



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Otimização dos Procedimentos de Manutenção de uma Linha de Montagem Numa Indústria Automóvel

Mestrado de Engenharia Mecânica: Construção e Manutenção de
Equipamentos Mecânicos

Autor

Simão Lopes Marques

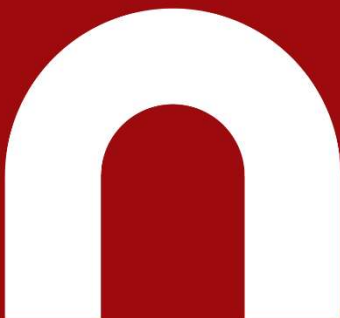
Orientador

Cândida Maria dos Santos Pereira Malça

Supervisor

José Ferreira Loureiro (Stellantis)

Coimbra, agosto 2025



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

*Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa
Indústria Automóvel*

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio, incentivo e colaboração de várias pessoas, às quais gostaria de expressar o meu mais sincero agradecimento.

Em primeiro lugar, agradeço à minha orientadora, Prof.^a Cândida Maria dos Santos Pereira Malça, pela sua orientação atenta, disponibilidade constante e valiosos conselhos ao longo de todo o desenvolvimento deste projeto. A sua orientação académica e profissional foi essencial para a concretização deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, agradeço pela partilha de conhecimentos, pelo espírito de entreajuda e pela colaboração ao longo deste percurso. Um agradecimento especial à Ariana, pela cuidadosa revisão e ajuda na formatação do documento. O ambiente de cooperação e apoio mútuo contribuiu de forma significativa para a evolução deste projeto.

À minha família, expresse o mais profundo agradecimento pelo apoio incondicional, paciência e motivação constante ao longo da minha formação académica. O seu suporte foi fundamental, não só nesta etapa, mas ao longo de todo o meu percurso académico.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero obrigado.

RESUMO

Este projeto centra-se na otimização dos procedimentos de manutenção associados a uma das linhas de montagem da fábrica *Stellantis* situada em Mangualde. A *Stellantis* é uma unidade produtora de veículos comerciais ligeiros em Portugal tendo, como tal, este projeto como objetivo principal aumentar a eficiência produtiva e reduzir os custos operacionais. Para o efeito, foram implementadas metodologias avançadas de gestão e de manutenção industrial cruciais no contexto das crescentes exigências de sustentabilidade e competitividade no setor automóvel.

A abordagem adotada neste estudo integra os princípios do *Lean Manufacturing*, recorrendo a ferramentas como o *Kaizen*, o *Kanban*, o *Andon* e o *Poka-Yoke*, com o objetivo de promover a melhoria contínua e a eliminação de desperdícios ao longo dos processos produtivos. A aplicação da Análise de Modo e Efeitos de Falha (FMEA) assume um papel central, uma vez que permite uma análise sistemática para a identificação e mitigação de falhas potenciais, assegurando uma maior fiabilidade dos equipamentos. Adicionalmente, são abordados os diferentes tipos de estratégias de manutenção preventiva, corretiva e preditiva, consideradas fundamentais para garantir a continuidade da produção e a eficiência operacional. São também explorados métodos como o *Total Productive Maintenance* (TPM) e o *Full Kitting*, que visam uma gestão de recursos mais eficaz e uma redução significativa dos tempos de paragem nas linhas de montagem. Ao longo do projeto, confirma-se que a aplicação destas metodologias contribui para a diminuição dos tempos de inatividade, para o aumento da produtividade e para o reforço da capacidade de resposta da empresa face às exigências de qualidade e sustentabilidade.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Eficiência Produtiva, Manutenção Industrial, melhoria contínua

ABSTRACT (INGLÊS)

This project focuses on optimizing maintenance procedures associated with one of the assembly lines at the Stellantis factory located in Mangualde. Stellantis is a producer of light commercial vehicles in Portugal, and as such, this project primarily aims to increase production efficiency and reduce operational costs. To achieve this, advanced industrial management and maintenance methodologies were implemented, which are crucial in the context of growing sustainability and competitiveness demands in the automotive sector.

The approach adopted in this study integrates Lean Manufacturing principles, utilizing tools such as Kaizen, Kanban, Andon, and Poka-Yoke to promote continuous improvement and waste elimination throughout production processes. The application of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) plays a central role, as it enables a systematic analysis to identify and mitigate potential failures, ensuring greater equipment reliability. Additionally, different types of maintenance strategies—preventive, corrective, and predictive—are addressed, considered essential to ensuring production continuity and operational efficiency. Methods such as Total Productive Maintenance (TPM) and Full Kitting are also explored, aiming for more effective resource management and a significant reduction in assembly line downtime.

Throughout the project, it is confirmed that the application of these methodologies contributes to reduced downtime, increased productivity, and enhanced company responsiveness to quality and sustainability demands.

Keywords: Lean Manufacturing, Production Efficiency, Industrial Maintenance, Continuous Improvement

ABSTRACT (FRANCES)

Ce projet se concentre sur l'optimisation des procédures de maintenance associées à l'une des lignes d'assemblage de l'usine Stellantis située à Mangualde. Stellantis est un producteur de véhicules utilitaires légers au Portugal, et ce projet a donc pour objectif principal d'accroître l'efficacité productive et de réduire les coûts opérationnels. À cette fin, des méthodologies avancées de gestion et de maintenance industrielle ont été mises en œuvre, essentielles dans le contexte des exigences croissantes de durabilité et de compétitivité dans le secteur automobile.

L'approche adoptée dans cette étude intègre les principes du Lean Manufacturing, en utilisant des outils tels que le Kaizen, le Kanban, l'Andon et le Poka-Yoke, dans le but de promouvoir l'amélioration continue et l'élimination des gaspillages tout au long des processus de production. L'application de l'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) joue un rôle central, car elle permet une analyse systématique pour identifier et atténuer les défaillances potentielles, garantissant une meilleure fiabilité des équipements. De plus, différents types de stratégies de maintenance—préventive, corrective et prédictive—sont abordés, considérés comme essentiels pour assurer la continuité de la production et l'efficacité opérationnelle. Des méthodes telles que la Maintenance Productive Totale (TPM) et le Full Kitting sont également explorées, visant une gestion des ressources plus efficace et une réduction significative des temps d'arrêt sur les lignes d'assemblage.

Tout au long du projet, il est confirmé que l'application de ces méthodologies contribue à réduire les temps d'arrêt, à augmenter la productivité et à renforcer la capacité de réponse de l'entreprise face aux exigences de qualité et de durabilité.

Mots-clés : Lean Manufacturing, Efficacité productive, Maintenance industrielle, Amélioration Continue

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e orientadora. Sem o vosso apoio e a inspiração, esta jornada não seria possível.

