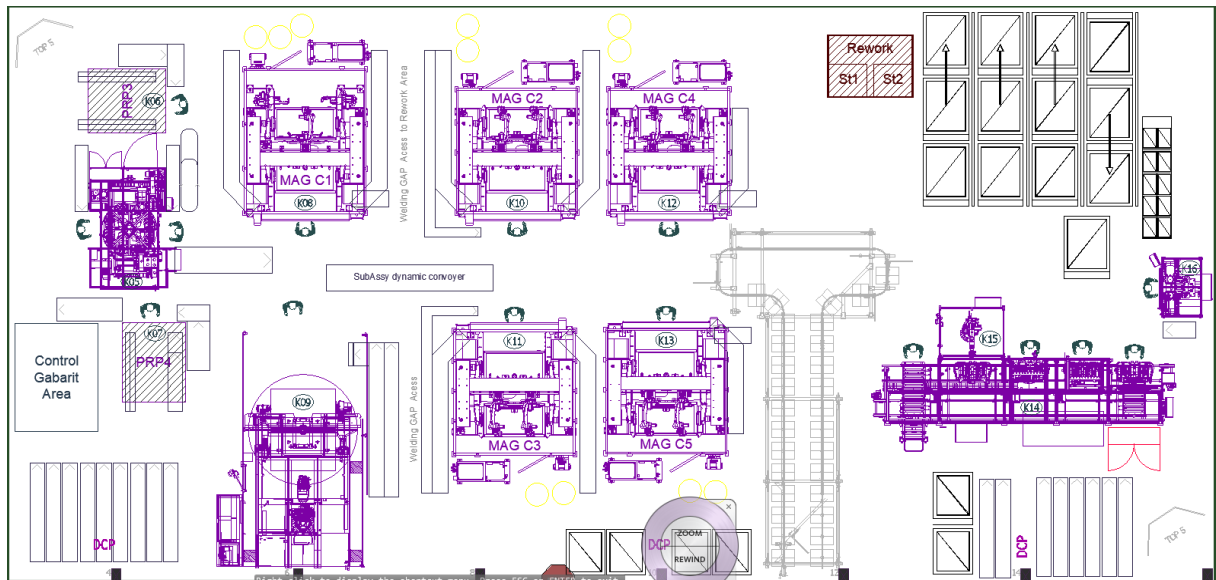


Figura 59-Layout atual da secção dos AT

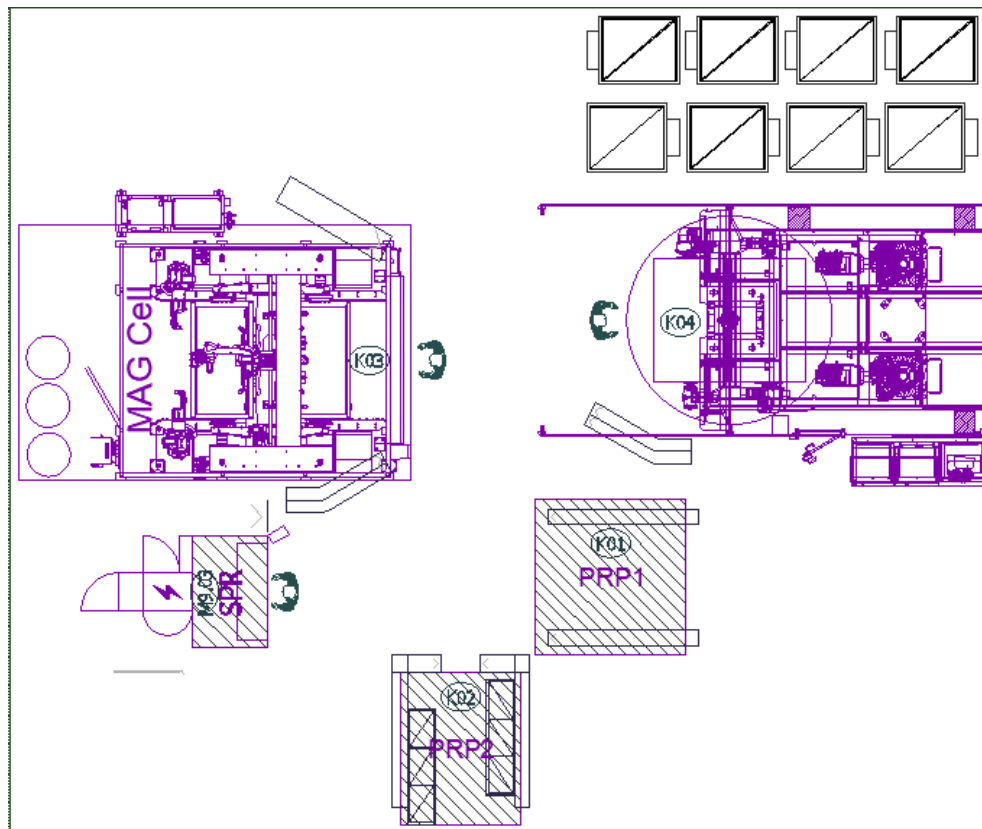


Figura 60-Layout atual da secção dos ET

No que diz respeito aos AT, o processo encontra-se dividido na secção de preparatórias, de soldadura e de montagem. Apesar de já se terem verificado mudanças positivas na secção das preparatórias, é notório que ainda existe margem para melhoria, tanto na soldadura, como na montagem.

Após análise, é necessária uma solução que acompanhe as novas alterações que irão ser feitas, de modo a otimizar o layout da secção dos AT do projeto HJB.

4.3 Salpicos no Mecanismo

Os salpicos, também conhecidos por gotas de material derretido, que surgem no mecanismo responsável pela mobilidade dos ET, tem sido um dos maiores problemas no projeto HJB.

No caso de se verificar salpicos no sistema, estes podem provocar o encravamento do mecanismo. Um exemplo do mecanismo é representado na Figura 61, que como mencionado no capítulo 3, este é constituído por dois trancadores e um disco.



Figura 61- Mecanismo dos AT

Neste projeto, o aparecimento de salpicos no mecanismo é uma das situações que tem causado mais preocupações. As análises mais recentes demonstram que cerca de 65% dos Assentos Traseiros aparecem com salpicos em diversas zonas, sendo estas: face lateral do disco do mecanismo (Figura 62) e zona entre os dois trancadores que efetuam o trancamento da peça (Figura 63).



Figura 62- Salpico na face lateral do disco



Figura 63- Demonstração de um salpico num dos trancadores

A peça que é mais afetada com o aparecimento dos salpicos é a do *Gousset* que faz o recolher do ET 60%, juntamente com o mecanismo do *Riser*. O facto desta peça ser a mais afetada pode ser explicado pelo facto de a caixa ser diferente das outras duas.

Cada caixa representada na Figura 64 é fixada por 3 cordões de soldadura, o que perfaz um total de 9 cordões que são soldados em 5 postos diferentes.

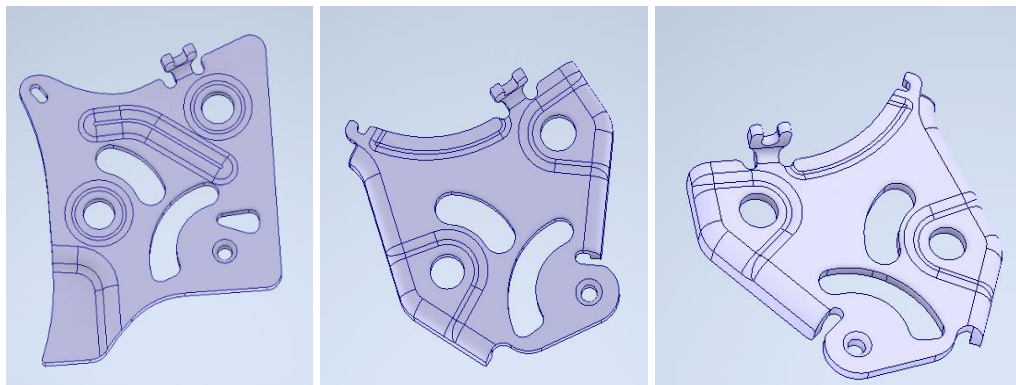


Figura 64- Caixas de Proteção *Gousset* (esquerda), suporte de cinto (central) e *Riser* (direita)

Esses postos são:

- O posto K08 é responsável pela soldadura de 29 cordões, em que 3 são da caixa do *Gousset*;
- Os postos K10 e K11 são responsáveis pela soldadura de 33 cordões, em que um é o cordão frontal das caixas do *Riser* e um outro do suporte de cinto;
- Os postos K12 e K13 são responsáveis pela soldadura de 20 cordões, em que dois são os cordões traseiros do *Riser* e do suporte do cinto.

É assim evidente, que cada posto solda um elevado número de cordões, todos muito próximos das caixas. Deste modo, o efeito das proteções das mesmas é dificultado.

Relembrando o capítulo 2.3, alguns parâmetros têm influência na geração de salpicos, tais como, a indutância, a velocidade, o posicionamento da tocha, entre outros. Para tentar colmatar este problema do aparecimento dos salpicos, alteraram-se estes parâmetros. Esta tentativa permitiu a redução de alguns salpicos, no entanto, a qualidade de alguns cordões foi posta em causa. Para além disso, tentou-se também alterar as proteções das peças nesse sentido. Contudo, devido às aberturas necessárias para a soldadura dos cordões nas caixas, o problema persistiu. Foi também retirada a conclusão que o problema persistiu também devido ao posicionamento das peças na ferramenta.

Elaborou-se ainda uma outra tentativa para prevenir o aparecimento de salpicos, sendo esta, a aplicação de massa no interior das caixas de proteção. Esta aplicação teve de ser feita de forma a proteger todas as zonas por onde pudessem entrar salpicos. A Figura 65 demonstra nos três tipos de caixa, a posição ideal da massa.



Figura 65-Aplicação de massa nas caixas de proteção

Mesmo com a realização de várias tentativas de mudança, apenas uma apresentou resultados positivos: solução de aplicar massa nas caixas de proteção. A aplicação da massa nas caixas de proteção provou ser válida, uma vez que os resultados demonstraram que no lote das 30 peças testadas, apenas uma foi detetada com salpicos. Apesar deste ponto positivo, este método implicaria a introdução de um novo operador ou de uma ferramenta automatizada, para aplicar a massa nas caixas de proteção. Durante a fase de testes, o tempo necessário para colocar a massa nas 30 peças, foi de 2 horas. Consequentemente, esta solução foi recusada por ter um tempo muito elevado de preparação e por ser necessário um novo operador.

4.4 Strap wire dessoldado

No processo de fabrico foi identificado um defeito frequente associado à soldadura dos *Strap wires*. O *Strap wire* é a componente responsável pela movimentação dos assentos a partir da mala do veículo. Os postos K10 e K11 são responsáveis pela soldadura do *Strap wire* ao tubo central a partir de 2 cordões. A Figura 66 representa a soldadura do *Strap wire* relativamente à referência ICE/ADR e a Figura 67 representa a soldadura relativamente ao PHEV.

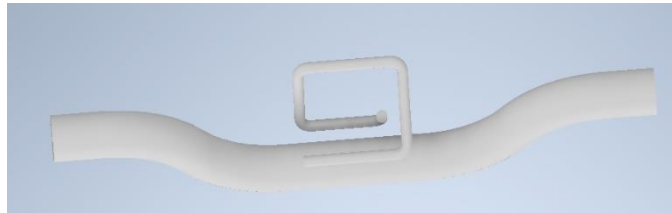


Figura 66- Tubo central com *Strap wire* ICE/ADR

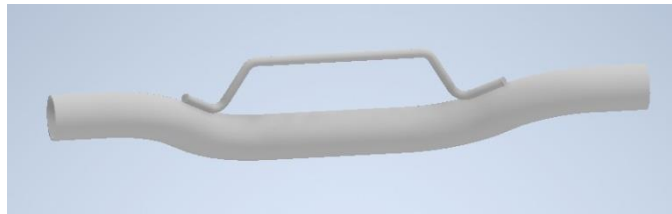


Figura 67- Tubo central com o *Strap wire* PHEV

Diversas ocorrências relataram que o Assento Traseiro ao sair do posto, vinha com esta componente dessoldada, com cordões desviados ou soldado na posição incorreta. Esta ocorrência é estudada pela possibilidade de poder ser resolvida partilhando a mesma solução que será apresentada para os salpicos no mecanismo.

A Figura 68 demonstra uma situação onde os cordões no *Strap wire* foram soldados na posição incorreta, impedindo que a união ao tubo fosse suficientemente resistente.



Figura 68- Exemplo de um *Strap wire* dessoldado

Consequentemente, esses cordões cederam, o que podia implicar que o Assento Traseiro fosse entregue ao cliente com uma componente em falta.

4.5 Casquilhos *Headrest* dos ET

Na análise efetuada ao processo de fabrico foi identificado que o controlo do posicionamento dos casquilhos tinha de ser otimizado.

Os casquilhos *Headrest* do posto K02 são as componentes que permitem ao cliente fixar o encosto de cabeça. Deste modo, o ET 60% tem na sua estrutura 2 pares de casquilhos, enquanto o ET 40% possui apenas um par.

Cada par é constituído por dois casquilhos de diâmetro e comprimento igual, variando apenas nas aberturas da zona superior de cada casquilho, como ilustrado na Figura 69. Estas aberturas servem de guias para o correto posicionamento do encosto de cabeça.



Figura 69- Casquilhos *Headrest* do posto K02

A ferramenta tem, por sua vez, de ter batentes com o formato dessas aberturas, de forma a que se passe a encaixar os casquilhos corretamente, como demonstrado na Figura 70.

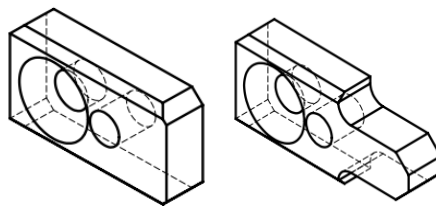


Figura 70- Batentes dos casquilhos do posto K02

A Figura 71 representa a ferramenta com os batentes e casquilhos bem posicionados.



Figura 71- Exemplo dos casquilhos nas respetivas posições

A Figura 72 identifica a posição dos 3 pares de casquilhos na ferramenta.

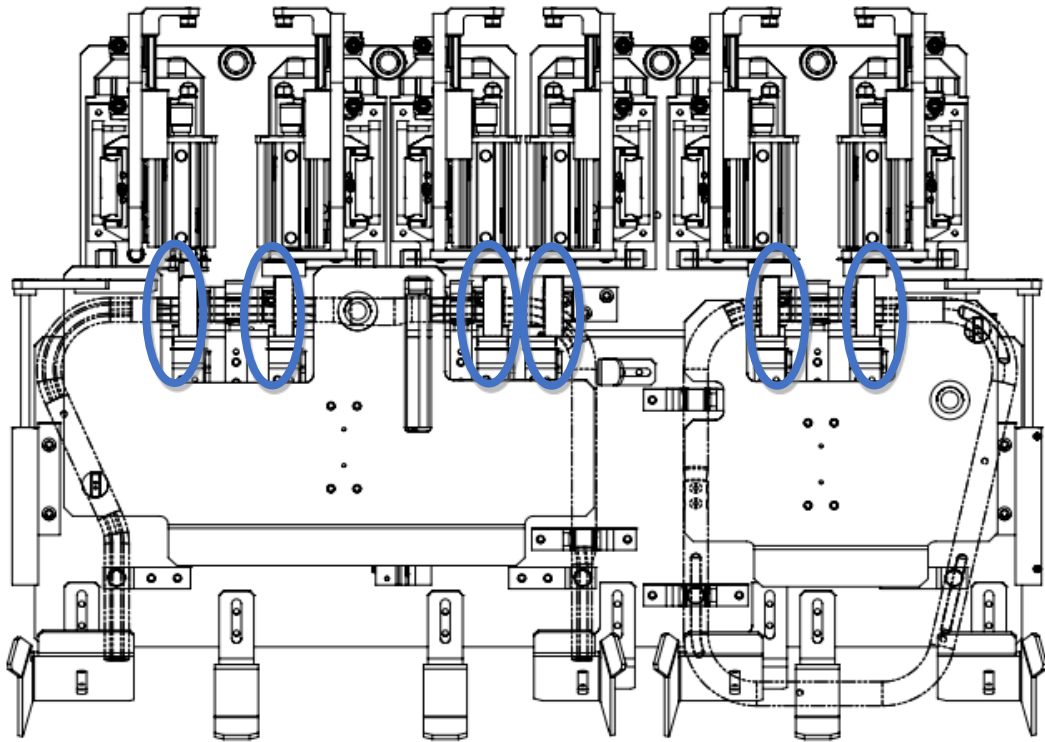


Figura 72- Representação da posição dos casquilhos do K02

Um dos problemas mais reportados pelo cliente relativamente a estes casquilhos, é a existência de casquilhos trocados de posição, tornando-se, assim, impossível para o cliente encaixar o suporte para a cabeça corretamente. A Figura 73 representa o correto posicionamento dos casquilhos no ET 40%.



Figura 73- Posição correta dos casquilhos no ET 40%

Para além da questão relativa aos batentes, é necessário garantir que o casquilho esteja corretamente encostado na ferramenta. Para tal, existia um sensor laser fixado na base da mesa da ferramenta, onde o feixe de luz produzido por esse estava alinhado com as pontas dos casquilhos. Esse alinhamento era feito nas pontas dos casquilhos, sendo que, se estes se movessem cortavam o feixe de luz. Consequentemente, o sensor reportava ao programa um erro, impedindo o avanço do processo. Este sensor laser estava fixado por um suporte de forma a permitir movimentação nos três eixos e respetiva rotação. Eram criadas vibrações no suporte do sensor aquando da movimentação da mesa, provocando ao longo do tempo deslocamentos do mesmo. Ademais, o campo magnético formado pela ferramenta também afetava negativamente o suporte do sensor.

O sensor laser, destinado a fazer a medição de posição dos casquilhos, devido a essa deslocação, começou por não conseguir fazê-lo, uma vez que o feixe não era cortado com um casquilho na posição errada (Figura 74).



Figura 74- Casquilho rodado e na posição errada.

Contudo, apesar da estrutura do laser ter afinação nos 3 eixos e no ângulo, permitindo, assim, um maior grau de afinação, também aumentava a probabilidade de desafinar a posição do sensor.

4.6 Trancamento das paletes

Durante o processo de fabrico foi identificado o aparecimento de material indesejado no interior das corredeiras. Para se poder resolver esta situação indesejada, foi necessário fazer uma análise do funcionamento da linha de montagem e da “palete”.

