



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO
INDUSTRIAL

**Análise do Desempenho e Otimização de
Processos Industriais na Indústria
Automóvel**

Autor

Diana Inês Silva Costa

Orientador

Prof. José Luís Ferreira Martinho

Prof. Ana Carla Vicente Vieira

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Dezembro 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E BIOLÓGICA

Análise do desempenho e otimização de processos na Indústria Automóvel

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Autor

Diana Inês Silva Costa

Orientador

Prof. José Luís Ferreira Martinho

Co-Orientador

Prof. Ana Carla Vicente Vieira

Supervisor na empresa Gestamp Aveiro

Eng.^a Daniela Lopes

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Dezembro 2022

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a toda a equipa da Gestamp Aveiro, principalmente à Engenheira Daniela Lopes pelo acompanhamento constante e oportunidade dada.

Um agradecimento especial a toda a equipa que integra o Departamento de Produção, que tiveram sempre um comportamento exemplar, mostrando em todos os momentos que são excelentes profissionais e se mostraram disponíveis para contribuir para o meu processo de aprendizagem. Um especial obrigado ao Professor José Luís Ferreira Martinho e à Professora Ana Carla Vicente Vieira pela sua disponibilidade e todo o auxílio no decorrer da realização deste relatório.

Agradeço aos meus pais que me incentivaram constantemente a seguir um percurso académico, família e amigos pelo apoio incondicional, incentivo, amizade e paciência demonstrados ao longo desta caminhada.

RESUMO

Este relatório descreve o trabalho realizado na Gestamp Aveiro, uma empresa multinacional inserida na indústria metalomecânica de produção de componentes automóveis. O trabalho abordado identifica a importância da metodologia *Lean Manufacturing* aplicada ao setor automóvel e explora a implementação de ferramentas de melhoria contínua com o objetivo de alcançar uma maior eficiência nos seus processos. Baseado nos problemas identificados e com a finalidade de melhorar a produtividade, foram elaborados 3 projetos diferentes que contribuíram para a otimização dos processos da empresa.

A partir da observação do posto de trabalho da estampagem a frio foi possível identificar oportunidades de melhoria ao nível de *standards* 6S, que depois da sua implementação, permitiu melhorar as áreas de trabalho da Gestamp Aveiro em termos de organização, limpeza e cumprimento das regras estabelecidas de higiene e segurança no trabalho.

Analizou-se o processo de estampagem onde se fez a implementação da manutenção preventiva numa prensa progressiva que apresenta um baixo *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), para diminuir o tempo de *setup* e paragens de produção. Os resultados do trabalho desenvolvido permitiram observar as alterações positivas no rendimento do equipamento em causa após esta implementação.

Foram aplicadas várias ferramentas de gestão, tal como o *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), aplicado a 2 conjuntos soldados, para assim determinar os modos de falha mais críticos nos seus processos e sugerir ações recomendadas para diminuição do grau de risco dos modos de falha.

O *feedback* dos colaboradores que fizeram parte da implementação dos referenciais 6S e do quadro *kamishibai* como forma de seguimento das suas ações foi positivo, uma vez que lhes permitiu ter um acompanhamento mais rigoroso das ações aplicadas. Os engenheiros de produção beneficiaram desta ferramenta, uma vez que facilitou o acompanhamento das ações, mostrando ser uma forma rápida de comunicar os fatores críticos que necessitam de ser solucionados. Após a implementação da manutenção preventiva, obtiveram-se resultados favoráveis, em que se observou uma tendência crescente na disponibilidade do equipamento ao longo do período de 6 meses. Verificou-se um aumento percentual da disponibilidade de 13,45% deste fevereiro de 2022 até julho de 2022. Relativamente à análise FMEA do conjunto soldado em análise, verificou-se que as ações recomendadas implementadas permitiram a redução do NPR, alcançando assim o objetivo desta análise.

Palavras-Chave: Produção *Lean*, Indústria Automóvel, Manutenção, OEE, FMEA

ABSTRACT

This report describes the work done at Gestamp Aveiro, a multinational company in the automotive industry. The work discussed identifies the importance of the Lean Manufacturing methodology applied to the automotive sector and explores the implementation of continuous improvement tools in order to achieve greater efficiency in its processes. Based on the problems identified and in order to improve productivity, were elaborated three different projects that contributed to the optimization of the company's processes.

It was possible to identify opportunities for improvement at the level of 6S standards in the cold stamping workstation, which after its implementation allowed improving the work areas of the Gestamp Aveiro plant in terms of organization, cleaning and compliance with the established rules of hygiene and safety at work.

It was implemented preventive maintenance in a progressive press that presents a low Overall Equipment Effectiveness (OEE), in order to reduce the setup time. The results of the work developed made it possible to understand the changes in the performance of the equipment concerned after this implementation.

Several management tools have been applied, such as Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), applied to 2 welded sets, to determine the most critical failure mode in their processes and suggest recommended actions to reduce the degree of risk of failure modes.

The feedback from the employees who were part of the implementation of the 6S references and the kamishibai board as a way of following their actions was positive, since it allowed them to have a more rigorous monitoring of the actions applied. The production engineers benefited from this tool, as it facilitated the monitoring of the actions, proving to be a quick way to communicate the critical factors that need to be solve. After the implementation of the preventive maintenance, favorable results were obtained, in which there was an increasing trend in the availability of equipment over the 6-month period. There was a percentage increase in availability of 13.45% from February 2022 to July 2022. Regarding the FMEA analysis of the welded set under analysis, it was found that the recommended actions allowed the reduction of NPR, thus achieving the objective of this analysis.

Key Words: Lean Production, Automotive Industry, Maintenance, OEE, FMEA

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Contextualização.....	1
1.2	Objetivos e relevância.....	1
1.3	Organização e Estrutura do Relatório	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Metodologia <i>Lean</i>	3
2.1.1	Lean Manufacturing e os 5 Princípios do Lean	4
2.1.2	7 + 1 Desperdícios (Muda)	5
2.2	Ferramentas e Metodologias Lean	6
2.2.1	5S.....	6
2.2.2	TPM – Total Productive Maintenance.....	7
2.2.3	Ciclo PDCA.....	10
2.2.4	OEE como Indicador de Desempenho de Equipamentos.....	11
2.3	FMEA – <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	15
2.3.1	Procedimento do FMEA.....	16
2.3.2	Número Prioritário de Risco (NPR)	17
2.3.3	Ações recomendadas	21
2.3.4	Benefícios do FMEA	21
3	CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA	23
3.1	Grupo Gestamp	23
3.2	Gestamp Aveiro	24
3.3	Descrição dos Processos da Gestamp Aveiro	26
3.3.1	Estampagem a Frio	26
3.3.2	Estampagem a Quente	27
3.3.3	Soldadura.....	27
3.3.4	Pintura Cataforese.....	28
4	PROJETOS DE MELHORIA	29
4.1	Projeto 1 - Otimização dos Meios de Controlo da Estampagem a Frio.....	29
4.1.1	Modo Operativo de Produção.....	32
4.1.2	Rota de Controlo Visual	33

4.1.3	Etiquetas de Identificação de Apoio	35
4.1.4	Implementação dos Referenciais 6S nos postos de trabalho	38
4.2	Projeto 2 - Otimização dos indicadores de desempenho	44
4.2.1	Implementação do Programa de Gestão da Manutenção Preventiva	45
4.2.2	Resultados após a implementação	48
4.3	Projeto 3 - FMEA	51
4.3.1	Desenvolvimento FMEA	52
4.3.2	Análise e Discussão de resultados	62
5.	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	ANEXOS	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Os 5 Princípios do LEAN, adaptado de (J. Pinto, 2014)	5
Figura 2: Metodologia 5S, Adaptado do livro “Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras” (J. Pinto, 2014).....	7
Figura 3: Oito Pilares do TPM, adaptado de (Ahuja & Khamba, 2008)	8
Figura 4: Ciclo PDCA adaptado de (J. Pinto, 2014)	11
Figura 5: Parcelas do tempo total disponível para produção adaptado de (Costa, 2020).....	13
Figura 6: Parcela de tempo de produção efetivo e causas de que o afetam.....	14
Figura 7: Parcela de tempo de produção efetivo e causas de que o afetam.....	14
Figura 8: Parcela de tempo útil à produção e causas de que o afetam	15
Figura 9: Fluxograma das etapas de desenvolvimento FMEA adaptado de (Kardos et al., 2021)	16
Figura 10: Gráfico de ações corretivas da Gestamp Aveiro	20
Figura 11: Distribuição Geográfica do Grupo Gestamp retirado de (www.gestamp.com/en/home).....	23
Figura 12: Localização da Gestamp Aveiro organizacionalmente	24
Figura 13: Clientes da Gestamp Aveiro e o seu impacto económico	25
Figura 14 - Departamentos GAV	25
Figura 15: Os 4 processos da GAV	26
Figura 16: Prensa progressiva à esquerda e prensa transfer à direita	26
Figura 17: Prensa de Estampagem a Quente	27
Figura 18: Célula Semiautomática	27
Figura 19: Célula Robotizada	27
Figura 20: Bastidores da linha de pintura	28
Figura 21 - Posto de trabalho.....	29
Figura 22 - Janela referente ao sistema de informação	31
Figura 23 - Janela da Documentação do Produto	31
Figura 24: Informação inicial contida no MOP.....	33
Figura 25: Demonstração do modo de acondicionamento das peças	33
Figura 26 - Exemplo de uma RCV	35
Figura 27: Etiqueta cinza.....	36
Figura 28: Etiqueta Azul	36
Figura 29: Etiqueta laranja	36
Figura 30: Legenda dos parâmetros de identificação da EIA.....	37
Figura 31 - Layout exemplificativo de identificação de embalagens.....	37
Figura 32: Referenciais 6s do posto de estampagem.....	41
Figura 33: Esboço do quadro kamishibai aplicando os referenciais 6s.....	42
Figura 34: Exemplo de cartão kamishibai (lado verde).....	42
Figura 35: Exemplo de cartão kamishibai (lado vermelho)	43
Figura 36: Localização do quadro Kamishibai no posto de trabalho	43

Figura 37: Valores Iniciais do OEE.....	44
Figura 38: Metodologia da implementação da manutenção preventiva utilizada	45
Figura 39: Folha de tarefas da manutenção preventiva da P1000A01	47
Figura 40: Plano de ações baseado no ciclo PDCA.....	48
Figura 41: Evolução da disponibilidade ao longo de 9 meses.....	49
Figura 42: Evolução do indicador OEE ao longo do tempo após a implementação do plano de manutenção preventiva	50
Figura 43: Conjuntos soldados A e B (Produtos/Co-Produtos).....	51
Figura 44: Localização do conjunto final no esqueleto do carro.....	52
Figura 45 - Diagrama de blocos funcionais.....	52
Figura 46: Gráfico de ações corretivas	56
Figura 47: Tabelas de Prioridade de Atuação.....	56
Figura 48: Nível de Prioridade	57
Figura 49: Gráfico de ações recomendadas por nível de prioridade	63
Figura 50: Número de ações corretivas recomendadas por processo	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Conceitos Lean	3
Tabela 2: Descrição dos pilares TPM segundo (Singh et al., 2013).....	8
Tabela 3: As 6 Grandes Perdas, adaptado de (Ferreira, 2017)	12
Tabela 4: Valores ideais de OEE.....	15
Tabela 5: Tabela do Índice de Ocorrência (O) da Gestamp Aveiro	18
Tabela 6: Tabela do Índice de Severidade (S) da Gestamp Aveiro.....	18
Tabela 7: Tabela do Índice de Detecção (D) da Gestamp Aveiro.....	19
Tabela 8: Possíveis defeitos que podem ocorrer nas peças	34
Tabela 9: Sinalização da ocorrência do defeito por cor.....	35
Tabela 10: Referenciais 6S	38
Tabela 11: Referenciais 6S	39
Tabela 12: Lista das tarefas para a manutenção preventiva	46
Tabela 13: Identificação dos modos de falha da estampagem/soldadura por resistência/soldadura de pontos por resistência	53
Tabela 14: Identificação dos modos de falha da soldadura porca + perno por resistência e logística.....	54
Tabela 15: Índice de Severidade.....	55
Tabela 16: Índice de Ocorrência.....	55
Tabela 17: Índice de Detecção	55
Tabela 18: Ações recomendadas do FMEA para o Conjunto soldado A e B.....	58
Tabela 19: Ações recomendadas da FMEA para o Conjunto soldado A e B.....	59
Tabela 20: Ações recomendadas da FMEA para o Conjunto soldado A e B.....	60
Tabela 21: Ações recomendadas da FMEA para o Conjunto soldado A e B.....	61
Tabela 22 - Número de ações recomendadas segundo o nível de prioridade obtido.....	62

SIGLAS E ACRÓNIMOS

5S	Cinco Sentidos
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
EIA	Etiquetas de Identificação de Apoio
FMEA	<i>Failure Mode Effects Analysis</i>
GAV	Gestamp Aveiro
JIT	<i>Just In Time</i>
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
MOP	Modo Operativo de Produção
NPR	Número de Prioridade de Risco
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
RCV	Rota de Controlo Visual
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contém a contextualização do tema abordado no estágio, bem como a sua relevância e objetivos. Apresenta-se também uma breve descrição da estrutura do relatório de estágio.

1.1 Contextualização

Este relatório de estágio foi realizado no âmbito da unidade curricular de Estágio, correspondente ao segundo ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

O estágio decorreu na empresa Gestamp Aveiro (GAV) situada na Zona Industrial de Nogueira do Cravo, empresa que industrializa componentes e conjuntos metálicos para a indústria automóvel. Esta unidade fabril é equipada com diversas tecnologias de estampagem, soldadura, pintura e montagem de equipamentos.

A Gestamp Aveiro tem um desenvolvimento positivo na industrialização dos seus produtos, sendo essencial uma melhoria constante na gestão da qualidade do produto como também na gestão de todos os processos até obter o produto final para ser enviado para o cliente.

O estágio deu início no dia 20 de setembro de 2021 no departamento técnico, onde houve a oportunidade de integrar as funções de engenharia de produto no Departamento Técnico acompanhada pelo Eng.º Rui Maia, Chefe de Projeto. Mais tarde, a 1 de dezembro de 2021, fui colocada no Departamento de Produção no posto de engenharia de produção, supervisionada pela Eng.ª Daniela Lopes. Os conhecimentos obtidos em ambos os departamentos da GAV possibilitaram uma melhor compreensão e um estudo mais abrangente do processo de produção dos componentes automóveis.

1.2 Objetivos e relevância

O principal objetivo deste trabalho é otimizar o desempenho da estampagem a frio da Gestamp Aveiro através da implementação de metodologias *Lean*.

Durante o estágio foram implementados e propostos alguns projetos de melhoria, tendo cada um deles uma metodologia adequada, regendo-se por uma observação visual no chão de fábrica, recolha/interpretação de dados, troca de informação com os colaboradores (*feedback*), apresentação da sugestão de melhoria, implementação da melhoria e monitorização da mesma.

Mais especificamente, os objetivos incluem a implementação de meios de controlo para as novas peças em industrialização na empresa, assim como a elaboração de um documento de referenciais 6S para ter como *standard* na realização das tarefas do posto de trabalho. Para além

disso, tem-se como finalidade a implementação da manutenção preventiva numa prensa progressiva da estampagem, para que desta forma seja possível aumentar a disponibilidade do equipamento e por consequência verificar uma evolução positiva no indicador OEE.

Adicionalmente, tem-se como propósito realizar uma avaliação de riscos a um conjunto soldado através da metodologia de análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA), para assim determinar os modos de falhas mais críticos e mais frequentes nos seus processos, sugerir ações recomendadas para diminuição do grau de risco dos modos de falha e identificar possíveis ações para melhorias futuras.

1.3 Organização e Estrutura do Relatório

O Capítulo 1 foca-se numa breve contextualização do estágio, assim como os principais objetivos da realização do trabalho e metodologias utilizadas.

O Capítulo 2 incide na pesquisa de ferramentas *Lean*, sendo estas de enorme importância para o desenvolvimento de qualquer empresa, complementando os conhecimentos e conceitos descritos ao longo da tese, assim como algumas das ferramentas que proporcionaram a realização do trabalho de gestão dos processos de produção.

Após o enquadramento teórico, o Capítulo 3 explora a estrutura de funcionamento da Gestamp Aveiro e são descritos os processos de produção de forma mais detalhada, incluindo o processo de estampagem, soldadura, pintura e montagem.

No Capítulo 4 é feita uma apresentação dos três projetos elaborados ao longo do estágio, aplicando as ferramentas abordadas na revisão bibliográfica, que mostraram ser relevantes na otimização da eficiência dos processos da Gestamp.

O último capítulo (Capítulo 5), inclui as conclusões que foram tiradas no desenvolvimento dos projetos apresentados e as perspetivas futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo consiste na seleção e posterior análise de conceitos bibliográficos associados ao *Lean*, que são um suporte à aplicação relatada no Capítulo 4.

Os temas selecionados incluem as ferramentas *Lean*, que procuram eliminar o desperdício em contexto industrial, abordando os 5S, o *Total Productive Maintenance* (TPM), o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) como Indicador de Desempenho e o ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*).

2.1 Metodologia *Lean*

A necessidade de produção em massa surgiu com as revoluções industriais que ocorreram ao longo dos séculos XX e XXI, obrigando as organizações a adaptarem-se a processos de produção mais complexos e eficientes. Num ambiente empresarial cada vez mais competitivo, é fundamental que as organizações sejam capazes de explorar ao máximo os seus recursos materiais e humanos de modo a otimizar o seu o seu desempenho. O conceito *Lean* surge como solução para satisfazer a necessidade de maior produtividade e qualidade ao mesmo tempo que se reduz desperdícios, possibilitando a diminuição de tempos e custos de produção (Makhomu, 2012). Neste conceito, é considerado um desperdício todo e qualquer processo que não acrescente valor. Conceitos como *Lean Thinking* e *Lean Manufacturing* são frequentemente associados à metodologia *Lean* na literatura existente. A definição destes conceitos é descrita na Tabela 1.

Tabela 1: Conceitos *Lean*

Referência	Conceito	Definição
(Womack & Jones, 1996)	<i>Lean Thinking</i>	Em português significa “pensamento magro” e é caracterizado como uma filosofia de gestão, com o objetivo de identificar e eliminar desperdícios, a partir do desenvolvimento de competências e uma mudança na atitude e cultura da organização face às atividades relacionadas com os processos de fabrico. Pretende que se consuma apenas os recursos estritamente necessários para reduzir custos, aumentar o rendimento.
(Gupta & Jain, 2013)	<i>Lean Manufacturing</i>	Trata-se de uma filosofia que aciona a prática de atividades na organização em incentivando a identificação e eliminação de desperdícios, tanto nos processos, produtos ou na própria organização, para aumentar a produtividade. Só apresentará resultados se houver um compromisso de melhoria contínua de todos os participantes nos processos.

A aplicação destes conceitos torna-se por isso uma ferramenta valiosa no que toca à eliminação dos desperdícios das organizações.

2.1.1 Lean Manufacturing e os 5 Princípios do Lean

O sistema de produção em massa, criado por Henry Ford, foi empregue com sucesso pela *Ford Motor Company*, tendo-se afirmado como uma referência para a indústria automóvel. A produção em larga escala de produtos *standard* e recurso a linhas de montagem constituíam os pilares da sua gestão. A principal dificuldade encontrada era a adaptação ao mercado, no qual a procura de produtos diversificados era crescente, aliada à escassez de recursos provocada pela 2ª Guerra Mundial (Womack & Jones, 1996). Após a 2ª Guerra Mundial, o sistema de produção da Toyota (*Toyota Production System* ou TPS), surgiu no Japão como alternativa à produção em massa tendo como principais impulsionadores Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. Considerados como “pais” do TPS, pretenderam implementar na Toyota um sistema de produção cujo principal objetivo era a eliminação do desperdício, sem perder o foco na satisfação do cliente (Dossou et al., 2022).

A utilização de pequenos lotes de produção, o surgimento do sistema *just-in-time* (JIT), a redução do tempo de produção, a troca rápida de ferramentas e a aposta na qualidade e diversidade dos produtos a baixo custo, constituíram as bases de atuação da empresa Toyota. Esta abordagem representou uma revolução na produção automóvel, tendo-se tornado uma referência dado o sucesso que teve a nível mundial.

O *Lean* rege-se por 5 cinco princípios que procuram a satisfação total do cliente, também descritos na Figura 1 (Womack & Jones, 1996):

- **Especificação do valor** – Ponto de partida para a implementação do *Lean*, que apenas pode ser definido pelo cliente. Quanto maior o valor criado para o cliente, maior a sua satisfação.
- **Mapeamento da cadeia de valor** – Conjunto de todas as atividades que podem ou não agregar valor, para transformar matéria-prima e informação num produto ou serviço (ou na combinação de ambos). Uma vez mapeada a cadeia de valor torna-se mais fácil observar que processos e/ou etapas não acrescentam valor.
- **Fluxo de valor** – Organização dos processos de forma a criar um fluxo de materiais e informação, de modo a evitar perdas na combinação de tempo e paragens ou deslocações desnecessárias.
- **Sistema Pull** – Sistema de produção no qual as instruções de fabrico são dependentes da procura do cliente final. Apenas são produzidas as quantidades desejadas pelo cliente e no momento que o cliente pretende, evitando deste modo desperdícios que possam surgir do excesso de produção, como os *stocks*.
- **Perfeição** – Apelar à melhoria e perfeição dos processos deve ser o objetivo de todas as áreas envolvidas na organização, de uma forma contínua. Permite aumentar o valor associado ao produto/serviço, através da eliminação constante dos desperdícios.

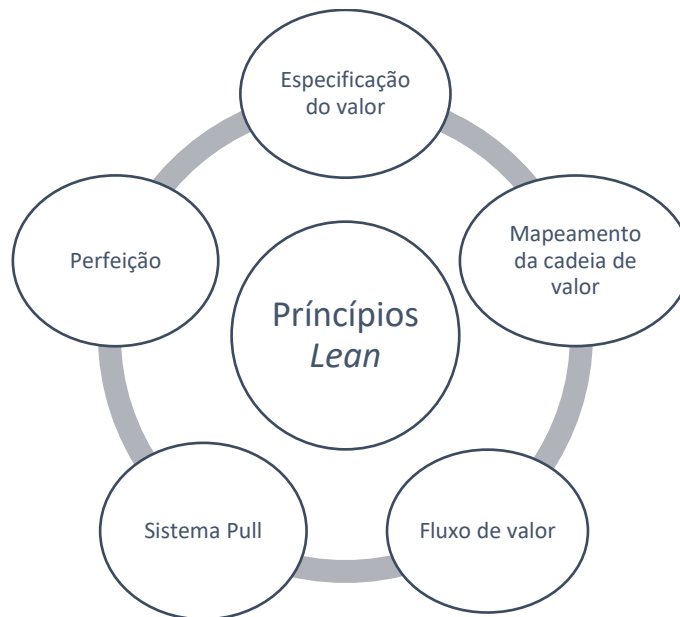


Figura 1: Os 5 Princípios do LEAN, adaptado de (J. Pinto, 2014)

2.1.2 7 + 1 Desperdícios (Muda)

Desperdício, também conhecido por Muda, é qualquer atividade humana que consome recursos acima das quantidades mínimas necessárias e que não cria valor. Valor significa a capacidade de oferecer um produto/serviço a um preço adequado num período de tempo definido, conforme as especificações do cliente (J. Pinto, 2014).

Segundo Pinto (2014) ao desenvolver o TPS, Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, identificaram sete categorias de desperdícios nas empresas, sendo elas:

- **Sobreprodução ou produção em excesso** – Produzir mais quantidade do que aquela que é precisa quando não é necessária leva a uma ocupação desnecessária de recursos, consumo dispensável de materiais e energia, antecipação de compras de materiais, aumento de *stocks* e ausência de flexibilidade no planejamento. Nivelar a produção ao trabalhar com lotes mais pequenos faz com que esta seja mais flexível.
- **Esperas** – Corresponde ao tempo passado por pessoas ou equipamentos à espera de algo. Este tipo de desperdício pode ocorrer devido a vários problemas como layout, obstruções nos fluxos, atrasos nas entregas por parte dos fornecedores ou ao balanceamento incorreto de processos.
- **Transportes** – Qualquer movimentação desnecessária de pessoas, informação, materiais, partes montadas ou acabadas. Os sistemas de transporte e movimentação ocupam espaço, apresentam custos de aquisição e manutenção, aumentam o tempo de produção e podem danificar os próprios produtos durante as movimentações.
- **Operações e Processos desnecessários** – Qualquer operação ou processo que não acrescenta valor ao produto representa um desperdício para as empresas, além de potenciar o aparecimento de defeitos na peça. Uma forma de eliminar estes desperdícios é a formação dos colaboradores e a automatização de tarefas.

- **Stock** – As principais causas são a sobreprodução, o elevado tempo de mudança de ferramenta, uso do *stock* como parte do ativo da organização, gargalos na produção causados por processos produtivos com diferentes ritmos de trabalho. Para eliminar o excesso de *stock* deve-se utilizar um sistema de produção *pull*, que apenas produz o necessário para satisfazer os pedidos.
- **Movimentos desnecessários** – Refere-se ao movimento lento, excessivo ou desnecessário na execução de uma operação devido a desmotivação ou competências não desenvolvidas. Devem-se uniformizar todas as operações dos diferentes processos e apostar na formação dos colaboradores.
- **Defeitos** – Consiste na produção de materiais que têm de ser retrabalhados ou que são tidos como sucata. A sucata e o retrabalho representam custos acrescidos, para além dos desperdícios relacionados com espera no posto seguinte, acrescentando o custo e *lead time* ao produto.

Segundo Ohno (1988), é necessário olhar para o intervalo de tempo que se estende desde a apresentação do pedido do cliente até ao momento em que o produto é entregue e reduzi-lo através da eliminação de desperdícios. São identificadas outras categorias de desperdício, das quais se salienta, uma em particular:

- **Desperdício do Potencial Humano** – Dar formação e incentivar a participação e o compromisso de todos os trabalhadores garante às organizações ganhos financeiros e de eficiência muito significativos. São os operadores que trabalham diariamente com os equipamentos, tendo uma perceção diferente relativamente às dificuldades encontradas no terreno, sendo por isso importante apelar ao seu envolvimento nas atividades da organização.