ÍNDICE

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract (inglês)	iv
Abstract (Francês)	v
Dedicatória	vi
Índice.....	vii
Índice de figuras.....	x
Lista de abreviaturas.....	xii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura.....	2
2 Desenvolvimento da indústria automóvel.....	4
2.1 1ª Revolução industrial	5
2.2 2ª Revolução industrial	5
2.3 3ª Revolução industrial	6
2.4 Indústria Atual.....	7
3 Metodologia <i>Lean</i>	9
3.1 <i>Lean Manufacturing</i> e os 5 Princípios <i>Lean</i>	9
3.1.1 TPS (Toyota Production System).....	11
3.2 <i>The Lean Triad</i> (3 M's)	11
3.2.1 Muda	12
3.2.2 Mura	13
3.2.3 Muri.....	13
3.3 Ferramentas <i>Lean</i>	13
3.3.1 5S.....	13
3.3.2 Balanceamento das Linhas de Montagem	14
3.3.3 Ishikawa	15
3.3.4 Shikumi.....	16
3.3.5 Heijunka.....	17
3.3.6 Poka-Yoke.....	17

3.3.7	Andon	18
3.3.8	Kaizen	19
3.3.9	Kanban.....	20
3.3.10	TPM (Total Productive Maintenance)	21
3.3.11	Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act).....	22
3.3.12	VSM (Value Stream Mapping).....	23
3.3.13	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	23
3.3.14	SMED (Single Minute Exchange of Die).....	24
4	Caracterização da empresa.....	25
4.1	História do Grupo Stellantis.....	25
4.2	Stellantis Mangualde	26
4.2.1	Full Kitting by Stellantis	28
4.3	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (FMEA)	29
4.3.1	Grupo PSA (Peugeot Société Anonyme)	29
4.3.2	Grupo FCA (Fiat Chrysler Automobiles)	30
4.3.3	Stellantis.....	30
4.4	NPR (Número Prioritário de Risco).....	31
4.5	Normas e certificações	32
4.6	APQP (<i>Advanced Product Quality Planning</i>)	33
4.7	Políticas de Manutenção.....	36
4.7.1	Ação da Manutenção preventiva	37
4.7.2	Ação de Manutenção corretiva	37
4.7.3	Ação de Manutenção preditiva	37
5	Otimização dos Procedimentos de Manutenção	38
5.1	Gestão e Manutenção dos Equipamentos e “ <i>Spare Parts</i> ”.....	38
5.1.1	Identificação do problema.....	38
5.1.2	Análise do Problema	38
5.1.3	Possíveis Soluções	39
5.1.4	Solução adotada	40
5.2	Normalização de Procedimentos para Manutenção Programada.....	43
5.2.1	Contexto e Identificação do Problema.....	43
5.2.2	Análise do Problema	43
5.2.3	Soluções adotadas.....	44

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

5.3	Reposição de Pequenos Componentes	46
5.3.1	Identificação do Problema	46
5.3.2	Análise do Problema	46
5.3.3	Possíveis Soluções	47
5.3.4	Solução adotada	47
5.4	Impressão 3D para a otimização da manutenção	48
5.4.1	Identificação da Causa	48
5.4.2	Análise do Problema	48
5.4.3	Possíveis Soluções	49
5.4.4	Exemplos de soluções adotadas	51
6	Conclusão	53
7	Referências	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 — Ford Model T (Renault, 2015).....	4
Figura 2-2 — Indústria após a 1ª revolução industrial (Bolsas, 2024)	5
Figura 2-3 — Produção em Massa após 2ª revolução industrial (Souza, 2024)	6
Figura 2-4 — Produção em Massa com Auxílio de Robôs Industriais (Paris, 2023) 7	
Figura 2-5 — Triângulo das Necessidades (Lima, 2024).....	8
Figura 2-6 — Pilares e Princípios do TPS (GHINATO, 2008)	8
Figura 3-1 — Filosofia <i>Lean</i> (Womack, 1996)	9
Figura 3-2 — Os 5 Princípios do Lean (INSTITUTE, KAIZEN INSTITUTE , 2024).....	10
Figura 3-3 — The Lean Triad (Mendes, 2017)	12
Figura 3-4 — Os 8 Desperdícios (Womack, 1996).....	12
Figura 3-5 — Etapas do 5S (Pinto J. , 2014).....	14
Figura 3-6 — Exemplos de Layouts de Linhas de Montagem (Eghtesadifard, 2020)	15
Figura 3-7 — Diagrama de <i>Ishikawa</i> (CT, 2023).....	16
Figura 3-8 — Exemplo do Diagrama <i>Heijunka</i> (Toneva, 2024)	17
Figura 3-9 — Ilustração das etapas do <i>Poka Yoke</i> (Presti, 2022).....	18
Figura 3-10 — Exemplo de um <i>Andon</i> (Team, 2023).....	19
Figura 3-11 — Guarda-Chuva <i>Kaizen</i> (Malmskold, 2013).....	20
Figura 3-12 — Exemplo de um Quadro <i>Kanban</i> (Hernandes, 2020).....	20
Figura 3-13 — Pilares do TPM (Sahib, 2017).....	22
Figura 3-14 — Ciclo PDCA (The_Moose, 2023).....	22
Figura 3-15 — Exemplo de etapas do VSM (Wevalgo, 2024).....	23
Figura 3-16 — Etapas do SMED (Shingo, 1985).....	24
Figura 4-1 — Planta do Setor da Montagem	27
Figura 4-2 — Exemplo do <i>Full Kitting</i> (Deleneuve, 2015)	28
Figura 4-3 — Exemplo do FMEA segundo AIAG-VDA (Road, 2024).....	31
Figura 4-4 — APQP genérico da PSA, FCA e Stellantis (Blog, 2024)	35
Figura 4-5 — Fases do APQP atual da <i>Stellantis</i> (Blog, 2024)	36
Figura 5-1 — Vista explodida de uma máquina BOSCH	39

*Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa
Indústria Automóvel*

Figura 5-2 — Ficheiro Excel das máquinas BOSCH	40
Figura 5-3 — Página da realização do pedido	41
Figura 5-4 — Última versão do Excel	42
Figura 5-5 — Última versão da página da realização do pedido	42
Figura 5-6 — Exemplo de uma Preventiva de Manutenção.....	44
Figura 5-7 — Exemplo de uma Gama de Manutenção.....	45
Figura 5-8 — Registo dos Planos de Vigilância.....	45
Figura 5-9 — Folha de Vigilância.....	46
Figura 5-10 — Transportadores aéreos mecânico	47
Figura 5-11 — Desenho técnico do Rolete.....	47
Figura 5-12 — Balanceador Aéreo das Portas Av e o seu Desenho CAD.....	49
Figura 5-13 — Caixa de botões adaptador FIVE	50
Figura 5-14 – Acoplamento das rodas dos AGV's	50
Figura 5-15 – Suporte para tubo flexível	51
Figura 5-16 - Base de carregamento automático AGV.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i>
AGV	<i>Automated Guided Vehicles</i>
APQP	<i>Advanced Product Quality Planning</i>
BOM	<i>Bill of Materials</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
DFMEA	<i>Design Failure Mode and Effects Analysis</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FCA	<i>Fiat Chrysler Automobiles</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MPA	Medição de Performance e Avaliação
MRP	<i>Manufacturing Resource Planning</i>
NPR	Número Prioritário de Risco
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OEM	Fabricante de Equipamentos Originais
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PFMEA	<i>Process Failure Mode and Effects Analysis</i>
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
PPAP	<i>Production Part Approval Process</i>
PPQ	Plano de Produção e Qualidade
PPQP	Plano de Produção e Qualidade do Produto
PSA	<i>Peugeot Société Anonyme</i>
SQR	<i>Supplier Quality Rating</i>

*Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa
Indústria Automóvel*

SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SOP	<i>Start of Production</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VDA	<i>Verband der Automobilindustrie</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WCM	<i>World Class Manufacturing</i>

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas a indústria automóvel tem sido impulsionada não apenas pelos avanços tecnológicos, mas, e, fundamentalmente, pelas exigências ao nível da sustentabilidade ambiental e eficiência energética. Este relatório explana de que modo os avanços tecnológicos e as exigências do mercado influenciaram os procedimentos de manutenção. Adicionalmente, serão também apresentados os atuais procedimentos de manutenção aplicados à indústria automóvel de forma a entender como tem sido acompanhada a evolução da tecnologia nos automóveis e as exigências impostas às empresas ao nível da sustentabilidade e fiabilidade.