Nas linhas de montagem, é muito comum a utilização das paletes para fazer o movimento das peças. Estes movimentos têm de ser controlados durante todo o ciclo para garantir a presença da peça e o seu correto posicionamento. Este controlo é auxiliado por um sistema de sensores RFID como mencionados no capítulo 2.5, em que permite ao programa saber onde se encontra cada palete. No caso da linha de montagem do HJB, recorrendo à Figura 75, o seguimento da mesma é demonstrado:

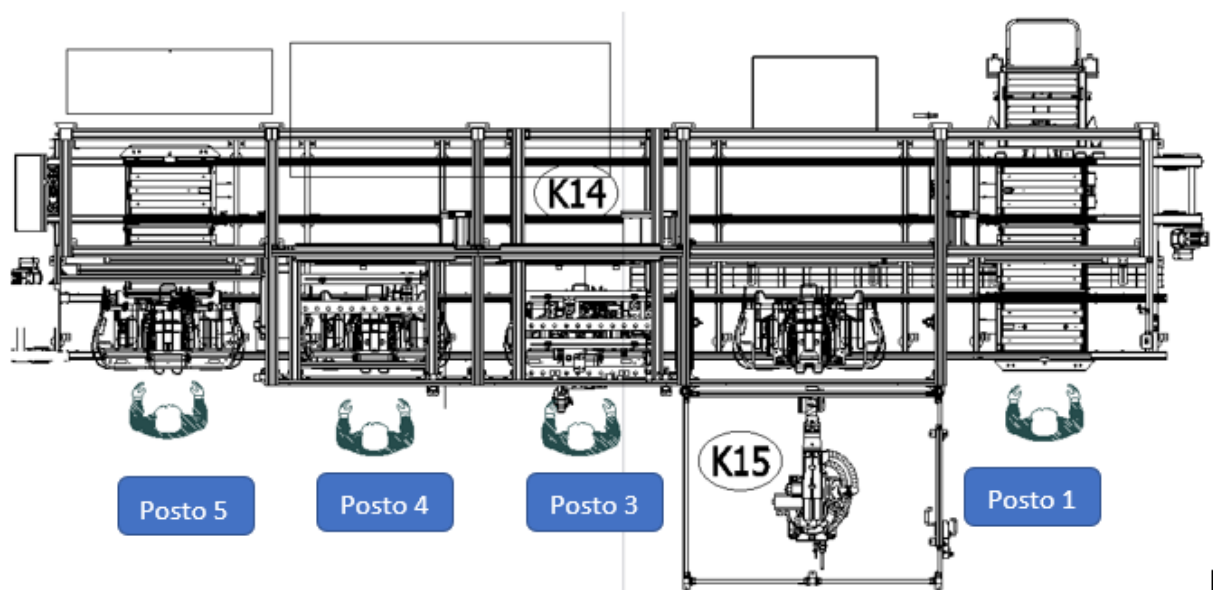


Figura 75- Seguimento Linha de Montagem

- Posto 5: Este posto é considerado o primeiro e o último posto da linha. Dá-se a transferência do Assento completo para o muro das verificações, seguido da colocação das corredeiras e das placas do *anti-burst*, nas paletes. Feita a colocação, uma manivela tem de ser rodada de forma a baixar o cilindro fixando o veio que fecha o mecanismo. Por fim, uma placa de nylon é fechada de forma a prevenir que entre material para dentro das corredeiras;
- Posto 1: Colocação do assento nas corredeiras e apontam-se as porcas de fixação e os parafusos do *anti-burst*;
- Posto 2 ou posto K15: Aparafusamento do *robot KUKA*;
- Posto 3: Aperto dos parafusos do *anti-burst* e rebtagem das componentes frontais;
- Posto 4: Aperto das polias, confirmação do movimento do mecanismo e impressão etiqueta e abertura do veio da palete.

A placa de *nylon* foi um sistema de segurança implementado, por se terem verificado alguns incidentes, em que surgiram porcas ou parafusos dentro das corrediças. Esta placa permitiu reduzir a frequência dessas situações, contudo, por não ser um sistema independente, não havia garantias de que a placa estava corretamente fechada (Figura 76).



Figura 76- Placa de *nylon* para proteger as corrediças

Um dos motivos para a placa não estar corretamente fechada prende-se com a força de impacto da paleta na troca de direção. Este impacto causava, em algumas situações, translação suficiente das placas, o que permitia a entrada de um parafuso ou semelhantes. Outro motivo seria o fecho incorreto por parte do operador.

Para se poder resolver este problema, foi necessário otimizar o sistema de trancamento da paleta sem afetar os movimentos do operador e sem causar uma paragem na linha de montagem.

5 Trabalhos realizados e resultados obtidos

Neste capítulo são apresentados e analisados os trabalhos de desenvolvimento realizados no âmbito desta dissertação que tiveram como objetivo a resolução ou redução dos problemas identificados no capítulo 4.

5.1 Validação das Aparafusadoras

Como referido no capítulo 4.1, a validação das aparafusadoras será realizada com base na norma interna “FST-SPSX-0001”. Esta norma impõe que os ensaios para validação não sejam realizados utilizando os produtos em fabricação, mas uma ferramenta desenvolvida para o efeito. O projeto desta ferramenta deve garantir o número de apertos necessários à validação das aparafusadoras.

As aparafusadoras que se pretende validar estão montadas, como referido no ponto 4.1, num *robot* da marca KUKA. Antes da apresentação da ferramenta projetada para a validação das aparafusadoras será feita uma breve descrição do funcionamento deste *robot*.

5.1.1 Robot KUKA

O *Robot* da marca KUKA (KR) está presente no posto K15 e tem como responsabilidade o aparafusamento. Na FAA METAL, o grupo de robots desta marca mais utilizados são os KR *Cybertech*.

O *robot* mais indicado para suportar a estrutura das aparafusadoras e ser utilizado na linha de montagem é o KR 12 R1810-2. Este *robot* tem capacidade para suportar 14.5 kg, peso superior ao da estrutura das aparafusadoras e um alcance de 1813 mm. Pode ainda operar sobre 6 eixos diferentes e tem uma velocidade máxima de operação de 630 °/s de acordo com o manual KUKA (KUKA 2020). (Figura 77).



Figura 77- Robot KUKA KR 12 R1810-2 (KUKA 2020)

Para operar o *robot* utiliza-se um controlador KR C4 representado na Figura 78. Este controlador é utilizado na manutenção, programação e controlo do sistema. Um dos aspetos a ter em conta no sistema de validação das aparafusadoras é o tempo utilizado para realizar os diferentes apertos na peça em análise. O tempo estimado de aperto das seis porcas é de aproximadamente 1 minuto (aproximadamente 10 s por aperto).



Figura 78- Controlador KR C4 (KUKA 2020)

A estrutura onde se encontram fixadas as aparafusadoras permite efetuar a movimentação vertical da aparafusadora horizontal. Nas Figuras 79 e 80 podemos ver respetivamente a vista de frente e de lado desta estrutura de movimentação vertical da aparafusadora horizontal.



Figura 79- Representação da estrutura das aparafusadoras (vista de frente)

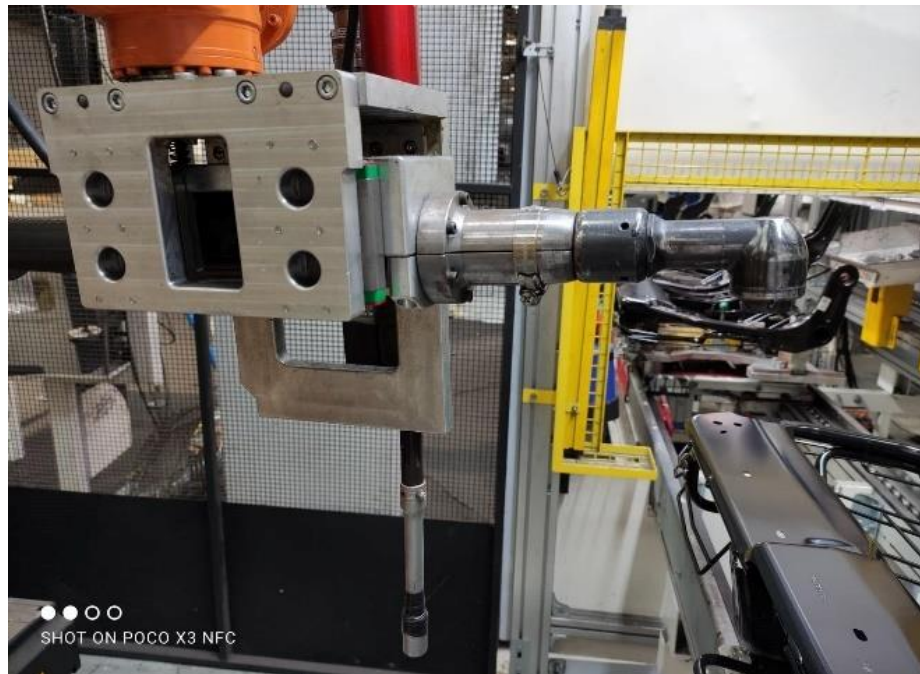


Figura 80- Representação da estrutura das aparafusadoras (vista de lado)

Esta linha de montagem opera 21 horas por dia e seis dias por semana. Como imperativo do projeto de validação das aparafusadoras estava o facto desta validação ter de ser realizada sem penalizar os tempos de produção da linha. Desta forma foi necessário estabelecer o período em que esta validação pudesse ter lugar. Considerando que o tempo necessário à validação é de

aproximadamente 10 minutos, tempo resultante dos 60 apertos necessários à validação (30 horizontais e 30 verticais) pelo tempo médio de aperto unitário de 10 s.

Um dos períodos de paragem obrigatório da linha é o período do almoço a que corresponde um tempo de 30 minutos. Desta forma foi definido que a validação das aparafusadoras era realizado neste período de inatividade da linha. Este tempo permitirá a montagem da ferramenta de validação, ensaio de validação e desmontagem da referida ferramenta sem prejudicar o tempo útil de produção da linha.

5.1.2 Conceção da ferramenta

A ferramenta para validação das aparafusadoras deve garantir o número e posicionamento dos apertos necessários, ou seja, 150: 30 apertos com a aparafusadora vertical, 30 apertos com a aparafusadora horizontal do *robot*, 30 apertos com a aparafusadora das polias e 30 apertos (60 no total) com cada uma das duas aparafusadoras do *anti-burst*.

O projeto da ferramenta teve as seguintes etapas:

- Definição da posição da ferramenta na “palette”;
- Projeto da ferramenta obedecendo ao estipulado na noma interna Faurecia. “FST-SPSX-0001”;
- Elaboração dos desenhos de fabricação dos vários componentes da ferramenta;
- Contabilização do tempo total do processo.

Em primeiro lugar foi necessário perceber como iria ser fixada a ferramenta na “palette”. A palette é o elemento que suporta as corrediças, que permite a movimentação das corrediças na linha de produção. Assim, foi decidido que a ferramenta de validação seria projetada para ser montada numa das paletes da corrediça (sobre estas), de forma a ser posicionada de forma simples no posto onde se encontram as aparafusadoras a validar. No procedimento de validação a ferramenta projetada é colocada sobre as corrediças na posição onde, no processo de produção, é colocada a estrutura do assento que é aparafusado às corrediças. A ferramenta é fixada nos pernos das corrediças representadas na Figura 81, permitindo, assim, o avanço da mesma para a zona do *robot*.

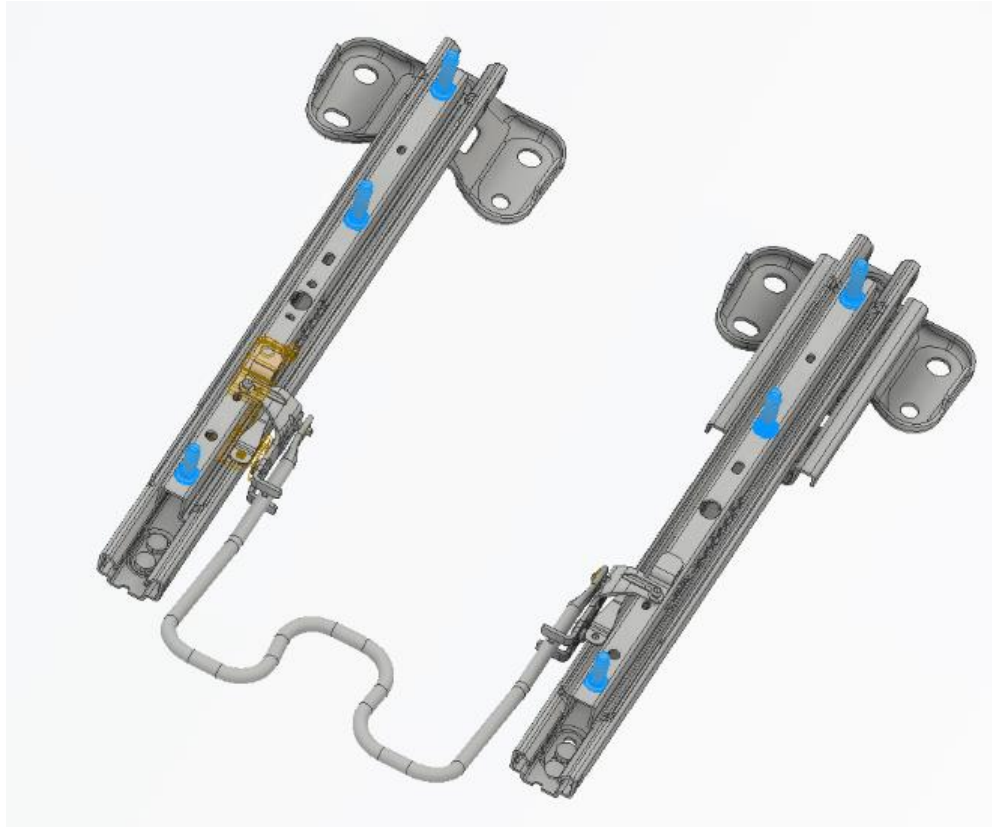


Figura 81 - Correções HJB

Outra das imposições do projeto que resultam da norma Faurecia: “FST-SPSX-0001” é o facto de no processo de validação cada perno ou porca só poder ser utilizada no processo de validação três vezes (sujeita a aperto três vezes). Este facto obrigou a que o projeto garantisse a substituição das porcas ou dos parafusos entre os ensaios de validação.

Na Figura 82 encontra-se representada a ferramenta projetada - Ferramenta de Validação das Aparafusadoras (FVA). Esta é composta fundamentalmente pela base (Figura 83) que permite a validação da aparafusadora vertical e pela placa vertical (Figura 84) que permite a validação da aparafusadora horizontal.

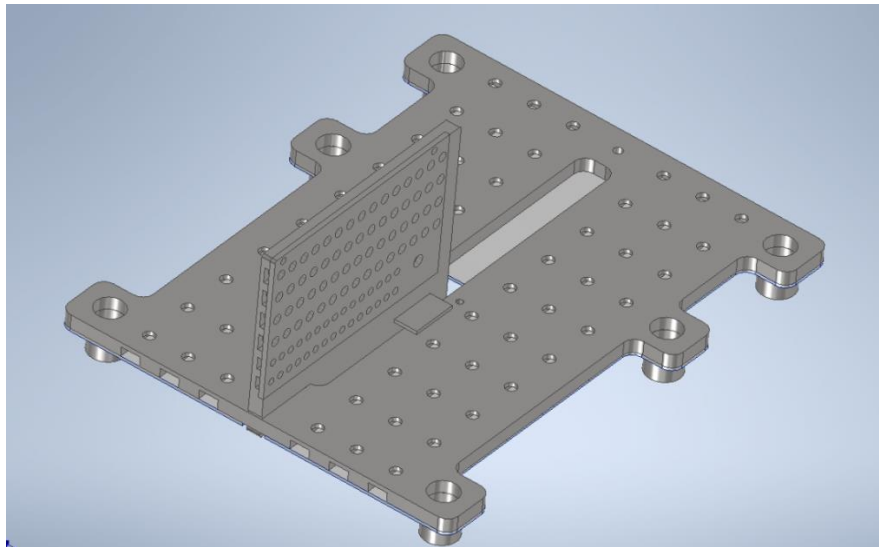


Figura 82- Ferramenta de Validação das Aparafusadoras (FVA)

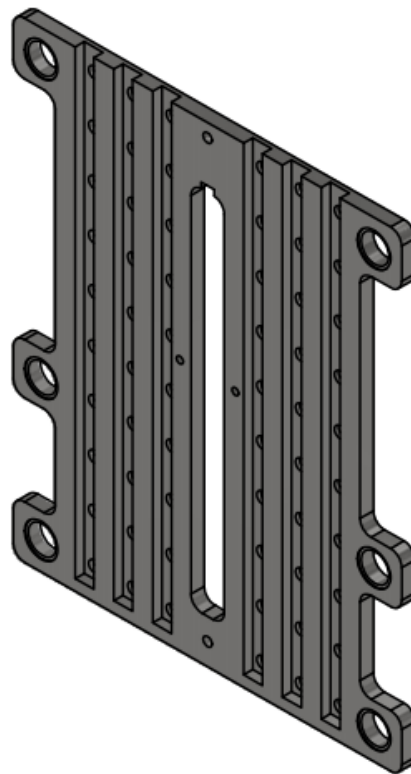


Figura 83-Base da Ferramenta de Validação

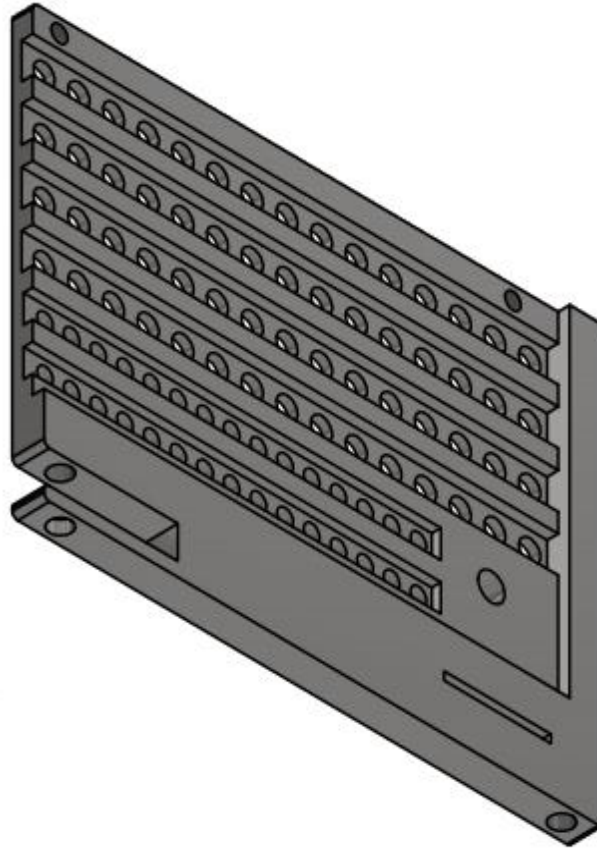


Figura 84- Placa Vertical de Validação

A Base de Validação (BV) (Figura 83) em aço foi projetada para suportar 60 parafusos M10, não permitindo a rotação durante os ensaios de validação e facilitar a substituição dos mesmos. A prevenção da rotação dos parafusos é conseguida a partir dos rasgos na ferramenta com a largura da cabeça do parafuso. O posicionamento dos parafusos é garantido pela placa representada na Figura 85. Esta placa em alumínio é aparafusada à base da ferramenta.