2.2 Ferramentas e Metodologias Lean

2.2.1 5S

A ferramenta 5S tem como objetivo reduzir o desperdício e melhorar as condições de trabalho. Desta forma, permitirá a qualquer organização reduzir desperdícios, aumentar a produtividade e otimizar o fluxo produtivo (Oleghe & Salonitis, 2017).

Esta ferramenta é composta por 5 etapas:

- **Seiri (Organização)** – Remover tudo aquilo que não é necessário no local de trabalho para a realização das tarefas. É necessário manter os objetos essenciais para o funcionamento do posto de trabalho, sejam de uso regular ou ocasional, qualquer item que não pertença à área de trabalho em que se encontra deve regressar ao local de origem;
- **Seiton (Arrumação)** – É importante que os materiais estejam num local de fácil acesso, próximos e devidamente organizados, de modo a poupar tempo e melhorar o fluxo produtivo. Algumas ações são a identificação rápida e visual das ferramentas, em escala real, delimitação de áreas e etiquetar o que possível;

- **Seiso (Limpeza)** – Os equipamentos limpos facilitam a identificação de problemas para além de que um local de trabalho limpo e livre de obstruções é um mais seguro, evitando acidentes de trabalho;
- **Seiketsu (Normalização)** – Devem ser criadas regras e padrões comunicativos, claros e fáceis de entender. Atribuir a cada pessoa as suas tarefas e responsabilidades promove a continuação da execução das mesmas;
- **Shitsuke (Autodisciplina)** – A autodisciplina requer tempo, disciplina e foco. A verificação regular da organização e limpeza do posto de trabalho através de auditorias é um modo de garantir a sustentabilidade da metodologia.

A Figura 2 ilustra as cinco etapas desta ferramenta:



Figura 2: Metodologia 5S, Adaptado do livro “Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras” (J. Pinto, 2014)

As empresas iniciam a implementação do *lean* com a aplicação desta ferramenta, pois permite consciencializar os colaboradores acerca do processo e permite identificar a origem do desperdício, bem como oportunidades de melhoria (Abuab et al., 2019).

2.2.2 TPM – Total Productive Maintenance

A Manutenção Produtiva Total, do inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), é um conceito introduzido por Nagajima (1989) que surgiu da necessidade de acabar com os desperdícios existentes no ambiente industrial. O TPM procura maximizar a eficiência do equipamento ao longo da sua vida útil. É importante manter o equipamento em boas condições, para evitar avarias inesperadas, perdas de velocidade e defeitos de qualidade que ocorrem nas atividades

do processo. Existem três principais objetivos no TPM: zero defeitos; zero acidentes; e zero avarias (Willmott, 1994).

As iniciativas do TPM, sugeridas e promovidas pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), envolvem um plano de implementação de oito pilares que resulta num aumento da produtividade através da manutenção, redução dos custos de manutenção e redução de paragens de produção (Ahuja & Khamba, 2008).

O plano de implementação JIPM de oito pilares TPM é retratado na Figura 3, que mostra as ferramentas utilizadas:

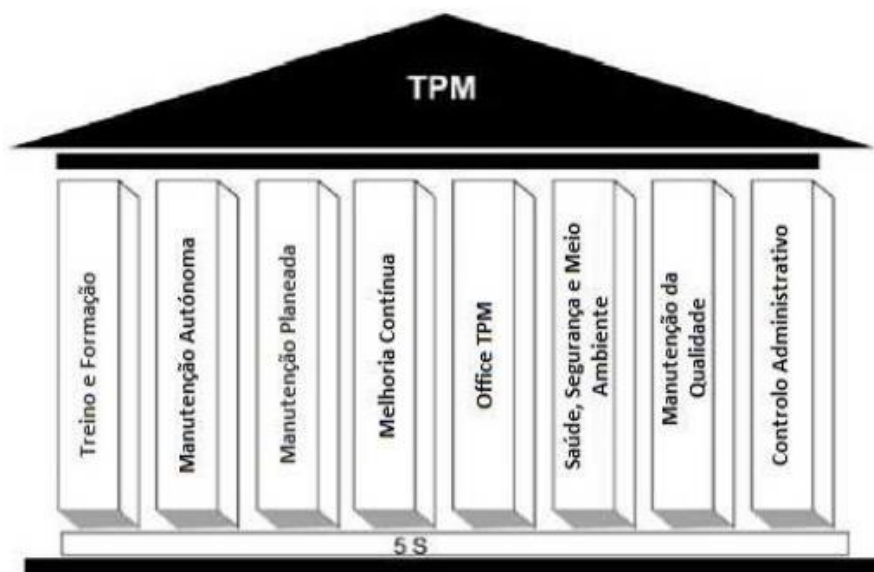


Figura 3: Oito Pilares do TPM, adaptado de (Ahuja & Khamba, 2008)

A Tabela 2 descreve em detalhe cada um dos oito pilares do TPM e as suas atividades associadas para a implementação efetiva do 5S no local de trabalho:

Tabela 2: Descrição dos pilares TPM segundo (Singh et al., 2013)

Descrição dos pilares TPM segundo (Singh et al., 2013)	
Manutenção Autônoma	O operador deve ter autonomia para realizar a limpeza, lubrificação, ajustes e inspeção dos equipamentos de produção. Isto contribui para a preservação do equipamento, favorece a deteção precoce de falhas e permite que os técnicos de manutenção se foquem noutras tarefas.
Melhoria Contínua	Eliminar desperdícios e garantir o máximo rendimento possível aproveitando todos os recursos, incluindo matéria-prima, equipamentos, energia e pessoas. A equipa deve ser proativa e disposta a experimentar novos métodos para resolver os problemas.

Descrição dos pilares TPM segundo (Singh et al., 2013)	
Manutenção Planeada	Permite um planeamento eficiente e eficaz ao longo do ciclo de vida do equipamento, capaz de otimizar o tempo de inatividade e avarias.
Manutenção da Qualidade	Um dos objetivos do TPM é alcançar zero defeitos. Assim, o seguimento e verificação das causas raiz dos problemas desempenham um importante papel na sua resolução.
Treino e Formação	É fundamental investir no conhecimento técnico, controlo de qualidade, competências interpessoais multidisciplinares para que os colaboradores alcancem os objetivos da organização. A avaliação periódica e a atualização das competências dos técnicos permitem que estes estejam familiarizados com novos métodos e equipamentos.
Saúde, Segurança e Meio Ambiente	Garantir um ambiente de trabalho seguro, adequado, eliminar acidentes e fornecer procedimentos operacionais <i>standard</i> .
Office TPM	Os trabalhadores administrativos também devem participar, pois toda a equipa deve ser proativa e focada nas melhorias. Isto favorece a sinergia entre as várias áreas de negócio, como a análise de processos/procedimentos da empresa, a produção, a logística e os recursos humanos.
Controlo Administrativo	É importante apelar à utilização das competências adquiridas para iniciativas de melhoria de manutenção. É relevante ter como base experiências anteriores para facilitar a manutenção e lidar com novos equipamentos.

2.2.2.1 Tipos de manutenção

A gestão da manutenção pode adotar diferentes critérios para intervir nos equipamentos, habitualmente referidos como “tipos de manutenção” (J. Farinha & Vasconcelos, 1994).

A manutenção dos equipamentos auxilia a prevenção de falhas e avarias que por sua vez aumenta a disponibilidade do sistema produtivo (Singh et al., 2013).

Tradicionalmente, a manutenção é classificada e executada por intervalos fixos ao longo do tempo, neste caso manutenção preventiva sistemática, ou por manutenção corretiva após a avaria. No tipo preventivo, a manutenção é realizada para evitar a avaria do equipamento através da troca de componentes. No tipo corretivo, a manutenção é realizada após uma avaria. Em seguida são descritos alguns dos conceitos de manutenção (Oliveira, 2017):

- **Manutenção corretiva planeada** – Correção de anomalias detetadas e para restauro do funcionamento de todo o sistema de produção. Para além do pilar TPM da manutenção planeada, estas ações fazem também parte do pilar da manutenção autónoma;
- **Manutenção preventiva sistemática** – Atuação realizada de forma a reduzir/evitar a falha ou quebra no desempenho, cumprindo uma preventiva sistemática planeada,

baseado em intervalos de tempo definidos. A manutenção preventiva reduz a probabilidade de ocorrência de falha e contribui para evitar paragens súbitas;

- **Manutenção preditiva** – É a manutenção que avalia a condição de um ativo, sendo realizado um controlo periódico ou contínuo de um ativo através de estudos estatísticos de processo e análise de tendência. Determina o momento das atividades de manutenção futuras que serão realizadas e os seus custos;
- **Manutenção condicionada** – É manutenção preventiva iniciada como resultado do conhecimento da condição de um item a partir da monitorização de rotina ou da monitorização contínua. É uma variante da manutenção preventiva, ou seja, é uma manutenção planeada realizada antes do aparecimento da avaria, assegurando todas as ações necessárias de manutenção realizadas na altura apropriada. É dependente da monitorização de parâmetros característicos do equipamento.

A necessidade vital de ações preditivas e preventivas fazem parte das atividades de qualquer unidade industrial, e a evolução do processo de gestão da organização permitirá a aplicação do modelo mais conveniente. Entre os vários benefícios da implementação do TPM devem ser apontados o aumento da produtividade e da Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), bem como a redução dos custos de produção e dos tempos de paragem (Dunn, 2015).

2.2.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é um ciclo de melhoria baseado no método científico de propor uma mudança num processo, a implementação da mudança medindo os resultados e tomar as medidas apropriadas (Chen et al., 2022). É constituído por quatro fases como mostra a Figura 4:

- **Planear (Plan)** – Nesta fase são estabelecidos os objetivos do sistema e também do seu processo, é feita a identificação de possíveis riscos e oportunidades de melhoria. São definidos os recursos necessários para demonstração de resultados segundo os requisitos do cliente;
- **Executar (Do)** – A fase da implementação do plano de ações, onde é importante haver a documentação de dados e imprevistos que podem ser importantes para a resolução de problemas futuramente;
- **Verificar (Check)** – É quando acontece a monitorização, medição e controlo de processos e dos produtos ou serviços resultantes da produção. É nesta fase onde os produtos/serviços são controlados através da comparação com os requisitos para depois serem reportados os resultados obtidos;
- **Atuar (Act)** – Nesta fase são apresentadas ações de melhoria do processo, e postas em prática ações para as não conformidades e riscos que podem ser corrigidos, dando assim início a um novo ciclo.

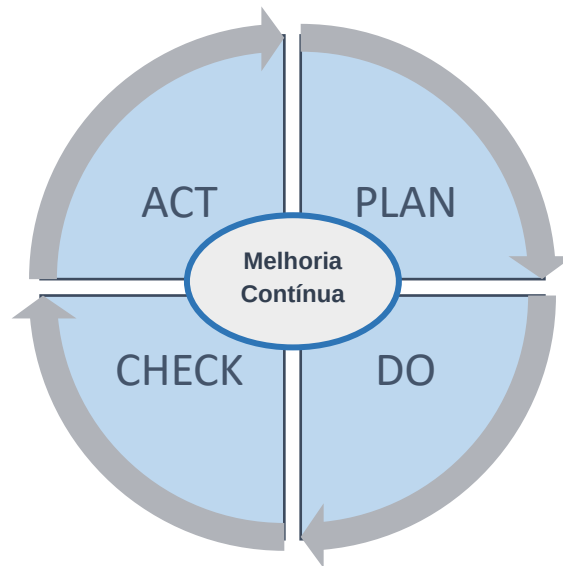


Figura 4: Ciclo PDCA adaptado de (J. Pinto, 2014)

É importante promover a envolvimento e o interesse na utilização constante do Ciclo PDCA de pessoas de diferentes áreas e hierarquias, de forma a ter um maior sucesso ao longo do ciclo (B. Farinha & Sofia, 2015).

2.2.4 OEE como Indicador de Desempenho de Equipamentos

O equipamento ideal funcionaria durante a totalidade do tempo à velocidade máxima, sem gerar problemas de qualidade. No entanto, na maior parte dos casos, os equipamentos estão sujeitos à ocorrência de diferentes acontecimentos, como pequenas paragens, existindo também a possibilidade de originarem peças defeituosas provocando uma redução da eficiência do equipamento (Team, 1999).

Quantificar e avaliar o desempenho das operações no chão de fábrica requer indicadores que representem os seus parâmetros, como produtividade, qualidade e capacidade de produção (Davis, 2001; Ferreira, 2017).

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é a métrica percentual usada para quantificar a eficiência de um ativo. O OEE pode ser entendido como a percentagem de tempo útil planeado de produção, tendo em conta os fatores de disponibilidade, desempenho e qualidade. Este indicador é utilizado como uma métrica do desempenho global dos equipamentos na produção, permitindo quantificar as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linha de produção ao longo do tempo (Jonsson & Lesshammar, 1999).

Para o cálculo do indicador OEE é fundamental identificar todas as perdas relacionadas com os equipamentos para que estas possam ser minimizadas de maneira a aumentar a eficiência global. Segundo Nakajima, existem seis grandes perdas relacionadas com o equipamento de produção:

- **Perdas por avaria** – indisponibilidade do equipamento devido durante tempo indeterminado para a intervenção da manutenção;
- **Perdas por Setup** – estas perdas são responsáveis por grande parte da indisponibilidade de um equipamento, uma vez que este tem de estar sujeito a mudanças de ferramenta para a produção de outro produto;
- **Perdas por pequenas paragens** – normalmente a reparação destas pequenas paragens são efetuadas pelo operador por não precisarem de muito tempo e serem de simples execução, como as paragens devido a sujidade na ferramenta que pode causar defeitos na peça;
- **Redução da velocidade de produção** – estas perdas podem estar associadas a problemas da própria operação, qualidade do processo ou até da própria engenharia e dos tempos de ciclo teórico mal definidos. Existe quando há um desfasamento entre a relação entre a velocidade de produção teórica e real;
- **Produtos não conformes** – estas paragens são causadas pelo funcionamento incorreto dos equipamentos que por sua vez origina produtos defeituosos ou é necessário efetuar retrabalho no produto antes da operação;
- **Perdas por queda de rendimento** – estas perdas estão relacionadas com as paragens dos equipamentos que requerem um período para que o equipamento estabilize. Ocorrem após reparações, manutenção e paragens de descanso.

A Tabela 3 faz a ligação de cada uma das 6 grandes perdas com a sua ocorrência a posterior consequência:

Tabela 3: As 6 Grandes Perdas, adaptado de (Ferreira, 2017)

Perda	Ocorrência	Consequência
Avarias	- Falha geral do equipamento; - Manutenção não planeada; - Falhas de ferramentas; - Avaria mecânica/elétrica.	Perda de Disponibilidade
Mudança de Ferramentas e Afições	- Arranque do equipamento; - Afição do equipamento; - Falta de operador; - Falta de material; - Mudança de ferramenta; - Preparação da máquina.	
Pequenas Interrupções	- Componentes ou sensores bloqueados; - Obstrução do fluxo de produto; - Limpeza e pequenos ajustes.	Perdas de Velocidade/Performance

Perda	Ocorrência	Consequência
Velocidade Reduzida	- Equipamento com desgaste; - Funcionamento abaixo da velocidade especificada; - Funcionamento irregular.	Perdas de Velocidade/Performance
Defeitos do Processo	- Sucata; - Defeitos recuperáveis; - Montagem incorreta; - Produto fora das especificações.	Perdas de Qualidade
Rejeições Durante o Arranque	- Sucata; - Defeitos recuperáveis; - Montagem incorreta; - Produto fora das especificações.	

No que toca à disponibilidade do equipamento estão associadas as perdas por quebras e por *setup*. As perdas por produtos não-conformes e por queda de rendimento baixam a componente da qualidade, enquanto que as perdas por pequenas paragens e por queda de velocidade afetam diretamente a componente velocidade (S. Pinto, 2015).

2.2.4.1 Cálculo do indicador OEE

Caso o equipamento esteja sempre disponível e a trabalhar à sua velocidade ideal sem produzir peças com defeito, então o seu resultado percentual será 100%. O OEE é calculado através do produto de 3 fatores segundo Nakajima (1988):

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (1)$$

Para o cálculo do OEE, é necessário definir as parcelas que compõe o tempo disponível, ilustrado pela Figura 5, e perceber quais as perdas que afetam cada uma delas.



Figura 5: Parcelas do tempo total disponível para produção adaptado de (Costa, 2020)

O tempo disponível inclui o tempo de funcionamento da fábrica excluindo as paragens planeadas, a hora de almoço e formações (Dal et al., 2000; Nakajima, 1988), obtendo-se assim, o tempo de produção planeado.

- **Disponibilidade**

A disponibilidade calcula-se considerando a utilização da máquina e as paragens não programadas, como avarias do equipamento e tempos de *setup* de ferramenta. Sendo assim, a disponibilidade é referente ao tempo real de funcionamento do sistema/equipamento, qualquer período de tempo em que a linha está parada, seja uma paragem planeada, ou não.



Figura 6: Parcela de tempo de produção efetivo e causas de que o afetam

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ produção\ efetivo}{Tempo\ de\ produção\ planeado} \quad (2)$$

- **Desempenho**

Durante o funcionamento do equipamento, o seu desempenho é afetado por microparagens e ritmos de trabalho mais baixos do que habitual (Dal et al., 2000; Nakajima, 1988).



Figura 7: Parcela de tempo de produção efetivo e causas de que o afetam

$$Desempenho = \frac{Total\ Real\ Produzido \times Tempo\ de\ ciclo\ ideal}{Tempo\ de\ produção\ efetivo} \quad (3)$$

- **Qualidade**

Para o cálculo do índice de qualidade, é necessário conhecer o número real total de peças produzidas, as peças que foram sujeitas a retrabalho e aquelas que foram rejeitadas. O índice de qualidade é afetado por peças defeituosas, retrabalho e por perdas de qualidade ligadas ao arranque e pequenos ajustes (Dal et al., 2000; Nakajima, 1988).

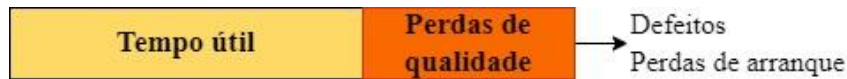


Figura 8: Parcela de tempo útil à produção e causas de que o afetam

$$Qualidade = \frac{Unidades\ aceites}{Unidades\ produzidas} \quad (4)$$

- **Fórmula de calculo de OEE**

Uma vez conhecidas as fórmulas de todas as parcelas de cálculo do OEE e pela sua multiplicação obtém-se a fórmula do OEE:

$$OEE = \frac{Unidades\ aceites \times Tempo\ de\ ciclo\ ideal}{Tempo\ de\ produção\ planeado} \quad (5)$$

No que toca aos valores desejados, Nakajima (1988) sugeriu os valores para o indicador OEE e os seus componentes indicados na Tabela 4:

Tabela 4: Valores ideais de OEE

	Percentagem (WORLD-CLASS-OEE, 2022)
Disponibilidade	90%
Rendimento	95%
Qualidade	99%
OEE	85%

Nakajima definiu estes valores, com base na sua experiência, sendo estes valores referentes aos mínimos que as empresas devem atingir. Também observou que todas as empresas vencedoras do *Distinguished Plant Prize*, concedido anualmente no Japão a plantas que implementaram com sucesso o TPM, tiveram pontuações OEE superiores a 85% (WORLD-CLASS-OEE, 2022)

2.3 FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

A Análise de Modo e Efeito de Falha, também conhecido como *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), desenvolveu-se na década de 1960 na indústria aeroespacial, sendo uma metodologia sistemática utilizada para identificar modos de falha conhecidos ou potenciais, assim como as suas causas e efeitos no desempenho do sistema (Hu-Chen et al., 2011). Como tal, o FMEA é um procedimento proativo que avalia um processo pela identificação de onde e

como uma falha pode ocorrer analisando o impacto das diferentes falhas (Miguel & Pedrosa, 2014).

Um FMEA de processo é uma técnica analítica utilizada pela equipa responsável pela manufatura com a finalidade de assegurar que, na extensão possível, os modos de falha potenciais e suas causas foram avaliados. De uma forma mais precisa, o FMEA é um resumo dos pensamentos da equipa durante o desenvolvimento de um processo e inclui a análise de itens que poderiam falhar baseados na experiência e nos problemas passados. Esta metodologia identifica os potenciais modos de falha do processo relacionados ao produto, identifica as causas potenciais de falhas do processo de manufatura ou montagem e as variáveis que deverão ser controladas para redução da ocorrência. Também classifica os potenciais modos de falha, estabelecendo um sistema de priorização para a tomada das ações corretivas (Liu et al., 2022).

2.3.1 Procedimento do FMEA

Deve ser seguida uma abordagem sistemática para que o documento resultante duma análise FMEA seja realizado de forma eficaz. Este documento sofre alterações constantes, sempre com a intenção de fazer uma avaliação mais profunda do sistema analisado. O procedimento geral de condução de uma análise FMEA é indicado no diagrama da Figura 9 e é brevemente explicado nos seguintes passos:

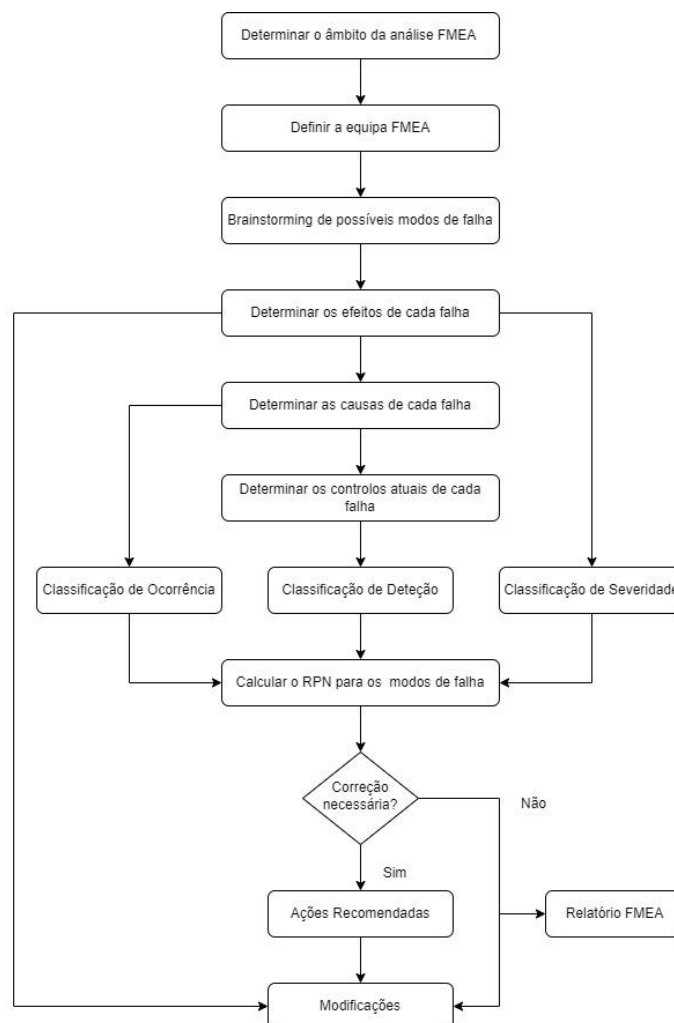


Figura 9: Fluxograma das etapas de desenvolvimento FMEA adaptado de (Kardos et al., 2021)

Segundo Moura (2000), alguns dos termos geralmente utilizados no FMEA são definidos da seguinte forma:

- **Função** – Descrição simplificada do processo ou operação em análise, como por exemplo, soldadura ou pintura. Indica o propósito do processo ou operação, onde o processo envolve uma série de operações, com diferentes modos de falhas potenciais, sendo aconselhável listar cada uma das operações como processos separados;
- **Modo de falha Potencial** – O Modo de Falha Potencial é definido como a maneira pela qual o processo potencialmente falharia em atender aos requisitos do processo. Entretanto, na preparação do FMEA, deve-se assumir que os materiais/peças vindos de operações anteriores estão corretos;
- **Causa Potencial da falha** – A Causa Potencial da Falha é definida como a forma pela qual a falha poderia ocorrer, descrita em termos de alguma coisa que possa ser corrigida ou possa ser controlada. Devem ser listadas todas as causas de falha concebíveis para cada modo de falha;
- **Efeito Potencial da falha** – Efeito Potencial da falha é definido como o efeito do modo de falha no cliente. O cliente pode ser a próxima operação, operações subsequentes ou locais, o revendedor, ou o proprietário do veículo. Cada cliente deve ser considerado na avaliação do efeito potencial de uma falha;
- **Ações recomendadas** – Ações específicas que podem ser implementadas para reduzir ou eliminar o risco associado a uma causa potencial de cada modo de avaria.

As definições de modo de falha, causa de falha e efeito de falha dependem do nível de análise e critérios de falha. É importante seguir um padrão de avaliação constante enquanto se faz a análise da FMEA (Subriadi & Najwa, 2020).

2.3.2 Número Prioritário de Risco (NPR)

O FMEA tem como objetivo aliviar o risco de um modo de falha através de uma ação recomendada. É atribuído um valor numérico, de forma qualitativa, a cada risco associado a uma falha causadora, tendo em conta os fatores de risco para a ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D), priorizando as ações necessárias para neutralizar ou evitar essas falhas (Moura, 2000).