Numa primeira fase será apresentada uma contextualização da evolução da indústria automóvel, com destaque para os desafios antigos e atuais que moldaram as exigências operacionais. Em seguida, introduzem-se os fundamentos da filosofia Lean Manufacturing e as ferramentas mais relevantes no contexto da manutenção industrial — como o TPM, Kaizen e 5S — que sustentam a abordagem metodológica adotada neste projeto.

Será também efetuada uma caracterização da empresa de acolhimento, com especial enfoque nos fatores que a distinguem no setor automóvel (certificações, políticas de manutenção e práticas da organização). Em seguida, proceder-se-á à análise dos modelos de manutenção adotados, das estratégias de gestão implementadas e dos métodos de monitorização dos equipamentos, com o intuito de avaliar o seu impacto no desempenho operacional. Esta análise permitirá compreender o enquadramento prático em que decorreu o projeto e identificar as técnicas e ferramentas mais adequadas para uma manutenção eficiente, bem como determinar eventuais áreas de melhoria.

Por fim, serão apresentadas as intervenções realizadas e as respetivas propostas de melhoria, com o objetivo de auxiliar a empresa na implementação de um sistema de manutenção mais controlado e eficaz, otimizando custos, reduzindo tempos de inatividade e prolongando a vida útil dos equipamentos.

O presente projeto, desenvolvido no âmbito do mestrado em Engenharia Mecânica, visa a análise e compreensão dos procedimentos associados à manutenção de uma linha de montagem na indústria automóvel. Como forma de reconhecimento pelo apoio da empresa de acolhimento ao autor do presente relatório, um dos objetivos centrais deste trabalho consistiu na proposta de otimização de alguns desses procedimentos de manutenção.

1.1 Enquadramento

Com a competitividade crescente da indústria automóvel e as exigências do cliente, as empresas são obrigadas a mostrar a sua capacidade de resposta aos obstáculos do dia a dia. Devido a estes obstáculos a *Stellantis* tem a necessidade de transformar e melhorar continuamente os métodos e estratégias de produção. Neste sentido, uma das ferramentas mais uteis e eficazes para conseguir atingir e acompanhar estes requisitos é a metodologia *Lean* que visa uma melhoria contínua dos padrões de qualidade e sustentabilidade.

Nos dias de hoje uma grande condicionante presente em qualquer indústria é o que se chama de indústria verde, uma premissa imposta pela sociedade com intuito de preservar o planeta onde vivemos. Adicionalmente a esta condição, existe também a necessidade de produzir o maior número de automóveis no menor tempo possível. Para responder a essas exigências é preciso adotar estratégias e métodos para tornar o processo de montagem eficiente e com elevado desempenho. Isto torna necessário aprimorar continuamente todas as secções da fábrica, desde a logística ao processo de montagem. O balanceamento das linhas de montagem é um dos pontos mais relevantes no processo de montagem, uma vez que o desempenho e distribuição dos postos da linha estão diretamente ligados ao tempo de produção e qualidade do produto.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste projeto é a otimização dos procedimentos de manutenção já existentes na empresa de acolhimento, *Stellantis*, em consequência da análise e compreensão dos problemas a resolver. Assim, serão então propostas soluções para os problemas identificados com o objetivo de melhorar o desempenho interno da empresa pelo eficiente controlo e manutenção dos equipamentos.

1.3 Estrutura

Este relatório encontra-se estruturado em 5 capítulos:

No Capítulo 1 é realizada a introdução do projeto, onde se apresenta o contexto e os objetivos do mesmo, destacando a importância da otimização dos procedimentos de manutenção na indústria automóvel.

O Capítulo 2 contextualiza o desenvolvimento da Indústria Automóvel, apresentando a evolução histórica da mesma, desde a 1ª Revolução Industrial até aos dias atuais, com ênfase nos avanços tecnológicos e nas metodologias de produção que moldaram o setor.

Segue-se a contextualização da Metodologia *Lean*, no Capítulo 3, onde é explicado os princípios e ferramentas do *Lean Manufacturing*. Este capítulo demonstra como

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

essas metodologias podem ser aplicadas para eliminar desperdícios e melhorar a eficiência produtiva.

O Capítulo 4, foca-se na caracterização da empresa de acolhimento, a Stellantis, descrevendo a sua história, estrutura e políticas de manutenção. São destacados os sistemas *Full Kitting* e *FMEA*, bem como as normas e certificações principais que garantem a qualidade e a sustentabilidade dos processos produtivos.

Por último, o Capítulo 5, apresenta as intervenções realizadas para melhorar os processos de manutenção na Stellantis. São identificados problemas específicos nos procedimentos de manutenção e propostas de soluções práticas, como a criação de uma base de dados centralizada, a normalização de procedimentos e a utilização de impressão 3D para componentes não críticos.

2 DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

A revolução da indústria automóvel teve o seu início nos Estados Unidos da América através das inovações implementadas por Henry Ford. A aplicação pioneira do conceito de linha de montagem móvel, introduzida em 1913 na fábrica de *Highland Park*, permitiu a produção em massa de automóveis de forma sistemática e eficiente. Este avanço resultou num aumento significativo da capacidade produtiva, traduzindo-se numa redução substancial dos custos de produção e, conseqüentemente, na maior acessibilidade dos veículos ao público em geral. Um exemplo paradigmático desta transformação foi o *Ford Model T*, cf. ilustrado na Figura 2-1 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, cujo preço sofreu uma redução de aproximadamente 500 dólares ao longo do seu período de produção. Esta diminuição do valor final foi possibilitada pela otimização dos processos de fabrico, que atingiram um tempo de ciclo por operação de apenas 24 segundos. Como resultado, registou-se um volume de vendas superior a 15 milhões de unidades ao longo de 19 anos de produção, consolidando o *Model T* como um marco na história da indústria automóvel. Este foi um enorme marco na indústria automóvel e levou a avanços significativos da mesma, como por exemplo na área da segurança, sustentabilidade e eficiência dos processos produtivos. Atualmente, a indústria automóvel enfrenta sérios desafios em diferentes áreas como a sustentabilidade ambiental, a transição para os automóveis elétricos e a automatização de todo o processo de produção. Tal representa uma nova era na mobilidade, na sustentabilidade e na economia mundial (Janell D. Townsend, 2013).



Figura 2-1 — Ford Model T (Renault, 2015)

2.1 1ª Revolução industrial

No fim do século XVIII as máquinas a vapor e o uso da força hidráulica impulsionaram uma enorme revolução e evolução para a indústria automóvel. Estes fatores ajudaram a atingir uma produção em larga escala onde o principal foco da indústria automóvel era a produtividade. Nesta altura, a indústria contava com equipamentos simples com um dimensionamento excessivo, cf. ilustrado na Figura 2-2, o que resultava principalmente numa manutenção corretiva.