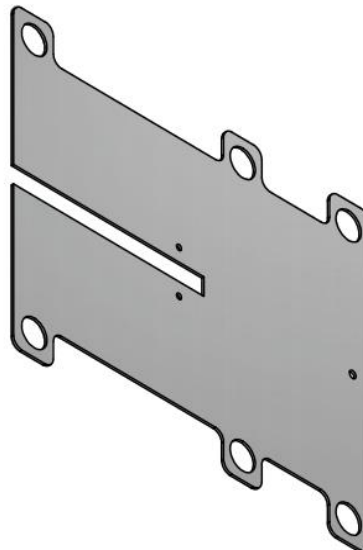


Figura 85- Placa de alumínio da base

A BV assenta nas corredeiras através de 6 cilindros (Figura 86) soldados nesta. De modo a posicionar corretamente os cilindros durante o processo de soldadura destes à base da ferramenta, foi definido na base (Figura 83) um rebaixo de posicionamento.

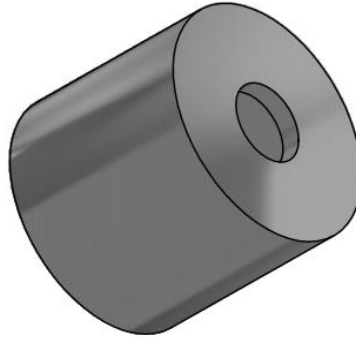


Figura 86- Cilindro de fixação

A placa vertical de validação (PVV) (Figura 84) foi projetada de forma semelhante à base de validação, com rasgos para encaixar as porcas M6 e M8 (de geometria quadrada) que impedem a rotação das mesmas durante os ensaios de validação. A placa permite alojar 30 porcas M6 e 60 porcas M8, de modo a validar a aparafusadora das polias e as duas do *anti-burst*. De seguida é utilizada uma tampa em aço para fechar a PVV e assegurar a posição correta das porcas quadradas. A furação na zona inferior frontal foi feita para acoplar corretamente a PVV na BV.

A FVA sem os parafusos e as porcas tem um peso de 11.5 kg, encontrando-se dentro dos limites de ergonomia impostos pela Faurecia. Estimou-se também o tempo de ciclo para cada aparafusadora:

- Aparafusadora Vertical: 5 minutos;
- Aparafusadora Horizontal: 5 minutos;

Para além das aparafusadoras vertical e horizontal, a aparafusadora das polias e as duas aparafusadoras do anti-burst também serão validadas. Estimou-se também o tempo de ciclo para cada uma destas aparafusadoras:

- Aparafusadoras do *anti-burst*: 2.5 minutos cada;
- Aparafusadora das Polias: 7 minutos.

Por fim, é necessário considerar que o tempo para substituição dos programas no *robot* e no HMI (*Human Machine Interaction*) da linha de montagem é no máximo 5 minutos.

5.2 Alteração do *Layout*

Outro dos trabalhos realizados no âmbito desta dissertação foi a alteração da linha de montagem dos Assentos Traseiros (AT), presente no capítulo 4.2. Para além da alteração do *layout* foi ainda incluído um novo posto de soldadura, responsável pela redução de defeitos na soldadura, que será descrito no capítulo 5.3.

Com a alteração da linha de montagem pretende-se aumentar a eficiência da linha de montagem e do fluxo do processo. A otimização do *layout* da linha de montagem passou fundamentalmente por:

- Rotação de 90° da linha de montagem;
- Novas posições para os 3 postos K16, K06 e K07.

A implementação da proposta de *layout* desenvolvida no âmbito desta dissertação decorreu na semana de Natal e do fim do ano de 2020, de modo a ter a menor perturbação na produção da empresa, pois neste período esta encontrou-se com a produção parada.

5.2.1 Rotação da Linha de Montagem

Na proposta de alteração do *layout* da linha de produção, a rotação a 90° da linha de montagem teve como função principal a melhoria do processo de transferência dos Assentos Traseiros (AT) da linha de produção para a zona de verificações dos Assentos e desta, para a zona de armazenamento (contentor). A Figura 87 ilustra a linha de montagem alvo de análise e alteração.

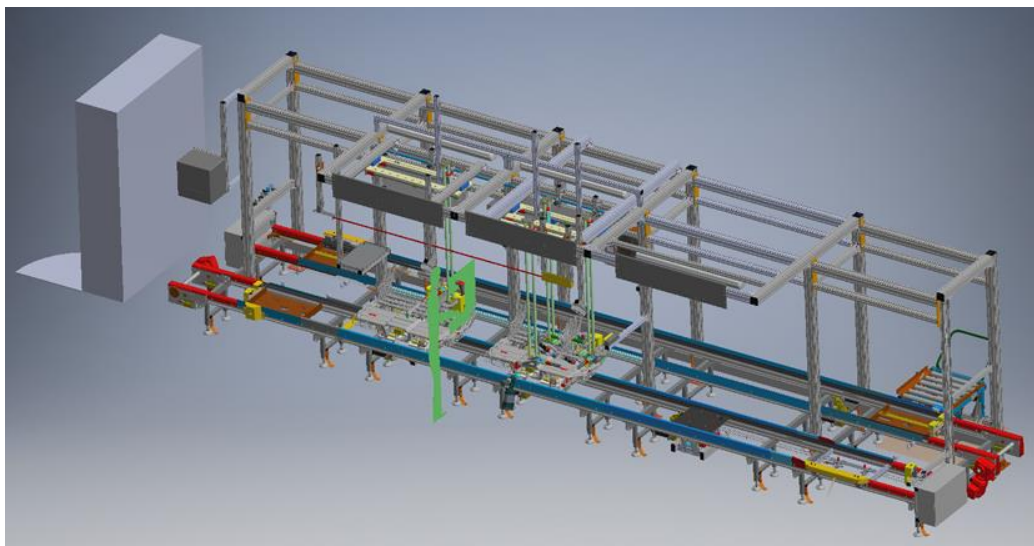


Figura 87- Linha de Montagem do projeto HJB

Durante o processo de análise da linha de produção foi possível identificar que o posto K16, responsável pela rebitagem das corredeiras e do acoplamento do *palonier*, por estar muito

próximo da linha de montagem, era um dos fatores que dificultava a transferência dos assentos para a zona de verificação. Para além disso, a posição deste posto impossibilitava o reposicionamento da restante linha de montagem. A análise dos tempos de produção permitiu identificar que o tempo de ciclo do posto K16 era significativamente menor que o da linha de montagem, o que permitiu reposicionar o posto K16 libertando, assim, a linha de montagem, sendo possível a sua rotação a 90°.

Esta etapa do processo de alteração do *layout*, rotação da linha, foi um processo de elevada dificuldade, principalmente por esta ser uma das linhas mais compridas da fábrica e por ter o *Robot KUKA* acoplado. Para esse efeito, foi necessário aplicar uns suportes constituídos por rodas industriais e garantir o posicionamento do *robot* de forma a minimizar as consequências na produção desta movimentação da linha de montagem. A alteração da posição da linha obrigou ainda à alteração:

- da posição dos manipuladores;
- das zonas de abastecimento;
- das zonas de saída de produto;
- das calhas de alimentação dos AT.

Estas alterações estão representadas na Figura 88.

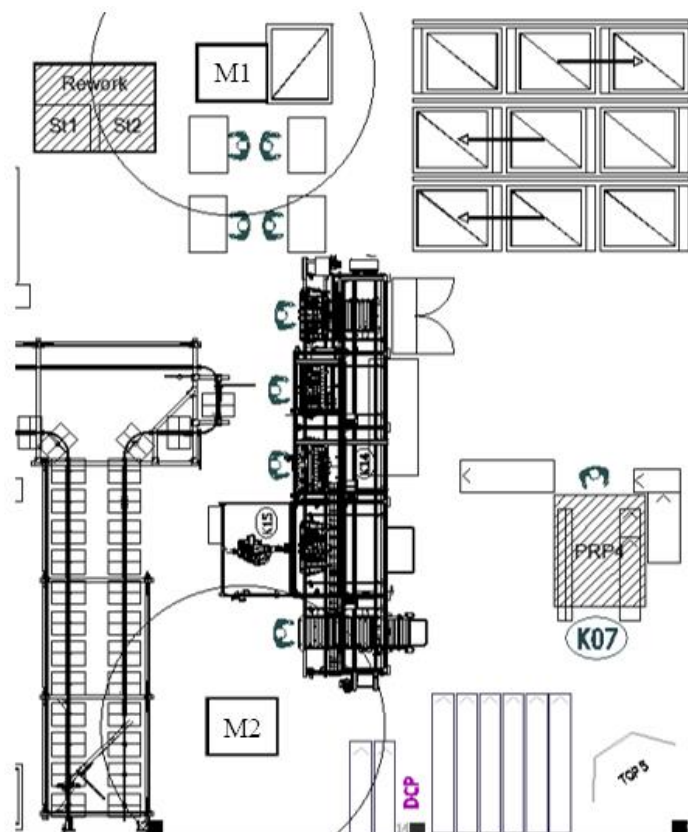


Figura 88- Demonstração da rotação da linha de montagem

Relativamente aos manipuladores, foi necessário conceber uma base cimentada com 1.5x1.5x0.5m para garantir a sua correta fixação. O processo desta base cimentada demorou aproximadamente 5 dias a estar disponível para a colocação do manipulador. Este manipulador é utilizado para colocar os Assentos Traseiros nos contentores para serem enviados para o cliente. A posição dos manipuladores está representada na Figura 87 como M1 e M2.

5.2.2 Novas posições dos postos

Os postos que foram reposicionados são: K16 (identificado no ponto anterior), K06 e K07.

Os postos K16 e K06 foram posicionados a um ângulo de 90° entre eles que permite, desta forma, serem operados por uma só pessoa. Na Figura 89 pode observar-se a posição do novo posto de soldadura (ver ponto 5.3), do posto K16 e do posto K06 no novo *layout* da linha de montagem.

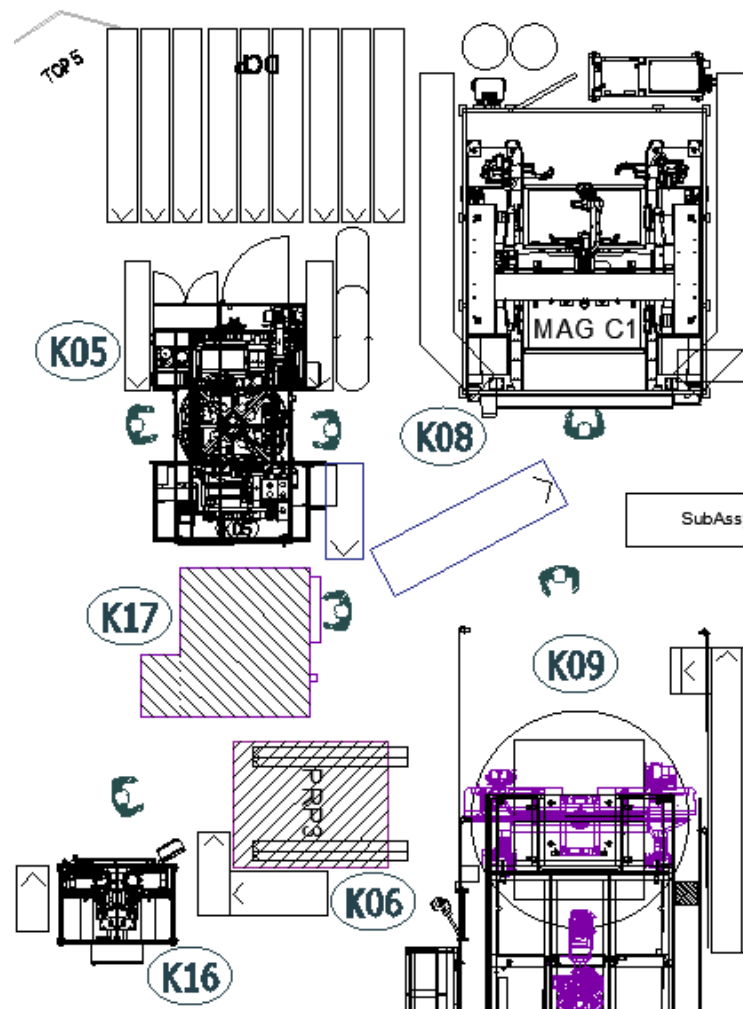


Figura 89-Novo Layout dos postos e posição do novo posto de soldadura

Relativamente ao posto K07, responsável pela soldadura por projeção dos arames do AT, este foi transferido para as traseiras da linha de montagem provisoriamente, pois estes arames passarão a ser incorporados diretamente pelo fornecedor. Na Figura 85 pode observar-se a posição provisória do posto K07. Este posto deixará, a curto prazo, de fazer parte deste projeto.

5.3 Novo posto de soldadura

Foi identificado no capítulo 4.3 que os mecanismos de abertura dos Encostos Traseiros (ET) estavam recorrentemente a aparecer com salpicos, e apesar de algumas alterações terem sido feitas em termos de parâmetros e proteções, o problema persistia. Foi também identificado no capítulo 4.4 o facto de terem aparecido diversos *Strap wires* dessoldados ou não soldados, defeito grave que carecia de uma solução.

Com o objetivo de resolução destes dois defeitos, salpicos e “falta de soldadura”, foi tomada a decisão de implementar um novo posto de soldadura na linha de produção dos Assentos Traseiros (AT). Foi decidido ainda que este novo posto tinha duas funções principais: soldadura das caixas de proteção dos mecanismos e soldadura dos *Strap wires*.

Durante esta dissertação foi realizado o projeto e implementação do novo posto de soldadura. A FAA METAL tem como política interna a reutilização do maior número de equipamento que se encontre inativo resultante de projetos concluídos ou extintos. Através de consulta à base de dados da FAA METAL foi possível identificar a existência de uma *small cell* (nome interno associado a um posto pequeno de soldadura) inativa. Após análise do posto em questão foi possível definir que este era apropriado ao novo posto de soldadura que se pretendia projetar. Desta forma, solicitou-se a alocação da *small cell* a este novo projeto do posto de soldadura. Este novo posto é denominado de posto K17 e encontra-se representado na Figura 90.



Figura 90-Novo posto de soldadura (K17)

O custo de implementação do novo posto K17 foi reduzido pelo facto de ter sido possível a reutilização de um equipamento já existente (*small cell*) na FAA METAL.

Relativamente ao projeto e implementação do novo posto de soldadura serão abordados os seguintes pontos:

- Estudo da disposição das peças a soldar;
- Projeto do JIG de fixação das peças a soldar;
- Implementação do JIG de fixação;
- Validação do posto de soldadura;
- Teste macrográfico dos cordões de soldadura;
- Validação dos cordões de soldadura.

5.3.1 Estudo da disposição das peças a soldar

A disposição das peças no JIG é um fator que afeta a duração do processo de soldadura. Para definir a disposição das peças a soldar é necessária uma análise dos processos que estão imediatamente antes e os que estão a seguir do novo posto de soldadura (K17).

Na linha de produção, o posto K17 está posicionado entre o posto K05 e o posto K08. Este novo posto é alimentado pelo posto K05 e alimenta o posto K08. Um dos objetivos da definição da disposição e sequência de soldadura das diversas peças é a harmonização dos ciclos dos vários postos de modo a existirem o menor número de tempos mortos da linha. Deste modo, o tempo do ciclo do posto K17 deve ser equivalente ao do posto K05 e K08. O tempo do ciclo do K17 deverá ser em condições ótimas de 2 minutos.

De modo a garantir esse tempo de ciclo do posto K17, que engloba a colocação das peças e soldadura das mesmas, efetuou-se um estudo de otimização do tempo da sequência de soldadura. Neste posto são soldadas as caixas de proteção e os *Strap wires*. Concretamente serão soldados 8 componentes: 2 *Goussets*, 2 Suportes de cinto, 2 *Risers* e 2 *Strap wires*.

Analisando os processos de soldadura das caixas de proteção realizados (antes da implementação do posto K17) ao longo dos postos K08, K10, K11, K12 e K13, foi possível estimar o tempo de soldadura das diversas caixas de proteção. Assim, os 18 cordões de soldadura a realizar nas caixas de proteção terão um tempo estimado de aproximadamente 60 segundos.

No que diz respeito aos *Strap wires*, a soldadura tem uma duração unitária aproximada de 8 segundos.

O tempo total de soldadura estimado é de 1 minuto e 16 segundos por ciclo. Considerando o tempo total do ciclo do posto K17 de 2 minutos, é possível identificar que o tempo disponível para a colocação e remoção das peças a soldar no posto é de 44 segundos.

A definição do posicionamento das peças teve em linha de conta a otimização da trajetória do *robot* de soldadura. Esta trajetória estabelecida pode, em qualquer altura, ser analisada e melhorada.

A Figura 91 representa a disposição das peças definida neste trabalho de dissertação.