As classificações de (O), (S) e (D) são divididas numa representação numérica, num sistema de classificação geralmente de 1 a 10, a fim de representar o nível de risco de uma determinada falha, de acordo com a respetiva classificação. As classificações aqui apresentadas regem-se pelas tabelas utilizadas na Gestamp Aveiro:

- **Ocorrência** – Indica a probabilidade de uma causa de falha poder ocorrer numa escala de 1 a 10, como mostra a Tabela 5. O sistema a seguir para o índice de ocorrência deve ser utilizado para garantir consistência. As taxas de falhas prováveis são baseadas na frequência de falhas previstas para o processo (Moura, 2000);

Tabela 5: Tabela do Índice de Ocorrência (O) da Gestamp Aveiro

	Índice de Ocorrência (O)	Nº de falhas [ppm]	
10	Falhas persistentes	>100000	Muito Alta
9	Falhas persistentes	50 000	
8	Falhas frequentes	20 000	Alta
7	Falhas frequentes	10 000	
6	Falhas ocasionais	2 000	Moderada
5	Falhas ocasionais	500	
4	Falhas ocasionais	100	
3	Relativamente poucas falhas	10	Baixa
2	Relativamente poucas falhas	1	
1	Falha impossível (eliminada com controlo preventivo)		Remota

- **Severidade** – Traduz o impacto negativo que o modo de falha pode ter num produto ou processo numa escala de 1 a 10, como mostra a Tabela 6. Severidade é uma avaliação da gravidade do efeito do modo de falha potencial;

Tabela 6: Tabela do Índice de Severidade (S) da Gestamp Aveiro

Índice de Severidade (S)			
	Efeito Cliente	Efeito Fabricação	
10	Risco para a segurança que implica incumprimento das disposições legais sem aviso	Pode pôr em perigo a segurança do operário sem aviso prévio	Perigosa
9	Risco para a segurança que implica incumprimento das disposições legais sem aviso	Pode pôr em perigo a segurança do operador, mas com aviso prévio	
8	Perda da função primária (veículo inutilizável, não afeta a segurança)	100% do produto pode ser para sucata; Produção ou expedição parada;	Muito Alta
7	Degradação da função primária (veículo utilizável, mas com funcionamento degradado)	Parte da produção para sucata; Desvio do processo de produção normal incluindo diminuição da velocidade da linha ou utilização de mais mão de obra	
6	Perda da função secundária (veículo inutilizável, mas com funções de conforto inutilizáveis)	100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	Média
5	Degradação da função secundária (veículo utilizável, mas com funcionamento degradado)	Uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	

Índice de Severidade (S)			
	Efeito Cliente	Efeito Fabricação	
4	Aspetto ou ruído perceptível, veículo utilizável. O produto não dá conforto e é percebido pela maioria dos clientes (>75%)	100% do produto pode ter de ser retrabalhado no posto antes de ser processado	Média
3	Aspetto ou ruído perceptível, veículo utilizável. O produto não dá conforto e é percebido por muitos clientes (50%)	Uma parte do produto pode ter de ser retrabalhado no posto antes de ser processado.	Baixa
2	Aspetto ou ruído perceptível, veículo utilizável. O produto não dá conforto e é percebido por alguns clientes (50%)	Inconveniência leve no processo, para a operação ou para o operário.	
1	Nenhum efeito perceptível	Nenhum defeito perceptível	Muito Baixa

- **Deteção** – Assinala a probabilidade de se verificar uma falha numa escala de 1 a 10, como mostra a Tabela 7. Deve-se assumir que a falha ocorreu e só depois avaliar a eficácia dos controlos atuais do processo. Não deve ser assumido que o índice de deteção é baixo devido à baixa ocorrência, mas avaliar a capacidade dos controlos do processo em detetar baixa frequência de modos de falha ou preveni-los de ocorrerem no processo. As verificações aleatórias da qualidade não são eficazes para a deteção de um defeito isolado e não deveriam influenciar no índice de deteção, ao contrário das amostragens estatísticas (Moura, 2000).

Tabela 7: Tabela do Índice de Deteção (D) da Gestamp Aveiro

Índice de Deteção (D)		
10	Não é possível detetar nem inspecionar	Quase impossível
9	Controlo baseado na inspeção aleatória	Muito Remota
8	Inspeção visual realizado pelo operário no final do processo	Muito Baixa
7	Controlo visual pelo operário no posto de trabalho, ou no final do processo utilizando meios de controlo por atributos	
6	Controlo por atributos pelo operário no posto de trabalho, ou no final do processo utilizando meios de controlo	Baixa
5	Controlo por variáveis no posto de trabalho pelo operário, ou controlo automático que deteta o defeito e alerta o operário (luz, sirene...)	

Índice de Detecção (D)		
4	Controlo automático no final do processo que deteta e bloqueia a peça defeituosa	Baixa
3	Controlo automático no posto de trabalho que deteta e bloqueia a peça no posto para evitar que chegue a uma	Alta
2	Controlo automático no posto de trabalho que deteta o erro e evita que a peça defeituosa seja fabricada	
1	Impossível fabricar defeito, poka-yoke em desenho de processo/produto	Muito Alta

O número prioritário de risco (NPR), que indica os elementos mais críticos, é obtido pelo produto dos três índices mencionados anteriormente:

$$NPR = (S) \times (O) \times (D) \quad (6)$$

Quanto maior o NPR de um modo de falha, menor a confiabilidade do sistema. Devem ser tomadas ações adequadas, preferencialmente nos modos de falha de alto risco para que o sistema aumente o desempenho. O objetivo do NPR é priorizar a eliminação dos modos de falha podendo variar entre “1” e “1000”. Analisando cada uma das tabelas dos índices anteriormente definidos, verifica-se que atribuindo o valor máximo de cada índice obtém-se um NPR de 1000, o que é indesejável. Isto porque o valor máximo de índice de severidade, ocorrência e deteção correspondem respetivamente aos níveis mais graves das tabelas. Sendo assim, deve ser dada atenção especial quando o índice de severidade é alto, independentemente do valor de NPR (Yousefi et al., 2018).

Dos resultados obtidos, consideram-se três grupos para os modos de falha, consoante o NPR apresentado. Na Gestamp Aveiro, as ações corretivas devem ser aplicadas segundo os valores apresentados na Figura 10:

- Com uma severidade de 1 a 6, é necessário tomar medidas corretivas caso o $NPR \geq 100$
- Com uma severidade de 7 a 8, é necessário tomar medidas corretivas caso o $NPR \geq 60$
- Com uma severidade de 9 a 10, é necessário tomar medidas corretivas caso o $NPR \geq 36$

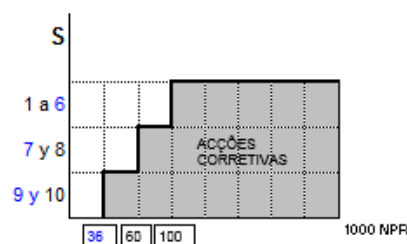


Figura 10: Gráfico de ações corretivas da Gestamp Aveiro

2.3.3 Ações recomendadas

Após a classificação dos modos de falha através NPR, devem ser propostas ações corretivas para os itens críticos e com altos índices de NPR. O objetivo das ações recomendadas é reduzir o índice de ocorrência (O), de severidade (S) ou de detecção (D). Desta forma deve ser promovida a necessidade de implementar ações corretivas, específicas, com resultados quantificáveis, recomendando ações para outras atividades e acompanhando todas as recomendações. Um FMEA corretamente elaborado não terá valor significativo sem que as ações corretivas sejam implementadas. Como tal, é da responsabilidade de todas as áreas afetadas, implementar programas de acompanhamento efetivos para contemplar todas as recomendações. As seguintes ações devem ser consideradas:

- Para reduzir a probabilidade de ocorrência, são recomendadas revisões do projeto/processo e a realização de estudos estatísticos para a prevenção de defeitos e melhoria contínua do processo.
- A única forma de se conseguir uma redução no índice de severidade é alterando o projeto e/ou processo.
- Para aumentar a probabilidade de detecção devem ser implementadas revisões no processo.

Após a implementação das ações corretivas, calculam-se os novos índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). Estes devem ser inferiores aos que existiam antes da implementação das ações corretivas descritas pelo ponto anterior. O FMEA deve ser sempre atualizado quando houver alterações ao projeto, mesmo que a produção já se tenha iniciado, de forma a procurar sempre possíveis melhorias no desempenho do produto.

Na Gestamp Aveiro, o FMEA é revisto sempre que for implementada alguma modificação no seu processo ou controlo, geralmente motivada por:

- Reclamação do Cliente;
- Incidentes Internos;
- Modificação de produto;
- Modificação ou melhoria de processo.

2.3.4 Benefícios do FMEA

O FMEA tem o benefício de permitir compreender quais os problemas existentes nos produtos e nos processos. A sua análise desenvolve uma forma sistemática de hierarquizar informações sobre as falhas dos produtos e processos, ajudando a conceber um sistema de prioridades de melhorias. Segundo Elidolua (2022), a aplicação da metodologia pode trazer os seguintes benefícios:

- Consumidor satisfeito;
- Redução de custos;

- Redução dos custos em retificações;
- Otimiza os planos de manutenção;
- Redução de custos em questões de garantia;
- Promove a competitividade e melhor imagem da empresa;
- Redução de operações e desperdícios que não acrescentam valor;
- Permite adquirir um maior grau de fiabilidade, qualidade e segurança no processo;
- Permite desenvolver planos de controlo;
- Extinguir potenciais modos de falha num menor espaço de tempo;
- Auxilia o registo e documentação de informações no desenvolvimento de planos de teste;
- Apela ao trabalho de equipa estabelecendo relações de trabalho em áreas multifuncionais.

3 CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.1 Grupo Gestamp

O Grupo Gestamp teve início na fábrica de comercialização de chapa, designada Gonvarri, em Espanha no ano 1958. Poucos anos depois, Francisco Riberas Pampliega assumiu a gestão do negócio, e focou-se em direcioná-lo para um ramo com grande impacto no mercado espanhol, na produção de componentes metálicos para o setor automóvel.

Com o intuito de obter mão-de-obra mais económica de modo a obter uma produção de custos reduzidos, muitas empresas do setor automóvel iniciaram o seu crescimento em Espanha. Para a empresa metalúrgica Gonvarri, foi uma oportunidade para apostar no seu crescimento e expansão da empresa.

Em 1997, nasceu o grupo Gestamp *Automación*, com a união das empresas de Burgos e das Astúrias, tendo o objetivo de se tornar um grupo global e com um perfil tecnológico. Logo após a criação da empresa Gestamp, o grupo iniciou a sua internacionalização, adotando uma estratégia de aquisição de outras empresas para facilitar e acelerar a entrada no mercado mundial, tornando-se assim uma empresa multinacional. A sua expansão teve início em vários países, como França, Brasil e Portugal. Em Portugal a Gestamp adquiriu em 2001 a empresa Taval, Indústria de acessórios de automóveis, sendo atualmente chamada de Gestamp Aveiro (GAV).

O Grupo Gestamp *Automación* está presente em 24 países, como mostra a Figura 11, com mais de 100 empresas produtivas e mais de 40.000 funcionários por todo o mundo.



Figura 11: Distribuição Geográfica do Grupo Gestamp retirado de (www.gestamp.com/en/home)

Adicionalmente, o grupo Gestamp atua em quatro áreas de negócio, a componentes e sistemas para automóveis (Gestamp *Automoción*), a centros de serviço de aço (Gonvarri), a centros de imobiliário, e a energias renováveis (Gestamp Solar, Gestamp Eólica e Gestamp Biomassa). Estas áreas estão repartidas por 5 divisões espalhadas pelo mundo, a divisão Mercosul, Nafta, Ásia, Europa Norte e Europa Sul.

3.2 Gestamp Aveiro

A Gestamp Aveiro pertence à divisão Europa Sul, como indicado na Figura 12, e as suas instalações estão localizadas em Nogueira do Cravo, Oliveira de Azeméis, estando integrada numa zona industrial.

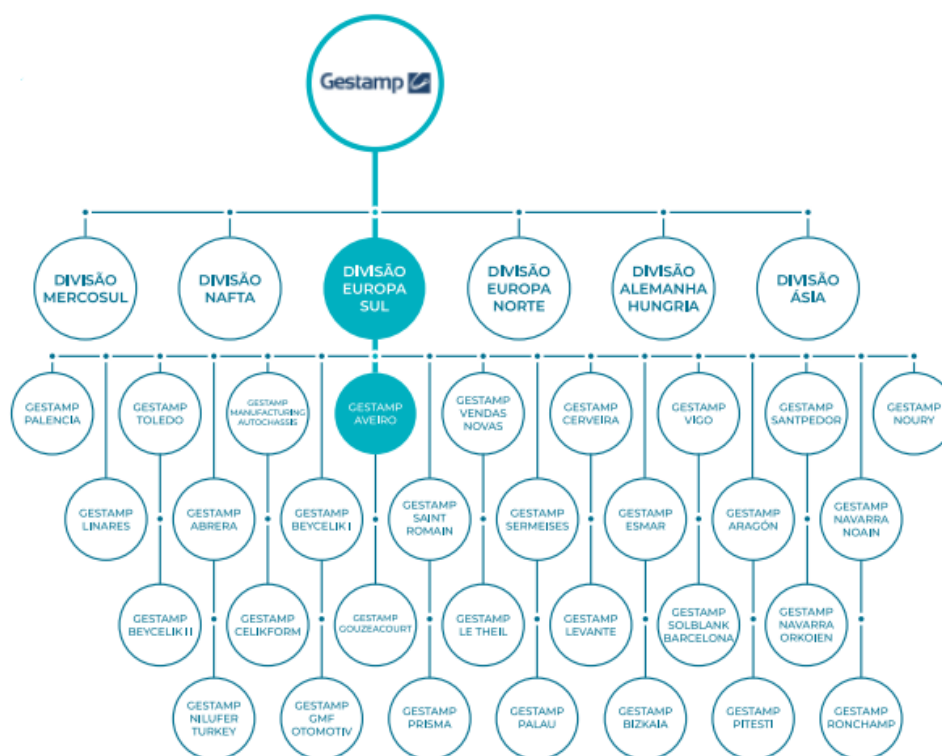


Figura 12: Localização da Gestamp Aveiro organizacionalmente

Na Gestamp Aveiro, as pessoas são o recurso mais valioso, para que esta possa atingir os seus principais objetivos, integrando atualmente 628 colaboradores.

A GAV trabalha para vários construtores automóveis, como o Grupo GM, Grupo Renault-NISSAN, Grupo Volkswagen, Grupo PSA e Ford, bem como para diversas indústrias auxiliares, contribuindo assim para um grande impacto económico, como mostra a Figura 13.

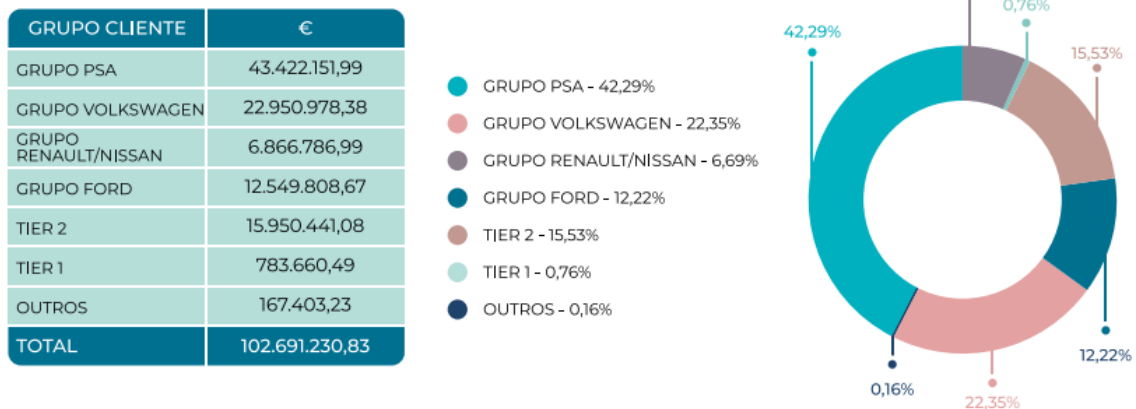


Figura 13: Clientes da Gestamp Aveiro e o seu impacto económico

Atualmente tem uma área total de 75 350 m^2 e uma área coberta de 24 000 m^2 , a empresa divide-se nomeadamente em 7 zonas, as quais estão representadas na Figura 14.

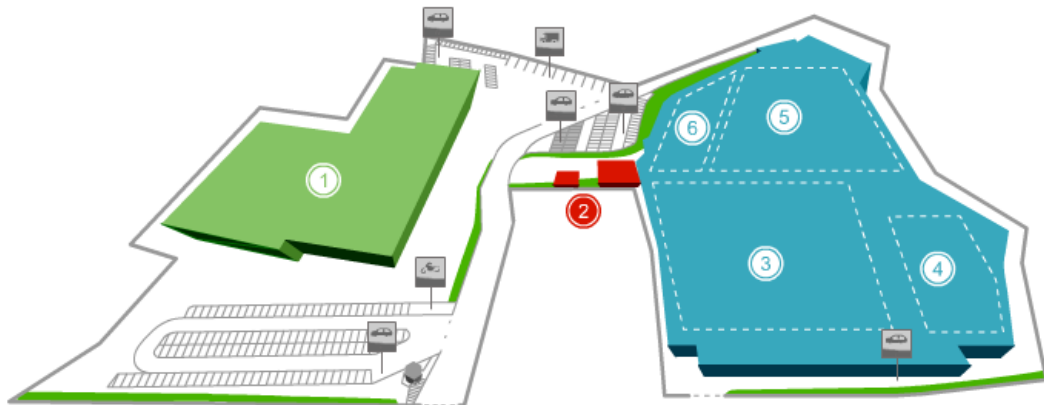


Figura 14 - Departamentos GAV

Zona 1 - área da Logística e a área da ferramentaria Matrigav

Zona 2 - área do Departamento Técnico

Zona 3 - área da Soldadura

Zona 4 - área da Pintura

Zona 5 - área a zona da Estampagem

Zona 6 - área manutenção industrial

Zona 7 - área da escolha do produto final

3.3 Descrição dos Processos da Gestamp Aveiro

Atualmente a Gestamp incide-se com maior intensidade no segmento da Estampagem de peças médias e grandes de carroçaria, assim como na soldadura, montagem e pintura, desde o *design* e conceção até à sua industrialização. Assim, possui na sua fabricação de componentes metálicos peças estampadas, soldadas e pintadas para a Indústria Automóvel. O processo fabril da GAV encontra-se dividido em 4 categorias, ilustradas na Figura 15: Estampagem a Frio, Estampagem a Quente, Soldadura e Pintura Cataforese.

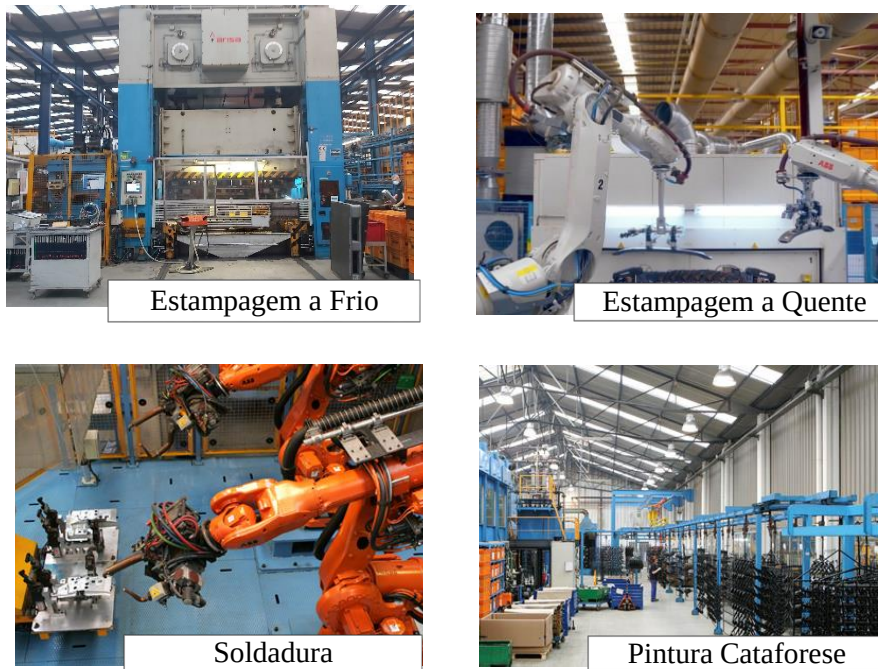


Figura 15: Os 4 processos da GAV

3.3.1 Estampagem a Frio

Na estampagem a frio, a matéria-prima (chapa), sofre uma transformação pela aplicação de pressão exercida nas prensas, normalmente mecânicas. As prensas realizam um movimento rápido, submetendo o material a uma deformação brusca. As prensas podem ser denominadas como progressivas ou *transfer* representadas na Figura 16, consoante a alimentação da matéria-prima seja feita em bobines ou formatos, respetivamente.



Figura 16: Prensa progressiva à esquerda e prensa transfer à direita

Do processo resultam as peças estampadas de diferentes dimensões, que podem ser diretamente expedidas ou passar pelos processos de soldadura/pintura.

3.3.2 Estampagem a Quente

Nesta unidade de negócio, o processo está dividido em três etapas: o formato; estampagem a quente e corte laser. A matéria prima trabalhada é o aço de boro revestido com alumínio e silício que vai ser aquecido, até que seja maleável, a uma temperatura aproximada de 900 graus, seguido do processo de moldagem e refrigeração rápida, criando um material transformado e endurecido. Combina força e dureza, obtendo uma peça leve e resistente. Após a estampagem, as peças são transportadas para as células laser onde, através do processo CNC de corte laser, é feita a furação e remoção de excesso de material. A Figura 17 ilustra a prensa da estampagem a quente da Gestamp Aveiro:



Figura 17: Prensa de Estampagem a Quente

3.3.3 Soldadura

No processo de soldadura, as peças provenientes da estampagem podem ser soldadas entre elas, formando conjuntos soldados, ou submetidas à soldadura componentes (porcas e parafusos). A soldadura é diferenciada em 2 tipos: soldadura por resistência e soldadura MIG/MAG:

- **Soldadura por pontos**

Este processo consiste na combinação de calor gerado pela corrente elétrica de elevada intensidade com a aplicação da força mecânica, que se exerce sobre os elétrodos (acessórios de cobre). Esta soldadura pode realizar-se através de prensas manuais ou em instalações automatizadas (células robotizadas), como mostram as Figuras 18 e 19.



Figura 18: Célula Semiautomática

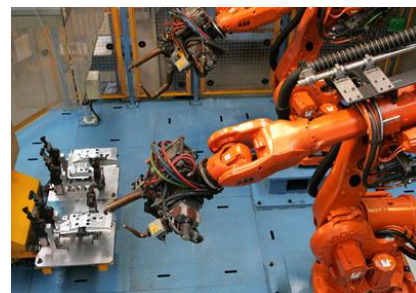


Figura 19: Célula Robotizada

- **Soldadura MIG/MAG**

O princípio da soldadura MIG/MAG consiste em introduzir um fio de metal na tocha, fio esse que é fundido no arco elétrico. O arame de soldar desempenha duas funções: por um lado, é o eletrodo que conduz a corrente, por outro, é também, em simultâneo, o material de adição a ser introduzido na soldadura. Um gás de proteção que flui através do bocal da tocha protege o arco elétrico e o material em fusão, podendo o mesmo ser inerte (MIG) ou ativo (MAG). Os gases inertes, tais como o argon, não entram em reação com o material em fusão. Por outro lado, os gases ativos não só interferem no próprio arco elétrico, como também reagem com o material em fusão. Da mesma forma que no processo anterior, as peças podem ser diretamente expedidas ou passar ao processamento seguinte.

3.3.4 Pintura Cataforese

Na pintura cataforese, as peças provenientes de fases anteriores são dispostas num suporte que é posteriormente colocado numa cadeia que percorre todas as fases deste processo automatizado. A única intervenção humana consiste na colocação e retirada de peças da cadeia de pintura. Este processo possui essencialmente 3 fases distintas:

- **Pré-tratamento**

Desengorduramento e preparação da peça para pintura, através da passagem por um túnel com diversos estágios de tratamento efetuado por aspersão;

- **Pintura**

Efetuada por imersão, baseando-se no deslocamento de partículas carregadas dentro de um campo elétrico de um polo (ânodo positivo) para o outro (cátodo) que são as próprias peças. As peças mergulham numa cuba de tinta, são submetidas a uma descarga elétrica que faz atrair à superfície da peça metálica as partículas sólidas existentes no banho de pintura;

- **Secagem e Polimerização**

Efetuada pela passagem das peças por um túnel de secagem. No final deste processo as peças são acondicionadas e expedidas para o cliente.



Figura 20: Bastidores da linha de pintura

4 PROJETOS DE MELHORIA

A indústria automóvel está em constante desenvolvimento e crescimento. A Gestamp Aveiro procura acompanhar a evolução e as exigências dos clientes, o que implica reestruturar alguns dos processos de gestão implementados na empresa.

Durante o estágio foram implementados e propostos alguns projetos de melhoria, tendo cada um deles uma metodologia adequada, regendo-se por uma observação visual no chão de fábrica, recolha/interpretação de dados, troca de informação com os colaboradores (*feedback*), apresentação da sugestão de melhoria, implementação da melhoria e monitorização da mesma. Os projetos descritos neste documento não seguem a ordem sequencial de execução, estando organizados por tema. O Projeto 1 descreve a execução dos meios de controlo que foram elaborados durante o estágio, também descreve a implementação de um documento de referenciais 6S seguido de uma ferramenta aplicada para auxiliar o seu seguimento. O Projeto 2 aborda a implementação da manutenção preventiva numa prensa progressiva da estampagem a frio e o seguimento do indicador OEE para verificar o seu impacto ao longo do tempo. O Projeto 3 descreve a elaboração de um documento FMEA de 2 conjuntos soldados (A e B) e as conclusões da sua análise.

A oportunidade de incluir diferentes ferramentas e interagir com os diversos departamentos da Gestamp Aveiro, permitiu uma aprendizagem dos processos existentes no ambiente industrial. É importante mencionar que se trata de um trabalho em equipa, sendo preciso a colaboração de todos os intervenientes nos processos analisados para a realização destes projetos.