O aparecimento da máquina a vapor foi um elemento essencial para o aumento da eficiência e da capacidade produtiva das fábricas, o que levou à inovação e evolução dos processos produtivos e ao crescimento económico. Esta revolução teve um impacto social significativo que provocou um grande movimento de pessoas das zonas rurais para as áreas urbanas, resultando assim no crescimento das cidades. Com o aparecimento da classe operária e os movimentos dos trabalhadores foram obtidas melhores condições de trabalho e direitos sociais (Rosen, 2010).

Com o objetivo de prevenir falhas e minimizar paragens na produção apareceu a manutenção preventiva, esta evolução do conceito de manutenção levou a um aumento de durabilidade e eficiência dos processos produtivos. Estas foram as bases essenciais para a modernização dos processos de manutenção assim como para a reestruturação social e económica da época (Dickinson, 2022).

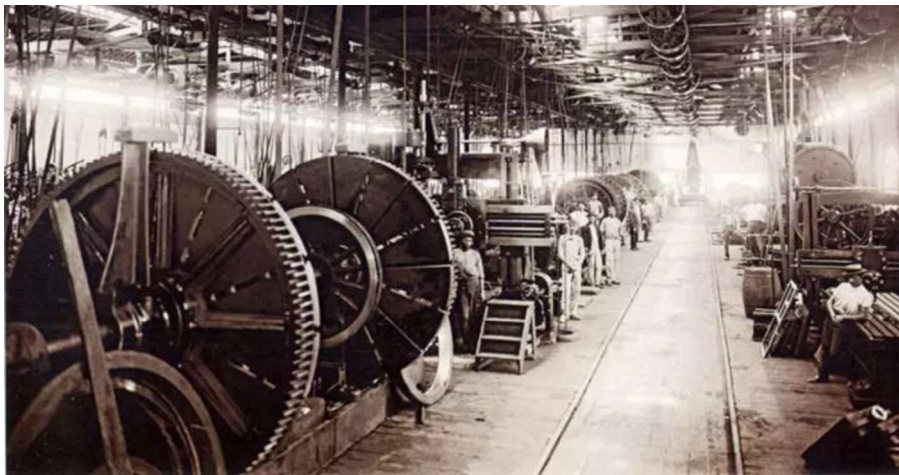


Figura 2-2 — Indústria após a 1ª revolução industrial (Bolsas, 2024)

2.2 2ª Revolução industrial

Durante a segunda revolução industrial houve uma enorme falta de recursos devido ao período pós-guerra, por isso as empresas foram obrigadas a tentar maximizar a sua produtividade e a eficiência dos processos produtivos (Figura 2-3).

A introdução da energia elétrica na indústria exigiu a implementação de mecanismos que garantissem as condições operacionais dos equipamentos, de modo a assegurar o seu funcionamento adequado e evitar interrupções no fluxo produtivo. Esta necessidade de controlo e fiabilidade tornou-se ainda mais relevante com o advento da computação, que possibilitou o armazenamento sistemático de documentação técnica e dados de manutenção. Deste modo, a monitorização dos equipamentos e dos processos produtivos passou a ser suportada por ferramentas digitais, permitindo uma gestão mais eficiente e proativa das operações industriais (Allen, 2017). Surgiu então a manutenção preventiva, uma abordagem focada na intervenção sistemática e programada com objetivo de prevenir falhas e interrupções, assegurando então a fiabilidade e eficiência dos equipamentos. Esta manutenção contribui para uma melhoria na qualidade e eficiência da produção.

Com o aumento da tecnologia e de processos de produção mais elaborados foi necessário um conhecimento mais aprofundado dos operadores e técnicos. Isto deu início a formações internas e especializadas dos operadores de forma conseguirem acompanhar e entender os avanços da indústria (Mokyr, 1998). Todos estes fatores levaram a que a indústria necessite de uma estratégia de manutenção mais ativa e organizada para controlar e garantir a qualidade e sustentabilidade do processo de produção.



Figura 2-3 — Produção em Massa após 2ª revolução industrial (Souza, 2024)

2.3 3ª Revolução industrial

Esta revolução ficou marcada com o avanço da indústria na área da automação, tendo aparecido o controlo e monitorização em massa da produção. Uma das formas mais eficazes para realizar esta monitorização foi o JIT, *Just In Time*, que permite a otimização dos processos produtivos e a redução de desperdícios. Isto é conseguido através da redução do material de reserva que resulta num controlo mais acessível do mesmo e a uma redução acentuada de custos. Consequentemente, a redução de

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

material de reserva levou a um controlo mais rigoroso do equipamento “em chão de fábrica”. Foi necessário implementar procedimentos que permitissem prever essa necessidade do material de reserva, daqui nasceu a manutenção preditiva, que visa reduzir o tempo de inatividade de um equipamento e assim aumentar a sua eficiência operacional. Assim, foi possível aumentar a fiabilidade e rendimento dos equipamentos, reduzir os custos e aumentar a consistência de qualidade exigida. A crescente interconectividade entre equipamentos e sistemas fez aparecer na indústria a *Internet of things* (IoT), que será crucial para a evolução da indústria. Estes fatores fazem com que a informação contínua do processo de produção seja um pilar crucial para a gestão industrial (Troxler, 2013). Desta forma, a 3ª Revolução Industrial foi bastante relevante para o avanço das práticas de manutenção e no método de gestão da indústria que, com o aumento da tecnologia nos equipamentos, levou a um aumento da formação dos operadores e, por consequência, apareceu a necessidade e a obrigação de implementar planos ou ações de manutenção mais rigorosas de forma contínua.

2.4 Indústria Atual

Na atualidade a maioria das empresas gerem-se pelos princípios do TPS, *Toyota Production System*, este sistema de produção tem como objetivos a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua.



Figura 2-4 — Produção em Massa com Auxílio de Robôs Industriais (Paris, 2023)

As indústrias, de forma a conseguirem atender às necessidades e exigências os clientes, precisaram de otimizar o seu processo produtivo. Passou a ser necessário entregar o produto no menor prazo possível com a melhor qualidade do mercado a um custo reduzido. Uma ferramenta implementada para o efeito foi o Triângulo das Necessidades, ilustrado na Figura 2-5, que resume os 4 parâmetros essenciais para responder a estas exigências de qualidade e sustentabilidade.



Figura 2-5 — Triângulo das Necessidades (Lima, 2024)

Com o avanço da tecnologia, em conjunto com o TPS, foi possível atingir uma maior flexibilidade a nível da qualidade e dos custos. O TPS assenta em dois pilares fundamentais, como mostrado na Figura 2-6, *Just-in-Time*, que visa produzir apenas o necessário, na quantidade certa e no momento certo, e *Jidoka*, que permite identificar e corrigir problemas imediatamente no processo produtivo. Esta filosofia promove a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua. Tais princípios tornaram-se ainda mais eficazes graças ao acesso, em tempo real, de toda a informação dos equipamentos e ao registo do seu funcionamento, permitindo um seguimento e controlo contínuo da produção (Sherwani, 2020). Este avanço representa uma enorme evolução na capacidade de resposta e eficiências da indústria pois permite uma gestão mais completa e próxima do processo de produção.