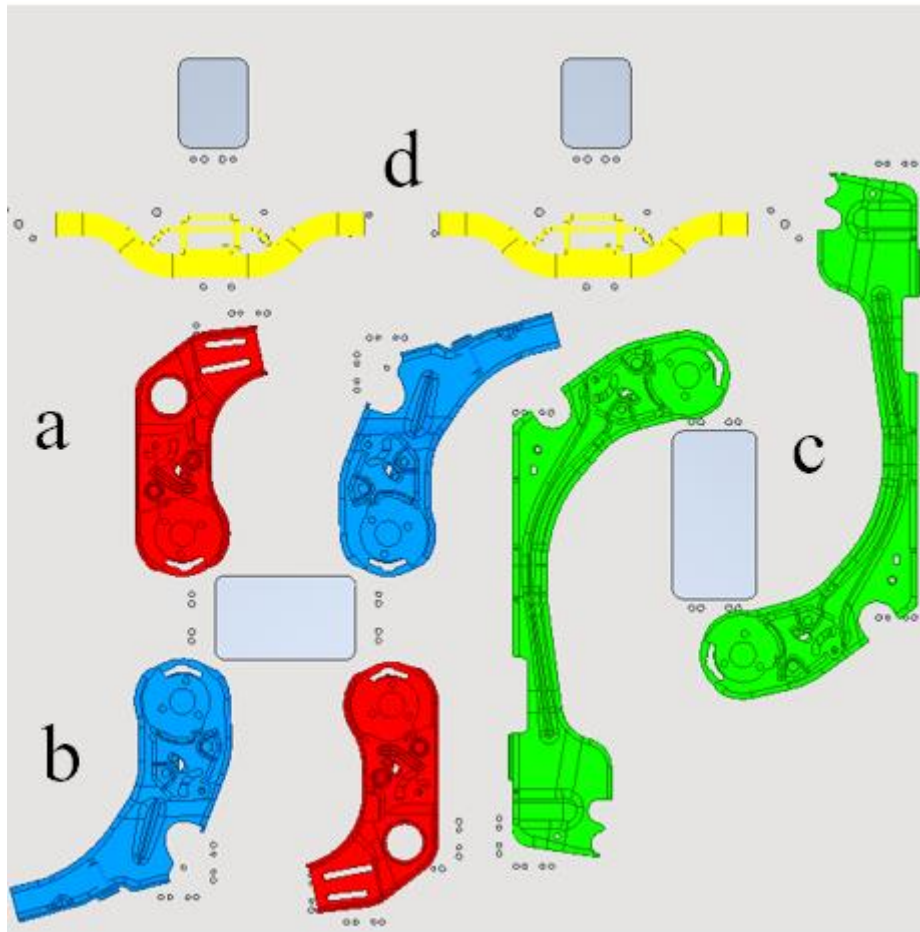


Figura 91- Disposição das peças: a) *Goussets* b) Suporte de cinto c) *Riser* d) Tubos com as duas referências do *Strap wire*

5.3.2 Projeto do JIG de fixação das peças a soldar

Após definição da disposição das peças a soldar, iniciou-se o processo de desenvolvimento do JIG de fixação destas. Este processo contou com o apoio da empresa parceira JALM.

O projeto final do JIG está representado na Figura 92. Este é constituído por uma mesa de aço com aberturas para a passagem de quatro cilindros pneumáticos que realizam a correta fixação das peças através de quatro sistemas de fixação. Para facilitar a comunicação estes sistemas serão designados por Cilindro e a respetiva letra que identifica cada um dos quatro sistemas A a D. O cilindro A é responsável pela fixação dos suportes de cinto e dos *Goussets*, o cilindro B é responsável pela fixação dos *Risers* e os cilindros C e D responsáveis pela fixação dos *Strap wires*.

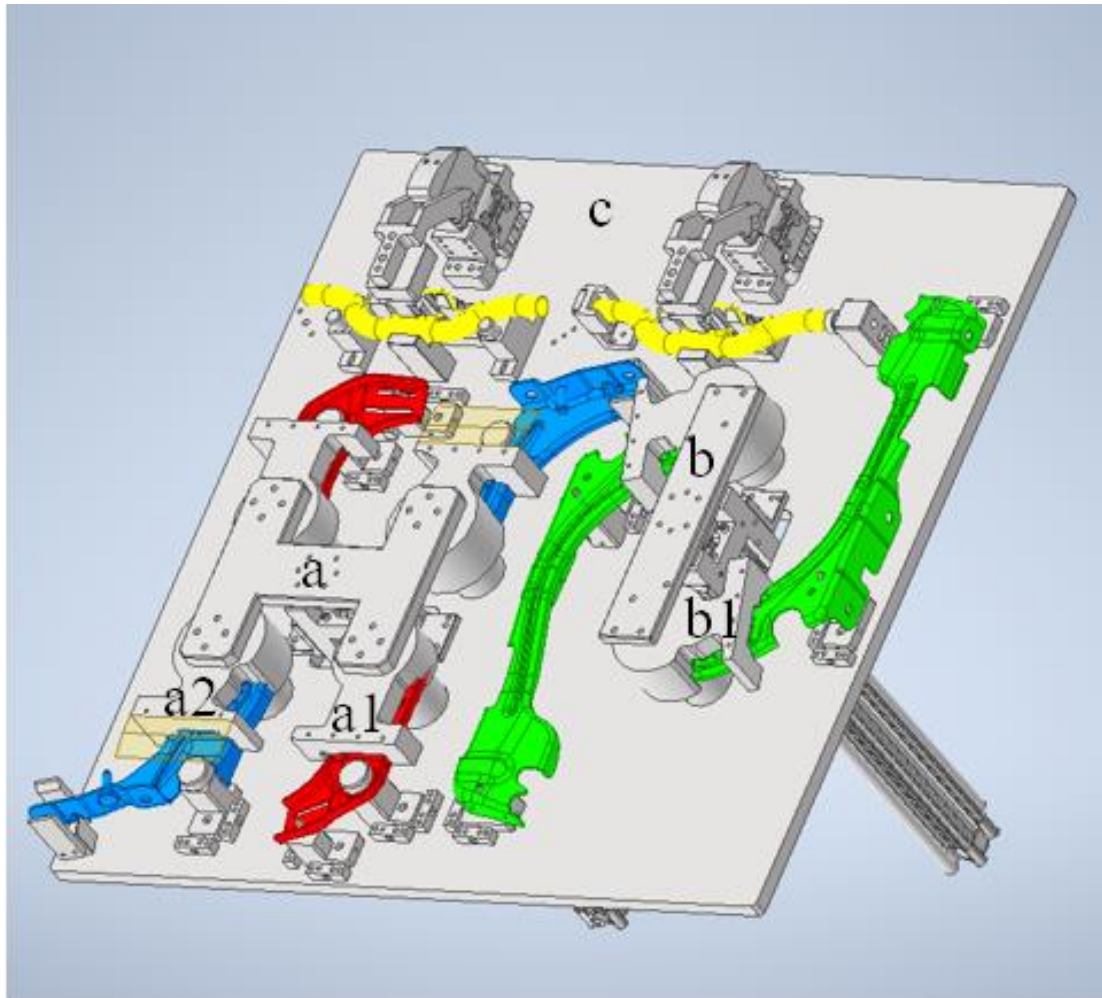


Figura 92- JIG do posto K17 com os conjuntos e os *Strap wires*: a) Cilindro A acoplado ao suporte das proteções dos Goussets, (a1) e dos Suporte de Cinto (a2), b) Cilindro B acoplado ao suporte das proteções (b1) do *Riser*, c) Cilindros C e D acoplados às fixações dos *Strap wires*.

O cilindro A ilustrado na Figura 93, é constituído por um corpo onde o veio principal atua, dois veios secundários que guiam a placa das proteções, uma estrutura que garante a fixação do cilindro, uma placa de alumínio que segura as proteções e quatro proteções de alumínio que protegem as peças dos salpicos.

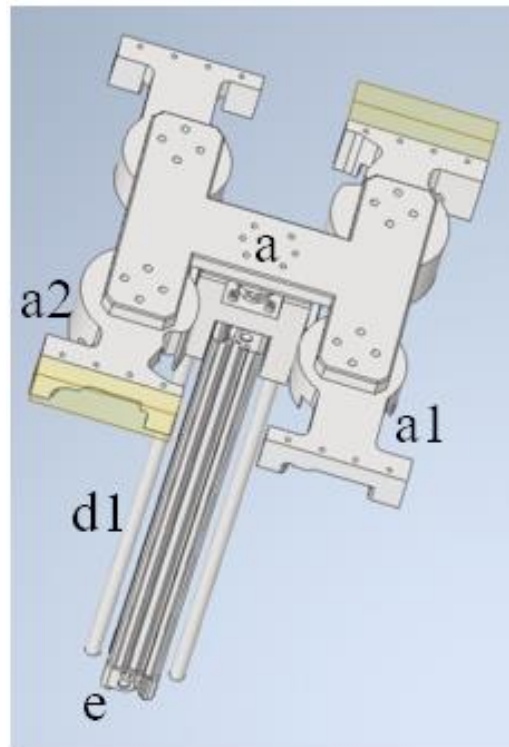


Figura 93-Representação do cilindro A: a) Suporte das proteções fixada ao cilindro A, a1) Proteções *Goussets*, a2) Proteções Suporte de Cinto, d1) veios de guiamento, e) Corpo do cilindro.

Relativamente ao cilindro B, as diferenças em relação ao cilindro A, são o formato das placas e as proteções. Neste caso, apenas detém duas proteções (Figura 94).

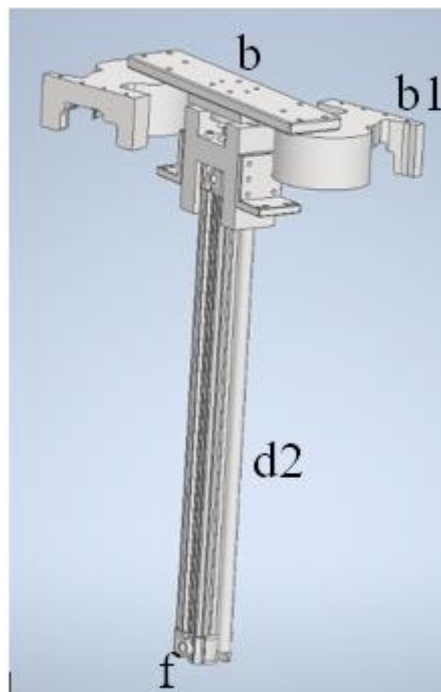


Figura 94- Representação do cilindro B: b) suporte proteções fixada ao cilindro B, b1) Proteções do *Riser*, d2) Veios de guiamento, f) Corpo do cilindro B.

Os dois cilindros (A e B) selecionados para fazer a movimentação das placas, foram sobredimensionados para ser possível alcançar a abertura certa das proteções, facilitando a troca das peças no JIG.

Quanto aos cilindros dos *Strap wires* (C e D), estes são bastantes mais pequenos, uma vez que o curso necessário para aplicar a rotação na estrutura que tranca os *Strap wires* é muito reduzida. A peça responsável por trancar os *Strap wires* foi desenhada para conseguir trancar as duas referências (PHEV e ICE/ADR) sem qualquer alteração da mesma. A Figura 95 representa o sistema completo e a Figura 96 representa as duas formas de trancar os *Strap wires*.

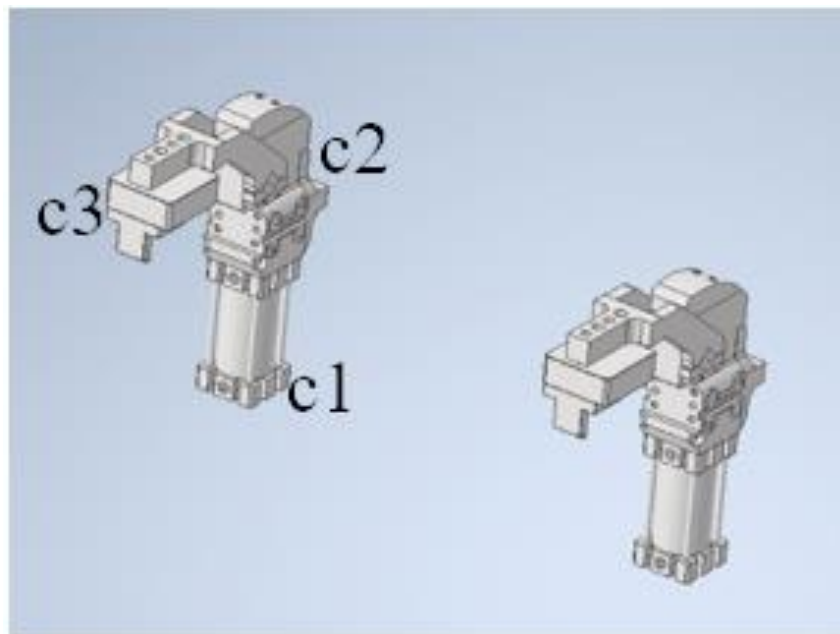


Figura 95-Representação dos cilindros C e D: c1) Corpo cilindro C ou D, c2) Suporte da fixação do *Strap wire*, c3) Fixação do *Strap wire*

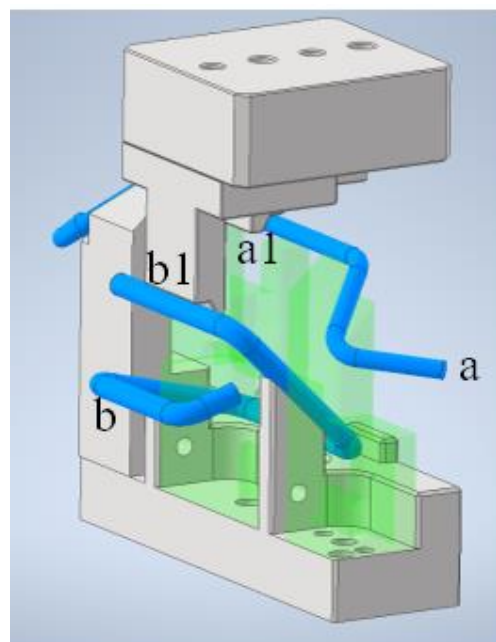


Figura 96- Sistema de fixação dos *Strap wires*: a) *Strap wire* PHEV fixado por (a1), b) *Strap wire* ICE/ADR fixado por (b1).

A Figura 97 representa a base do JIG com os diversos suportes dos *Goussets*, dos Suportes de Cintos, dos *Risers* e dos *Strap wires*. Cada suporte é composto de 2 afinadores, permitindo assim afinar o posicionamento dos mesmos até se garantir a colocação correta dos componentes.

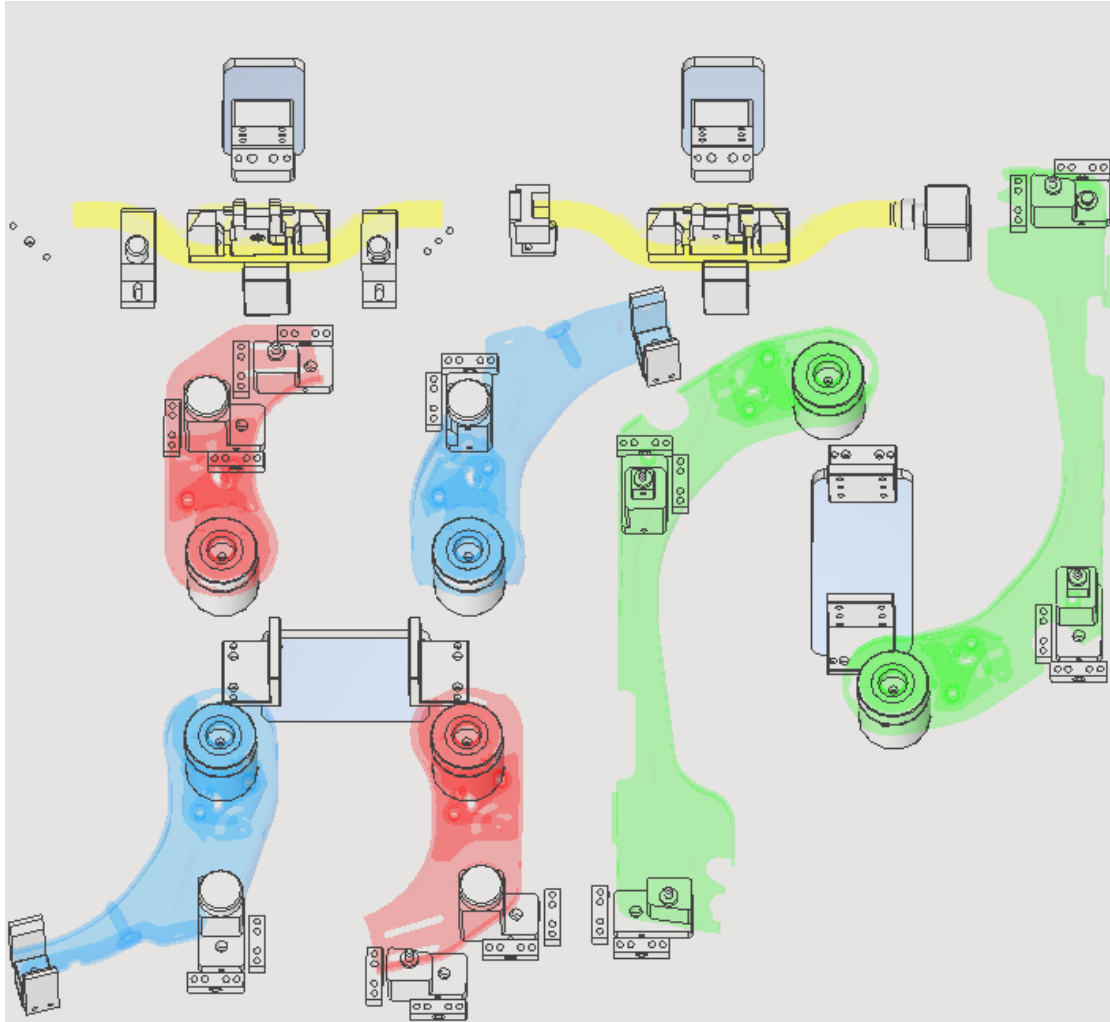


Figura 97- JIG com os suportes das peças

No projeto do JIG de fixação foram concebidas proteções que impedem a entrada dos salpicos no interior dos vários mecanismos que são soldados neste JIG (Figura 98).

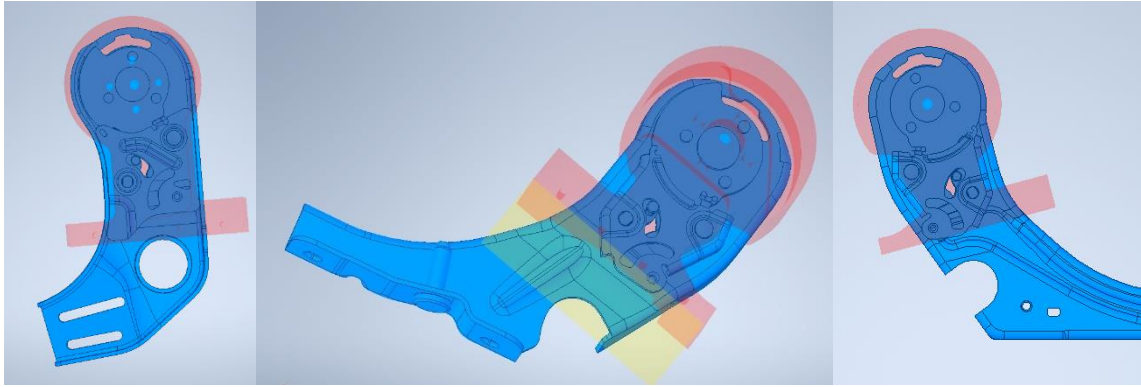


Figura 98- Representação das proteções nas três componentes

5.3.3 Implementação do JIG de fixação

Após o projeto e fabricação do JIG de fixação, seguiu-se a implementação do mesmo no novo posto de soldadura K17. Antes do arranque do processo foi necessário definir os sensores de controlo do processo e o seu posicionamento no posto. Foram seleccionados e instalados 8 sensores indutivos de posição, responsáveis por detetar a presença da peça e o seu correto posicionamento. Em cada um dos cilindros, foi instalado um sensor na zona inferior do corpo que permite definir o posicionamento de fixação da peça por controlo do fim de curso do cilindro.