4.1 Projeto 1 - Otimização dos Meios de Controlo da Estampagem a Frio

Verificou-se que parte dos meios de controlo nos postos de trabalho de grande parte das peças em produção não se encontra disponível, o que dificulta a deteção de possíveis erros (marcação errada, fissuras e falta de furos) pelo operador. É necessário proceder à análise dos meios de controlo em falta no posto de trabalho, ilustrado na Figura 21, e identificar a possibilidade de implementação de nova documentação que auxilie nos processos.



Figura 21 - Posto de trabalho

O primeiro passo para a resolução de problemas e otimização dos processos de fabrico inclui a organização do posto de trabalho, assim como garantir que a informação de cada procedimento chegue ao operador da forma mais clara possível.

Seguidamente, é feita uma descrição dos procedimentos adotados na empresa, como a Rota de Controlo Visual (RCV), o Modo Operativo de Produção (MOP) e as Etiquetas de Identificação de Apoio (EIA), que contribuem essencialmente para a definição e caracterização da referência da peça e do posto de trabalho. A elaboração dos meios de controlo descritos em seguida, foi feita para as novas peças de um novo projeto em industrialização na Gestamp Aveiro, solicitadas por um grande cliente no setor automóvel. Deste projeto fazem parte 130 peças e os meios de controlo foram aplicados aos 15 postos de trabalho da empresa.

- A RCV tem como objetivo mostrar quais os principais defeitos que o colaborador deve ter em conta quando executa o controlo das peças, baseando-se nos acontecimentos históricos e nas perspetivas futuras.
- O MOP é um vídeo que tem como principal função clarificar os colaboradores do posto de trabalho como devem trabalhar e qual a ordem de trabalhos que devem executar. Ou seja, no vídeo deve ser demonstrado o modo operativo a seguir pelo operador, tais como a forma correta de embalar as peças no contentor final, os deslocamentos que deve executar e em que tempo e ordem os deve fazer.
- As EIA correspondem a etiquetas de apoio que contêm a informação necessária para que o operador possa proceder à correta identificação/distinção das peças no posto.

Idealmente, estes documentos devem ser difundidos, após a sua execução e verificação, no Sistema Documental da empresa. Em seguida, devem ser impressos e inseridos nas respetivas capas do posto. As RCV e EIA devem ser colocadas na capa correspondente a cada referência. Uma vez que o MOP é um vídeo, apenas se insere o ficheiro digital no sistema documental do produto, estando disponível para qualquer colaborador da GAV.

Para que os colaboradores sejam capazes de visualizar qualquer um destes documentos para qualquer referência, basta acederem ao Sistema Documental. É necessário formar os colaboradores relativamente à possibilidade de consulta destes documentos no sistema, demonstrando como é fácil conseguir visualizar qualquer um destes para cada referência. No caso da GAV, para os ver, basta aceder ao Sistema Documental (diretório de informação acedido por todos os colaboradores) no Intranet (Figura 22), escolher a opção “Serviços”, e selecionar em “Sistema Documental”.

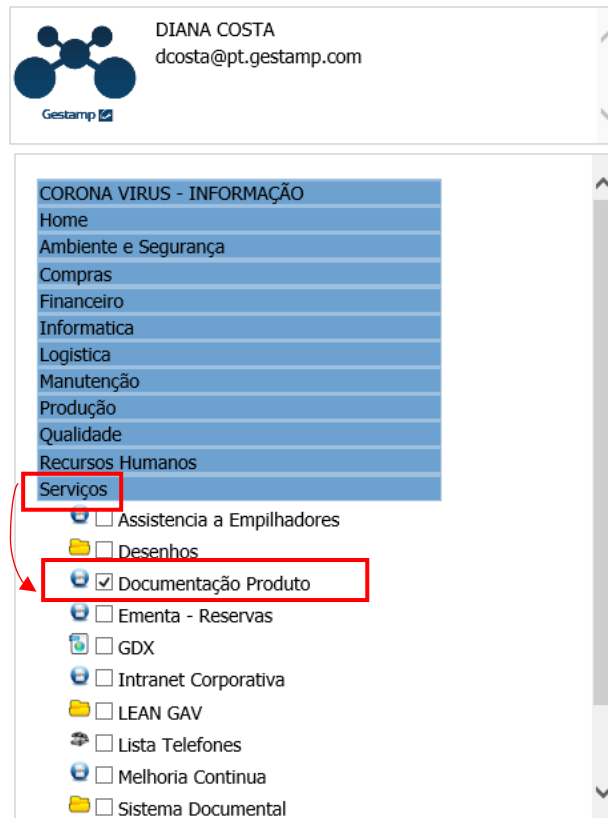


Figura 22 - Janela referente ao sistema de informação

É aberta uma janela, como mostra a Figura 23, onde se insere no local de pesquisa a respetiva referência ou posto de trabalho pretendido e depois se seleciona o documento desejado.

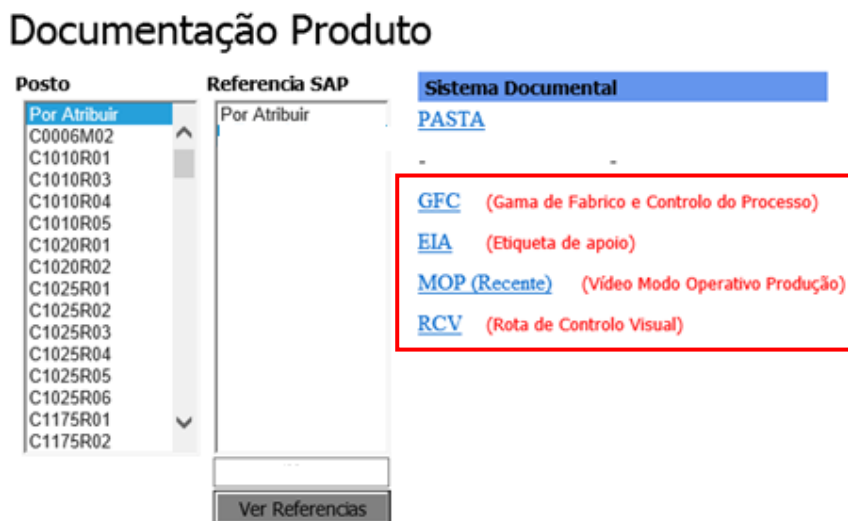


Figura 23 - Janela da Documentação do Produto

Seguindo estes passos, é possível consultar o meio de controlo de qualquer referência de uma forma simples e sem que o colaborador se desloque do respetivo local de trabalho. O objetivo

deste projeto foi a elaboração destes meios de controlo para as novas peças em industrialização da estampagem, que não se encontravam disponíveis para os operadores.

4.1.1 Modo Operativo de Produção

Os MOP são vídeos *standard* demonstrativos que pretendem mostrar todo o processo para que se possa minimizar ao máximo a possibilidade de erros. Com esta técnica, pretende-se atingir:

- Segurança de todos os colaboradores;
- Qualidade exigida pelo cliente;
- Menos erros cometidos;
- Adaptar cadências do trabalhador;
- Diminuir a variabilidade de execução de tarefas entre operadores;
- Proporcionar melhorias contínuas.

Elaboração do MOP:

1. Observação das operações executadas pelos operadores

Observar os operadores a executar as tarefas no posto de trabalho. É importante abordar os operadores acerca da maneira como executam as funções, pois são eles quem melhor domina o processo produtivo.

2. Discussão de ideias

Trocar de ideias com os colaboradores envolvidos no processo. O vídeo deve conter todo o processo executado pelo operador na execução de pelo menos uma peça (um ciclo), focalizando-o para os aspetos mais importantes.

3. Gravação do vídeo

Avisar o operador que vai ser filmado, explicar como deve executar as tarefas e qual o objetivo. Deve-se gravar o tempo necessário para que seja possível elaborar um filme com cerca de 1 a 2 minutos.

4. Edição do vídeo

- Na GAV, recorre-se ao *Windows Movie Maker*;
- Todos os vídeos devem conter informações importantes que o operador deve seguir, tal como se ilustra na Figura 24;

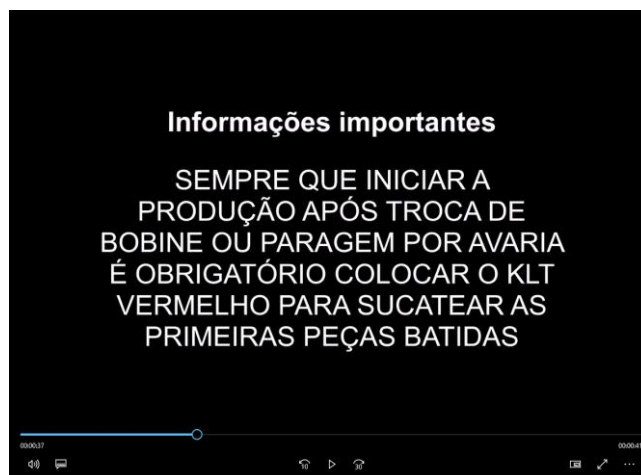


Figura 24: Informação inicial contida no MOP

- Filme gravado no terreno com pelo menos um ciclo completo e a indicação da respectiva referência;
- Gravação do modo de acondicionamento de peças, como ilustrado na Figura 25;



Figura 25: Demonstração do modo de acondicionamento das peças

- Gravação do modo de embalagem no contentor final;
- Realiza-se a montagem dos tópicos mencionados no *Windows Movie Maker* e executa-se a edição do vídeo para depois ser difundido no sistema documental.

4.1.2 Rota de Controlo Visual

A RCV é um documento que tem como objetivo informar os colaboradores sobre os defeitos mais comuns na peça, assim como possíveis ocorrências de defeitos. Para isso, utiliza-se

imagens de uma peça modelo onde são identificados os principais defeitos que podem ocorrer na peça. Devem também ser usadas imagens da área da peça com o defeito (NOK) e imagens da peça sem o defeito (OK) para que o operador consiga identificar mais facilmente o que está de errado quando executa a tarefa de controlo da peça. Além da sua principal aplicação no controlo de qualidade, também pode ser aplicado para a deteção de irregularidades superficiais de vários tipos, como por exemplo a oxidação ou rebarba.

Vantagens

- Baixo custo;
- Deteção de diferenças relativamente à peça padrão;
- Verificação rápida da peça conforme.

Para o preenchimento deste documento é necessário conhecer quais são os defeitos historicamente existentes para cada referência e ainda os que poderão vir a acontecer futuramente. Na indústria automóvel são vários os defeitos que podem ocorrer, defeitos estes identificados pela GAV conforme indicado na Tabela 8:

Tabela 8: Possíveis defeitos que podem ocorrer nas peças

Sinalização	Defeito	Caracterização	Zona Frequente
	Deformação/Empeno	Forma diferente da peça padrão	Em qualquer parte da peça
	Falta de Material	Ausência de material em relação à peça padrão	Nas extremidades da peça e/ou nos furos
	Excesso de Material	Excedente de material em relação à peça padrão	Nas extremidades da peça e/ou nos furos
	Rebarba	Excesso de material	No contorno da peça e/ou contorno de furos
	Fissura	Rutura / Fenda na Peça	Em qualquer parte da peça

A Sinalização do defeito permite identificar a ocorrência do mesmo, através da ajuda visual feita por cores, onde se pode ter uma interpretação mais rápida da sua ocorrência como mostra a Tabela 9, onde a sinalização é feita na GAV da seguinte forma:

Tabela 9: Sinalização da ocorrência do defeito por cor

Cor	Imagem	Descrição
Verde		Defeito de probabilidade baixa
Amarelo		Defeito de probabilidade média
Roxo		Defeito de probabilidade alta ou com reclamação associada

De acordo com os defeitos que já se conhecem, deve delimitar-se uma rota visual para que seja de maior facilidade para a execução de controlo do operador. A Figura 26 demonstra um exemplo de uma RCV:

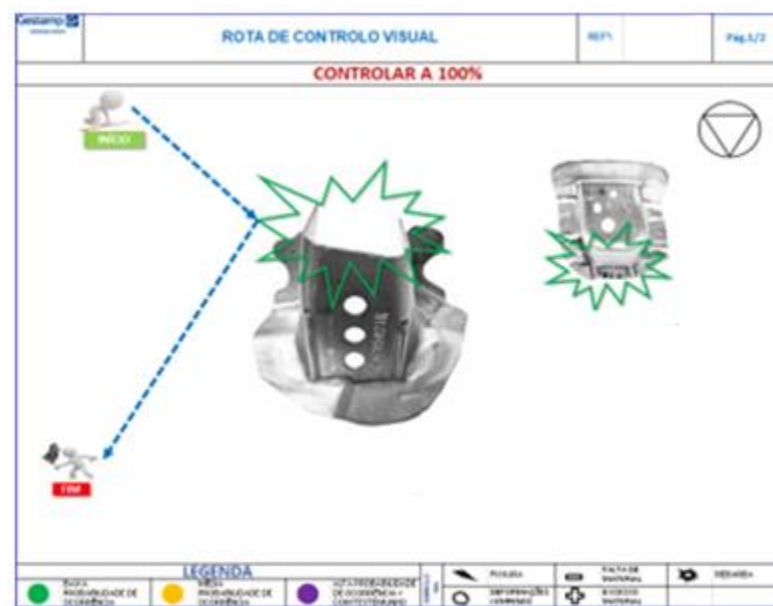


Figura 26 - Exemplo de uma RCV

Para melhor entendimento visualizar o Anexo I – *Template* do documento referente à Rota de Controlo Visual (RCV), onde é encontrado um documento deste tipo e o onde se coloca a rota da referência.

4.1.3 Etiquetas de Identificação de Apoio

O principal procedimento para evitar a troca de identificação nas embalagens na produção são as Etiquetas de Identificação de Apoio (EIA). Existem 3 tipos de Etiquetas de Identificação:

- **Etiqueta cinza:** quando apenas há a saída uma peça por golpe, exemplificado na Figura 27;



Figura 27: Etiqueta cinza

- **Etiqueta laranja/azul:** quando há a saída de 2 peças diferentes por golpe (produto e co-produto). Estas etiquetas devem ser utilizadas em simultâneo, tendo em conta que a cor laranja indica que a saída da peça é do lado esquerdo da prensa, enquanto que a cor azul indica que a saída de peça é do lado direito da prensa. As etiquetas laranjas e azuis estão ilustradas na Figura 28 e Figura 29, respetivamente;



Figura 28: Etiqueta Azul



Figura 29: Etiqueta laranja

As etiquetas contêm a informação necessária para que o operador possa proceder à correta identificação das peças, incluindo a referência da peça, a marcação, a data de revisão, o posto, e se for o caso, o símbolo de segurança (que indica que esta se trata de uma peça de segurança/regulamentação). No anexo II apresentam-se Templates do documento referente às EIA e a Figura 30 ilustra os conteúdos informativos das EIA, independentemente do seu tipo.



Figura 30: Legenda dos parâmetros de identificação da EIA

A Figura 31 ilustra o operador no posto de trabalho e o local onde as etiquetas estão localizadas. A utilização deste método de cores ajuda na correta identificação de embalagens e a diminuir a probabilidade de erro e mistura de peças.

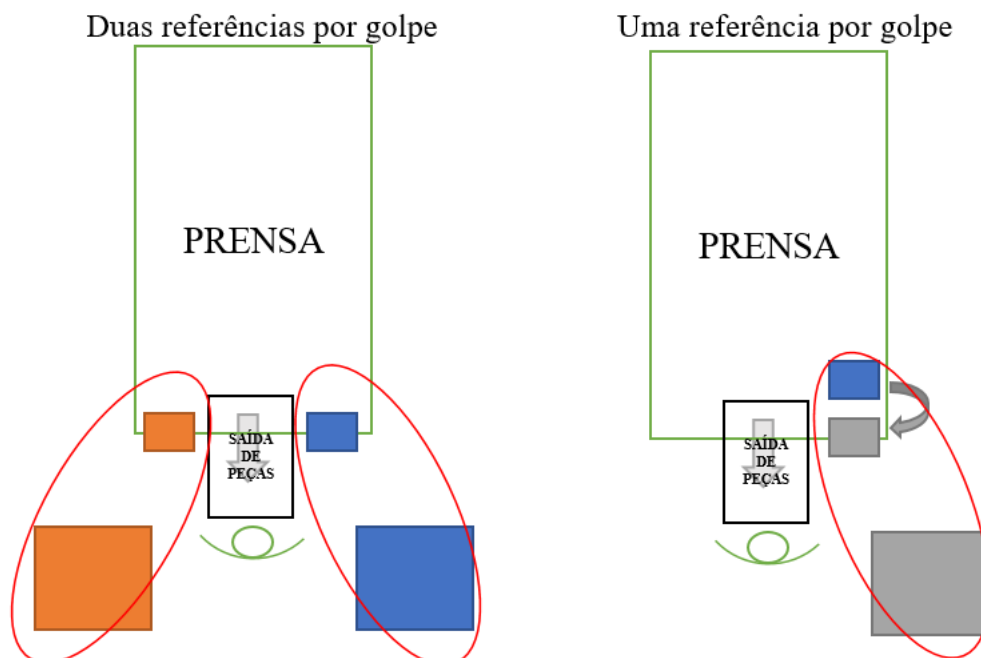


Figura 31 - Layout exemplificativo de identificação de embalagens

Os meios de controlo abordados neste ponto foram sobretudo aplicados em peças novas industrializadas na Gestamp Aveiro, muitas delas estando ainda em fase de ensaio, contribuindo positivamente para o controlo de qualidade dos meios de produção de uma grande quantidade de peças estampadas.

4.1.4 Implementação dos Referenciais 6S nos postos de trabalho

Existem equipamentos no posto de trabalho que estão em falta/mau estado, que por muito simples que seja, pode prejudicar o sistema de fabrico. Surgiu a necessidade de elaborar um documento que permita ao operador verificar o estado de arrumação, limpeza, organização e condições de segurança antes do arranque do posto e após a troca de ferramenta.

Para isso, foi elaborado um documento com os critérios de aprovação de posto baseado nos princípios 5S, desta vez acrescentando mais um “S”, correspondente à segurança no trabalho:

- 1º. *Sort* – Senso de utilização
- 2º. *Set in Order* – Senso de organização
- 3º. *Shine* – Senso de limpeza
- 4º. *Standardize* – Senso de padronização
- 5º. *Sustain* – Senso de autodisciplina
- 6º. **Safety** – Senso de segurança: identificar e eliminar todos os perigos para um local de trabalho com zero acidentes

Para elaborar o documento, foi feita uma observação aos postos de trabalho verificando-se os elementos que podem prejudicar a organização e segurança dos colaboradores. Na Tabela 10 e na Tabela 11 apresenta-se um exemplo de aplicação dos referenciais 6S.

Tabela 10: Referenciais 6S

Item	Instrução	Ajuda Visual	
		OK	NOK
Bancada	Manter a bancada limpa e organizada, isenta de peças incompletas. Guardar bens pessoais na gaveta.		
Maquete e calibres de controlo de qualidade	Manter a maquete limpa e em bom estado de utilização. Os calibres devem possuir local específico para estarem guardados.		
Etiquetas de apoio	O posto deve possuir os suportes para as etiquetas de apoio.		NOK: Posto sem suporte

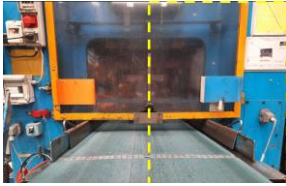
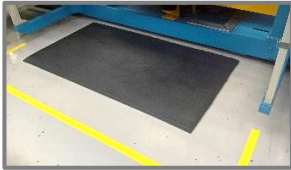
Placa de proteção de produto final	Assegurar que existe, que está em bom estado e que é guardada em local existente para o efeito.		NOK: Máquina sem placa
KLT de Produto Não Conforme / Contendor de produto para recuperação	Assegurar que o KLT existe, está acessível, em bom estado e que é mantido limpo no final do turno.		
Tapete anti fadiga	Deve existir e mantido em bom estado.		
Documentação	As capas devem estar devidamente arrumadas e a documentação em boas condições para consulta.		
Checklist de apoio à eficiência energética	Assegurar que está disponível na pasta do posto, que está em bom estado e que é cumprido.		NOK: Máquina sem documento.

Tabela 11: Referenciais 6S

Item	Instrução	Ajuda Visual	
		OK	NOK
Borrifadores de óleo/limpeza e suporte da garrafa de água	Assegurar que estes elementos existem e que são corretamente utilizados/identificados.		NOK: Máquina sem borrifadores/suporte
Reservatório de óleo usado	Assegurar que a capacidade de óleo no reservatório da máquina não é excedido.		NOK: Reservatório cheio, com derrames e sem identificação

Sinalética	Assegurar que a sinalética é respeitada relativamente à circulação de peões/máquinas em movimento.		NOK: Incumprimento da sinalética
Meios de Trabalho	Não decorrem trabalhos anómalos exceto se com autorização especial. Ex: rebarbadora da UAP cumpre as normas de segurança?		NOK: Meios de trabalho não cumprem as normas de segurança
Meios de Extinção	Assegurar que estão devidamente sinalizados e sem obstáculos para os aceder.		NOK: Posto sem meios de extinção
Estação de produtos químicos	Assegurar que está limpo e estanque sem vestígios de derrames.		NOK: Desorganizado e com vestígios de derrames
Separação de resíduos	Os ecopontos encontram-se arrumados e em bom estado de conservação com a separação de resíduos corretamente efetuada.		NOK: Ecopontos desarrumados/incorreta separação de resíduos
Locais de armazenamento de panos	Assegurar que os panos são corretamente colocados no seu local específico.		

Após a compilação de todos estes fatores, foi elaborado um documento que pode ser visto em detalhe no Anexo III, ilustrado na Figura 32. Este documento foi posteriormente afixado em todos os 15 postos de trabalho da estampagem a frio.

Gestamp		REFERENCIAIS 6S POSTOS DA ESTAMPAGEM			
Sector Alvo:	Estampagem	Elaborado por:	Diana Costa	Aprovado por:	I. Lima
		Revisão:	0	Data:	30/07/2022
REFERENCIAIS 6S					
Nota: poderá ocorrer que algum dos itens listados não seja aplicável. Quando assim for, esse item deverá ser desconsiderado.					
Item	Instrução	OK	Ajuda Visual	NOK	
Bancada	Mantém a bancada limpa e organizada, isenta de peças incompletas. Guardar bens pessoais na gaveta.				
Maquete e calibres de controlo de qualidade	Mantém a maquete limpa e em bom estado de utilização. Os calibres devem possuir local específico para estarem guardados.				
Etiquetas de apoio	O posto deve possuir os suportes para as etiquetas de apoio.				NOK: Posto sem suporte
Placa de proteção de produto final	Assegurar que existe, que está em bom estado e que é guardada em local existente para o efeito.				NOK: Máquina sem placa
KLT de Produto Não Conforme / Contedor de produto para recuperação	Assegurar que o KLT existe, está acessível, em bom estado e que é mantido limpo no final do turno.				
Tapete anti-fadiga	Deve existir e mantido em bom estado.				
Documentação	As copias devem estar devidamente arrumadas e a documentação em boas condições para consulta.				
Checklist de apoio à eficiência energética	Assegurar que está disponível na pasta do posto, que está em bom estado e que é cumprido.				NOK: Máquina sem documento.
Item	Instrução	OK	Ajuda Visual	NOK	
Borrifadores de óleo/limpeza e suporte da garrafa de água	Assegurar que estes elementos existem e que são corretamente utilizados/identificados.				NOK: Máquina sem borrifadores/suporte
Reservatório de óleo usado	Assegurar que a capacidade de óleo no reservatório da máquina não é excedido.				NOK: Reservatório cheio, com derrames e sem identificação
Sinalética	Assegurar que a sinalética é respeitada relativamente à circulação de peões/máquinas em movimento.				NOK: Incumprimento da sinalética
Meios de Trabalho	Não decorrem trabalhos anormais exceto se com autorização especial. Ex: reabastecimento de UAP, cumprir as normas de segurança?				NOK: Meios de trabalho não cumpram as normas de segurança
Meios de Extinção	Assegurar que estão devidamente sinalizados e sem obstáculos para os aceder.				NOK: Posto sem meios de extinção
Estação de produtos químicos	Assegurar que está limpa e estanque sem vestígios de derrames.				NOK: Desorganizado e com vestígios de derrames
Separação de resíduos	Os ecoportos encontram-se arrumados e em bom estado de conservação com a separação de resíduos corretamente efetuada.				NOK: Ecoportos desarrumados/incorrecta separação de resíduos
Locais de armazenamento de panos	Assegurar que os panos são corretamente colocados no seu local específico.				

Figura 32: Referenciais 6s do posto de estampagem

4.1.4.1 Identificação e implementação de melhoria

Um problema identificado no acompanhamento das ações 6S, é a negligência por falta de procedimentos *standard* de acompanhamento. Adicionalmente, embora este documento esteja afixado junto ao posto de trabalho, pode também passar despercebido para quem o deve acompanhar.

Para solucionar esta questão, foi proposta a criação e implementação de um quadro *kamishibai* para melhorar o acompanhamento do plano de ações 6S. Um dos objetivos do quadro passa pela utilização de um código de cores que permite conhecer instantaneamente a condição 6S do posto de forma visual.