Figura 2-6 — Pilares e Princípios do TPS (GHINATO, 2008)

3 METODOLOGIA LEAN

O *Lean Manufacturing* surgiu como uma das metodologias mais eficazes para alcançar a excelência na indústria. Esta metodologia foi desenvolvida com intuito de eliminar todo o tipo de atividades que não acrescentem valor ao processo produtivo, ou seja, que não sejam benéficas. Esta metodologia apareceu no Japão, mais concretamente na Toyota, por mão de Taiichi Ohno com bases na conhecida metodologia TPS (*Toyota Production System*) (Nassereddine, 2018). Este conceito tem como objetivo responder as exigências impostas a indústria a nível da sustentabilidade, custos e eficiência. O *Lean Manufacturing* permite otimizar o gasto dos recursos sem que afete a qualidade do produto e serviços, isto garante assim a satisfação do cliente com o melhor rendimento possível, ou seja, menos custos e prazos de entrega e produção menores (Womack, 1996). Esta metodologia pode ser difícil de implementar visto que nos dias de hoje a indústria funciona em base na produção em massa, grandes quantidades e variedade de produto reduzida (Makhomu, 2012). A aplicação desta metodologia ocorre por norma através da identificação e redução dos desperdícios ou através da otimização dos processos produtivos, sempre com o objetivo de otimizar o processo produtivo e aumentar o seu desempenho e qualidade enquanto se reduz nos custos e tempos de produção (Douglas, 2015).

3.1 *Lean Manufacturing* e os 5 Princípios *Lean*

O *Lean Thinking* é caracterizado como uma filosofia de gestão que tem como objetivo identificar e eliminar os desperdícios do processo produtivo, garantindo assim que apenas são utilizados os recursos necessários para produzir um produto com qualidade. Como representado na Figura 3-1, a aplicação desta filosofia promove a redução de desperdícios, redução do lead-time, redução de retrabalho, redução de inventário e redução de custos. Além disso, contribui para o aumento da capacidade produtiva e do conhecimento do processo produtivo, resultando numa melhoria significativa da eficiência e competitividade da produção (Womack, 1996).



Figura 3-1 — Filosofia *Lean* (Womack, 1996)

A aplicação do *Lean Manufacturing* tem como objetivo principal a maximização da produtividade do processo produtivo. Para que esta melhoria seja visível e atingível é necessário que todas as partes do processo produtivo sejam consideradas, desde o nível da formação dos operadores às ferramentas utilizadas (Gupta S. &, 2013).

Esta aplicação considera 5 princípios fundamentais, resumidos na Figura 3-2 (Womack, 1996):

- Valor: Tudo o que não acrescentar valor ao produto deve ser eliminado.
- Fluxo de Valor: O objetivo é eliminar desperdícios e melhorar a eficiência, através do seguimento de todas as etapas no processo de produção.
- Fluxo Contínuo: Criar um fluxo contínuo de trabalho, evitando interrupções.
- Sistema Pull (Puxar): Produzir apenas o que o cliente pede, na quantidade certa e no momento certo. Isso minimiza os custos e aumenta a eficiência.
- Perfeição: Investir na melhoria contínua, com o objetivo de eliminar desperdícios e aperfeiçoar processos de forma constante.

Estes princípios visam melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente. Deste modo, a adoção dos princípios do *Lean Thinking* e do *Lean Manufacturing* permite às organizações não apenas melhorar a sua eficiência operacional, mas também aumentar a satisfação do cliente.

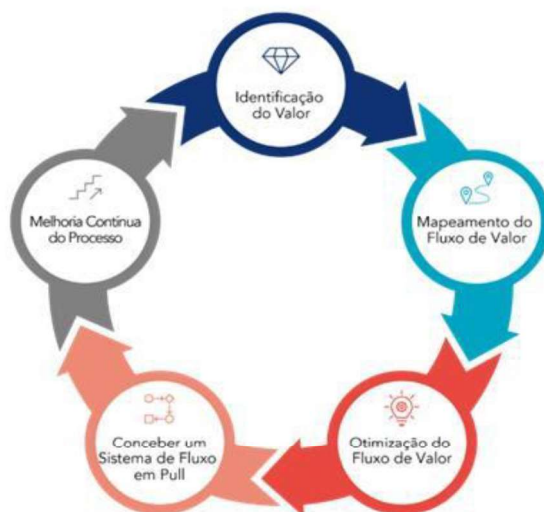


Figura 3-2 — Os 5 Princípios do Lean (INSTITUTE, KAIZEN INSTITUTE , 2024)

3.1.1 TPS (Toyota Production System)

Este sistema é a base da filosofia *Lean* e baseia-se em 2 pilares fundamentais, o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka* (M. C. Kocakülâh, 2008). O JIT é um processo contínuo que consiste na colocação dos componentes corretos na linha de montagem no momento e quantidade exata para a sua aplicação. O objetivo fundamental deste método é ter o inventario nulo, ou seja, não haver uma quantidade excessiva de peças suplentes. Este processo necessita de um controlo complexo de todos os equipamentos o que pode ser um desafio para uma indústria com grandes dimensões (Ohno, 1988).

A metodologia *Jidoka* tem como alvo a prevenção da propagação de defeitos, o operador deve ser capaz de operar várias máquinas e ser capaz de interromper a operação cada vez que encontrar uma anomalia. Assim que este defeito, ou anomalia, é detetado deve ser analisado de forma a ser realizado a sua eliminação garantindo assim uma qualidade e eficiência elevada (Ghinato, 1995).

3.2 The Lean Triad (3 M's)

O conceito do Triângulo Lean (3 M's) está intrinsecamente ligado à metodologia *Lean Manufacturing*, uma vez que ambos partilham o objetivo fundamental de otimizar os processos produtivos através da eliminação sistemática de desperdícios. O desperdício é definido como qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto ou serviço final, sendo este um dos princípios centrais do *Lean* (Douglas, 2015).

Um sistema de produção *Lean* visa, precisamente, equilibrar a carga de trabalho (*workload*), eliminando desigualdades e desperdícios que possam comprometer a eficiência operacional. Esta abordagem procura não só identificar e remover as causas de irregularidades no fluxo de trabalho, mas também garantir que este ocorra de forma contínua e sem interrupções.

É neste contexto que os 3 M's — Muda, Muri e Mura — assumem um papel crucial, pois representam os três tipos de ineficiências que o *Lean Manufacturing* se propõe a erradicar:

- *Muda* (Desperdício): Corresponde a qualquer atividade que consome recursos sem gerar valor acrescentado, como tempos de espera, movimentações desnecessárias ou excesso de inventário.
- *Muri* (Sobrecarga): Refere-se à sobrecarga de equipamentos ou colaboradores, que pode levar a falhas, avarias ou esgotamento.
- *Mura* (Desigualdade): Traduz-se em variações ou inconsistências no fluxo de produção, que provocam desequilíbrios e quebras de eficiência.

Assim, os 3 M's (Figura 3-3) funcionam como um complemento operacional ao *Lean Manufacturing*, uma vez que fornecem uma estrutura clara para identificar e eliminar as principais fontes de ineficiência nos processos produtivos. A aplicação conjunta destes conceitos permite não só otimizar o fluxo de trabalho, mas também alcançar um sistema de produção mais equilibrado, previsível e sustentável.