A programação do sistema de fixação das peças foi realizada recorrendo a um sistema HMI (*Human Machine Interface*) e o processo de fixação apresenta duas fases. Partindo da origem onde os cilindros estão abertos, a primeira fase conta com a colocação das componentes do mecanismo, seguindo-se o fecho dos cilindros A e B. A segunda fase passa pela colocação dos tubos e dos *Strap wires*, e é concluída com o fecho dos cilindros e da cortina de segurança. Finalizada esta fase, o processo de soldadura é iniciado.

5.3.4 Validação do JIG de fixação

Com a implementação do JIG no posto K17 completa, foi possível validar o seu funcionamento.

Em primeiro lugar foi garantido que o posicionamento de todas as componentes do JIG estava correto, o que significa, que, tanto os cilindros como as proteções não podem danificar as componentes a soldar. Posteriormente, é necessário assegurar que nenhum movimento do JIG possa vir a danificar tanto as componentes elétricas, como as componentes pneumáticas, localizadas na face inferior do JIG. A Figura 99 representa o JIG do posto K17 na posição de início de ciclo.

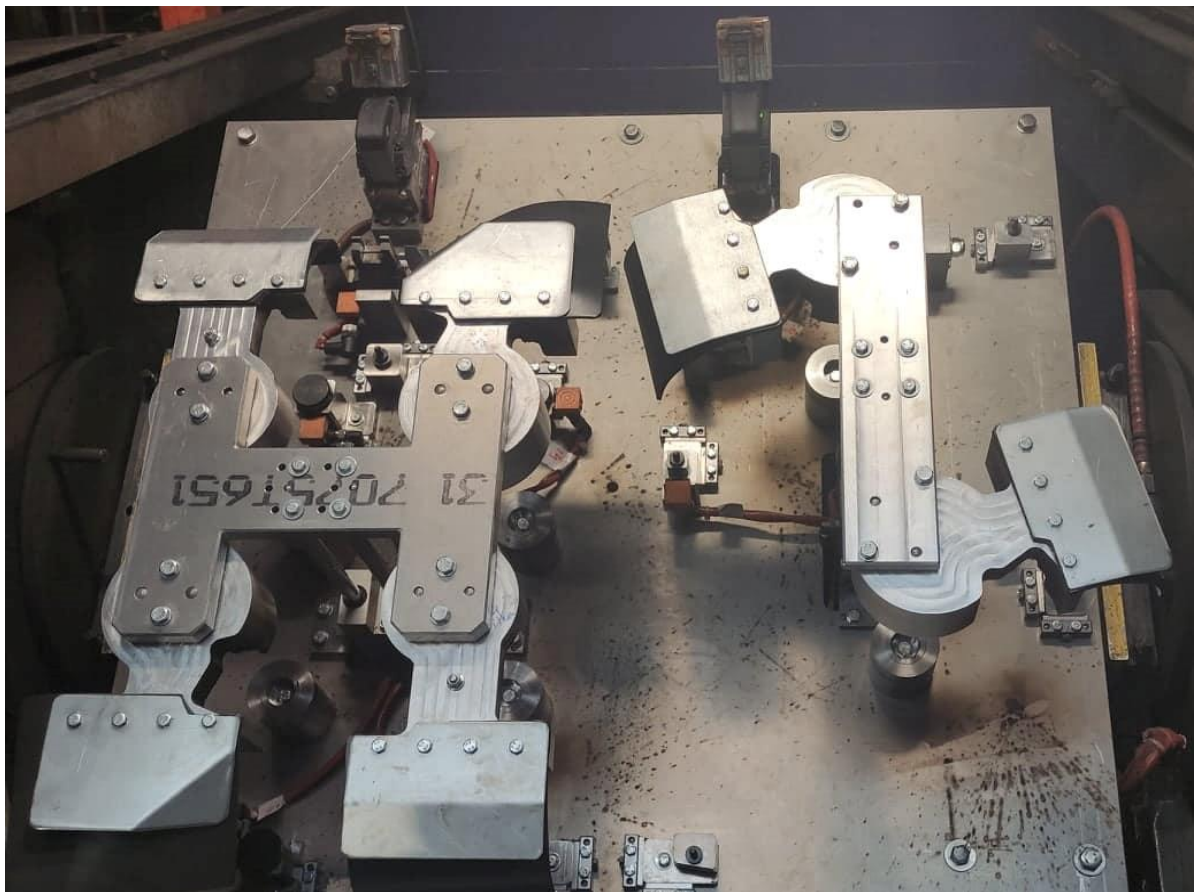


Figura 99- JIG na posição de origem

5.3.5 Teste macrográfico dos cordões de soldadura

Para concluir a implementação do novo posto de soldadura foi necessário avaliar a qualidade do processo de soldadura. Esta avaliação passa pelo estudo macrográfico dos cordões de soldadura realizados no posto.

Este é um processo que analisa a qualidade do cordão de soldadura e para este ensaio ser executado são necessários alguns passos para se obter a amostra, cujo procedimento se encontra estabelecido na norma interna “FST-S-PSX-0016” (Faurecia, FST-I-PSX-0016 2018).

O primeiro passo consiste no corte da amostra da peça tendo o cuidado de não introduzir alterações micro ou macroestruturais na zona soldada (cordão e zona afetada pelo calor) (Faurecia, FST-I-PSX-0016 2018).

O procedimento de análise inicia-se com uma inspeção visual ao cordão e medição do seu comprimento. Este procedimento é estabelecido na norma interna "FST-S-PSX-0052" (Faurecia(b), FST-S-PSX-0052 2011).

Após esta primeira análise são extraídas as amostras para a análise macrográfica. O corte é realizado numa máquina de corte fixa para garantir um corte preciso do cordão e o não sobreaquecimento da soldadura. O corte das amostras é feito perpendicularmente ao cordão de soldadura (Figura 100) (Faurecia, FST-I-PSX-0016 2018).

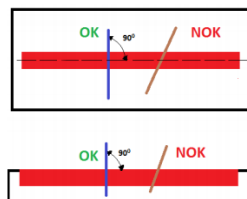


Figura 100-Demonstração de corte correto

Após extração das amostras estas são sujeitas a um polimento metalográfico. Para a análise macrográfica o polimento é feito numa polidora metalográfica apenas com uma sequência de lixas utilizando arrefecimento por água. O polimento segue a seguinte sequência de lixas adequadas para metalografia: P240, P320, P500 e P1000. Este procedimento encontra-se também estabelecido na norma interna "FST-S-PSX-0016" (Faurecia, FST-I-PSX-0016 2018).

Após polimento é realizado o ataque químico à amostra que permite fazer a análise macroscópica da soldadura. O reagente utilizado é uma solução de ácido nítrico (HNO₃) a 5% (solução designada por NITAL). O tempo de ataque para revelação da macroestrutura da amostra depende do material a ser analisado. Findo o tempo de ataque a reação é parada por

imersão da amostra em água. Em seguida a amostra é limpa e seca (Faurecia, FST-I-PSX-0016 2018).

Com a amostra pronta, a partir dum equipamento *Welding Expert*, é feita a avaliação do cordão. Os resultados são avaliados através da norma interna “FST-S-PSX-0052”.

5.3.6 Validação dos cordões

A qualidade dos cordões de soldadura depende diretamente dos parâmetros de soldadura e da trajetória estabelecida para o *robot* de soldadura. Para este novo posto, K17, foi necessário estabelecer todos estes parâmetros e trajetórias do *robot*. Utilizando a informação disponível na FAA METAL foi possível estabelecer um primeiro procedimento de soldadura para este novo posto.

O primeiro procedimento estabelecido apresentava uma duração de ciclo de 1 minuto e 40 segundos, o que tornava impossível completar o processo nos 2 minutos como estabelecido no ponto 5.3.1. Apesar deste tempo de ciclo ser superior ao ideal, manteve-se em utilização, para se poder produzir os cordões de soldadura necessários à validação do procedimento de soldadura (análise macrográfica).

A análise macrográfica realizada aos diversos cordões permitiu validar a maioria dos cordões e por consequência os parâmetros de soldadura especificados. No entanto, alguns cordões ainda não se encontravam de acordo com as normas. Nestes últimos, a não conformidade estava relacionada com o comprimento do cordão ou a penetração do mesmo. Para corrigir estas situações alterou-se o ângulo de ataque à peça, a velocidade do cordão e afinou-se a indutância do *robot*.

Com o posto finalizado, retirou-se a execução dos cordões de soldadura dos outros postos, permitindo assim a entrada em funcionamento do posto K17 na linha de produção. Este posto deu início à produção no dia 9 de janeiro de 2021.

Os cordões dos *Goussets*, dos Suportes de cinto, dos *Risers* e dos *Strap wires* estão ilustrados e numerados nas Figuras 101, 102, 103, 104 e 105 respetivamente.

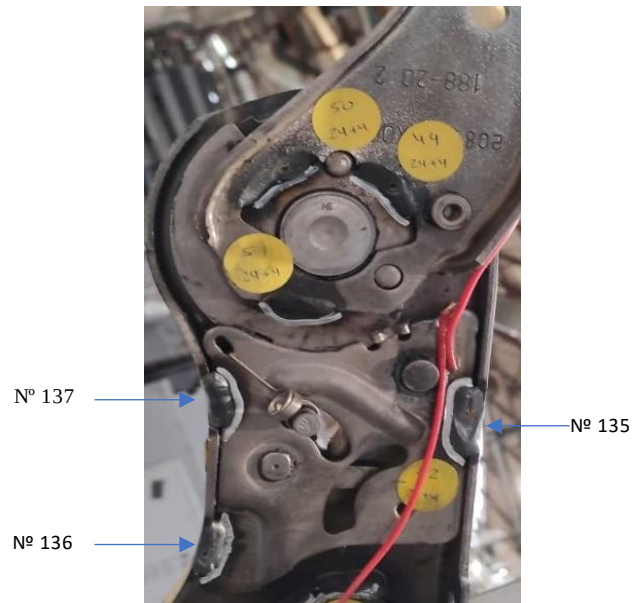


Figura 101- Representação dos cordões no Gousset

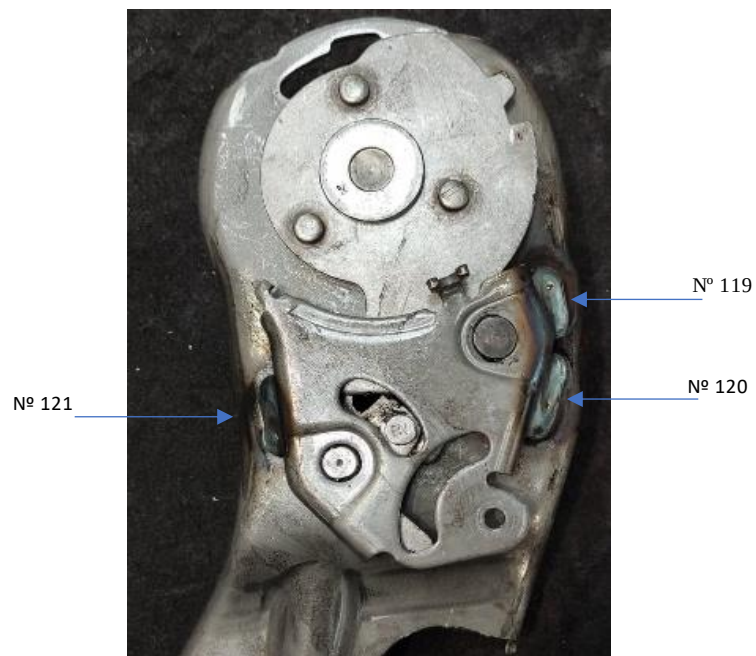


Figura 102-Representação dos cordões no suporte de cinto

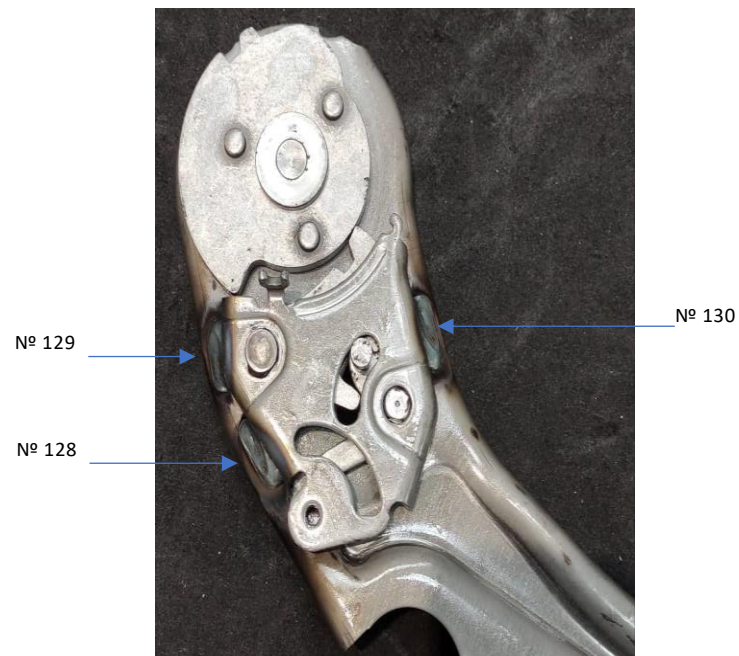


Figura 103-Representação dos cordões no *Riser*



Figura 104-Representação dos cordões no *Strap wire* ICE/ADR



Figura 105- Representação dos cordões no *Strap wire* PHEV

5.4 Casquilhos *Headrest*

Relativamente ao aparecimento de casquilhos trocados no posto K02, começou-se por analisar uma proposta já existente para solucionar esta situação. Esta proposta consistia fundamentalmente na implementação de um sensor indutivo para cada casquilho. Esta proposta implicava uma alteração demasiado dispendiosa na ferramenta, e para além do custo associado, estes sensores iriam estar posicionados muito próximos da zona de soldadura, com risco elevado de danificação dos sensores. Por estes motivos, esta solução não foi aprovada para implementação.

Após análise do posto, foi proposta no âmbito desta dissertação uma solução de resolução da identificação do posicionamento dos casquilhos na ferramenta. Esta solução passa pela utilização de dois sensores laser fixos a dois novos suportes independentes da ferramenta. Um dos sensores lasers faz a medição dos casquilhos do ET 60% e um outro que faz a medição do ET 40%.

Esta proposta foi aprovada e implementada e encontra-se assinalada na figura 105.

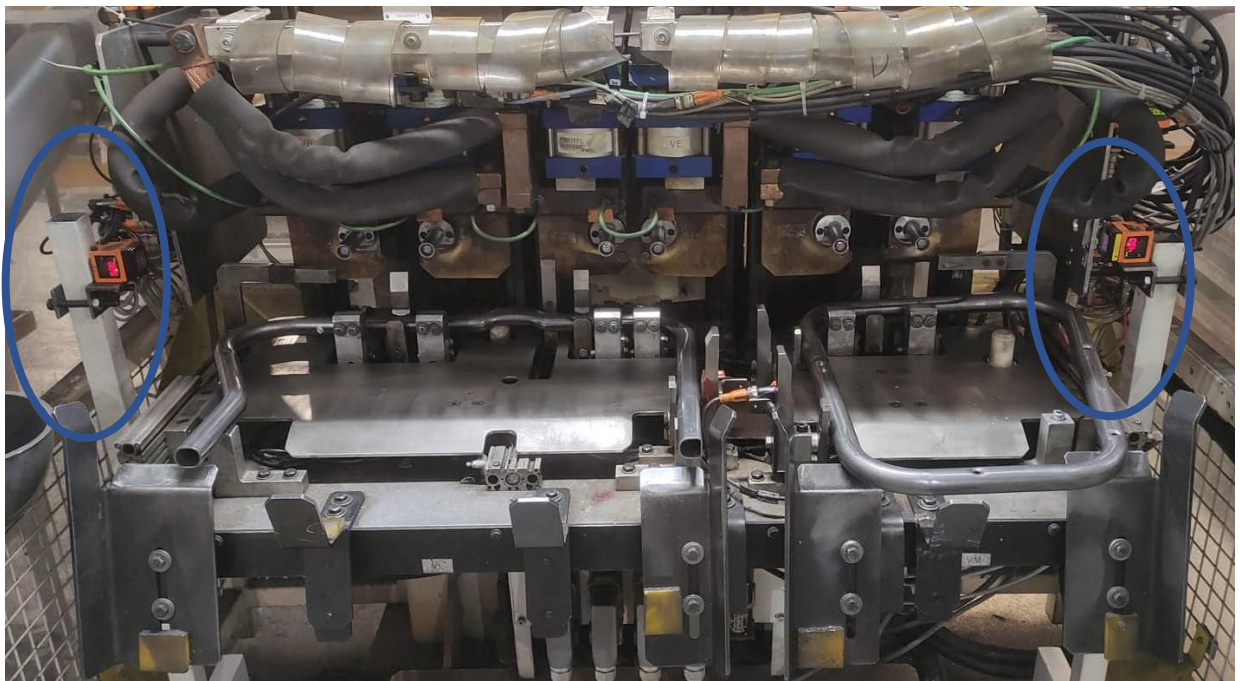


Figura 106- Implementação dos novos suportes e sensores no posto K02

O projeto dos suportes teve em consideração os seguintes pontos:

- Garantir o correto funcionamento das barreiras de segurança;
- Garantir a fixação estável e independente da ferramenta;
- Necessidade de dois eixos de afinação, mas com limitação de rotação de sensor;

Considerando estes pontos, o suporte do sensor encontra-se representado na Figura 107.

O suporte projetado é utilizado tanto para o sensor do ET60% e como para o sensor do ET40%.

Os suportes dos dois sensores são por isso iguais.