Além disso, o quadro possui a informação básica da área do posto em que se encontra inserido, identificando o seu responsável. O quadro deve ter um tamanho que permita uma fácil visualização e interpretação do mesmo. É possível visualizar o *template* desenvolvido para o quadro *kamishibai* na Figura 33. Os quadrados verdes e vermelhos representam os cartões *kamishibai* dispostos na tabela:

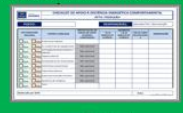
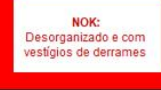
Gestamp  QUADRO KAMISHIBAI			ESTAMPAGEM
Bancada Manter a bancada limpa e organizada, isenta de peças incompletas. Guardar bens pessoais na gaveta. 	Maquete e calibres de controlo de qualidade Manter a maquete limpa e em bom estado de utilização. Os calibres devem possuir local específico para estarem guardados. 	Etiquetas de apoio O posto deve possuir os suportes para as etiquetas de apoio. 	Placa de proteção de produto final NOK NOK: Máquina sem placa 
Assegurar que o KLT existe, está acessível, em bom estado e que é mantido limpo no final do turno. Assegurar que o KLT existe, está acessível, em bom estado e que é mantido limpo no final do turno. 	Tapete anti-fadiga NOK 	Documentação NOK 	Checklist de apoio à eficiência energética Assegurar que está disponível na pasta do posto, que está em bom estado e que 
Borrifadores de óleo/limpeza e suporte da garrafa de água Assegurar que estes elementos existem e que são corretamente utilizados. 	Reservatório de óleo usado Assegurar que a capacidade de óleo no reservatório da máquina não é excedido. 	Sinalética Assegurar que a sinalética é respeitada relativamente à circulação de peões/máquinas em movimento. 	Meios de Trabalho Não decorrem trabalhos anómalos exceto se com autorização especial. Ex. rebarbadora da UAP cumpre as normas 
Meios de Extinção Assegurar que estão devidamente sinalizados e sem obstáculos para os aceder. 	Estação de produtos químicos NOK NOK: Desorganizado e com vestígios de derrames 	Separação de resíduos Os ecopontos encontram-se arrumados e em bom estado de conservação com a separação de resíduos corretamente efetuada. 	Locais de armazenamento de panos NOK 
Elaborado por : Diana Costa			Responsável:

Figura 33: Esboço do quadro kamishibai aplicando os referenciais 6s

O cartão *kamishibai* possui um lado de cor verde e outro de cor vermelha. No lado de cor verde está disposta a informação detalhada com a instrução/ajuda visual de um cenário considerado “OK”, no lado de cor vermelha está disposta a instrução/ajuda visual de um cenário considerado “NOK”. Na Figura 34 é mostrado em detalhe o lado verde e na Figura 35 o lado vermelho de um dos cartões do quadro:



Figura 34: Exemplo de cartão kamishibai (lado verde)



Figura 35: Exemplo de cartão kamishibai (lado vermelho)

Uma vez que a implementação deste quadro foi um teste, foi apenas escolhido 1 posto (P1000A01) de trabalho para afixar, juntamente com a respectiva descrição das tarefas, sendo também realizada uma formação com os operadores de modo a garantir a sua correta verificação. O quadro kamishibai afixado no posto é ilustrado na Figura 36.

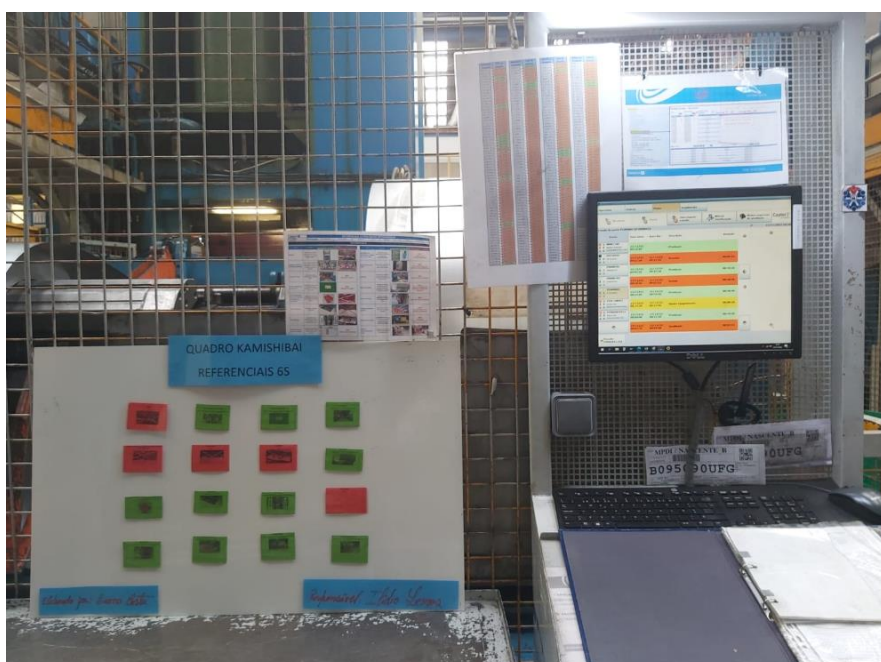


Figura 36: Localização do quadro Kamishibai no posto de trabalho

A construção deste quadro foi feita de forma simples e pode ser vista em detalhe no Anexo IV. Foi necessário formar os colaboradores intervenientes na sua utilização, neste caso o *teamleader*, que demonstrou ser uma pessoa ativa e predisposta para a realização deste tipo de tarefa. O acompanhamento das viragens dos cartões, ficou também a cargo do responsável do quadro.

4.2 Projeto 2 - Otimização dos indicadores de desempenho

A Gestamp Aveiro está numa procura constante de otimizar o seu indicador de desempenho, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). É necessário fazer um acompanhamento pormenorizado da sua evolução, uma vez que o seu estudo vai permitir direcionar o foco para os pontos que necessitam de maior atenção e consequente resolução. O OEE na estampagem a frio é calculado com o produto de 3 fatores, a disponibilidade, o rendimento e a qualidade:

$$OEE = Disponibilidade \times Rendimento \times Qualidade$$

Para este estudo, efetuou-se uma análise ao indicador de uma prensa progressiva, a “P1000A01”. Optou-se por fazer uma análise interna aos seus processos e identificar possíveis oportunidades de melhoria para otimizar o rendimento deste equipamento. Os indicadores são calculados automaticamente pelo programa de Gestão Integrado utilizado pela empresa (CAPTOR), apenas sendo necessário fazer o registo da informação. Este é capaz de calcular os indicadores de forma automática. Na Figura 37, são apresentados os valores de OEE registados ao longo de 3 meses, valores que irão servir de referência padrão para uma posterior comparação:

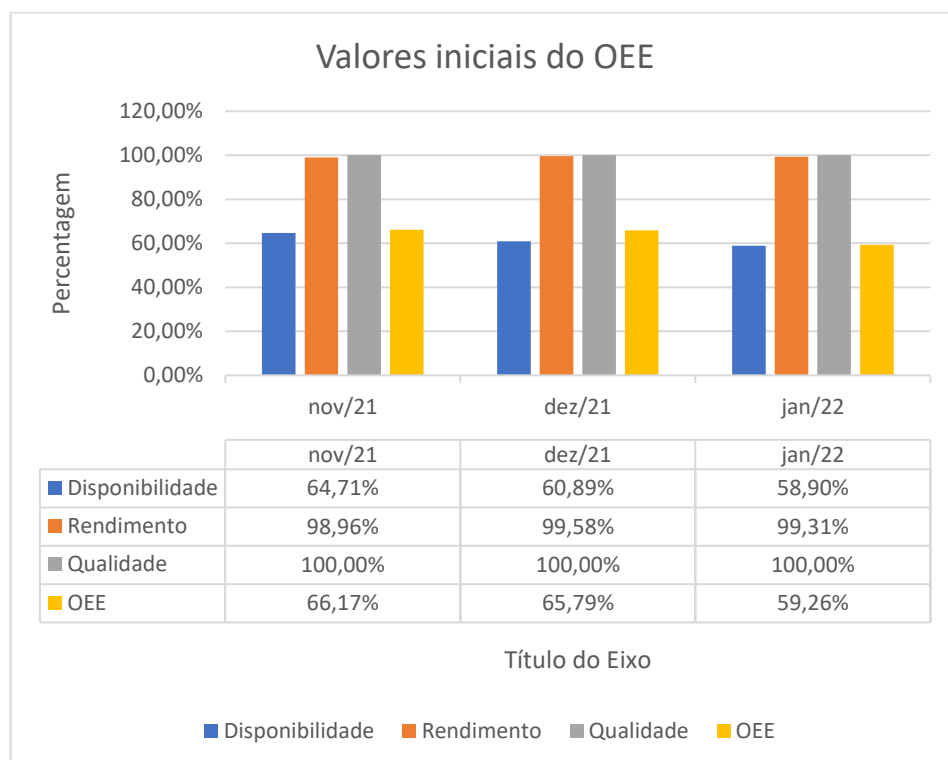


Figura 37: Valores Iniciais do OEE

É importante salientar que no setor da estampagem, o fator qualidade é sempre considerado como 100% para ao cálculo do OEE, uma vez que o programa utilizado não contabiliza a sucata

nem as peças que tenham defeito. O fator rendimento na estampagem é sempre muito próximo dos 100% uma vez que a velocidade a que a máquina trabalha já está previamente programada (a velocidade a que a máquina trabalha não é influenciada pelo ritmo de trabalho do operador) antes de começar a trabalhar, sendo por isso constante, podendo por vezes superar este valor caso a cadência de trabalho da máquina esteja acima daquela que está definida. Pode-se confirmar que a Disponibilidade é a percentagem mais baixa do cálculo do OEE e também a que tem maior variabilidade. Isto indica que a Disponibilidade é o fator que mais compromete o resultado deste indicador na estampagem a frio.

Os resultados da Figura 37 indicam que o foco deste projeto será aumentar a disponibilidade do equipamento para obter um melhor resultado do OEE, que inicialmente, num período de 3 meses, apresenta ter uma média de 63,74%, tendo em conta que o valor mais baixo foi 59,26% no mês de janeiro.

A manutenção tem um grande impacto no fator Disponibilidade. Assim sendo, torna-se pertinente rever como a gestão da manutenção deve ser seguida na Gestamp Aveiro.

4.2.1 Implementação do Programa de Gestão da Manutenção Preventiva

A metodologia apresentada para este trabalho teve como base a ordem de tarefas descrita na Figura 38:

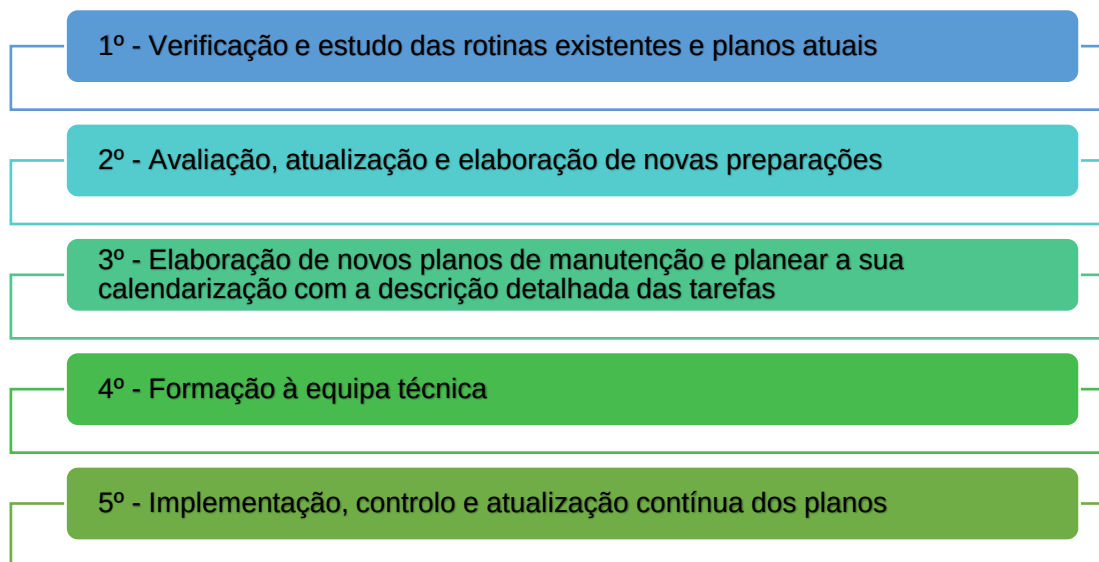


Figura 38: Metodologia da implementação da manutenção preventiva utilizada

De maneira a promover um seguimento periódico e mais pormenorizado dos vários fatores que afetam o funcionamento das máquinas, implementou-se uma reunião semanal entre os vários departamentos intervenientes que contribuem para a otimização dos mesmos, incluindo o

Departamento de Produção, Departamento de Manutenção de Equipamentos e o Departamento de Manutenção de Ferramentas.

Como não existia um plano completo e consistente de manutenção preventiva, padecia-se de um elevado número de manutenções corretivas e, conseqüentemente, um pequeno déficit de realização de manutenções preventivas. De maneira a contrariar este problema, teve de se garantir a realização das manutenções preventivas planeadas. Uma vez que é imprescindível realizar manutenções para prolongar a disponibilidade do equipamento, foi obrigatório realizar a revisão das operações de prevenção.

Avaliaram-se os pontos fracos dos processos internos do equipamento através de *brainstorming*, identificação de problemas e recolha de opiniões dos diferentes departamentos que fizeram parte das reuniões.

Depois de identificadas as operações, estas foram correspondidas à sua periodicidade de verificação, juntamente com os técnicos da manutenção de equipamento, que resulta na lista de tarefas representada na Tabela 12:

Tabela 12: Lista das tarefas para a manutenção preventiva

Tarefa	Periodicidade	Tempo [horas]	Responsável
Substituir filtros do motor	Trimestral	00:30:00	Mecânico
Lubrificar guias e gracs do alimentador	Trimestral	00:30:00	Mecânico
Verificar estado todas as canalizações	Semestral	00:30:00	Mecânico
Limpar refrigerador de óleo embraiagem	Bimestral	01:30:00	Mecânico
Verificar estado das escovas do motor	Semestral	00:30:00	Eletromecânico
Verificação/limpeza armários elétricos	Quinzenal	1:30:00	Eletromecânico
Verificar excentricidade palhetas coletor	Bimestral	2:00:00	Eletromecânico
Verificar e eliminar fugas ar e óleo	Bimestral	2:00:00	Mecânico
Verificar os valores do isolamento	Bimestral	00:30:00	Eletromecânico
Verificar rolamentos do motor	Trimestral	00:30:00	Eletromecânico
Verificar parafusos fixação do motor	Trimestral	00:30:00	Mecânico
Verificar pressão acumuladores azoto	Bimestral	1:00:00	Mecânico
recolha de óleo para análise	Anual	1:00:00	Mecânico
Verificar parafusos suporte equilibradores	Semestral	1:30:00	Mecânico
Limpar ou substituir filtros de óleo	Semestral	1:30:00	Mecânico
Verificar funcionamento das proteções	Semestral	1:30:00	Mecânico
Verificar tensão correias motor principal	Trimestral	2:00:00	Mecânico
verificar estado dos cabos e relés	Anual	2:00:00	Eletromecânico
Verificar paralelismos das mesas	Anual	2:00:00	Mecânico
Verificar folga nas guias do carro	Anual	2:00:00	Mecânico
Verificar todos componentes mecânicos	Anual	2:00:00	Mecânico
Verificar funcionamento da embraiagem	Semestral	2:00:00	Mecânico
Grupo hidráulico do alimentador de banda	Trimestral	2:00:00	Mecânico
Revisão ao sistema de sobrecarga	Trimestral	4:00:00	Eletromecânico
Revisão geral da instalação	Triannual	8:00:00	Fabricante
Verificar cilindro de amarre ferramenta	Mensal	2:00:00	Eletromecânico
Verificar cilindro de amarre mesa	Trimestral	1:00:00	Eletromecânico
Verificar travão do alimentador	Trimestral	1:00:00	Eletromecânico
Verificar tensão corrente desenrolador	Bimestral	00:30:00	Eletromecânico
Lubrificar carretos rolos alimentador	Trimestral	1:00:00	Eletromecânico
Grupo hidráulico dos amarres ferramentas	Trimestral	2:00:00	Eletromecânico
Inspeção de segurança	Mensal	8:00:00	Arisa

Para promover uma atualização constante da lista de tarefas conforme as necessidades do técnico, foi colocado um espaço para a sugestão de novas tarefas corretivas/melhorias, como mostra a Figura 39. A estrutura proposta para o documento é apresentada no Anexo V.

Figura 39: Folha de tarefas da manutenção preventiva da P1000A01

De modo a fazer um seguimento do ponto de situação das ações que vão sendo definidas no decorrer das semanas e para ter um registo das ações que ainda faltam concluir, foi feito o registo no Plano de Ações do posto da P1000A01 (ilustrado na Figura 40), onde é descrita a ação a realizar na máquina, assim como o responsável pela tarefa, promovendo a utilização da ferramenta do Ciclo PDCA:

AVIRO		PLANO DE AÇÕES PDCA		Ámbito: Impulso 2022		Piloto: Equipa: UN estampagem	
Detetado por:	Ação	Responsável	Plano	Data prevista	Data realizada	Observações	
1 Rui	Abatimento do trilho	Miguel		w9		Calçamos mas o calço caiu. Voltamos a calçar e soldamos o calço mas o piso continua a abater. Proximas ações: Verificar apoio das barras na cimentação (avaliar altura de andaimes necessária e falar com o P.const) verificar se existem barras novas na nave sul	
2 Daniel	Substituição dos cabos de potência	Miguel		w11	w30	Miguel vai proceder a encomenda do material aguarda-ok Agendar intervenção já temos material (já instalamos a calha, falta proceder à ligação dos cabos)	
3 Miguel	Substituição de sistema antivibração	Miguel/Edgar		w11		Já foi feito o pedido. Avaliar forma e equipamento necessário para a substituição	
4 Equipa	P1250TA1- Avaria recorrente do motor do encoder da entrada do lado de trás	Miguel/Edgar		w13		Analisar o porquê deste motor avariar recorrentemente.	
5 Equipa	Definição de standard para ligações pneumáticas e eletricas das barras transfer na 1250	João/Daniela		w16		Verificar quais as condições descritas em caderno de encargos, definir standard depois de confirmar todas as cotas. Equipa (Ilidio, Helder, João, Rui) Incluir especificações na checklist de aprovação	
6 Equipa	P1250TA1- Folga da guilhotina	Edgar/João		w27		1º Medir a folga de corte que existe atualmente 2º verificar a gama de espessuras da chapa da e ajustar a folga às espessuras com as quais trabalhamos.	

Figura 40: Plano de ações baseado no ciclo PDCA

Quinzenalmente é feita uma reunião à segunda-feira entre os técnicos de manutenção e a Engenharia de Produção, para debater as tarefas a realizar na manutenção preventiva que se realiza à quarta-feira dessa mesma semana. Desta forma, é possível dar um seguimento sólido a todas as ações implementando uma rotina *standard* onde o próprio técnico se torna autónomo e ativo na manutenção preventiva.

4.2.2 Resultados após a implementação

Devido a esta metodologia, foi possível avaliar, com o decorrer do tempo, a posição e evolução de um determinado processo. Isto foi possível avaliar, analisar e tomar decisões face aos resultados obtidos, com o foco de alcançar uma evolução gradual. Avaliou-se a situação atual com as situações passadas, permitindo a comparação de resultados entre os dois momentos distintos.

4.2.2.1 Disponibilidade

Verifica-se que o maior impacto está registado na disponibilidade do equipamento, muito graças à eliminação de pequenas paragens. Relativamente a este indicador, a estampagem verificou uma evolução bastante positiva. Entre o mês de fevereiro e o mês de julho de 2022, a disponibilidade do equipamento tem vindo a aumentar, pelo facto do tempo de manutenção corretiva ter diminuído, conseguindo-se assim aumentar os valores apresentados na Figura 41:

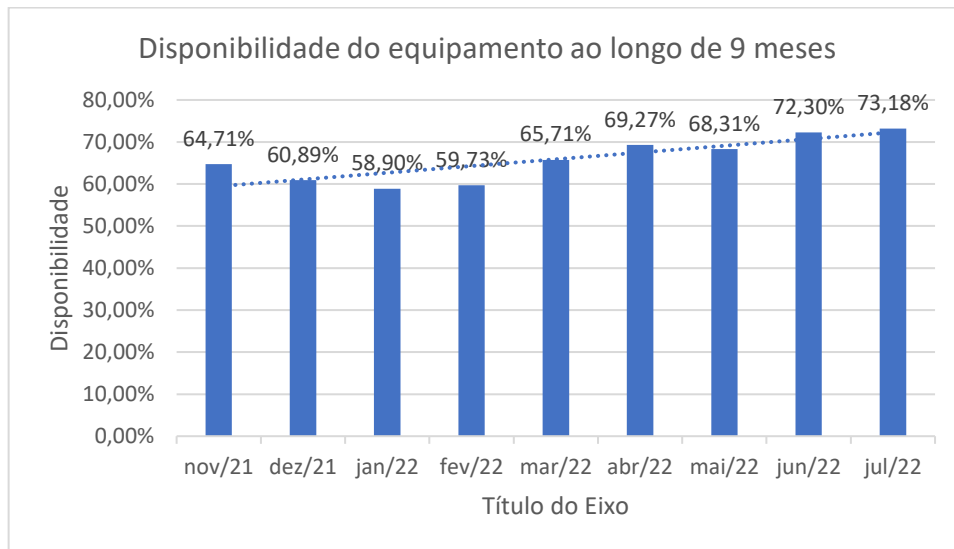


Figura 41: Evolução da disponibilidade ao longo de 9 meses

Desde a implementação dos planos de manutenção preventiva, conseguiu-se verificar um aumento de 13.45% no indicador de disponibilidade, entre os meses de fevereiro e julho. Tendo em conta as ações descritas ao longo deste projeto e outros investimentos realizados na área, é de prever que se verifique continuamente uma melhoria no que toca a este fator.

4.2.2.2 Indicador OEE

Tendo em conta que o fator Rendimento e o fator qualidade se mantiveram praticamente constantes ao longo do tempo, pelas razões descritas no ponto 4.2 e uma vez que se verificou um aumento da percentagem da disponibilidade, é de prever que o OEE também tenha evoluído positivamente, como se pode verificar na Figura 42:

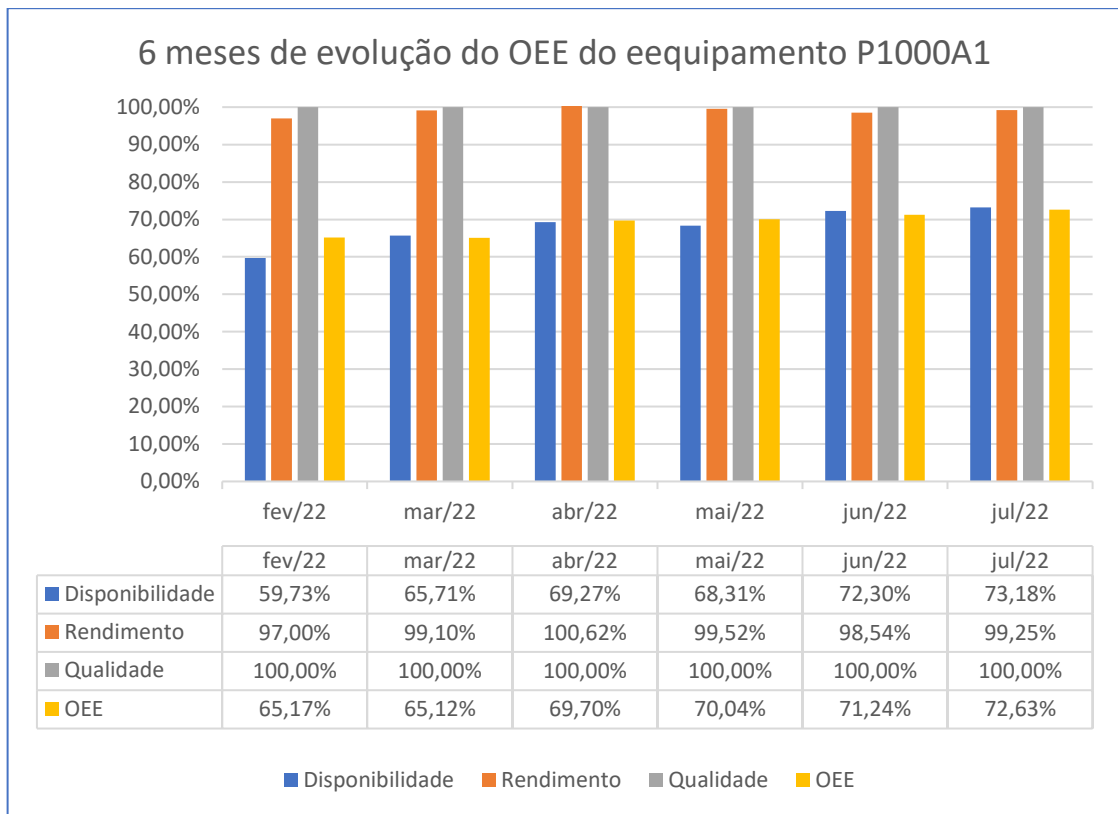


Figura 42: Evolução do indicador OEE ao longo do tempo após a implementação do plano de manutenção preventiva

Desde a implementação dos planos de manutenção preventiva, conseguiu-se verificar um aumento do resultado do indicador OEE de 7,46%, com uma forte tendência para melhorar progressivamente ao longo do tempo.

4.3 Projeto 3 - FMEA

O estágio curricular iniciou em conjunto com a equipa do Departamento Técnico, responsável pela elaboração da documentação FMEA das peças de vários projetos. Este ponto 4.3 explica como se procedeu à elaboração do FMEA de um conjunto soldado A (peças localizadas do lado direito do carro) e do conjunto soldado B (peças localizadas do lado esquerdo do carro). As peças que constituem o conjunto B são os Co-Produtos do conjunto A, sendo por isso peças com características bastante semelhantes. A Figura 43 ilustra os conjuntos soldados A e B, assim como a os componentes estampados que os constituem, que depois de soldados originam o conjunto soldado final.