Figura 3-3 — The Lean Triad (Mendes, 2017)

3.2.1 Muda

Aqui são representadas todas as atividades que não trazem valor ao produto. Atualmente estão identificados 8 desperdícios, ilustrado na Figura 3-4, (Pinto J. , 2014):

- **Sobreprodução:** É produzir mais do que o necessário, antes do momento necessário ou em quantidades superiores à procura real.
- **Transporte:** Movimentação de materiais desnecessária para o processo;
- **Defeitos:** O tempo utilizado na identificação e correção de defeitos;
- **Sobre Processamento:** Realização de tarefas que não acrescentam valor ao processo de produção;
- **Espera:** Tempo que o operador aguarda por material ou à espera do próximo processo;
- **Movimento:** Deslocação excessiva de pessoas ou equipamentos;
- **Stock:** Componentes, produtos em processo e produtos acabados que são acumulados;
- **Talento e Conhecimento:** Este desperdício está relacionado com a não utilização das capacidades das pessoas na sua totalidade (Womack, 1996).

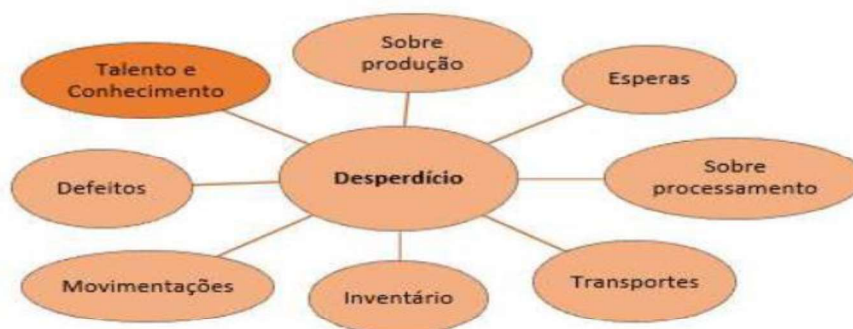


Figura 3-4 — Os 8 Desperdícios (Womack, 1996)

3.2.2 Mura

Caracterizada pela desigualdade ou não uniformidade do processo de produção, a Mura é uma das principais causas dos desperdícios (INSTITUTE, Muda, Mura, Muri, 2024).

Este torna-se um tópico bastante complicado de retificar pois cada operador tem a sua maneira de trabalhar, as configurações das ferramentas são atualizadas regularmente ou os materiais utilizados são constantemente alterados. Tudo isto acontece devido a tentativa de criar um produto ou ferramenta com melhor performance e rendimento (Smith, 2014). Pode-se também considerar a desigualdade no próprio processo de produção onde numa linha de montagem se um posto for menos eficiente irá estar regularmente sobrecarregado, enquanto os pontos a seguir, conseqüentemente, irão estar subcarregados ou até parados devido a falta de material.

3.2.3 Muri

O termo "*Muri*" refere-se à sobrecarga e ao excesso, caracterizado pela má gestão ou aplicação dos meios disponíveis. Isto pode ser observado quando são utilizados meios que estão superdimensionados ou excessivos em relação às necessidades ou resultados desejados. Aqui é também considerada a sobrecarga física e mental que resulta num menor rendimento do operador.

A padronização do trabalho é uma estratégia eficaz para evitar "*Muri*" permitindo projetar processos de trabalho que distribuem a carga de forma equitativa, evitando a sobrecarga de um determinado operador ou equipamento (INSTITUTE, Muda, Mura, Muri, 2024).

3.3 Ferramentas Lean

A metodologia *Lean* engloba um conjunto alargado de ferramentas ou técnicas para obter uma redução ou, até mesmo, eliminação de desperdícios. Irão ser apresentadas de seguida as ferramentas que se destacam na indústria automóvel.

3.3.1 5S

Esta ferramenta é comum no "chão de fábrica" de qualquer indústria sendo o seu objetivo oferecer um ambiente de trabalho saudável e assim aumentar a produtividade dos operadores. A utilização desta ferramenta pode ser feita de diversas formas, desde a organização da secretaria até à organização das ferramentas utilizadas no processo de produção. A aplicação desta ferramenta tem como propósito melhorar as condições de trabalho dos operadores para que estes consigam apresentar uma maior produtividade (Omogbai, 2017).

Existem 5 passos fundamentais para a implementação desta ferramenta, cf. ilustrado na Figura 3-5, são eles:

1. “*Seiri*” (Organizar): Remover ferramentas desnecessárias do local de trabalho, mantendo apenas o essencial para a realização das tarefas.
2. “*Seiton*” (Arrumar): Garantir que as ferramentas estão em locais de fácil acesso, organizadas e identificadas. Permite assim a otimização do fluxo produtivo e reduz os “tempos mortos”.
3. “*Seiso*” (Limpar): Manter o ambiente de trabalho e os equipamentos limpos, para facilitar identificação de problemas e promover a segurança.
4. “*Seiketsu*” (Normalizar): Estabelecer normas e regras para a manutenção das ferramentas ou local de trabalho.
5. “*Shitsuke*” (Manter/Disciplinar): Criar hábitos de cumprimento de normas e procedimentos, através da formação e disciplina.



Figura 3-5 — Etapas do 5S (Pinto J. , 2014)

Os 5S são, portanto, uma metodologia que tem como objetivo organizar, limpar, desenvolver e manter um ambiente de trabalho produtivo e eficiente.

3.3.2 Balanceamento das Linhas de Montagem

Esta ferramenta é fundamental para alcançar o equilíbrio da linha de montagem, isto é, regular a capacidade de cada posto de trabalho de forma que trabalhem de forma sincronizada para maximizar a produtividade e eficiência reduzindo assim os tempos de inatividade.

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

Na metodologia *Lean* o controlo e gestão do processo produtivo é uma parte essencial para a eliminação do desperdício, sendo o balanceamento das linhas de montagem (p.ex Figura 3-6) uma ferramenta eficaz para realizar esse controlo. Um correto balanceamento das linhas de montagem permite aumentar a eficiência do processo produtivo e conseqüentemente, acelerar o fluxo de produção mantendo a qualidade exigida e assim reduzindo os custos operacionais (Manaye, 2019). Resumidamente, o objetivo principal do balanceamento das linhas de montagem é distribuir as tarefas de maneira uniforme entre os postos de trabalho, minimizando assim o tempo de inatividade. Um balanceamento eficaz da linha contribui para um equilíbrio do fluxo de produção e dos processos de produtivos (Raj, 2016).