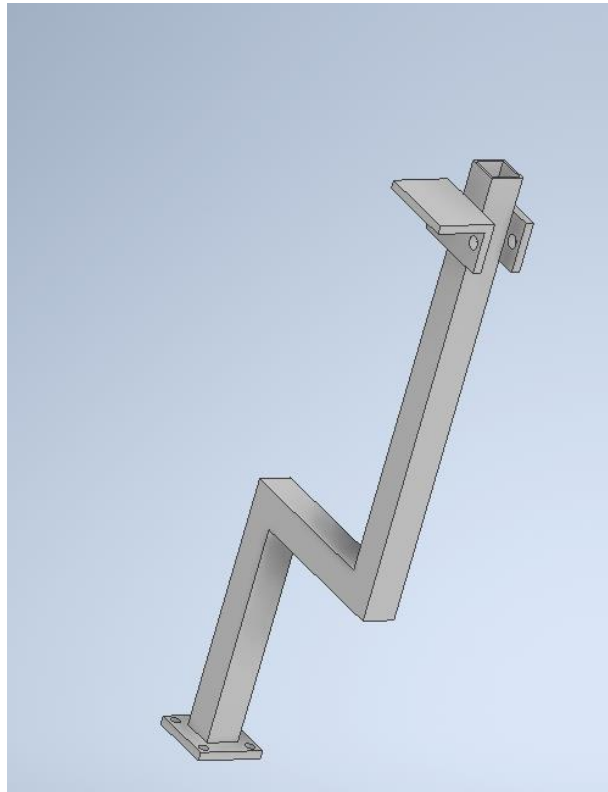


Figura 107- Suporte do sensor no posto K02

Concluídos os suportes, foi necessário realizar um estudo aos sensores existentes, uma vez que o sensor atual responsável pela leitura dos casquilhos não seria o mais adequado. Optou-se por utilizar o sensor O1D pela sua maior qualidade e capacidade de leitura, proteção do vidro e pela possibilidade de predefinir a gama das distâncias a medir (Figura 108).



Figura 108- Sensor O1D IFM *Electronics*

Com os suportes completos e os sensores seleccionados, os sensores foram implementados dentro da zona do posto K02, de forma alinhar o laser com o centro dos casquilhos. A Figura 107 representa o desenho 2D da ferramenta com a posição dos dois novos sensores e a placa que divide os mesmos, enquanto que a Figura 109 representa o suporte e o sensor implementados.



Figura 109-Implementação do suporte e sensor

Durante a implementação deste sistema verificou-se que um dos sensores estava a ter flutuações do valor medido. A análise feita sobre estas flutuações possibilitou identificar que estas eram devidas à interferência entre os dois sensores dado que se encontram posicionados um em frente ao outro. De modo a resolver esta situação, foi projetada uma chapa de cobre, que foi entreposta entre os dois sensores eliminando assim a interferência entre os sensores. A Figura 110 ilustra o posicionamento dos sensores e da chapa de cobre que elimina a interferência entre os sensores no posto K02. A Figura 111 ilustra este sistema implementado no posto K02.

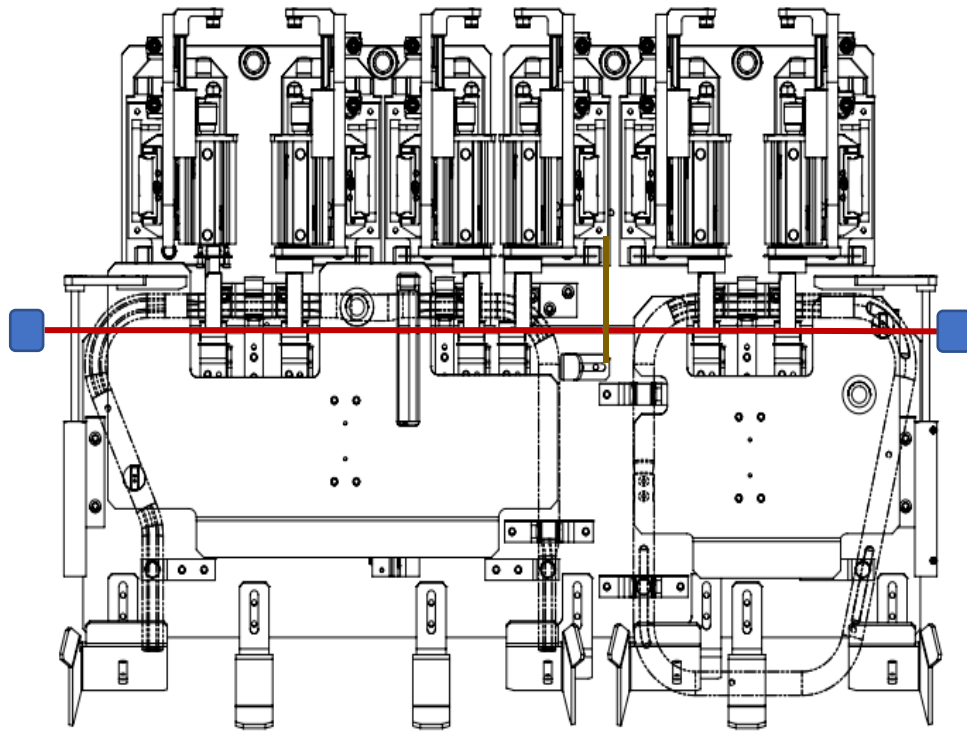


Figura 110-Desenho 2D da ferramenta do posto K02

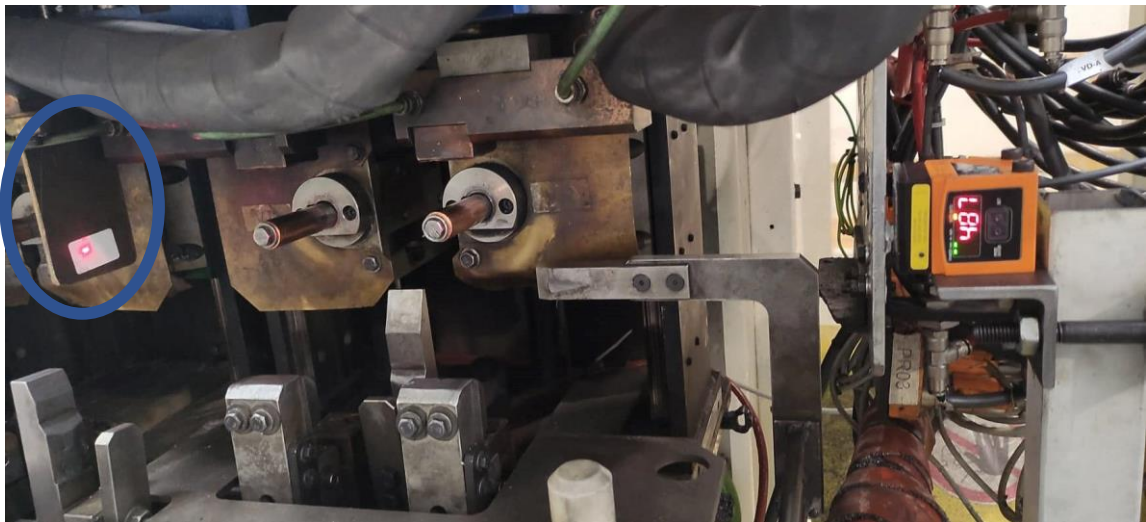


Figura 111-Representação da chapa de cobre de divisão

Por último e tendo em consideração aos pontos 2.4.5 e 2.4.6, o funcionamento do posto K02 com as novas implementações, para ser validado foi necessário efetuar as alterações necessárias no PFMEA. Para tal, tem de se confirmar que a *Poka-yoke* do posto continua a funcionar corretamente. Recorreu-se então à utilização do método RPFMEA da Faurecia que tem de respeitar os 7 modos de falha apresentados na Tabela 4. Observam-se 3 ciclos do posto K02, analisou-se cada operação e os potenciais modos de falha, confirmou-se que coincide com

o PFMEA e, por fim, confirmou-se o valor do NPR. Com todos estes passos concluídos, o posto K02 foi validado.

Tabela 4- Representação dos 7 modos de falha

No.	FM	OK	NOK
1	Peças em Falta		
2	Peças erradas		
3	Montagem errada		
4	Direção errada		
5	Não funcional	"Harness" funciona	"Harness" não funciona
6	Danificado/partido		
7	Peça fora de sítio		

5.5 Trancamento paletes

No final do capítulo 4.6, foi mencionado que para se resolver o problema do material indesejado dentro das corrediças, a solução teria de ter um reduzido grau de complexidade que não afetasse os movimentos do operador e que não provocasse uma paragem na linha. Para tal, a otimização do sistema de trancamento das paletes foi dividida em duas soluções:

- Criação de um sistema de fecho da placa de nylon independente do operador, onde a própria movimentação da paleta vai forçar o fecho da placa de *nylon*;
- Modificação do sistema de trancamento que garanta a posição fechada da placa de *nylon*.

Relativamente ao projeto de um sistema de fecho da placa de nylon pretende-se que este seja independente do operador de modo a não afetar a produtividade deste. Como referido no ponto 4.6, a força de impacto na mudança de direção da paleta gerava uma translação na placa, fazendo com que esta não protegesse o interior das corrediças. Após análise do sistema foi possível definir a posição onde esta situação ocorria. Assim foi projetada um sistema constituído por duas peças (Figuras 112 e 113) que pretendem garantir que a placa de *nylon* se mantém fechada no local onde a movimentação da paleta originava a sua abertura.

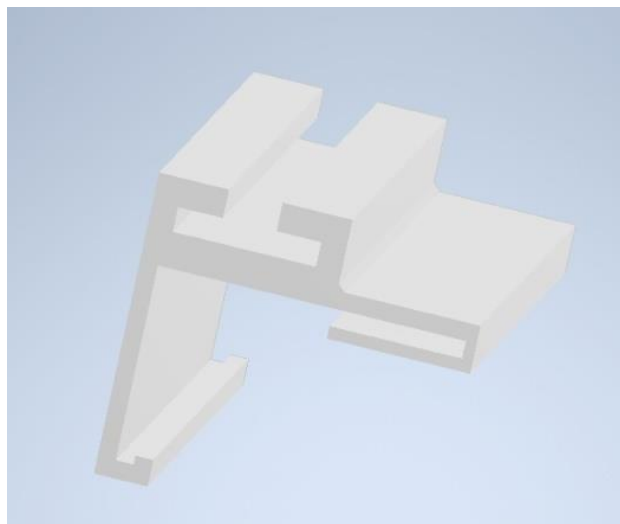


Figura 112- Base do protótipo

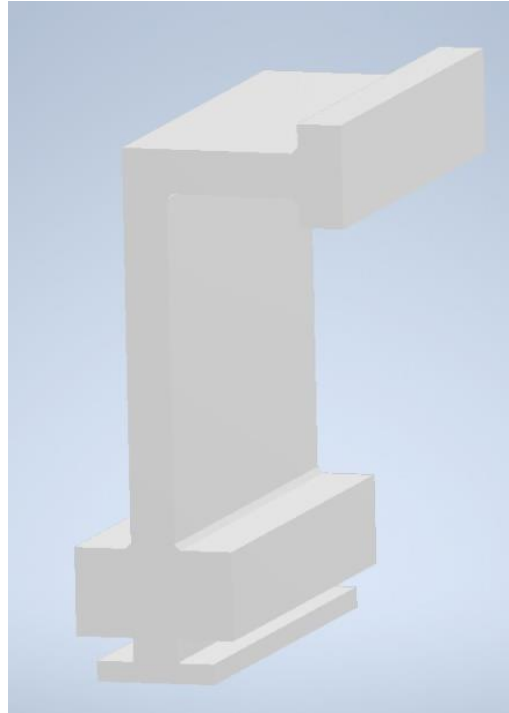


Figura 113-Corpo do protótipo

Tendo em consideração que estas duas peças têm uma solicitação reduzida e de modo a diminuir o tempo de implementação da solução projetada foi proposto e aceite que estas fossem produzidas por fabrico aditivo. Para a produção das peças foi utilizada uma impressora 3D baseada na tecnologia FDM (*Fused Deposition Modelling*) existente na FAA METAL a *Creatily 3D Ender 3 v2* (Figura 114).



Figura 114-Ender 3 v2 (Worten 2020)

Na produção do primeiro protótipo representado na Figura 111 optou-se por utilizar o nível mais reduzido de enchimento, com o objetivo de diminuir o tempo de impressão das peças. Na Figura 112 encontra-se representada a produção destas peças.

Estas impressoras regulam parâmetros como a espessura da camada exterior, o enchimento interno da peça e o tipo de enchimento. Na produção do primeiro protótipo representado na Figura 115 foi utilizado o nível mais reduzido de enchimento, com o objetivo de diminuir o tempo de impressão (Figura 116).



Figura 115- Primeiro protótipo

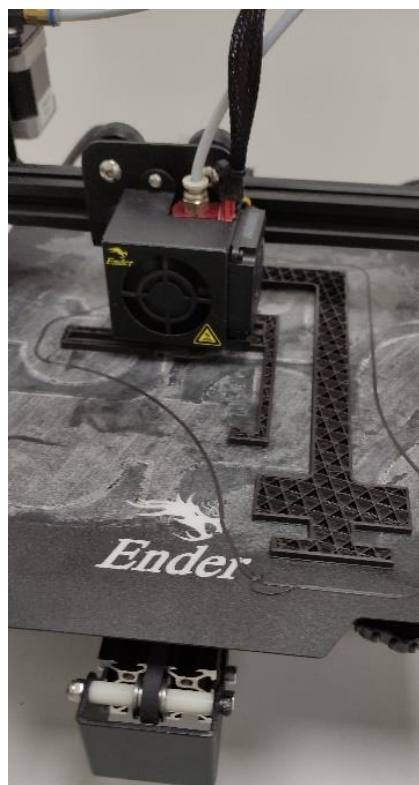


Figura 116-Demonstração do enchimento e espessura exterior utilizados

Através da implementação do protótipo verificou-se o bom desempenho desta solução, a qual foi aprovada para utilização em plano *backup* (sistemas utilizados no caso de falha do sistema principal (Figura 117). Isto deve-se ao facto de este sistema ter sido aplicado numa zona de passagem da linha.



Figura 117- Implementação do protótipo

Relativamente à modificação do sistema de trancamento que garanta a posição fechada da placa de nylon após análise do sistema foi proposto a realização de duas alterações. A primeira alteração, consistiu na introdução de um pino no veio de trancamento (Figura 118), a segunda alteração proposta a criação de um rasgo na componente que suporta a placa de *nylon* (Figura 119).



Figura 118- Novo pino implementado no veio de travamento

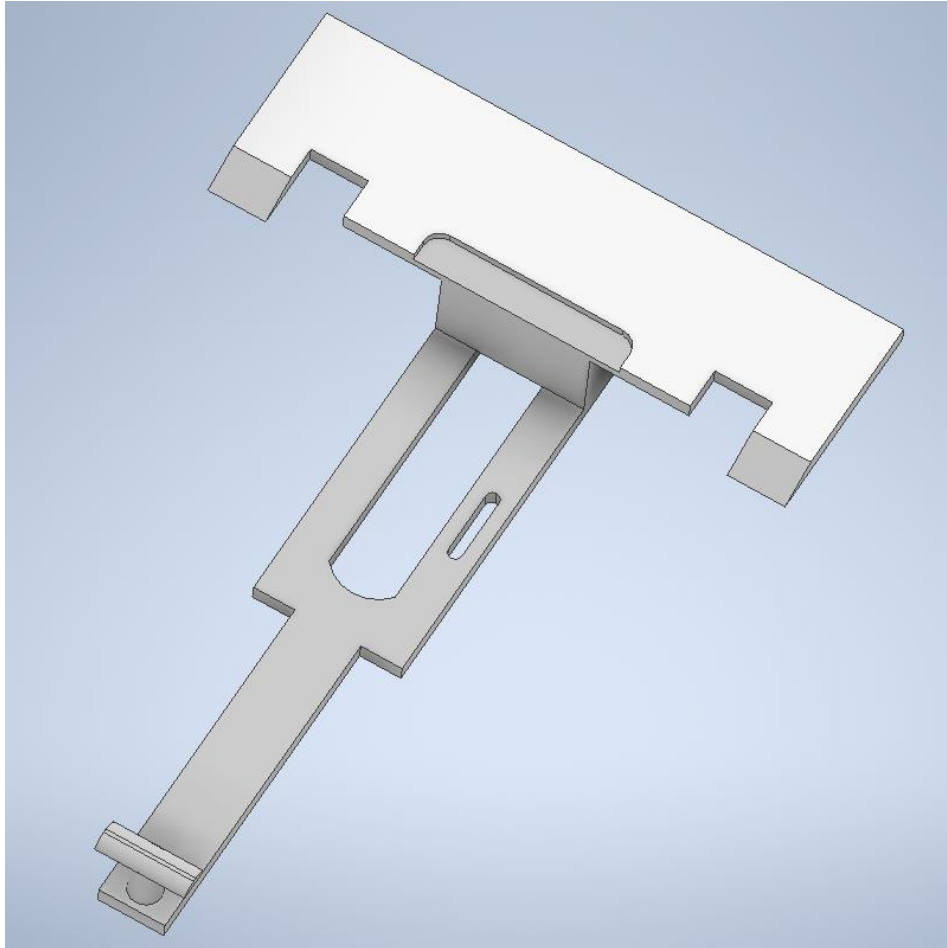


Figura 119- Rasgo no suporte da placa de nylon

A implementação destas alterações força o operador de linha a fechar a placa antes de trancar o sistema, garantido assim a proteção das corredeiras.

Esta alteração foi realizada durante a inatividade da linha de montagem na última semana de 2020.

6 Discussão de resultados

O presente estudo teve como principal objetivo otimizar o projeto HJB através do aumento da produtividade e qualidade dos produtos que são produzidos nas linhas de produção do mesmo. Considerando os trabalhos desenvolvidos no capítulo 5, será feita uma breve discussão das soluções implementadas e dos resultados obtidos.

6.1 Validação das aparafusadoras

Para a validação das 5 aparafusadoras da linha de montagem projetou-se uma ferramenta que permitisse retirar todas as medições.

Foi estimado que o tempo necessário para a execução do processo de validação das aparafusadoras é de 22,5 minutos. Para além disso, o tempo para a substituição dos programas no *robot* e na linha é de 5 minutos. Assim, a validação das aparafusadoras é realizada em 27,5 minutos, o que não prejudica o tempo útil de produção da linha. A Figura 120 representa a Ferramenta de Validação das Aparafusadoras (FVA) preparada para o processo e aprovada pelo responsável do Departamento de Engenharia e do Laboratório.