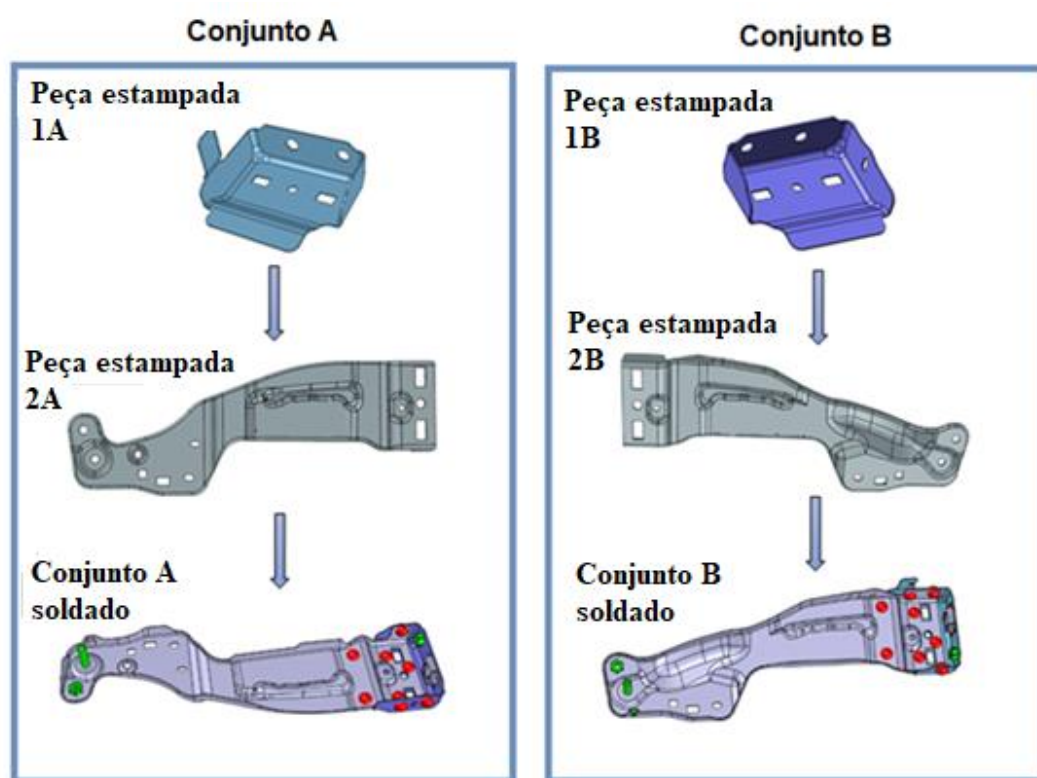


Figura 43: Conjuntos soldados A e B (Produtos/Co-Produtos)

Após soldados, estes conjuntos podem ir diretamente para o cliente final, para posteriormente serem montados no carro, como mostra a Figura 44:

No âmbito deste trabalho, será realizada uma avaliação de riscos ao processo de fabrico do conjunto final A e B recorrendo à metodologia de análise dos modos de falha e seus efeitos. O objetivo é obter uma informação clara de quais os modos de falha que requerem maior atenção para depois se proceder à realização de ações corretivas. O documento FMEA é referente aos modos de falha de ambos os conjuntos (A e B).

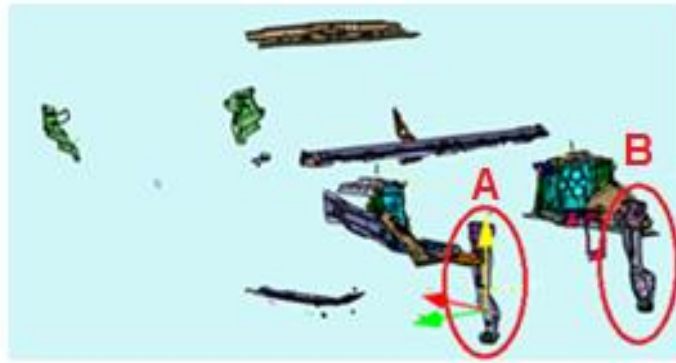


Figura 44: Localização do conjunto final no esqueleto do carro

4.3.1 Desenvolvimento FMEA

Para a elaboração do FMEA, é necessária ter um sólido conhecimento das transformações que os componentes sofrem ao longo do processo. Em seguida, são apresentados os passos que foram seguidos para concluir a elaboração do documento FMEA dos conjuntos soldados:

1º. Identificação dos processos do sistema

De forma a organizar a informação relativamente ao objeto de estudo, foi definida a divisão do processo de produção em blocos funcionais, com o objetivo de melhorar a identificação dos passos. Assim, é feita a abordagem às funções, de forma individual, referindo os modos de falha mais críticos e por isso, com maior relevância na sua análise.

De acordo com o diagrama representado na Figura 45, foram consideradas 7 fases, que representam o sistema de movimentação por qual as peças passam até chegar ao cliente final. Todas as fases do sistema mereceram bastante atenção, porque são essenciais para o funcionamento eficiente e estável do processo.



Figura 45 - Diagrama de blocos funcionais

2º. Identificação dos modos de falha correspondentes a cada fase

Para cada uma das fases identificadas no ponto anterior, é necessário proceder à identificação dos seus modos de falha, identificados na Tabela 13 e na Tabela 14:

Tabela 13: Identificação dos modos de falha da estampagem/soldadura por resistência/soldadura de pontos por resistência

Estampar progressivo	Soldar por resistência	Soldar pontos por resistência
– Características Dimensionais da matéria prima – Zonas de <i>matching</i> NOK – Volume da peça NOK – Fissuras – Redução da espessura > ao permitido – Rebarbas – Diâmetro das furações < especificado – Marcas de resíduos – Diâmetro das furações > especificado – Falta de Furação – Posicionamento da furação NOK – Marcação da identificação NOK – Empeno / Deformações – Oxidação – Manchas – Peças misturadas – Falta de Material – Excesso de Material – Marcas de ferramenta – Riscos; picos – Excesso de óleo – Peças com manchas de sujidade	– Soldadura NOK – Componentes mal posicionados – Falta de componente – Peças misturadas – Oxidação – Posicionamento/ distância entre componentes N/OK – Projeções – Projeções na rosca – Empeno / Deformações – Componente trocado – Componente defeituoso – Componente errado – Peças com sujidade – Envio de peças rejeitadas – Embalagens mal-acondicionadas na paleta – Quantidade mal declarada – Embalagens vazias declaradas com peças em SAP (incluídas na paleta)	– Soldadura NOK – Componentes mal posicionados – Falta de componente – Peças misturadas – Oxidação – Posicionamento/ distância entre componentes NOK – Posicionamento/ distância entre componentes NOK – Projeções – Componente trocado – Componente defeituoso – Componente com excesso de material – Falta de pontos de soldadura – Pontos não conforme – Marcação da identificação NOK – Peças com sujidade – Envio de peças rejeitadas – Embalagem – Identificação da peça N/OK – Embalagem – Identificação da embalagem NOK – Quantidade mal declarada

Tabela 14: Identificação dos modos de falha da soldadura porca + perno por resistência e logística

Soldar porca + perno por resistência	LOGISTICA: Transporte (produto intermédio/final)	LOGISTICA: Armazenamento (produto intermédio/final)	LOGISTICA: Expedição (produto final)
– Soldadura N/OK – Componentes mal posicionados – Falta de componente – Peças misturadas – Falta de Pontos de Soldadura – Oxidação – Posicionamento/ distância entre componentes N/OK – Projeções – Projeções na rosca – Componente trocado – Componente defeituoso – Componente errado – Peças com sujidade/excesso de óleo – Peças com sujidade – Envio de peças rejeitadas – Embalagem – Identificação da peça N/OK – Embalagem inadequada – Quantidade mal declarada	– Perda de identificação – Deformação das peças	– Deformação das peças – Perda de identificação – Oxidação	– Localização NOK – Perda de identificação – Embalagem Identificação da peça N/OK – Embalagem inadequada – Falta de etiqueta odette

3°. Corresponder cada modo de falha e o seu efeito ao seu índice de severidade, ocorrência e detecção

Como já foi referido anteriormente, é necessário ter em atenção a Tabela 15 (índice de severidade), a Tabela 16 (índice de ocorrência) e a Tabela 17 (índice de detecção) para a correta elaboração deste documento:

Tabela 15: Índice de Severidade

Índice de Severidade (S)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Perigosa	Perigosa	Muito Alta	Muito Alta	Média	Média	Média	Baixa	Baixa	Muito Baixa

Tabela 16: Índice de Ocorrência

Índice de Ocorrência (O)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muito Alta	Muito Alta	Alta	Alta	Moderada	Moderada	Moderada	Baixa	Baixa	Remota

Tabela 17: Índice de Detecção

Índice de Detecção (D)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muito Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Remota	Quase impossível

O número prioritário de risco (NPR), que indica os elementos mais críticos, é obtido pelo produto dos três índices.

$$\text{NPR} = (\text{S}) \times (\text{O}) \times (\text{D})$$

4°. Identificar a prioridade de atuação

Depois de se obter o NPR de cada um dos modos de falha, recorre-se ao gráfico da Figura 46, que permite identificar os modos de falha onde se recomenda uma ação corretiva (área sombreada do gráfico), através da Severidade e do NPR:

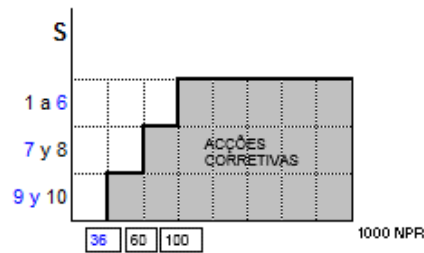


Figura 46: Gráfico de ações corretivas

- Com uma severidade de 1 a 6, é necessário tomar ações corretivas caso o $NPR \geq 100$
- Com uma severidade de 7 a 8, é necessário tomar ações corretivas caso o $NPR \geq 60$
- Com uma severidade de 9 a 10, é necessário tomar ações corretivas caso o $NPR \geq 36$

É de notar que na Gestamp Aveiro, as ações corretivas podem também ser tomadas caso o valor do NPR e da severidade não atinjam a parte sombreada do gráfico. Uma vez identificadas ações no FMEA, tem de se ter em consideração a prioridade de atuação em função das tabelas de Prioridade de Atuação representada de seguida, para poder encontrar o nível de prioridade de um modo de falha.

Na Figura 47, é dado o exemplo de como se descobre o nível de prioridade de atuação na Gestamp Aveiro considerando:

Ex: Severidade (S) = 6

Ocorrência (O) = 5

Deteção (D) = 6

PRIORIDADE DE ATUAÇÃO

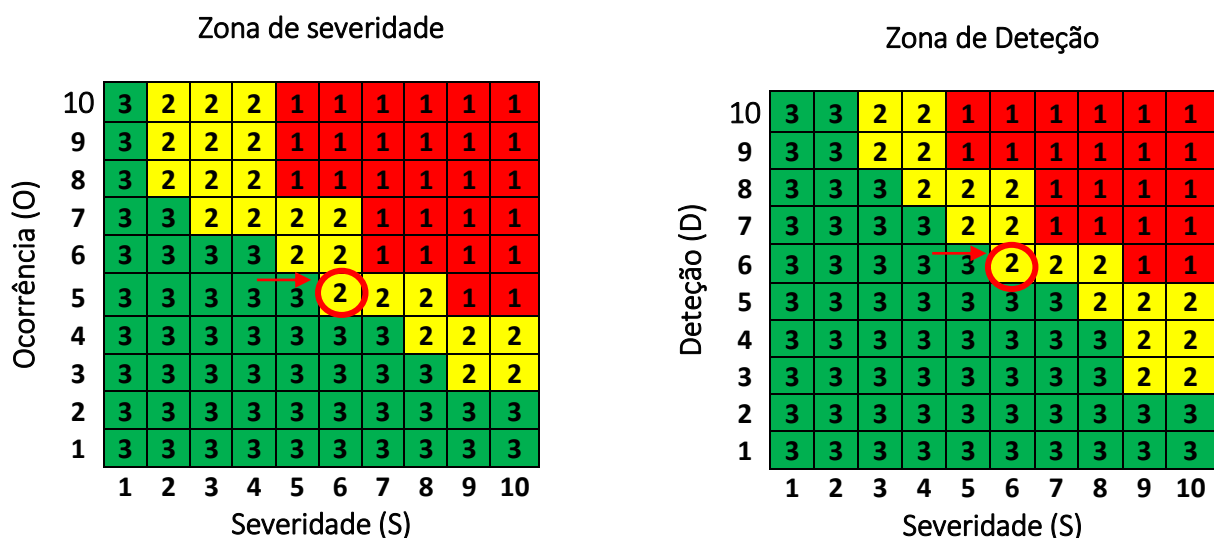


Figura 47: Tabelas de Prioridade de Atuação

Para descobrir a zona de severidade, basta cruzar os valores Ocorrência (O)=5 e Severidade (S)=6 na tabela, para obter o valor desejado, neste caso a zona de severidade corresponde a 2. Utilizou-se o mesmo princípio para encontrar o valor da zona de detecção, também correspondente a 2.

Após identificada a zona de severidade e a zona de detecção, já se pode descobrir qual o nível de prioridade a que corresponde, recorrendo à Figura 48:

Nível de Prioridade

Zona de Detecção	3	2	2	3
	2	1	2	3
	1	1	1	2
		1	2	3
		Zona de Severidade		

Figura 48: Nível de Prioridade

- Prioridade 1: é necessário definir ações ou justificar documentalmente que os controlos existentes são suficientes e foram aceites pelo cliente
- Prioridade 2: podem ser definidas ações ou justificar documentalmente que os controlos existentes são suficientes.
- Prioridade 3: podem ser definidas ações ou assumido o risco

De acordo com o exemplo dado acima, neste caso a prioridade de atuação seria de nível 2.

No Anexo VI é apresentado o documento FMEA elaborado tendo em conta todos estes passos, onde demonstra o resultado de um trabalho de *brainstorming* efetuado entre a equipa interveniente na elaboração do mesmo.

As Tabelas 18, 19, 20 e 21 indicam as ações corretivas recomendadas e identifica quais os modos de falha que necessitam de uma ação corretiva por prioridade.

É de notar que um modo de falha pode estar repetido no mesmo processo. Por exemplo, no processo de estampagem progressivo, o modo de falha “Volume da peça NOK” tem o mesmo efeito de falha “Impossibilidade de montagem” associado, no entanto, pode ter 2 causas de falha diferentes. Neste caso, o montador pode ter montado a bobine errada por distração (erro humano), ou então a bobine estava incorretamente identificada, induzindo o montador a erro.

É importante salientar que as ações recomendadas encontradas na tabela FMEA, foram escolhidas para este objeto de estudo com base no conhecimento teórico e prático dos vários intervenientes deste trabalho.

Tabela 18: Ações recomendadas do FMEA para o Conjunto soldado A e B

PRODUTO			S	PROCESSO	CONTROLOS ACTUAIS			D	NPR	Prioridade de Ação Corretiva	Ações Recomendadas	S	O	D	NPR
DESCRIÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA		CAUSAS DA FALHA	PREVENÇÃO	O	DETECÇÃO								
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Volume da peça NOK	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ser para sucata	8	Uso de matéria-prima incorreta (Bobine errada/erro do montador)	Correta verificação da gama de fabrico;	2	Visual; Gama de fabrico e controlo	6	96	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Volume da peça NOK	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ser para sucata	8	Uso de matéria-prima incorreta (Bobine mal identificada)	Correta identificação;	2	Controlo à Receção	6	96	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Diâmetro das furações > especificado	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ser para sucata	8	Utilização de punção e/ou matriz não especificados Intervenção na ferramenta NOK (troca de punção)	Plano de manutenção; Poka yoke de montagem;	2	Calibre	6	96	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Falta de Material	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ter de ser sucateado	8	Ajuste / regulação máquina / ferramenta NOK;	Plano de manutenção; F. Parâmetros;	2	Maquete de controlo; visual	6	96	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Embalagem Identificação da peça NOK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorização; falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; Colocação de suportes no posto com desenganadores para suporte de etiqueta de apoio; utilização de etiqueta de apoio até identificação SAP; dupla verificação etiqueta de apoio vs etiqueta SAP; etiqueta de apoio com marcação ou fator de distinção; confirmação marcação ou fator de distinção	5	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	180	Nível 2	Identificação centralizada duplo picking	6	3	5	90
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Componentes mal posicionados	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Desafinação dos gabarits / ferramenta de soldadura	Plano de manutenção; Sensores de presença; réguas lineares;	2	Maquete de controlo; visual	6	72		(RECLAMAÇÃO) Criado Calibre para controlo da posição da peça+porca	6	2	6	72
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Posicionamento/ distância entre componentes N/OK	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Pinos piloto desgastados ou fora de dimensão; ferramenta mal ajustada	Plano de manutenção;	2	Calibre	6	84	Sim (Nível 3)	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				

Tabela 19: Ações recomendadas da FMEA para o Conjunto soldado A e B

PRODUTO			S	PROCESSO	CONTROLOS ACTUAIS			D	NPR	Prioridade de Ação Corretiva	Ações Recomendadas	S	O	D	NPR
DESCRIÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA		CAUSAS DA FALHA	PREVENÇÃO	O	DETECÇÃO								
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Projeções na rosca	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Desgaste da ferramenta; Ajuste/regulação máquina NOK; Limpeza do equipamento;	Plano de manutenção.; F. Parâmetros;	2	Calibre	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Envio de peças rejeitadas (falta de componentes)	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Má segregação de peças rejeitadas	PSG-03	2	Visual; escolha a 100% FTR	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da peça N/OK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorização; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; Colocação de suportes no posto com desenganadores para suporte de etiqueta de apoio; utilização de etiqueta de apoio até identificação SAP; etiqueta de apoio com marcação ou fator de distinção; confirmação marcação ou fator de distinção;	5	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	180	Nível 2	Identificação centralizada duplo picking	6	3	5	90
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Componentes mal posicionados	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Desafinação dos gabarits / ferramenta de soldadura / bridagem da peça NOK	Plano de manutenção; Sensores de presença; pinos centradores	3	Maquete de controlo; visual	6	108	Nível 3	Colocação de calibre PASSA para verificação da conformidade entre os furos retangulares (o calibre deve passar)	6	1	6	36
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Posicionamento/ distância entre componentes NOK	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Pinos piloto desgastados ou fora de dimensão; ferramenta mal ajustada	Plano de manutenção;	2	Maquete de controlo;	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Projeções	Dificuldade / impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Desgaste da ferramenta; Ajuste/regulação máquina N/OK; Limpeza do equipamento;	Plano de manutenção; F. Parâmetros.;	2	Visual	7	70		(RECLAMAÇÃO) sopro na máquina para eliminar projeções	5	2	7	70
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Componente defeituoso	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falha do fornecedor; Acidente logístico; não conformidade do processo anterior; embalagem NOK	Cumprimento da GIR; Ficha de embalagem; Poka-Yoke na máquina; plano de manutenção	2	Maquete de controlo; visual	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				

Tabela 20: Ações recomendadas da FMEA para o Conjunto soldado A e B

PRODUTO			S	PROCESSO	CONTROLOS ACTUAIS			D	NPR	Prioridade de Ação Corretiva	Ações Recomendadas	S	O	D	NPR
DESCRIÇÃO	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA		CAUSAS DA FALHA	PREVENÇÃO	O	DETECÇÃO								
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Pontos não conforme	Peça não conforme; Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Ajuste/regulação máquina NOK; Desgaste dos elétrodos; refrigeração insuficiente; fresagem incorreta, derivações de corrente	Plano de manutenção; isolamento das torres dos gabaritos; Ficha de parâmetros,	2	Ensaio destrutivo	5	70	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da peça N/OK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorização; falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; Colocação de suportes no posto com desenganadores para suporte de etiqueta de apoio; utilização de etiqueta de apoio até identificação SAP; etiqueta de apoio com marcação ou fator de distinção; confirmação marcação ou fator de distinção;	5	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	180	Nível 2	Identificação centralizada duplo picking	6	3	5	90
SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Componentes mal posicionados	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	7	Desafinação dos gabarits / ferramenta de soldadura	Plano de manutenção; Sensores de presença; réguas lineares;	2	Máquina de controlo; calibre; visual	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Posicionamento/ distância entre componentes N/OK	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Pinos piloto desgastados ou fora de dimensão; ferramenta mal ajustada	Plano de manutenção.;	2	Máquina de controlo	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Projeções na rosca	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Desgaste da ferramenta; Ajuste/regulação máquina N/OK; Limpeza do equipamento; Salpicos no interior da Rosca;	Plano de manutenção; F. Parâmetros;	2	Maquete de controlo; calibre	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				

Tabela 21: Ações recomendadas da FMEA para o Conjunto soldado A e B

DESCRIÇÃO	PRODUTO	EFEITO DA FALHA	S	PROCESSO	CONTROLOS ACTUAIS			D	NPR	Prioridade de Ação Corretiva	Ações Recomendadas	S	O	D	NPR
	MODO DE FALHA			CAUSAS DA FALHA	PREVENÇÃO	O	DETECÇÃO								
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Peças com sujidade/excesso de óleo	Distúrbios na linha de produção Peças podem ter de ser retrabalhadas antes da próxima operação 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Tapete com excesso de óleo	Substituição/limpeza frequente de tapete	2	Visual	7	56		(RECLAMAÇÃO) Substituição do tapete e aumento do tempo de verificação de limpeza do tapete	4	2	7	56
SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Envio de peças rejeitadas (falta de componentes)	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Má segregação de peças rejeitadas	PSG-03	2	Visual; escolha a 100%	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da peça N/OK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorização; falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; Colocação de suportes no posto com desenganadores para suporte de etiqueta de apoio; utilização de etiqueta de apoio até identificação SAP; etiqueta de apoio com marcação ou fator de distinção; confirmação marcação ou fator de distinção;	5	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	180	Nível 2	Identificação centralizada duplo picking	6	3	5	90

Após a realização da análise FMEA, é possível obter uma informação clara de quais os modos de falha que requerem maior atenção para posteriormente se proceder à realização de ações de melhoria, que têm como objetivo a diminuição do risco associado a cada uma das falhas. As tabelas acima apresentadas indicam os modos de falha e os efeitos de falha dos conjuntos soldados com um grau de risco de nível 2 e 3 (não existe prioridade de nível 1), ou seja, identificam quais os modos de falha que necessitam maior atenção e urgência. Por sua vez, a tabela recomenda ações a aplicar em cada um dos níveis de prioridade e também para os casos onde houve reclamação do cliente, apresentando a correção do cálculo NPR após a sua implementação.

Como se pode observar, não foi possível sugerir uma ação corretiva para a maior parte do grau de risco de nível 3, uma vez que foi entendido por parte da equipa que não é possível implementar mais nenhuma ação que diminuísse o risco (por exemplo erro humano) e uma vez que o nível 3 não obriga à recomendação de uma ação.

Em contrapartida, foram recomendadas ações para o grau de risco de nível 2 e também para os 3 modos de falha que foram identificados com uma reclamação do cliente.

4.3.2 Análise e Discussão de resultados

Realizada a análise dos modos de falha e seus efeitos dos conjuntos soldados A e B, de seguida procede-se à análise e interpretação dos resultados obtidos. Após a análise das tabelas FMEA referentes ao conjunto soldado, foi possível sintetizar os resultados, indicando-se na Tabela 22 as frequências relativas ao nível de prioridade obtido. Verifica-se que dos 130 modos de falha analisados no FMEA (Anexo VI), 111 não apresentam necessidade de ações corretivas, 15 apresentam necessidade de ação corretiva de **nível 3**, 4 apresentam necessidade de ação corretiva de **nível 2** e 0 apresentaram necessidade de ações corretivas de **nível 1**, como indica a Tabela 22:

Tabela 22 - Número de ações recomendadas segundo o nível de prioridade obtido

Prioridade	Total
Nível 1	0
Nível 2	4
Nível 3	15
Sem necessidade de ação corretiva	111
	130

A partir do gráfico da Figura 49, é possível observar as percentagens de incidência dos níveis de prioridade, verificando-se que o nível 2 tem uma incidência de 3% da totalidade dos riscos, o nível 3 tem uma incidência de 12% da totalidade dos riscos, e por fim o nível 1, com 0% de incidência. Também se verificou que grande parte dos modos de falha do FMEA analisado não exigiram uma recomendação de ações corretivas, tendo estes uma incidência de 85%.

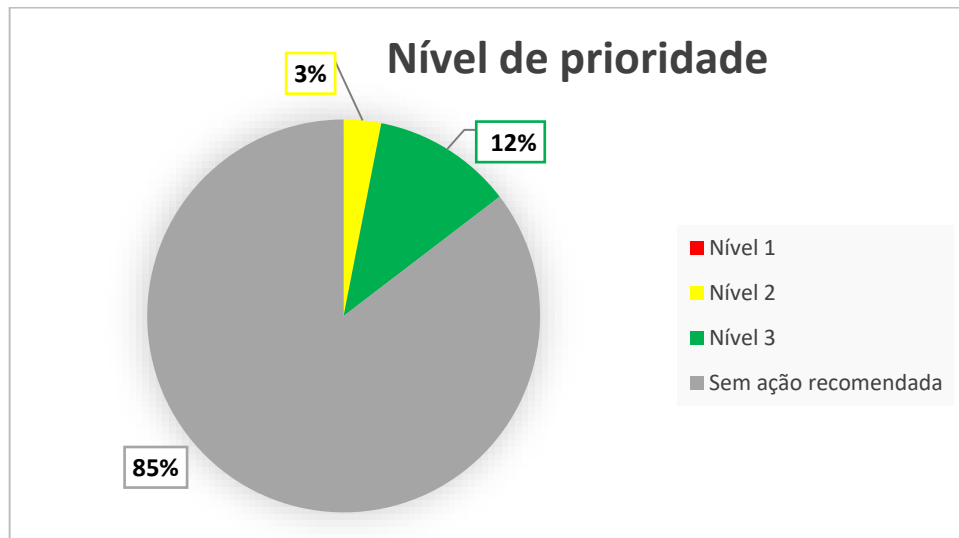


Figura 49: Gráfico de ações recomendadas por nível de prioridade

Interpretando o gráfico da Figura 49 juntamente com a Tabela 22, verifica-se que neste caso não existem riscos que necessitem de uma ação imediata (nível 1) para diminuir o seu grau de risco. No entanto, 3% têm um grau de urgência consideravelmente menor e 12% tem pouco grau de urgência, sendo que não obriga a uma intervenção imediata no processo para implementar ações de melhoria.