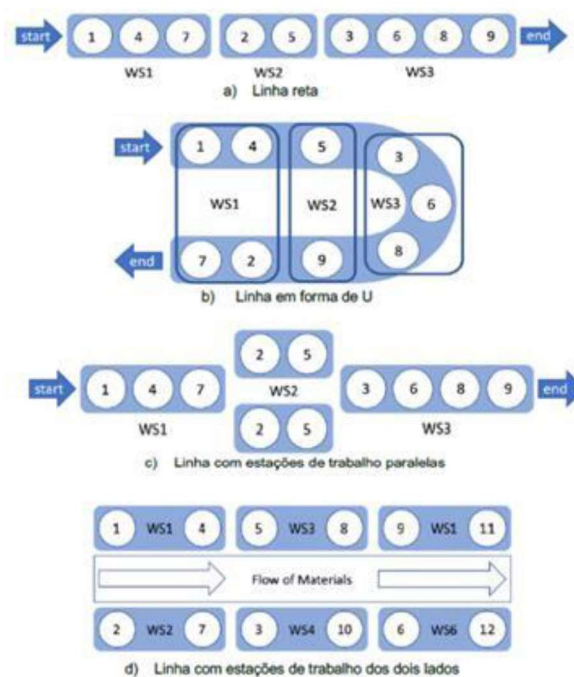


Figura 3-6 — Exemplos de Layouts de Linhas de Montagem (Eghtesadifard, 2020)

3.3.3 Ishikawa

Normalmente conhecido por diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, cf. ilustrado na Figura 3-7, a *Ishikawa* é uma ferramenta usada para identificar as causas e priorizar a resolução dos problemas. Sendo uma ferramenta relativamente simples de entender é muito utilizada na indústria em geral, nomeadamente na área da qualidade e desempenho do processo de produção. Consiste num diagrama bastante intuitivo colocando o problema ou defeito na “cabeça” do diagrama, o “corpo” é constituído por todos os intervenientes ou fases do processo produtivo onde cada “espinha” é composta pelas possíveis causas do defeito (Wong, 2016).

Apesar de não ser possível encontrar um defeito natural ou genérico na indústria automóvel conseguimos identificar algumas causas frequentes. Essas causas são denominadas de 6M's e são elas (Luca, 2019):

1. **Máquinas:** sendo uma ferramenta podem acontecer falhas incluir falhas mecânicas devido a uma manutenção inadequada ou desgaste de certos componentes.
2. **Métodos ou Processos:** A presença inconsistências ou um mau planeamento dos procedimentos operacionais ou falta de padronização.
3. **Mão de obra:** Erros humanos, falta de formação ou falta de qualificações para a operação que desempenham.
4. **Materiais:** Defeitos nos materiais, especificações inadequadas ou o uso de materiais inapropriados.
5. **Meio ambiente:** A temperatura, humidade ou até condições de armazenamento podem influenciar o desempenho e a qualidade do produto ou ferramenta.
6. **Medição:** Erros nos instrumentos de medição ou práticas inadequadas de calibração resultam em produtos cumprem as especificações.

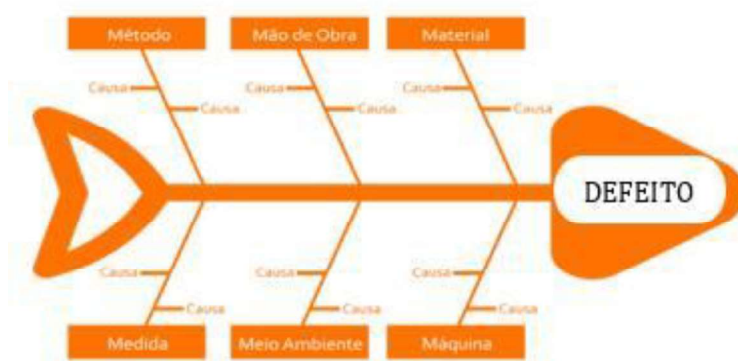


Figura 3-7 — Diagrama de *Ishikawa* (CT, 2023)

3.3.4 *Shikumi*

De origem japonesa, esta ferramenta, aplicada na gestão da qualidade, é centrada na melhoria contínua e na eliminação de desperdícios. Frequentemente associada à metodologia do *Lean Manufacturing*, esta ferramenta é regularmente utilizada pela indústria que visa excelência operacional. Funcionando como um sistema padronizado de partilha de informações, permite que um aumento da colaboração entre todos os intervenientes do processo produtivo, conseguindo assim que as melhores práticas sejam partilhadas por todos os operadores. Tem um papel importante para a melhoria contínua pois permite a identificação de oportunidade

de melhoria no processo produtivo, tornando este mais eficaz e eficiente (Scott, 2007).

3.3.5 Heijunka

Aplicada para definir a sequência de fabrico do processo produtivo, esta ferramenta tem como principais objetivos o equilíbrio do processo produtivo e a redução das variações de carga de trabalho. Consequentemente, é obtido um aumento da eficiência e redução dos desperdícios. Esta ferramenta, ilustrada na Figura 3-8, consiste em estabelecer uma sequência de operações programada periodicamente garantindo que a produção funciona de forma constante e sem “furos” ou postos vazios.

Resumidamente, evita que um posto de trabalho tenha períodos de sobrecarga enquanto outro posto que tenha subcarga de trabalhos (Gupta P. &, 2021).

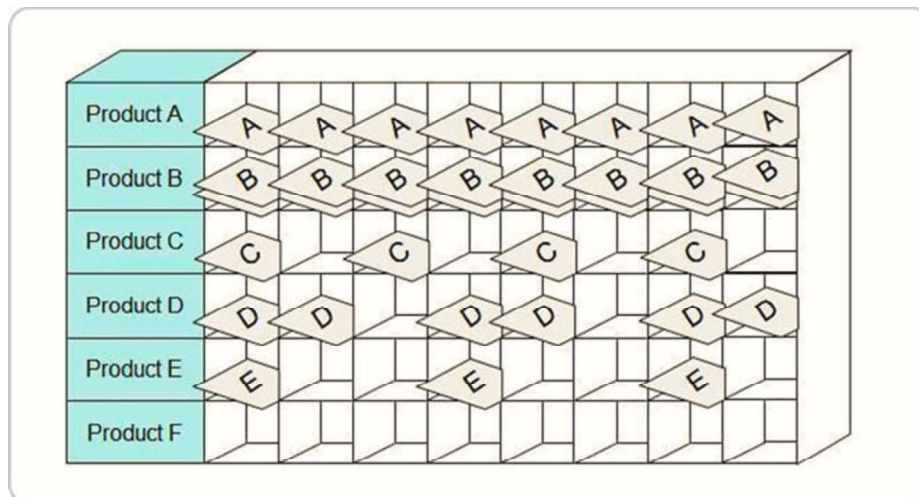


Figura 3-8 — Exemplo do Diagrama Heijunka (Toneva, 2024)

3.3.6 Poka-Yoke

Na indústria automóvel, esta é uma ferramenta muito utilizada para a prevenção de falhas no processo de produção e na conservação da qualidade e segurança dos veículos. Tal permite realizar a produção em massa de veículos sem comprometer a sua funcionalidade ou segurança (Rewers, 2016). As principais etapas do *poka-yoke* estão apresentadas na Figura 3-9.

Abaixo, são apresentados alguns exemplos de como o *poka-yoke* é implementado na indústria automóvel:

1. **Montagem de peças:** Componentes pequenos são projetados para encaixar de uma única forma prevenindo montagens incorretas, garantindo uma instalação correta.

2. **Sensores e alarmes:** Em várias etapas da linha de produção, existem sensores instalados para verificar as etapas anteriores. Caso isso não se verifique é ativo o alarme.
3. **Dispositivos de segurança:** Alguns postos de trabalho possuem dispositivos de segurança que impedem o avanço da produção em caso de erro.
4. **Guias de montagem visuais:** Na linha de montagem, são frequentemente utilizadas numerações que orientam os operadores na colocação das peças nos locais corretos.
5. **Erros nos sistemas de enchimento:** No enchimento de um sistema caso seja detetado que algo não está dentro dos parâmetros esperados (como níveis inadequados ou fugas de líquido de refrigeração do motor, travões e ar condicionado) aciona um aviso para impedir o funcionamento do veículo até que o problema seja resolvido.