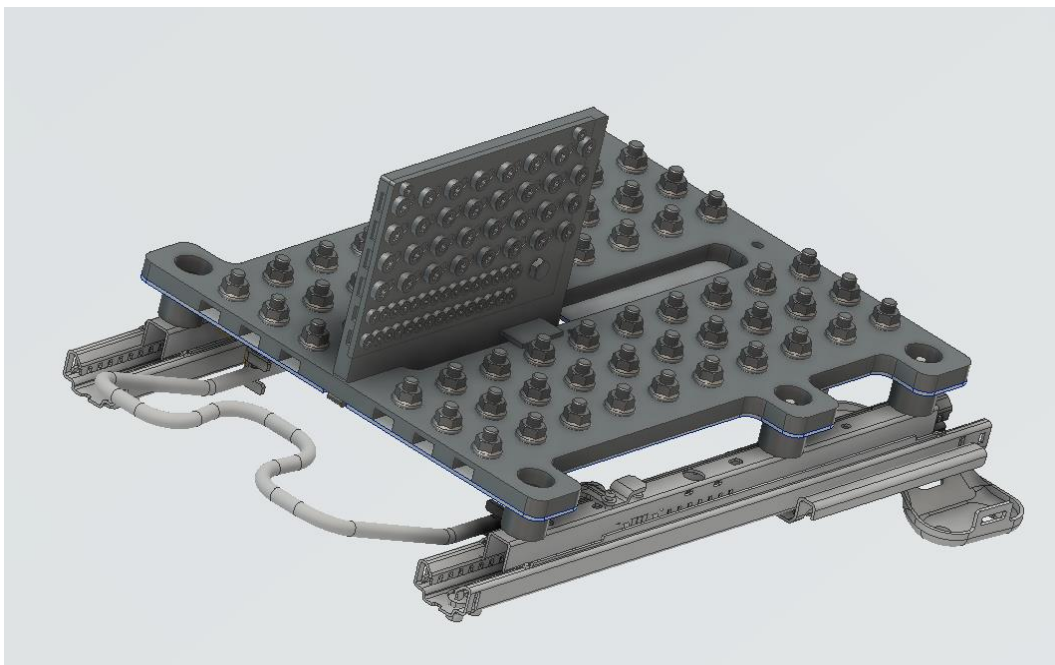


Figura 120- FVA preparada para efetuar a validação

Dado o tempo limitado para a realização desta dissertação, não foi possível à empresa parceira JALM concluir a FVA no prazo estipulado, o que não permitiu a sua implementação.

6.2 Otimização do *Layout*

A otimização do *layout* foi alcançada com a rotação a 90° da linha de montagem e a alteração da posição de três postos da linha de produção.

A rotação da linha de montagem permitiu encurtar a distância entre a linha e o muro de verificações, reduzir o tempo total das verificações e possibilitou o uso do manipulador (ver ponto 5.2.1). Foi ainda possível reduzir um operador num dos postos através da movimentação dos postos K06 e K16, o que tornou o fluxo dos AT's mais fluído e eliminar o posto K07.

Todas estas alterações efetuadas na linha dos AT's contabilizaram um custo aproximado de 10.000€. Este valor estima-se ser recuperado num período máximo de 5 meses devido à redução de um operador no posto K16. Este valor vai de encontro à norma da Faurecia, a qual indica que qualquer investimento efetuado tem de ser recuperado num prazo máximo de 1 ano e meio (Figura 121).

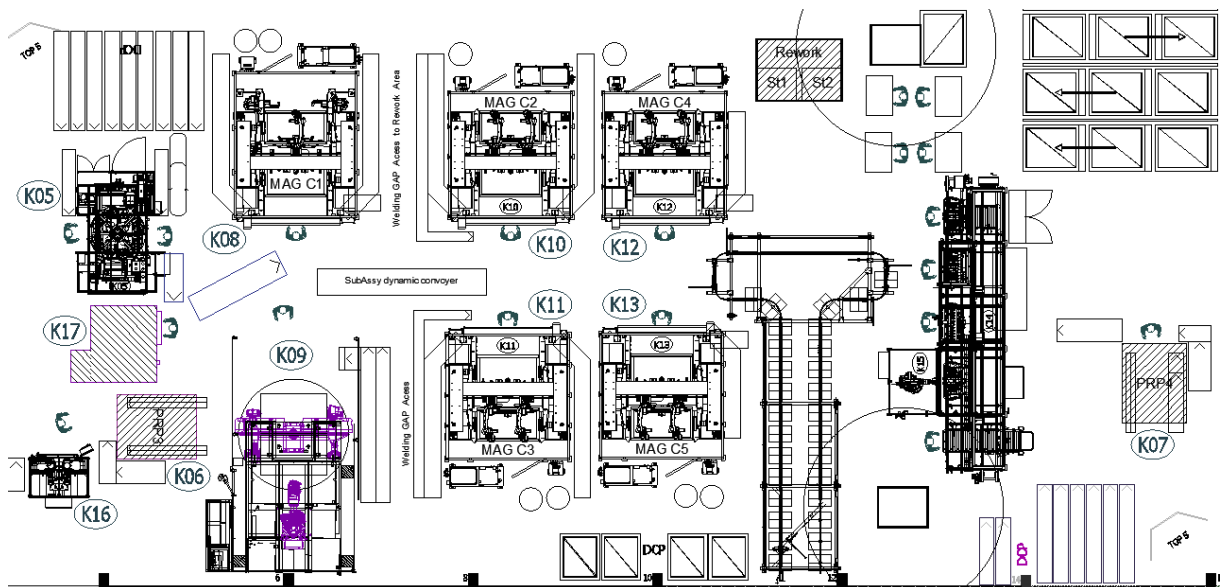


Figura 121- Novo *Layout* dos AT do projeto HJB

6.3 Novo posto de soldadura

A criação do novo posto de soldadura presente no capítulo 5.3 tinha como objetivo resolver um dos incidentes mais recorrentes neste projeto: os salpicos nos mecanismos. Este novo posto, para além de solucionar esse problema, permitiu também resolver os incidentes verificados nos *Strap wires*.

A análise das primeiras peças produzidas no posto K17 permitiu identificar algumas não conformidades com a norma “FST-S-PSX-0052” da Faurecia. A alteração do procedimento de soldadura no que diz respeito aos parâmetros (ângulo de ataque, velocidade, comprimento *stick out*, indutância) permitiu, após novo teste macrográfico, validar o novo posto de soldadura. Os resultados dos ensaios macrográficos obtidos neste novo teste permitiram validar o posto e estão representados nas Figuras 122 a 126. Estas macrografias correspondem aos diversos cordões identificados no ponto 5.3.6 nas Figuras 101 a 105.

A validação dimensional das soldaduras é realizada através dos seguintes parâmetros:

- Esp1 – Espessura da Penetração 1;
- Esp2 – Espessura da Penetração 2;
- Folga – Distancia visível entre os dois materiais;
- P. Min 1 – Comprimento da perna mínimo1;
- P. Min 2 – Comprimento da perna mínimo 2;
- Valor Pen 1 – Valor de penetração medido 1;
- Valor Pen 2 – Valor de penetração medido 2;
- Exc. P. Esp 1 – Excesso de Penetração na Espessura 1;
- Exc. P. Esp 2 – Excesso de Penetração na Espessura 2;
- Garganta – Distância entre raiz e face do cordão de soldadura.

Para além dos parâmetros dimensionais a inspeção visual também permitiu aprovar os cordões realizados.

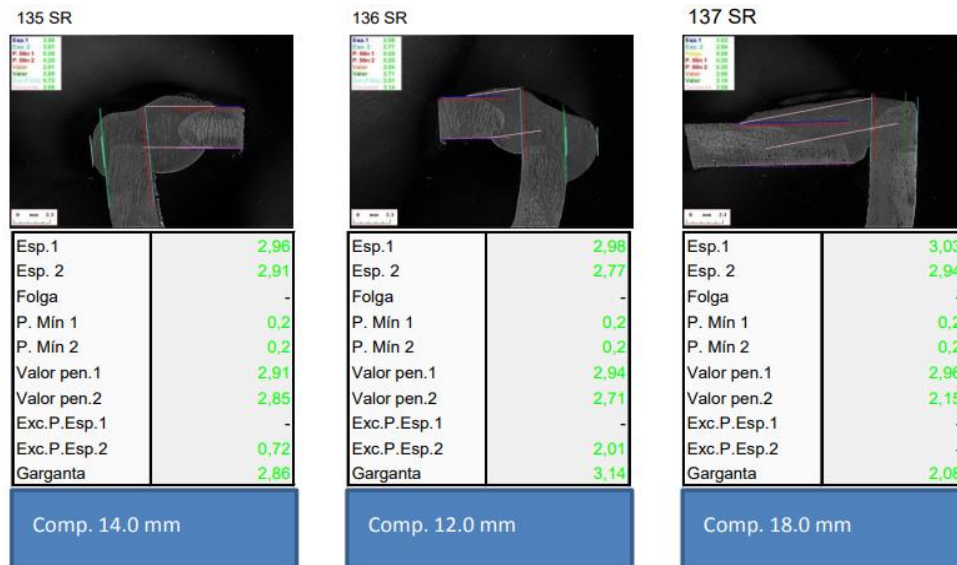


Figura 122- Resultado teste macrográfico do Gousset

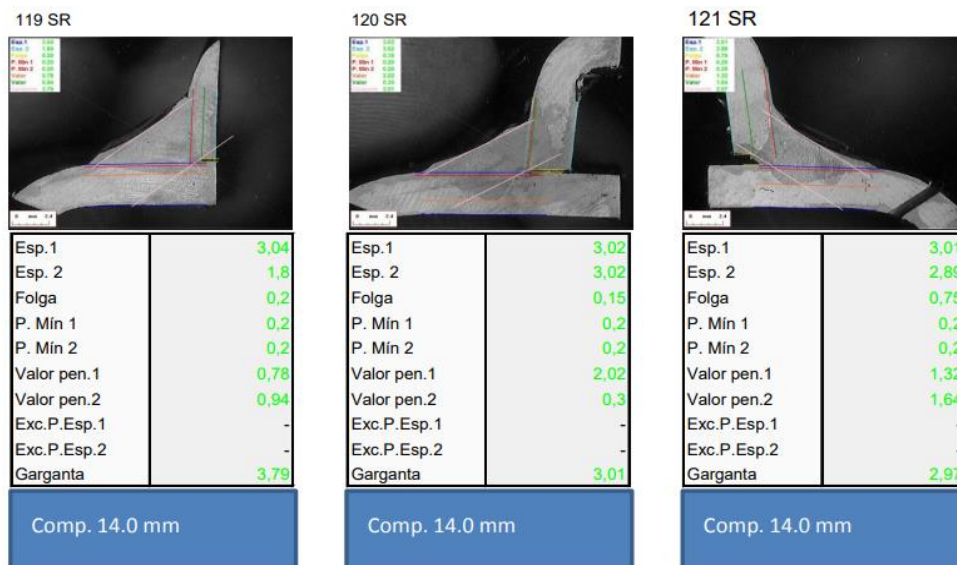


Figura 123- Resultado teste macrográfico do suporte de cinto

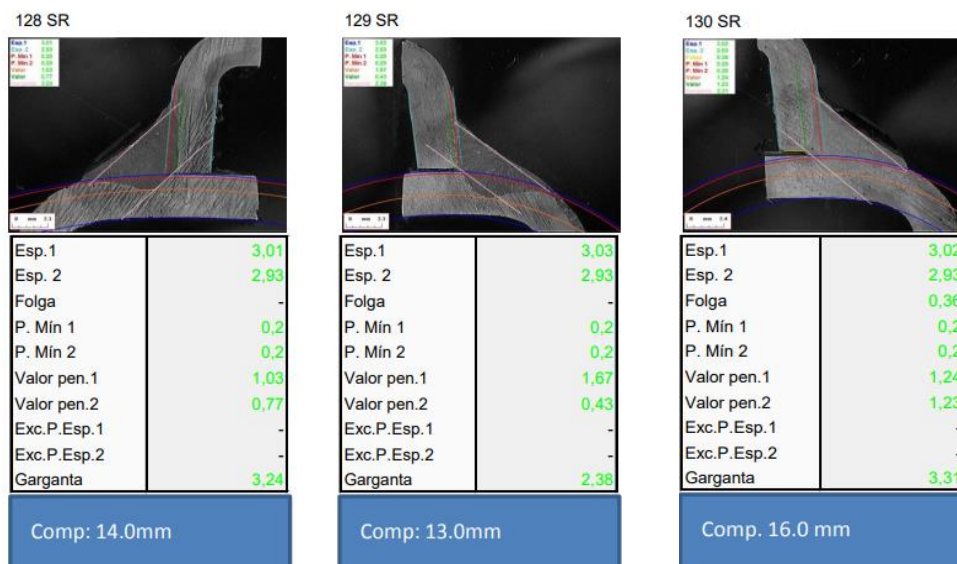
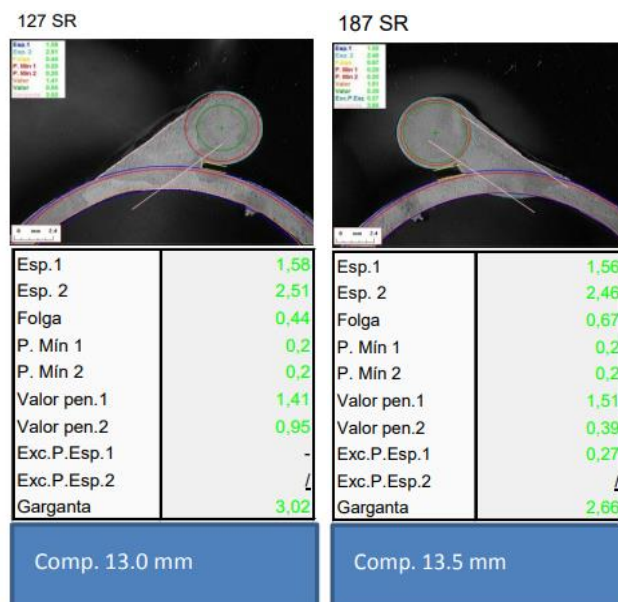
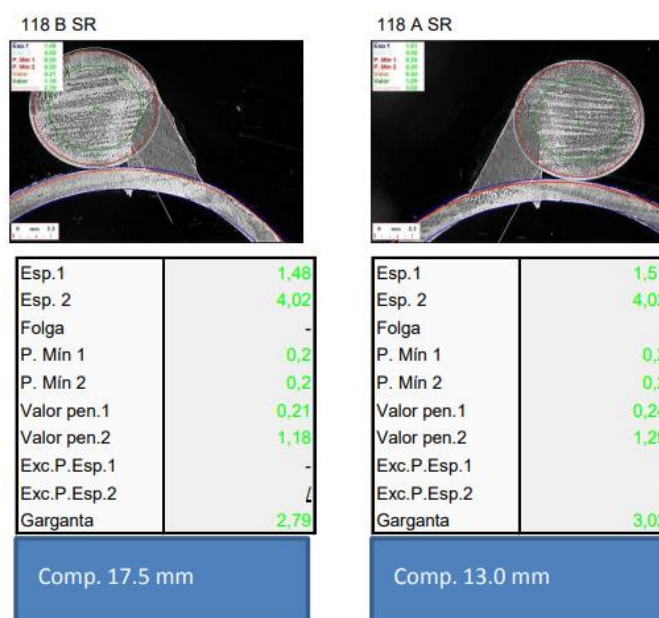


Figura 124- Resultado teste macrográfico do Riser

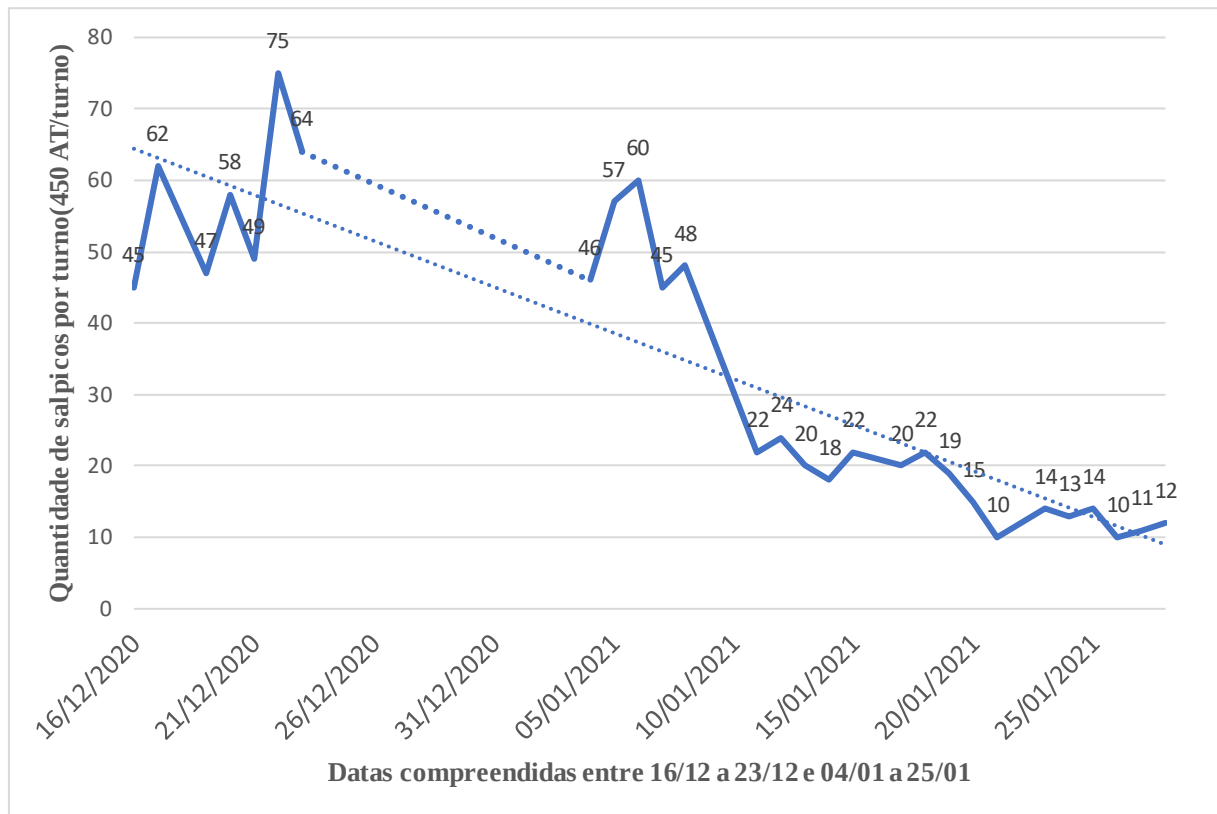
Figura 125-Resultado teste macrográfico do *Strap wire* ICE/ADRFigura 126- Resultado teste macrográfico do *Strap wire* PHEV

Após validação dos cordões, o objectivo seguinte foi reduzir o tempo de ciclo que foi conseguido através do aumento da velocidade de soldadura. Após diversas iterações foi possível reduzir o tempo de funcionamento do *robot* em 22 segundos, o que permitiu chegar a um tempo de ciclo de aproximadamente 2 minutos. A análise aos cordões obtidos após esta alteração permitiu identificar que a qualidade destes não tinha sido afetada.

As novas proteções projetadas com o objetivo de reduzir ou eliminar os salpicos nos mecanismos permitiram uma redução deste defeito de aproximadamente 70%. No Gráfico 1 está representada a evolução do número observado deste defeito no último mês e meio. Como se pode observar o número de salpicos teve uma redução muito significativa após entrada em

funcionamento do novo posto de soldadura. O valor médio de salpicos de aproximadamente 60 por turno está neste momento num valor médio de aproximadamente 12 por turno.