Pela análise do gráfico da Figura 50, consegue-se obter o número de modos de falha com prioridade de ação corretiva:

- Os quatro primeiros processos mostrados apresentam 1 prioridade de nível 2;
- A estampagem progressiva, a soldadura por resistência e a soldadura da porca+pernos por resistência apresentam 4 prioridades de nível 3;
- A soldadura de pontos apresenta 3 prioridades de nível 3;
- Todos os processos de soldadura apresentam 1 reclamação, referentes a componentes mal posicionados, projeções e peças com sujidade;
- Nenhum dos processos logísticos apresenta um nível de prioridade.

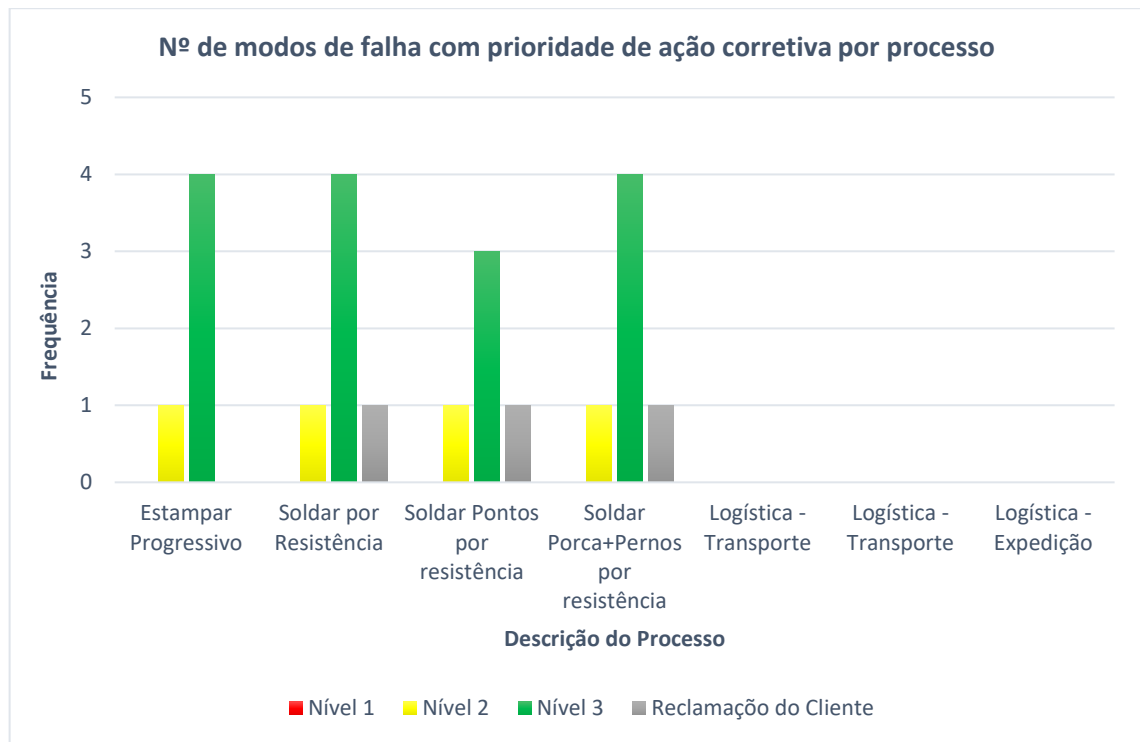


Figura 50: Número de ações corretivas recomendadas por processo

É importante observar que, com a implementação das ações recomendadas, houve um impacto positivo no valor do NRP.

Como foi referido anteriormente, foram aplicadas ações corretivas nos modos de falha com prioridade de nível 2 e modos de falha sujeitos a uma reclamação do cliente, uma vez que não existe obrigatoriedade da aplicação das ações corretivas e também porque a equipa entendeu que não haveria mais nenhuma ação a aplicar.

Apenas foi aplicada uma ação corretiva a uma prioridade de nível 3, correspondente a componentes mal posicionados na soldadura por pontos de resistência. Colocou-se um calibre para verificação da conformidade entre os furos retangulares (o calibre deve passar). Isto implicou a diminuição do índice de severidade de 3 para 1. Houve uma consequente diminuição do valor do NPR de 180 para 36 (tendo em conta que tanto o índice de ocorrência e índice de deteção permaneceram inalterados após esta ação corretiva).

Conseguiu-se concluir que o modo de falha de nível 2 “Embalagem – identificação da peça NOK” é comum aos 4 primeiros processos. Houve uma diminuição do seu NPR de 180 para 90 através da implementação do método de *duplo picking* para a verificação da correta identificação da peça no contentor, diminuindo assim o índice de ocorrência e o índice de deteção. Este método obriga à verificação na peça no contentor no momento que sai de um processo e no momento em que chega ao processo seguinte. Isto aumenta a probabilidade de deteção deste erro em particular.

Relativamente às ações implementadas para os modos de falha sujeitos a uma reclamação do cliente, verificou-se que o NPR permaneceu inalterado. No processo de soldar a porca por resistência nas peças 1A e 1B, criou-se um calibre para o controlo da posição da porca

relativamente à peça, no entanto, esse controlo acaba por continuar a ser um controlo efetuado manualmente pelo operador, para baixar o índice de deteção o controlo teria de ser feito de forma automática alertando o operador (sinais de luz ou som).

No processo de soldadura de pontos por resistência peças estampadas, foi implementado um sopro na máquina de forma a eliminar as projeções. No entanto, a deteção da peça continua a ser feita visualmente pelo operador, não permitindo a redução do índice de deteção.

No processo de soldadura por resistência da porca+perno, foi feita a substituição do tapete e o aumento do tempo de verificação de limpeza do tapete, para prevenir que as peças cheguem com sujidade/excesso de óleo ao cliente.

5. CONCLUSÕES

Os objetivos fundamentais do estágio aqui relatado foram o estudo e implementação de alguns projetos de melhoria, tendo cada um deles uma metodologia adequada, regendo-se por uma observação visual no chão de fábrica, recolha/interpretação de dados, troca de informação com os colaboradores (*feedback*), apresentação da sugestão de melhoria, implementação da melhoria e monitorização da mesma.

A utilização dos meios de controlo por parte dos operadores é essencial para a garantia de qualidade dos processos da Gestamp Aveiro, uma vez que se podem prevenir problemas recorrentes no dia a dia que afetam o normal fluxo de trabalho. Os mesmos permitem não só facilitar a deteção de fissuras, oxidação, empenos e rebarbas, como também permitem precaver possíveis erros de embalamento, no caso da mistura de peças nos contentores. Cada meio de controlo foi individualmente elaborado tendo em conta as diferentes características de cada peça, mostrando ser uma ferramenta de valor no que toda ao melhoramento dos processos na estampagem. Para o Projeto 1, ao fazer a observação do posto de trabalho, foi possível não só identificar oportunidades de melhoria ao nível de *standards* 6S, como verificar os resultados da sua implementação. Analisando qualitativamente os resultados obtidos com a implementação destes *standards* 6S, é possível concluir que se conseguiu melhorar algumas áreas da fábrica da Gestamp Aveiro em termos de organização, limpeza e cumprimento das regras estabelecidas de higiene e segurança no trabalho. O *feedback* dos colaboradores que fizeram parte desta implementação foi positivo, notando que lhes permitiu ter um acompanhamento mais rigoroso das ações. Os engenheiros de produção também beneficiaram desta ferramenta, uma vez que facilitou a observação e o acompanhamento das ações (através da verificação da cor dos cartões verdes e vermelhos), mostrando ser uma forma rápida de comunicar os fatores críticos que necessitam de ser solucionados. Embora o quadro *kamishibai* tenha sido implementado apenas em 1 posto de trabalho na estampagem, a perspetiva será estende-lo para os restantes 15 postos.

O objetivo principal do Projeto 2 foi o desenvolvimento da manutenção preventiva no posto de trabalho P1000A01. O desafio da implementação preventiva procura ir ao encontro de uma metodologia e organização de modo a fazer frente às necessidades dos equipamentos da secção da estampagem a frio. A manutenção preventiva pode agora ser desenvolvida eficazmente juntamente com a lista de tarefas preventivas que foi concebida pelos técnicos de manutenção, que mostraram ter autonomia na realização das tarefas. Após a implementação da manutenção preventiva, obtiveram-se resultados favoráveis, em que se observou uma tendência crescente na disponibilidade do equipamento ao longo do período de 6 meses. Verificou-se um aumento percentual da disponibilidade de 13,45% deste fevereiro de 2022 até julho de 2022 e um consequente aumento percentual do OEE de 7,46%. Durante o decorrer deste trabalho foram encontrados alguns obstáculos, sendo necessário o apelo constante aos técnicos de manutenção para a participação de reuniões. Outro ponto negativo que a empresa apresenta, é a grande rotatividade das equipas que operam nos equipamentos. Logo, a empresa tem um investimento

em formação dos processos que acaba por ser muito básica em termos dos conhecimentos gerais do equipamento. A formação deveria permitir ao colaborador evoluir e ser cada vez mais autónomo, fruto de um maior nível de conhecimento. Como proposta de trabalho futuro para este projeto, seria interessante fazer um estudo do histórico de intervenções no equipamento ao longo tempo, para a verificação da evolução dos indicadores da manutenção como o MTBF e o MTTR, assim como realizar o registo de tempo de intervenção para cada uma das tarefas. Adicionalmente, para evitar outros dos problemas identificados, como o gasto de tempo à procura de componentes de substituição no *stock*, onde por vezes não existia, seria importante investir em ferramentas que permitam ter um *stock* dos materiais necessários à manutenção.

No desenvolvimento do Projeto 3, foi possível concluir que o FMEA é uma ferramenta muito versátil e adaptável à produção em série da indústria automóvel. É possível adaptar a sua utilização dependendo do produto analisado, possibilitando também a criatividade na sua elaboração.

Relativamente ao conjunto soldado A e B que foi o objeto de estudo neste trabalho, concluiu-se através da ferramenta FMEA que de uma forma geral, os níveis de prioridade dos modos de falha apresentam-se com grau moderado ou baixo (nível 2 ou nível 3), o que demonstra uma grande robustez e fiabilidade dos equipamentos e do controlo do processo da indústria automóvel. Esta realidade é provada pelo facto de que dos 130 riscos analisados, nenhum deles apresentou prioridade de **nível 1**, apenas 4 apresentaram prioridade de **nível 2** e 15 apresentaram prioridade de **nível 3**. As ações recomendadas que foram implementadas a partir da análise FMEA permitiram a redução do NPR, alcançando assim o objetivo desta análise. Por ser uma ferramenta que exige um conhecimento detalhado de todas as etapas por onde cada componente passa, neste caso na estampagem, soldadura e processo logístico, torna a sua execução bastante exigente para a equipa que participa na sua elaboração. É por este motivo que a participação ativa dos colaboradores das diferentes áreas presentes em cada processo é tão importante para implementar ações de melhoria, com vista a diminuir o risco associado aos modos de falha.

Ao ter a oportunidade de integrar a equipa do Departamento Técnico responsável pela elaboração da documentação FMEA e mais tarde o Departamento de Produção, foi possível tirar algumas conclusões relativamente à dinâmica de trabalho entre os dois departamentos. Observou-se alguma incoerência e falta de comunicação tanto no decorrer da elaboração da documentação, onde nenhuma das partes se reuniu para discutir o processo de forma mais detalhada. Apesar de haver ações de nível 3 nas quais seria necessário a recomendação de uma ação corretiva, foi assumido o risco de falha uma vez que foi considerado que não é possível implementar uma ação corretiva a grande parte dos níveis de prioridade 3. Posto isto, seria interessante propor o estudo mais detalhado do processo em chão de fábrica e colaboração de mais intervenientes na elaboração desta ferramenta.

Indica-se assim a implementação do Reverso FMEA como sugestão de melhoria para um trabalho futuro, juntamente com implementação de reuniões frequentes entre o Departamento Técnico, Departamento de Produção e Departamento de Qualidade, de modo a incentivar o debate e o diálogo entre as equipas. O Reverso FMEA seria uma boa proposta para um trabalho futuro, pois é uma ferramenta de melhoria contínua baseada em observações no terreno que

permite identificar em tempo real de produção novos riscos, validar resultados do FMEA em relação ao que está a acontecer na produção e incentivar a descoberta de novos modos de falha que não foram tidos em consideração durante o desenvolvimento do FMEA. A observação do processo em chão de fábrica e o diálogo com os operadores para sugestão e partilha de ideias é uma ferramenta que poderia ser mais bem explorada e que acresce benefícios para o futuro da Gestamp Aveiro.

Concluindo, a possibilidade de fazer parte destes projetos e trabalhar com equipas multidisciplinares permitiu perceber como a indústria automóvel opera, uma vez que todos estes trabalhos, sendo diferentes, contribuíram para alcançar o mesmo objetivo, atingir uma maior eficiência. Para além disso, permitiu comprovar que todos os processos dependem não só dos seus equipamentos, mas também das pessoas que fazem deles possíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abuab, F., Gholamia, H., NorhayatiZakuanc, Streimikiened, D., & Zameri, M. (2019). The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications. *Journal of Cleaner Production*, 234, 660–680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.279>
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Chen, J., Cai, W., Lin, F., & Chen, X. (2022). *Application of the PDCA Cycle for Managing Hyperglycemia in Critically Ill Patients*. 2–6. 10.1007/s13300-022-01334-9
- Costa, A. (2020). *Melhoria do OEE de uma linha de acabamento superficial numa fábrica de louça metálica* [Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/132644/2/409507.pdf>
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*. 10.1108/01443570010355750
- Davis, M. M. et al. (2001). “*Fundamentos da Administração da Produção.*”
- Dossou, P. E., Torregrossa, P., & Martinez, T. (2022). Industry 4.0 concepts and lean manufacturing implementation for optimizing a company logistics flows. *Procedia Computer Science*, 200(2019), 358–367. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.234>
- Dunn, T. (2015). OEE Effectiveness. In *Manufacturing Flexible Packaging*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 77–85. 10.1016/B978-0-323-26436-5.00008-4
- Elidolua Sukru, Sezerab, I., Akyuza, E., Arslana, O., & Yasin Arslanoglua. (2022). Operational risk assessment of ballasting and de-ballasting on-board tanker ship under FMECA extended Evidential Reasoning (ER) and Rule-based Bayesian Network (RBN) approach. *Reliability Engineering & System Safety*, 231, 5–6. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108975>
- Farinha, B., & Sofia, L. (2015). *Lean manufacturing-Uma História de Sucesso em Portugal* *Dissertação de Mestrado*. Escola Superior de Gestão de Tomar.
- Farinha, J., & Vasconcelos, C. (1994). *Uma abordagem terológica da manutenção dos equipamentos hospitalares*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Ferreira, N. (2017). *Melhoria de Desempenho numa Secção de Corte de Tecido com Recurso a Ferramentas Lean*. Universidade do Minho - Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial.
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Hu-Chen, L., Qi-Hao, B., Lin, Q.-L., Dong, N., & Xu, P.-C. (2011). Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. In *Expert Systems with Applications* (Vol. 38). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.110>
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). “Evaluation and improvement of manufacturing Ou, performance measurement systems- the role of OEE.” *Internacional Journal Operations*

- and Production Management*, v.19, n.1, 55–78.
<https://doi.org/10.1108/01443579910244223>
- Kardos, P., Lahuta, P., & Hudakova, M. (2021). Risk Assessment Using the FMEA method in the Organization of Running Events. *Transportation Research Procedia*, 55, 1538–1546.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.143>
- Liu, J., Wang, D., Lin, Q., & Deng, M. (2022). Risk assessment based on FMEA combining DEA and cloud model: A case application in robot-assisted rehabilitation. *Expert Systems with Applications*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119119>
- Makhomu, J. (2012). *Lean Manufacturing Implementation: A perspective on key success factors* [University of Kwazuku]. <http://hdl.handle.net/10413/10818>
- Miguel, B., & Pedrosa, M. (2014). *Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) aplicada a um Secador Industrial* [Instituto Superior de Engenharia de Lisboa]. <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4151/1/Dissertação.pdf>
- Moura, C. (2000). *ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA) - Manual de Referência*. <http://www.estgv.ipv.pt/paginaspessoais/amario/UnidadesCurriculares/Inovação/Textos apoio/FMEA.pdf>
- Nagajima S. (1989). “TPM Development Program.” *Cambridge Productivity Press*.
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TMP. *Productivity Press: Portland, OR, USA*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System* (1st Editio). Productivity Press.
<https://doi.org/10.4324/9780429273018>
- Oleghe, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP*, 60, 380–385.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- Oliveira, M. (2017). *Sistema de gestão da manutenção baseada no grau de maturidade da organização no âmbito da manutenção* [Universidade do Minho]. https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/48721/1/Tese de Doutoramento_Marcelo Albuquerque Oliveira_2017.pdf
- Pinto, J. (2014). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras* (LIDEL (ed.); 6th ed.).
- Pinto, S. (2015). *OEE como indicador de desempenho para a gestão de melhoria contínua* [Universidade de Aveiro]. <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/19131/1/TESE CDROM.pdf>
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51(NUiCONE 2012), 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Subriadi, A. P., & Najwa, N. F. (2020). The consistency analysis of failure mode and effect analysis (FMEA) in information technology risk assessment. *Heliyon*, 6(1), e03161.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03161>
- Team, P. (1999). *OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness*. Taylor & Francis.
- Willmott, P. (1994). “Total quality with teeth.” *The TQM Magazine*, Vol. 6 No., 48–50.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Create, Lean Thinking: Banish Waste and Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster.
- WORLD-CLASS-OEE. (2022). *WORLD-CLASS OEE*. What Is WORLD-CLASS OEE?
<https://www.oee.com/world-class-oee/>
- Yousefi, S., Alizadeh, A., Hayati, J., & Bagheri, M. (2018). HSE risk prioritization using robust

DEA-FMEA approach with undesirable outputs: A study of automotive parts industry in Iran. In *Safety Science* (108th ed., pp. 144–158).
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.015>

Anexo II – Template do documento referente à EIA

IDENTIFICAÇÃO DE APOIO

RETIRAR ETIQUETA DE APOIO APENAS APÓS COLOCAÇÃO DA ETIQUETA SAP

AJUDAS VISUAIS

POSTO

REF^a

REVISÃO 0

Data:

REVISÃO Nº: 1

Data:

gav-232.02

IDENTIFICAÇÃO DE APOIO

RETIRAR ETIQUETA DE APOIO APENAS APÓS COLOCAÇÃO DA ETIQUETA SAP

AJUDAS VISUAIS

POSTO

REF^a

REVISÃO 0

Data:

REVISÃO Nº: 1

Data:

gav-232.02

IDENTIFICAÇÃO DE APOIO		
RETIRAR ETIQUETA DE APOIO APENAS APÓS COLOCAÇÃO DA ETIQUETA SAP		
AJUDAS VISUAIS		
POSTO	REFª	REVISÃO 0
		Data:
		REVISÃO Nº: 1
		Data:

gav-232.02

Anexo III – Referenciais 6s

Gestamp		REFERENCIAIS 6S POSTOS DA ESTAMPAGEM			
Setor Alvo:	Estampagem	Elaborado por:	Diana Costa	Aprovado por:	I. Lima
		Revisão:	0	Data:	30/07/2022
REFERENCIAIS 6S					
Nota: pode id o correr que algum dos itens listados não seja aplicável. Quando assim for esses itens devem ser desconsiderados.					
Item	Instrução	Ajuda Visual		Item	Instrução
		OK	NOK		
Bancada	Manter a bancada limpa e organizada, isenta de peças incompletas. Guardar bens pessoais na gaveta.			Borrifadores de óleo/limpeza e suporte da garrafa de água	Assegurar que estes elementos existam e que são corretamente utilizados/refilados.
Maquete e calibres de controlo de qualidade	Manter a maquete limpa e em bom estado de utilização. Os calibres devem possuir local específico para estarem guardados.			Reservatório de óleo usado	Assegurar que a capacidade de óleo no reservatório da máquina não é excedido.
Etiquetas de apoio	O posto deve possuir os suportes para as etiquetas de apoio.		NOK: Posto sem suporte	Sinalética	Assegurar que a sinalética é respeitada relativamente à circulação de peças/máquinas em movimento.
Placa de proteção de produto final	Assegurar que existe, que está em bom estado e que é guardada em local existente para o efeito.		NOK: Máquina sem placa	Meios de Trabalho	Não decorrem trabalhos anómalos exceto se com autorização especial. Ex: rebarbadora da UAP cumpre as normas de segurança?
KLT de Produto Não Conforme / Contendor de produto para recuperação	Assegurar que o KLT existe, está acessível, em bom estado e que é mantido limpo no final do turno.			Meios de Extinção	Assegurar que estão devidamente sinalizados e sem obstáculos para os aceder.
Tapete anti-fadiga	Deve existir e mantido em bom estado.			Estação de produtos químicos	Assegurar que está limpo e estanque sem vestígios de derrames.
Documentação	As capas devem estar devidamente arrumadas e a documentação em boas condições para consulta.			Separação de resíduos	Os copontos encontram-se arrumados e em bom estado de conservação com a separação de resíduos corretamente efetuada.
Checklist de apoio à eficiência energética	Assegurar que está disponível na pasta do posto, que está em bom estado e que é cumprido.		NOK: Máquina sem documento.	Locais de armazenamento de panos	Assegurar que os panos são corretamente colocados no seu local específico.

Anexo IV – Quadro Kamishibai da Manutenção Preventiva



Anexo V – Manutenção Programada P1000A1

[illegible]

Anexo VI – FMEA

		FMEA Processo				Rev: Data:															
Part Number / Ref. Cliente Customer / Cliente / Projecto Drawing / Desenho		Produto S/R Internal PN / Ref. Interna Ing. Level / Ind. Engª.		<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">SIM</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NÃO</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </table>		SIM		NÃO	X	Protótipo/Prototype Pré-Serie/Trial Run Série/Production		<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">X</td></tr> </table>				X	Realizado por: Diana Costa				
SIM																					
NÃO	X																				
X																					

DESCRIÇÃO	PRODUTO	EFEITO DA FALHA	S	PROCESSO	CONTROLOS ACTUAIS			D	NP R	Prioridad e de Ação Corretiva	Ações Recomendadas	S	O	D	NP R
	MODO DE FALHA			CAUSAS DA FALHA	PREVENÇÃO	O	DETECÇÃO								
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Características dimensionais da matéria prima NOK (Largura acima do especificado)	Peça não conforme 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Matéria prima NOK, falha no processo do fornecedor	Leitura/Controlo Etiqueta SAP;	1	Controlo à entrada da ferramenta (impossibilidade de montar na ferramenta)	1	6						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Características dimensionais da matéria prima NOK (Largura abaixo do especificado)	Peça não conforme 100% do produto pode ser para sucata	8	Matéria prima NOK, falha no processo do fornecedor	Leitura/Controlo Etiqueta SAP;	1	Maquete de controlo	6	48						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Características dimensionais da matéria prima NOK (Espessura)	Fragilização; Menor durabilidade impossibilidade de montagem 100% do produto pode ser para sucata	8	Matéria prima NOK, falha no processo do fornecedor	Leitura/Controlo Etiqueta SAP;	1	Controlo à entrada de máquina	5	40						

Análise do Desempenho e Otimização de Processos Industriais na Indústria Automóvel

1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Zonas de matching NOK	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Ajuste/regulação máquina N/OK; Desgaste da ferramenta	Ficha de parâmetros;	2	Maquete de controlo	6	60						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Volume da peça NOK	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Ajuste/regulação máquina N/OK; Desgaste da ferramenta	Ficha de parâmetros;	2	Maquete de controlo	6	48						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Volume da peça NOK	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ser para sucata	8	Uso de matéria-prima incorreta (Bobine errada/erro do montador)	Correta verificação da gama de fabrico;	2	Visual; Gama de fabrico e controlo	6	96	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Volume da peça NOK	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ser para sucata	8	Uso de matéria-prima incorreta (Bobine mal identificada)	Correta identificação;	2	Controlo à Receção	6	96	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Fissuras	Fragilização; Menor durabilidade Uma parte da produção pode ser sucata	7	Desgaste da ferramenta	Plano de manutenção;	1	Visual	7	49						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Fissuras	Fragilização; Menor durabilidade Uma parte da produção pode ser sucata	7	Matéria-prima NOK	Plano de Inspeção de matéria-prima	1	Visual	7	49						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Redução de Espessura > ao permitido	Fragilização; Menor durabilidade Inconveniência leve no processo	2	Escorregamento da chapa insuficiente	Plano de manutenção; simulação virtual do processo; medição de espessura na fase de industrialização ; cumprimento da ficha de parâmetros	2	Medidor de espessura (Layout inspection)	9	36						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Rebarbas (Arestas de corte e furações)	Ferir o operador; Dificuldade de montagem Uma parte do produto pode ter que ser retrabalhado no posto antes de ser processado	3	Desgaste de punções e/ou matrizes	Plano de manutenção;	4	Visual	7	84						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Diâmetro das furações < especificado	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Desgaste de punções e/ou matrizes	Plano de manutenção;	3	Calibre P/NP	6	90						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Marcas de resíduos	Aspetto NOK 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Desgaste da ferramenta; Falta de limpeza	Plano de manutenção;	2	Visual	7	56						

1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Diâmetro das furações > especificado	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ser para sucata	8	Utilização de punção e/ou matriz não especificados Intervenção na ferramenta NOK (troca de punção)	Plano de manutenção; Poka yoke de montagem;	2	Calibre	6	96	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Falta de Furação	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Punção partido / falta de punção	Plano de manutenção;	2	Visual; maquete de controlo	6	72						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Marcas de resíduos	Aspetto NOK uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Acumulação de sucata; Falta de limpeza	Plano de manutenção;	2	Visual	7	70						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Posicionament o da furação N/OK	restantes montagem deficiente uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Desgaste da ferramenta; Ajuste / regulação máquina N/OK; Guiamento deficiente	Plano de manutenção; Setup da máquina	3	Maquete de controlo	6	90						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Marcação da identificação NOK	Dificuldade de identificação na linha e no pós venda 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Desgaste da ferramenta; Troca dos punções de marcação; Ajuste / regulação máquina NOK	Plano de manutenção;	2	Visual	6	72						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Marcação Data NOK	Dificuldade de rastreabilidade na linha e no pós venda 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha sem necessidade (traçabilidade induz em erro)	6	Desgaste da ferramenta; Troca dos punções de marcação; Ajuste / regulação máquina NOK	Plano de manutenção; l	2	Visual (GFC)	6	72						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Empeno / Deformações	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Desgaste da ferramenta	Plano de manutenção;	1	Maquete de controlo	6	30						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Empeno / Deformações	Dificuldade de montagem Uma parte do produto pode ter de ser retrabalhado no posto antes de ser processado	3	Choques entre peças (embalagem, saída de prensa,) manuseament o	Plano de manutenção;	3	Maquete de controlo	6	54						

Análise do Desempenho e Otimização de Processos Industriais na Indústria Automóvel

1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Empeno / Deformações	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Ajuste / regulação máquina N/OK	Ficha de Parâmetros	1	Maquete de controlo	6	30						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Oxidação	Uma parte do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	3	Matéria prima NOK	Cumprimento do FIFO	2	Visual	7	42						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Manchas	Uma parte da produção pode ter que ser sucata	7	Matéria prima NOK	Controlo à recepção	1	Visual	7	49						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Peças misturadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Contaminação do Posto	Cumprimento do MOP; Limpeza do posto;	2	Visual	7	70						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Peças misturadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Maquete comum a outras referencias (esq/dir. ou outras versões)	Limpeza do posto; Cumprimento de procedimentos;	2	Visual; Etiqueta de apoio com fator de distinção	7	70						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Falta de Material	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ter de ser sucateado	8	Ajuste / regulação máquina / ferramenta NOK;	Plano de manutenção; Ficha de parâmetros;	2	Maquete de controlo; Visual	6	96	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Excesso de Material	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Desgaste da ferramenta; Ajuste / regulação máquina N/OK; Guiamento deficiente	Plano de manutenção; Ficha de parâmetros;	2	Maquete de controlo	6	72						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Marcas de ferramenta	Aspetto N/OK Inconveniência leve no processo	2	Ajuste/regulaç ão máquina / ferramenta NOK; Desgaste da ferramenta; Falta de limpeza	Plano de manutenção; Ficha de parâmetros;	3	Visual	8	48						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Riscos; picos	Aspetto N/OK Inconveniência leve no processo	2	Alimentador / endireitador danificado ou sujo	Plano de manutenção; Ficha de parâmetros;	2	Visual	8	32						

1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Excesso de óleo	Distúrbios na linha de produção Peças podem ter de ser retrabalhadas antes da próxima operação uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Incorreta afinação do sistema de lubrificação; Falta de especificação da quantidade de óleo admissível	Escolha adequada do tipo de óleo; definição da regulação de parâmetros para aplicação do óleo;	2	Visual	7	70						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Peças com manchas de sujidade	Distúrbios na linha de produção Peças podem ter de ser retrabalhadas antes da próxima operação 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Embalagens / tapete da prensa com sujidade/óleo	Limpeza regular de embalagens / tapete	3	Visual	7	84						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Embalagem Identificação da peça NOK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorização; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; Colocação de suportes no posto com desenganadores para suporte de etiqueta de apoio; utilização de etiqueta de apoio até identificação SAP; dupla verificação etiqueta de apoio vs etiqueta SAP; etiqueta de apoio com marcação ou fator de distinção; confirmação marcação ou fator de distinção	5	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	180	Nível 2	Validação Etiqueta SAP	6	3	5	90
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Embalagem Identificação da embalagem NOK	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Troca de referência de embalagem na contentorização; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	3	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	72						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Embalagens mal acondicionadas na paleta	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Não cumprimento da especificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	2	Visual	7	84						
1A/1B e 2A/2B ESTAMPAR PROGRESSIVO	Quantidade mal declarada	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Contagens manuais (peças segregadas; peças rejeitadas; peças em escolha;	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	2	Visual	7	84						

				peças recuperadas; incompletos mal declarados)															
ESTAMPAR PROGRESSIVO	Embalagens vazias declaradas com peças em SAP (incluídas na paleta)	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Não cumprimento da norma de embalagem	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	2	Visual	7	84										
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Componentes invertidos	Pressoestado; alimentador automático; sensor analógico de posição do pino; Plano de manutenção Preventiva.;	3	Controlo automático pela máquina	2	42										
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Oxidação;	Cumprimento do FIFO; correto acondicionamento;	1	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	35										
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Componente não resiste ao esforço especificado	6	Altura das bossas N/OK;	Controlo à Receção	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60										
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Componente não resiste ao esforço especificado	6	Ajuste / regulação máquina N/OK	Análise da corrente primário vs secundário ; Ficha de parâmetros;; P. manutenção Prevent.;	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60										
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Componente não resiste ao esforço especificado	6	Desgaste dos eletrodos;	Análise da corrente primário vs secundário ; contador de desgaste de eletrodo; F. Ctr. parâmetros; Plano manutenção Prevent.;	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60										
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Potência insuficiente ;	Análise da corrente primário vs secundário ; F. Ctr. parâmetros;	2	Bloqueio da máquina	3	42										

					Plano de manutenção Preventiva;													
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Componentes mal posicionados	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Desafinação dos gabarits / ferramenta de soldadura	Plano de manutenção.; Sensores de presença; réguas lineares;	2	Maquete de controlo; visual	6	72		(RECLAMAÇÃO) Criado Calibre para controlo da posição da peça+porca	6	2	6	72			
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Falta de componente	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falta de operação	Sensores de presença; poka yoke interno/externo (sensores e/ou cameras de visão)	2	Poka yoke interno/externo; maquete controlo; visual	3	42									
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Falta de componente	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falta da colocação de componente Má segregação de peças rejeitadas pela máquina	Sensores de presença; poka yoke interno/externo (sensores)	2	Poka yoke interno/externo; maquete controlo; visual	3	42									
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Peças misturadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Contaminação do Posto	Cumprimento do MOP; Limpeza do posto	2	Visual	7	70									
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Peças misturadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Produtos semelhantes produzidos na mesma máquina	Limpeza do posto; cumprimento dos procedimentos;	2	Visual; etiqueta de apoio com fator de distinção;	7	70									
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Oxidação	Aspeto NOK; Menor durabilidade; Uma parte da produção pode ter de ser sucata	7	Presença de água no processo de soldadura (refrigeração defeituosa)	Manutenção no equipamento; Bombas de vácuo na troca de elétrodos; utilização de elétrodos cegos;	1	Visual	7	49									
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Posicionament o/ distância entre componentes N/OK	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Pinos piloto desgastados ou fora de dimensão; ferramenta mal ajustada	Plano de manutenção;	2	Calibre	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)							

Análise do Desempenho e Otimização de Processos Industriais na Indústria Automóvel

1A/1BSOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	D5-Projeções	Dificuldade / impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Desgaste da ferramenta; Ajuste/regulação máquina NOK; Limpeza do equipamento;	Plano de manutenção.; Ficha de parâmetros;	2	Visual	7	70						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Projeções na rosca	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Desgaste da ferramenta; Ajuste/regulação máquina NOK; Limpeza do equipamento;	Plano de manutenção; Ficha de parâmetros;	2	Calibre	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Empeno / Deformações	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Desgaste da ferramenta	Mau desenvolvimento da ferramenta de soldadura	2	Visual	8	80						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Componente trocado	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Erro de identificação do material, material misturado; erro do operador	Anti erro na ferramenta de soldar	2	Impossibilidade de montagem da peça na ferramenta Calibre	2	28						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Componente defeituoso	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falha do fornecedor; Acidente logístico; Desafinação do equipamento	Poka-Yoke na máquina ; Ficha de parâmetros; plano de manutenção;	2	Bloqueio da máquina; calibre	2	28						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Componente errado	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Erro de identificação do material; mistura de componentes	Poka-Yoke na máquina ; Ficha de parâmetros; plano de manutenção;	2	Bloqueio da máquina; calibre	2	28						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Peças com sujidade	Distúrbios na linha de produção Peças podem ter de ser retrabalhadas antes da próxima operação 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Embalagens com sujidade/óleo	Limpeza regular de embalagens	3	Visual	7	84						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Envio de peças rejeitadas (falta de componentes)	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Má segregação de peças rejeitadas	PSG-03	2	Visual; escolha a 100% FTR	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				

1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da peça N/OK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorizaçã o; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; Colocação de suportes no posto com desenganadores para suporte de etiqueta de apoio; utilização de etiqueta de apoio até identificação SAP; etiqueta de apoio com marcação ou fator de distinção; confirmação de marcação ou fator de distinção;	5	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	180	Nível 2	Identificação centralizada <i>duplo picking</i>	6	3	5	90
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da embalagem N/OK	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Troca de referência de embalagem na contentorizaçã o; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	3	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	72						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Embalagem Contentor inadequado	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Troca de contentor por falta de contentor especificado	Envio atempado de contentor especificado por parte do cliente; correta gestão de stock;	2	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	72						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Embalagens mal acondicionada s na palete	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Não cumprimento da especificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	2	Visual	7	84						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Quantidade mal declarada	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Contagens manuais (peças segregadas; peças rejeitadas; peças em escolha; peças recuperadas; incompletos mal declarados)	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	2	Visual	7	84						
1A/1B SOLDAR PORCA POR RESISTÊNCIA	Embalagens vazias declaradas com peças em SAP (incluídas na palete)	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Não cumprimento da norma de embalagem	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	2	Visual	7	84						

1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Possibilidade dos componentes se soltarem 100% do produto pode ter de ser re trabalhado fora da linha	6	Passagem de corrente indevida	Isolamento de zonas de contacto com a ferramenta/gabari to de soldadura Plano de manutenção Preventiva.;	2	Ensaio de ultrassons/ensaio destrutivo	5	60						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Possibilidade dos componentes se soltarem 100% do produto pode ter de ser re trabalhado fora da linha	6	Oxidação	Cumprimento do FIFO; correto acondicionament o;	2	Ensaio de ultrassons/ensaio destrutivo	5	60						
1A/1B e 2A/2BSOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Soldadura NOK	Diâmetro do ponto de soldadura não cumpre com a especificação (diâmetro insuficiente) 100% do produto pode ter de ser re trabalhado fora da linha	6	Ajuste / regulação máquina NOK Potência insuficiente	Análise da corrente primário vs secundário ; Ficha de parâmetros;; P.manutenção Prevent.;	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Diâmetro do ponto de soldadura não cumpre com a especificação (diâmetro insuficiente) 100% do produto pode ter de ser re trabalhado fora da linha	6	Desgaste dos elétrodo;	Análise da corrente primário vs secundário ; contador de desgaste de elétrodo; Ficha de parâmetros;; P.manutenção Prevent.;	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Soldadura NOK	Possibilidade dos componentes se soltarem 100% do produto pode ter de ser re trabalhado fora da linha	6	Acostagem de peça NOK	Análise da corrente primário vs secundário ; Ficha de parâmetros;; P.manutenção Prevent.;	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Falta de pontos de soldadura; 100% do produto pode ter de ser re trabalhado fora da linha	7	Peça NOK não bloqueada após erro do equipamento por necessidade de troca de elétrodo	Aplicação de sistema de troca automática de elétrodo; F. Ctr. parâmetros; P.manutenção Prevent.;	2	Peça bloqueada sempre que a máquina entra em erro; Aplicação de sensores /câmara para deteção dos pontos na operação seguinte (final)	3	42						

1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Componentes mal posicionados	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Desafinação dos gabaritos / ferramenta de soldadura / bridagem da peça NOK	P.Manutenção.; Sensores de presença; pinos centradores	3	Maquete de controlo; visual	6	108	Nível 3	Colocação de calibre PASSA para verificação da conformidade entre os furos retangulares (o calibre deve passar)	6	1	6	36
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Falta de componente	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falta de operação	Sensores de presença; poka yoke interno/externo (sensores e/ou camaras de visão)	2	Poka yoke interno/externo; maquete controlo; visual	3	42						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Falta de componente	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falta da colocação de componente	Sensores de presença; poka yoke interno/externo (sensores e/ou camaras de visão)	2	Poka yoke interno/externo; maquete controlo; visual	3	42						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Peças misturadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Contaminação do Posto	Cumprimento do MOP; Limpeza do posto	2	Visual	7	70						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Peças misturadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Maquete comum a outras referencias (esq/dir. ou outras versões)	Cumprimento de procedimentos; Limpeza do posto ;	2	Visual; etiqueta de apoio com fator de distinção;	7	70						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Oxidação	Aspetto NOK; Menor durabilidade; Uma parte da produção pode ter de ser sucata	7	Presença de água no processo de soldadura (refrigeração defeituosa)	Manutenção no equipamento; Bombas de vácuo na troca de elétrodos; utilização de elétrodos cegos;	1	Visual	7	49						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Posicionament o/ distância entre componentes NOK	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Pinos piloto desgastados ou fora de dimensão; ferramenta mal ajustada	Plano de manutenção;	2	Maquete de controlo	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Posicionament o/ distância entre componentes NOK	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Peça estampada com furos de dimensão incorreta	Poka-Yoke na ferramenta	2	Maquete de controlo; calibres; poka yoke externo	3	42						

Análise do Desempenho e Otimização de Processos Industriais na Indústria Automóvel

1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Projeções	Dificuldade / impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Desgaste da ferramenta; Ajuste/regulaç ão máquina N/OK; Limpeza do equipamento;	P.Man.; F. Prmtrs.;	2	Visual	7	70		(RECLAMAÇÃO) sopro na máquina para eliminar projeções	5	2	7	70
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Componente trocado	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Erro de identificação do material	Poka-Yoke mecânico na ferramenta	2	Bloqueio da máquina; Maq. de controlo	3	42						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Componente defeituoso	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falha do fornecedor; Acidente logístico; não conformidade do processo anterior; embalamento NOK	Cumprimento da GIR; Ficha de embalagem; Poka-Yoke na máquina ; plano de manutenção	2	Maquete de controlo	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Componente com excesso de material	Impossibilidade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Peça estampada fora de dimensão (Processo - Estampar progressivo)	Poka-Yoke na máquina; plano de manutenção;	2	Poka Yoke	2	24						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Falta de pontos de soldadura	Peça não conforme; Possibilidade dos componentes se soltarem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Ajuste/regulaç ão máquina NOK;	P.Manutenção.; Ficha de parâmetros; contador de pontos com bloqueio automático;	2	Visual; contador de pontos com bloqueio automático	4	48						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Falta de pontos de soldadura	Peça não conforme; Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Peça estampada defeituosa	Controlo de corrente com bloqueio da peça;	2	Visual; automático com bloqueio da peça	4	56						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Pontos não conforme	Peça não conforme; Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Ajuste/regulaç ão máquina NOK; Desgaste dos elétrodos; refrigeração insuficiente; fresagem incorreta, derivações de corrente	P.Manutenção.; isolamento das torres dos gabaritos; Ficha de parâmetros,	2	Ensaio destrutivo	5	70	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				

1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Marcação da identificação NOK	Dificuldade de identificação na linha e no pós venda 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Desregulação do marcador; punção de marcação estragado; má conceção da marcação	Plano de manutenção;	2	Visual	6	72						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	D22-Peças com sujidade	Distúrbios na linha de produção Peças podem ter de ser retrabalhadas antes da próxima operação 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Embalagens com sujidade/óleo	Limpeza regular de embalagens	3	Visual	7	84						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Envio de peças rejeitadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Má segregação de peças rejeitadas	PSG-03	2	Visual	7	70						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da peça N/OK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorizaçã o; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; Colocação de suportes no posto com desenganadores para suporte de etiqueta de apoio; utilização de etiqueta de apoio até identificação SAP; etiqueta de apoio com marcação ou fator de distinção; confirmação marcação ou fator de distinção;	5	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	180	Nível 2	Identificação centralizada <i>duplo picking</i>	6	3	5	90
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da embalagem NOK	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Troca de referência de embalagem na contentorizaçã o; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	3	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	72						
1A/1B e 2A/2B SOLDAR PONTOS POR RESISTÊNCIA	D21- Quantidade mal declarada	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Contagens manuais (peças segregadas; peças rejeitadas; peças em escolha; peças recuperadas; incompletos	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	2	Visual	7	84						

				mal declarados)															
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Componentes invertidos	Pressostato; alimentador automático; sensor analógico de posição do pino; P.manutenção Prevent.;	3	Controlo automático pela máquina	2	42										
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Oxidação;	Cumprimento do FIFO; correto acondicionament o;	1	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	35										
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Componente não resiste ao esforço especificado	6	Altura das bossas N/OK;	Controlo à Receção	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60										
2A/2BSOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Componente não resiste ao esforço especificado	6	Ajuste / regulação máquina N/OK	Análise da corrente primário vs secundário ; F. Ctr. parâmetros; P.manutenção Prevent.;	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60										
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Componente não resiste ao esforço especificado	6	Desgaste dos elétrodos;	Análise da corrente primário vs secundário ; contador de desgaste de elétrodo; F. Ctr. parâmetros; P.manutenção Prevent.;	2	Ensaio de fiabilidade de soldadura	5	60										
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Soldadura N/OK	Possibilidade dos componentes se soltarem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Potência insuficiente ;	Análise da corrente primário vs secundário ; F. Ctr. parâmetros; P.manutenção Prevent.;	2	Bloqueio da máquina	3	42										

SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Componentes mal posicionados	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	7	Desafinação dos gabarits / ferramenta de soldadura	P.Manutenção.; Sensores de presença; régua lineares;	2	Maq. de controlo; calibre; visual	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Falta de componente	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falta de operação	Sensores de presença; poka yoke interno/externo (sensores e/ou cameras de visão)	2	Poka yoke interno/externo; maquete controlo; visual	3	42						
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Falta de componente	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falta da colocação de componente Má segregação de peças rejeitadas pela máquina	Sensores de presença; poka yoke interno/externo (sensores e/ou cameras de visão)	2	Poka yoke interno/externo; maquete controlo; visual	3	42						
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Peças misturadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Contaminação do Posto	Cumprimento do MOP; Limpeza do posto	2	Visual	7	70						
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Peças misturadas	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Maquete comum a outras referencias (esq/dir. ou outras versões)	Construção de maquetes separadas para peças esq. e dir. ou semelhantes ; Cumprimento de procedimentos; Limpeza do posto ;	2	Visual; etiqueta de apoio com fator de distinção;	7	70						
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Falta de Pontos de Soldadura	Impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	7	Contaminação do Posto com peças NOK da operação anterior	FTR com testemunho no posto; alerta aos operadores;	2	Ação IBS C-2020-002825 Aplicação de sensores /câmara para deteção dos pontos na operação seguinte (final)	4	56						
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Oxidação	Aspetto NOK; Menor durabilidade; Uma parte da produção pode ter de ser sucata	7	Presença de água no processo de soldadura (refrigeração defeituosa)	Manutenção no equipamento; Bombas de vácuo na troca de elétrodos; utilização de elétrodos cegos;	1	Visual	7	49						
SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Posicionament o/ distância entre	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Pinos piloto desgastados ou fora de dimensão;	Plano de manutenção;	2	Maquete de controlo	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				

Análise do Desempenho e Otimização de Processos Industriais na Indústria Automóvel

	componentes N/OK			ferramenta mal ajustada															
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Projeções	Dificuldade / impossibilidade de montagem uma parte da produção pode ter de ser re trabalhada fora da linha	5	Desgaste da ferramenta; Ajuste/regulação máquina N/OK; Limpeza do equipamento;	Plano de manutenção;	2	Visual	7	70										
SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Projeções na rosca	Dificuldade / impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Desgaste da ferramenta; Ajuste/regulação máquina N/OK; Limpeza do equipamento; Salpicos no interior da Rosca;	Plano de manutenção;	2	Maquete de controlo; calibre	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)								
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Componente trocado	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Erro de identificação do material	Poka-Yoke no posto de montagem	2	Bloqueio da máquina; Maquete de controlo	3	42										
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Componente defeituoso	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Falha do fornecedor; Acidente logístico; Desafinação do equipamento	Poka-Yoke na máquina ; Ficha de parâmetros; plano de manutenção;	2	Bloqueio da máquina; Maquete de controlo; calibre	2	28										
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Componente errado	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Erro de identificação do material	Poka-Yoke na máquina ; Ficha de parâmetros; plano de manutenção;	2	Bloqueio da máquina; Maquete de controlo; calibre	2	28										
2A/2BSOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Peças com sujidade/excesso de óleo	Distúrbios na linha de produção Peças podem ter de ser re trabalhadas antes da próxima operação 100% do produto pode ter que ser re trabalhado no posto	4	Tapete com excesso de óleo	Substituição/limpeza frequente de tapete	2	Visual	7	56		(RECLAMAÇÃO) Substituição do tapete e aumento do tempo de verificação de limpeza do tapete	4	2	7	56				
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Peças com sujidade	Distúrbios na linha de produção Peças podem ter de ser re trabalhadas antes da próxima operação 100% do produto pode ter que ser re trabalhado no posto	4	Embalagens com sujidade/óleo	Limpeza regular de embalagens	3	Visual	7	84										

SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Envio de peças rejeitadas (falta de componentes)	Impossibilidade de montagem Uma parte da produção pode ser sucata	7	Má segregação de peças rejeitadas	PSG-03	2	Visual; escolha a 100%	6	84	Nível 3	Assumimos o risco de NPR (Prioridade 3)				
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da peça N/OK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorização; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; Colocação de suportes no posto com desenganadores para suporte de etiqueta de apoio; utilização de etiqueta de apoio até identificação SAP; etiqueta de apoio com marcação ou fator de distinção; confirmação marcação ou fator de distinção;	5	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	180	Nível 2	Identificação centralizada duplo picking	6	3	5	90
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Embalagem Identificação da embalagem N/OK	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Troca de referência de embalagem na contentorização; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	3	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	72						
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Embalagem inadequada	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Troca de embalagem por falta de embalagem especificada	Envio atempado de embalagem especificada por parte do cliente; correta gestão de stock;	2	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	72						
2A/2B SOLDAR PORCAS + PERNO POR RESISTÊNCIA	Quantidade mal declarada	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Contagens manuais (peças segregadas; peças rejeitadas; peças em escolha; peças recuperadas; incompletos mal declarados)	Ficha de embalagem; Ajudas visuais;	2	Visual	7	84						
LOGISTICA - Transporte (produto intermédio/final)	Perda de identificação	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Queda da etiqueta ou saqueta	Formação operadores. Correta colocação das etiquetas nos	2	Visual	7	56						

					alojamentos ou saquetas. Bom estado das saquetas.														
LOGISTICA - Transporte (produto intermédio/final)	Deformação das peças	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Queda da unidade de embalagem	Formação dos empilhadoristas; Cumprimento das regras internas de utilização de empilhadores;	2	Visual	7	84										
LOGISTICA - Transporte (produto intermédio/final)	Deformação das peças	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Golpe de garfo de empilhador	Correta definição de embalagem; Correto acondicionamento do embalagem - não exceder altura máxima; Formação empilhadorista.	1	Visual	7	42										
LOGISTICA - Transporte (produto intermédio/final)	Deformação das peças	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Golpe da blindagem do empilhador	Formação empilhadorista; Cumprimento das zonas de armazenamento.	1	Visual	7	42										
LOGISTICA - Armazenamento (produto intermédio/final)	Deformação das peças	Dificuldade de montagem 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Movimento brusco do empilhador	Formação empilhadorista; Cumprimento das velocidades de deslocação.	1	Visual	7	42										
LOGISTICA - Armazenamento (produto intermédio/final)	D18-Perda de identificação	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Queda da etiqueta	Formação operadores. Correta colocação das etiquetas nos alojamentos ou saquetas. Bom estado das saquetas.	3	Visual	7	84										
LOGISTICA - Armazenamento (produto intermédio/final)	Oxidação	Aspetto N/OK; Menor durabilidade; uma parte da produção pode ter de ser retrabalhada fora da linha	5	Má definição de embalagem; Falta de proteção superficial (óleo protetor), materiais auxiliares; armazenamento em local impróprio	Definição de condição especial de embalagem interno em período de condições adversas (inverno)	2	Visual	7	70										

LOGISTICA - Expedição (produto final)	Localização NOK	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Incumprimento do local de armazenamento; Má definição do fluxo do material;	Formação empilhadorista; Cumprimento das zonas de armazenamento / Registo SAP, Verificação de posições vazias.	2	Visual	7	56							
LOGISTICA - Expedição (produto final)	Perda de identificação	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Queda da etiqueta ou saqueta	Formação operadores. Correta colocação das etiquetas nos alojamentos ou saquetas. Bom estado das saquetas.	3	Visual	7	84							
LOGISTICA - Expedição (produto final)	Embalagem Identificação da peça N/OK	Possível paragem da linha de produção	6	Troca de referência da peça na contentorização; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; comparação etiqueta sap/etiqueta odette; verificação da marcação da peça vs identificação;	3	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP/ odette ; conferência por segundo operador; Duplo picking	5	90							
LOGISTICA - Expedição (produto final)	Embalagem Identificação da embalagem N/OK	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Troca de referência de embalagem na contentorização; Falta de identificação	Ficha de embalagem; Ajudas visuais; catálogo de embalagens;	2	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP/Comparação etiqueta sap vs catálogo de embalagens;	6	48							
LOGISTICA - Expedição (produto final)	Embalagem inadequada	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter de ser retrabalhado fora da linha	6	Troca de embalagem por falta de embalagem especificada	Envio atempado de embalagem especificada por parte do cliente; correta gestão de stock;	2	Ficha de embalagem / Etiqueta SAP	6	72							
LOGISTICA - Expedição (produto final)	Falta de etiqueta odette	Distúrbios na linha de produção 100% do produto pode ter que ser retrabalhado no posto	4	Falha de energia; falha de sistema SAP	Elaboração de etiquetas manuais	2	Visual	7	56							