Gráfico 1- Aparecimento de salpicos no mecanismo



Esta redução trouxe a possibilidade de retirar um operador do muro das verificações. Ao realizar esta ação, o investimento feito de cerca de 15,000€ no posto K17 seria recuperado aproximadamente em 4 meses. Por fim, como estas componentes deixaram de ser soldadas nos postos K08, K10, K11, K12, K13, o tempo de ciclo destes postos foi também reduzido.

6.4 Casquilhos *Headrest*

O problema existente com os casquilhos trocados presentes no capítulo 4.5 levou à conceção e implementação de um sistema composto por dois sensores laser e os seus respetivos suportes. Esta implementação teve um custo aproximado de 700€ sendo que este valor é indiretamente recuperado devido a não ser necessário uma pessoa externa para verificar as estruturas.

Os sensores selecionados apresentam uma maior precisão e os suportes foram concebidos de forma a não permitir a rotação dos sensores em funcionamento, permitindo uma maior eficácia da medição. O sistema projetado permite a realização por parte do operador da *poka-yoke*. Esta verificação baseia-se na tentativa de iniciar o processo com os casquilhos na posição incorreta. Se o processo não avançar, valida-se assim a *poka-yoke*, garantindo o correto funcionamento dos novos sensores implementados. A Figura 126 representa esta nova alteração no posto K02.

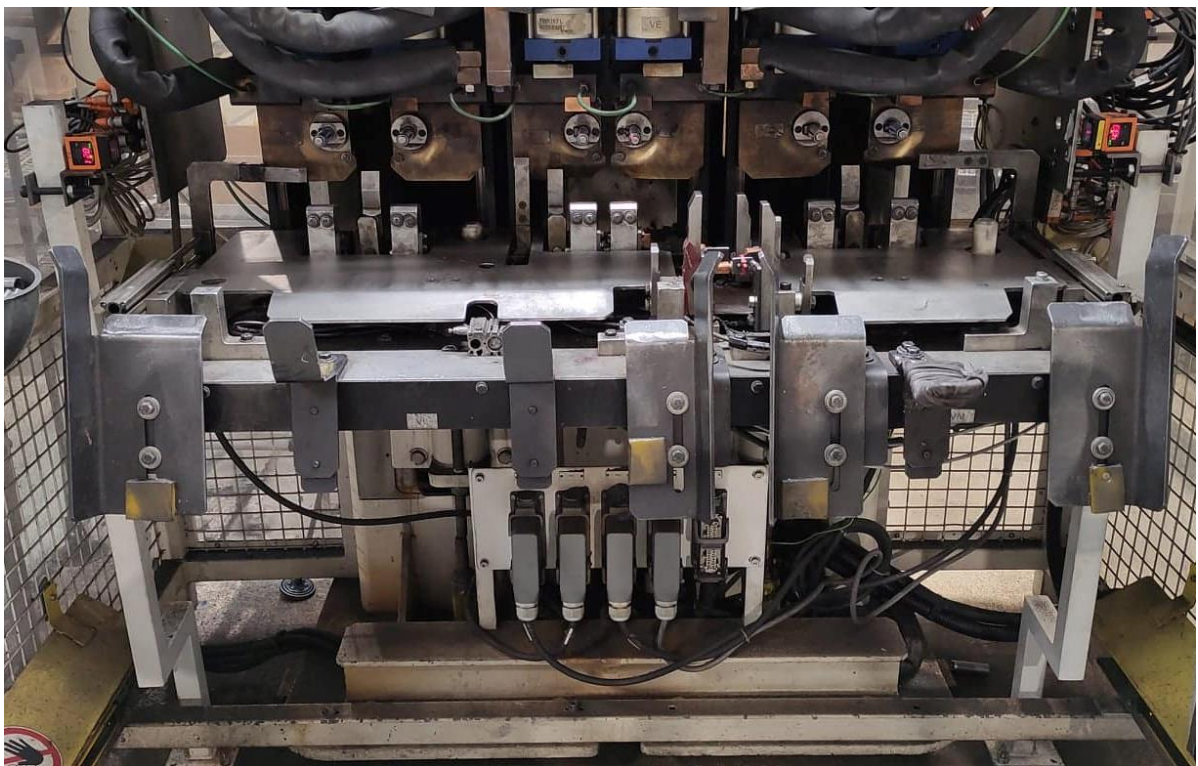


Figura 127-Posto K02 com os sensores, os suportes e a placa

6.5 Trancamento paletes

O aparecimento de material indesejado nas corrediças abordado no capítulo 4.6 tornou necessária a otimização do sistema de trancamento das paletes. Assim, foi proposta e implementada uma solução que permitiu a resolução deste defeito/problema com um custo aproximado de 200€ por paleta.

Com o novo sistema é assegurado que a paleta não avança para o primeiro posto com a placa de *nylon* fora de posição (Figura 127). A vantagem deste novo sistema é o facto de não ser possível a abertura do veio de trancamento em nenhum posto, com exceção do posto final, após conclusão do ciclo do processo. A Figura 128 ilustra as alterações implementadas no sistema de trancamento. De salientar nesta melhoria, a simplicidade da implementação do sistema, o custo reduzido, assim como, um impacto nulo na produção.

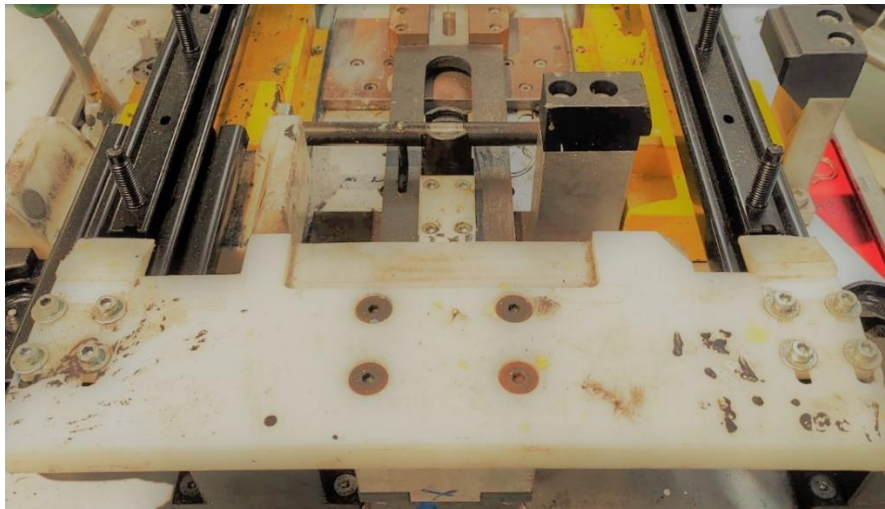


Figura 128- Paleta com o novo sistema de trancamento



Figura 129- Demonstração do pino soldado no veio de trancamento e rasgo na estrutura

7 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

A otimização e controlo de uma linha de produção é um processo contínuo de elevada relevância. É essencial para a empresa em termos de redução de custos e de qualidade do produto apresentada ao cliente. Qualquer falha na fiabilidade de um componente ou equipamento pode causar impactos negativos no cliente e no fornecedor. Ao nível do fornecedor, para a redução desse risco, é fundamental uma análise contínua do produto e dos processos produtivos na qual se incluem as linhas de produção.

Os trabalhos realizados no âmbito desta dissertação focaram-se no estudo de soluções e melhorias na linha de produção do projeto HJB da Faurecia Assentos para Automóveis, Metal. O objetivo principal desta dissertação era o aumento da produtividade e qualidade dos produtos que incorporam o projeto HJB.

No âmbito desta dissertação:

- Foi definido o procedimento de validação das aparafusadoras tendo sido para o efeito projetada e aprovada uma ferramenta concebida especificamente para a validação. A metodologia proposta cumpre as normas de validação impostas pela Faurecia. Por motivos alheios ao autor e à empresa esta validação ainda não foi implementada.

- Foi definido, proposto, aprovado e implementado um novo *Layout* da linha de produção dos Assentos Traseiros (AT). Este novo *Layout* permitiu diminuir o espaço de implementação da linha, diminuição da mão de obra necessária e aumentar a produtividade.

- Foi proposto, aprovado, implementado e otimizado um novo posto de soldadura, posto K17 da linha dos Assentos Traseiros. Um dos objetivos principais deste novo posto era a redução de salpicos, defeito frequente neste produto, e *Strap wires* dessoldados. No âmbito desta dissertação foi projetada, aprovada e implementada uma nova ferramenta que permitiu reduzir em cerca de 70% o número de ocorrências deste defeito. Os ensaios macrográficos realizados permitiram validar o procedimento de soldadura implementado. A implementação deste posto permitiu ainda reduzir o tempo de ciclo dos postos K10 a K13 por se terem retirado destes a realização dos cordões das caixas de proteções e dos *Strap wires*.

- Foi projetado e implementado um sistema de identificação do posicionamento dos casquilhos *Headrest* que evita o aparecimento de casquilhos trocados.

- Foi projetado e implementado um sistema de trancamento das paletes que evita o aparecimento de material indesejado no interior das correções.

Os trabalhos desenvolvidos no âmbito desta dissertação permitiram concretizar com êxito todos os objetivos estabelecidos inicialmente. Os resultados obtidos permitiram concluir que todas as alterações feitas relativamente ao controlo, à fiabilidade e à eficiência da linha de produção, surtiram melhorias no projeto HJB. Este trabalho gerou, assim, um aumento no fluxo do processo, uma redução de custos e um aumento da qualidade do produto.

Relativamente a trabalhos futuros pode referir-se:

- Otimização dos postos K08 a K13, especificamente no que diz respeito às trajetórias dos *robots* de soldadura.

- Conceção de outro novo posto para substituir a zona de verificações finais. Isto implicaria a aplicação de um conjunto de câmaras para a leitura das posições abertas e fechadas do mecanismo, um sistema de cilindros pneumáticos para fazer a confirmação da movimentação das corredeiras e um calibre para confirmar o correto posicionamento do *glider*. Também neste posto seria vantajoso projetar um suporte para se fazer a verificação do movimento do ET 40% e um suporte para uma aparafusadora de confirmação da rosca do *stud*.

Referências

- AGME. *Automotated Assembly Solutions*. 2021.
<https://www.agme.net/pt/tecnologias/tecnologias-proprias/tecnologia-rebitagem>.
- Baghbani, Mohammad. “Journal of Loss Prevention in the Process Industries.” *Investigating the relationship between RPN parameters in fuzzy PFMEA and OEE in a sugar factory*, Janeiro de 2019.
- Cognix. *Sistema LSM na montagem de bancos automotivos ISRI*. 2017.
<http://cognix.satore.com.br/cognix-no-mercado/sistema-lsm-na-montagem-de-bancos-automotivos-isri/>.
- Cubberly, William H. *Tool and Manufacturing Engineers Handbook Desk Edition*. Society of manufacturing Engineers, 1989.
- Curado, Adriano. *Fordismo – o que é, origem, contexto histórico, características, decadência*. 2019. <https://conhecimentocientifico.r7.com/fordismo/>.
- Dessoutter. *Parafusadeiras elétricas ERS*. 2020.
<https://www.desouttertools.pt/ferramentas/2/sistemas-de-montagem-eletrica/222/parafusadeiras-eletricas-ers> (acedido em Janeiro de 2021).
- Enami, Moeen. *Evaluation of mechanical properties of Resistance Spot Welding and Friction Stir Spot Welding on Aluminium Alloys*, 2016.
- Faurecia. “FST-I-PSX-0016.” *Macroscopic examination guideline of weld seams*. 2018.
- Faurecia. *FST-S-PSX-0110-01*. Faurecia, 2015.
- Faurecia. “Manual de Acolhimento.” 2020.
- Faurecia(a). “FST-S-PSX-0001/en.” 2020.
- Faurecia(a). “FST-S-PSX-0026.” 2011.
- Faurecia(b). “FST-S-PSX-0052.” *MAG Welding- Welding Acceptance Criteria*. 2011.
- Faurecia(b). “Synoptique de Fabrication et de Contrôle.” 2020.
- Faurecia(c). “Key Figures.” 2020.
- FORD. “Company Timeline.” 2020.
- Hangar MMA. *Hangar MMA*. 2020. <https://hangarmma.com.br/blog/rebites-de-aeronaves/> (acedido em Janeiro de 2021).
- IFM. “Sensores.” 2020.
- Kahraman, Nizamettin. *The influence of welding parameters on the joint strength of resistance spot-welded titanium sheets*, 2005.
- KUKA. *Robot Systems*. 2020. <https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/industrial-robots/kr-cybertech-nano> (acedido em dezembro de 2020).
- Messler, Robert W. *Principles of Welding*. Troy, NY: Rensselaer Polytechnic Institute, 1999.

- Moura, Cândido. *Análise de modo e efeitos de falha potencial*. 2000.
- Mraz, Stephen. *Radial and Orbital Riveting Add Finesse to Fastening, Joining*. 2016.
<https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21834729/radial-and-orbital-riveting-add-finesse-to-fastening-joining> (acedido em Dezembro de 2020).
- Nielsen, Chris Valentin. “3D numerical simulation of projection welding of square nuts to sheets.” 2014.
- Normandy Fasteners. *Projection Weld Bolts*. 2021.
<https://www.normandyfasteners.co.uk/product/projection-weld-bolts/>.
- Nyce, Avid S. *Linear Position Sensors*. Wiley, 2004.
- Pedrosa, Bruno. “Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.” *Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) aplicada a um Secador Industrial*, Setembro de 2014.
- Rashid. *Projection Welding – Working, Advantage, Disadvantages and Applications*. 2019.
<http://www.mechanicalwalkins.com/projection-welding-working-advantage-disadvantages-and-applications/> (acedido em Janeiro de 2021).
- Rivets de France. *History*. 2017. (acedido em dezembro de 2020).
- Saurin, Tarcisio Abreu. “Journal of Manufacturing Systems.” *A framework for assessing poka-yoke devices*, Outubro de 2010.
- SNECI. *Introducing Reverse FMEA Methodology, Sneci Training Module*. 2018.
[https://www.sneci.com/new-training-module-reverse-fmea-methodology/#:~:text=The%20Reverse%20FMEA%20is%20a,controls%20\(preventio n%2F detection\)](https://www.sneci.com/new-training-module-reverse-fmea-methodology/#:~:text=The%20Reverse%20FMEA%20is%20a,controls%20(preventio n%2F detection).). (acedido em Janeiro de 2021).
- Weman, Klas. *Welding Process Handbook*. Woodhead Publishing, 2012.
- Worten. *Ender 3 v2*. 2020. <https://www.worten.pt/informatica-e-acessorios/impressao/impressoras/impressora-3d-creality-ender-3-pro-i3-MRKEAN-6902601873295> (acedido em janeiro de 2021).

Anexo A

faurecia

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(P-FMEA)

FMEA Number: 0
FMEA Date: 05/05/2020
Updated on: 12/12/2020
PILOT-leader: F. Pollet

Models : Renault Capture
Product : HJB
Item : Cushion
Core Team: F.Pollet, F. Cunha, P. Silva, D. Romano

RPN limit for G=10 36
RPN limit for G=8 or 9 36
RPN limit for G<=7 100

TOTAL RPN 1080
ACTION OPEN 87%
ACTION CLOSED 3%

N°	Process Step definition (P-FMEA)	POTENTIAL FAILURE		Severity	Class	Potential Cause of failure	Occur. rate	Process controls (P-FMEA)		Detect. #	RPN	Recommended Corrective Actions		Responsible	Target completion date	Action taken	Forecasted new RPN			
		MODE	EFFECT					Prevention	Detection			N°	Description				S	O	D	RPN
		Articulation outside location X506 KPC432	Backrest out of position	8	2		10			10	800								#VALOR!	
		Articulation outside location X507 KPC433	Backrest out of position	8	2		10			10	800								#VALOR!	
		Angle of gousset outside specification X508 KPC434	Backrest out of position	8	2	Endstop out of position	10			10	800								#VALOR!	
				8	2	Articulation hook out of position	10			10	800								#VALOR!	
				8	2	Gap between gousset and articulation	5	PK-YK N°16		1	40								#VALOR!	
		Load on the endstop <100N Y901	Articulation freplay on open position	8		No element on the jig pressing the endstop	10			10	800								#VALOR!	
		Seam n°123 missing	Frame safety compromised	10	1	Welding ignition failed	3		Welding seam arc monitoring and counter	1	30									
		Seam n°124 missing	Frame safety compromised	10	1	Welding ignition failed	3		Welding seam arc monitoring and counter	1	30									
		Seam n°125 missing	Frame safety compromised	10	1	Welding ignition failed	3		Welding seam arc monitoring and counter	1	30									
		Seam n°126 missing	Frame safety compromised	10	1	Welding ignition failed	3		Welding seam arc monitoring and counter	1	30									
		Seam n°233 missing	Frame safety compromised	10	1	Welding ignition failed	3		Welding seam arc monitoring and counter	1	30									
		Seam n°123 deviated	Frame safety compromised	10	1	Incorrect trajectory	1			10	100	1	Welding parameter sheet validation	NP			10	1	7	70
				10	1	Contact between the torch and tool	2			10	200	1	Implement an intervention log on the machine with a specific field for a confirmation of no contact between torch and tool	NP			10	2	2	40
				10	1	Seam joint incorrect positioning	7		Autocontrol 100% with marking	8	560								#VALOR!	
				10	1	Stick-out too high	4			10	400	1	Implement on the machine a gauge to check the correct stick-out on each intervention and add a specific field on the intervention log	NP			10	4	1	40
		Seam n°124 deviated	Frame safety compromised	10	1	Incorrect trajectory	1			10	100	1	Welding parameter sheet validation	NP			10	1	7	70
				10	1	Contact between the torch and tool	2			10	200	1	Implement an intervention log on the machine with a specific field for a confirmation of no contact between torch and tool	NP			10	2	2	40
				10	1	Seam joint incorrect positioning	7		Autocontrol 100% with marking	8	560								#VALOR!	
				10	1	Stick-out too high	4			10	400	1	Implement on the machine a gauge to check the correct stick-out on each intervention and add a specific field on the intervention log	NP			10	4	1	40
		Seam n°125 deviated	Frame safety compromised	10	1	Incorrect trajectory	1			10	100	1	Welding parameter sheet validation	NP			10	1	7	70
				10	1	Contact between the torch and tool	2			10	200	1	Implement an intervention log on the machine with a specific field for a confirmation of no contact between torch and tool	NP			10	2	2	40
				10	1	Seam joint incorrect positioning	7		Autocontrol 100% with marking	8	560								#VALOR!	
				10	1	Stick-out too high	4			10	400	1	Implement on the machine a gauge to check the correct stick-out on each intervention and add a specific field on the intervention log	NP			10	4	1	40
		Seam n°126 deviated	Frame safety compromised	10	1	Incorrect trajectory	1			10	100	1	Welding parameter sheet validation	NP			10	1	7	70