Estas medidas do *poka-yoke* ajudam a garantir que os veículos saiam da linha de produção com um nível de qualidade consistente. Como resultado, há um aumento na eficiência operacional e na satisfação do cliente.

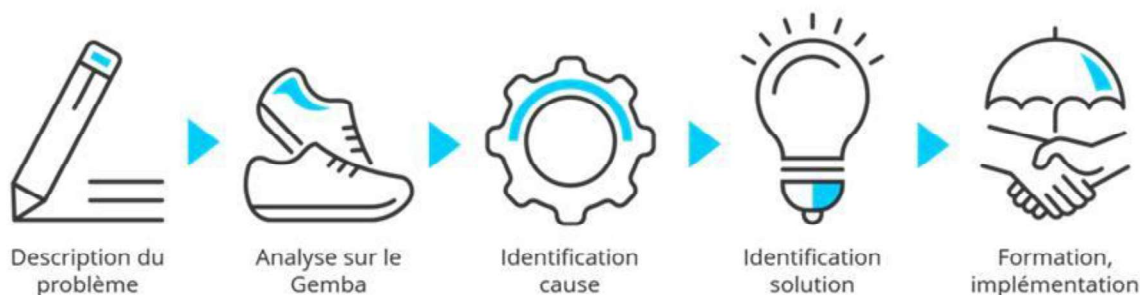


Figura 3-9 — Ilustração das etapas do *Poka Yoke* (Presti, 2022)

3.3.7 Andon

O *Andon* é uma ferramenta utilizada para evidenciar os defeitos no processo produtivo, intimamente relacionada com a metodologia *Jidoka* pois esta incrementa a paragem da produção para resolver os problemas no processo produtivo. A aplicação do *Andon* permite sinalizar esses problemas em tempo real.

Esta ferramenta utiliza diferentes cores, ilustrado na Figura 3-10, para definir os problemas que surgem durante o processo produtivo, sendo as mais comuns as seguintes (Hautamäki, 2023):

- **Sem Luz ou Verde:** Indica uma produção normal, sem problemas.
- **Vermelho:** Existe um problema com a qualidade do veículo.

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

- **Amarelo:** Indica falta de material.
- **Azul:** Indica um problema com a máquina ou ferramenta.



Figura 3-10 — Exemplo de um *Andon* (Team, 2023)

3.3.8 Kaizen

A ferramenta *Kaizen* propõe que a melhoria dos processos produtivos ocorra por intermédio de pequenas etapas ou ações incrementais (Gaspar, 2017). Aplicada a todos os setores da indústria, esta ferramenta serve como forma de promover a colaboração entre operadores pois é considerado um processo sem fim em virtude de ser sempre possível aperfeiçoar o processo produtivo, seja na utilização de ferramentas mais eficientes, ou seja, formação dos colaboradores, sempre com intuito de reduzir os custos e aumentar a eficiência da produção. (Krishnaiyer, 2018). Esta ferramenta é geralmente conhecida como “Guarda-chuva *Kaizen*”, ilustrado na Figura 3-11, sendo os seus pontos chave os seguintes:

- Orientação para o Cliente;
- Controlo de Qualidade Total;
- Robótica;
- Sistema de Sugestão;
- Automação;
- *Kanban*;
- Melhoria da Qualidade;
- *Just-in-Time*;
- Zero Defeitos;
- Etc.

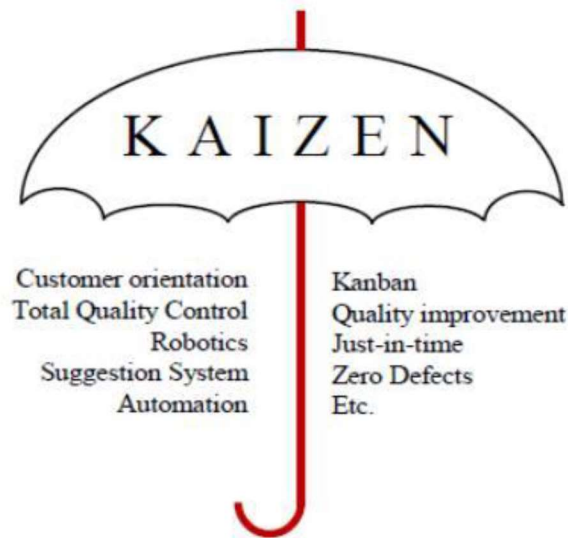


Figura 3-11 — Guarda-Chuva *Kaizen* (Malmskold, 2013)

3.3.9 Kanban

Kanban é uma expressão japonesa que significa cartão, cf. ilustrado na Figura 3-12, e é utilizado para controlar o fluxo de materiais, pessoas e informações em todos os processos. Baseada no princípio de que nenhum posto de trabalho pode operar sem a autorização do seu cliente, isto é, apenas é produzido o que é pedido. Este conceito é conhecido por “Sistema Pull” onde o objetivo central é a produção do essencial quando necessário, levando a uma redução significativa dos custos (Krishnaiyer, 2018).

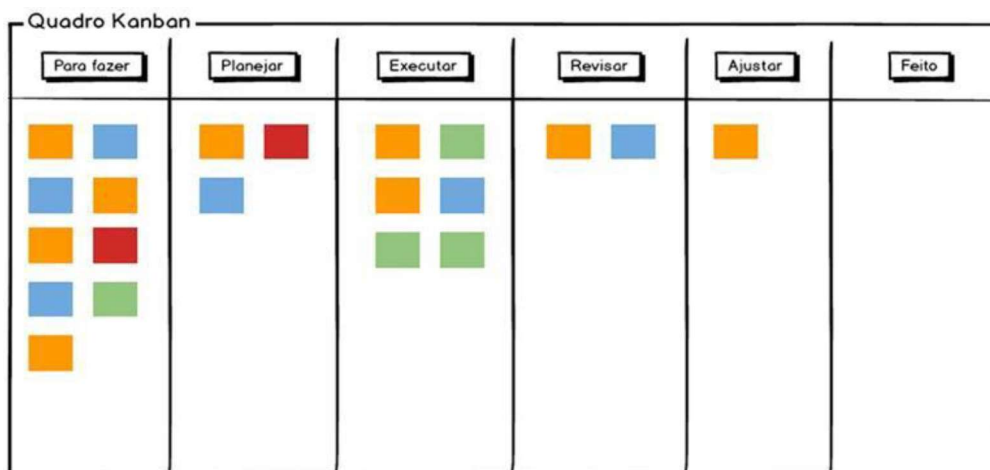


Figura 3-12 — Exemplo de um Quadro *Kanban* (Hernandes, 2020)

3.3.10 TPM (*Total Productive Maintenance*)

Esta ferramenta é geralmente considerada uma filosofia de manutenção que tem como objetivo reforçar e apoiar o *Just In Time*. Foi inventada no Japão em 1970 com intuito de diminuir as perdas ou custos sem que a qualidade do produto seja afetada. Os principais objetivos da *Total Productive Maintenance* (TPM) são a obtenção de zero defeitos, zero paragens, zero falhas e zero stock com a finalidade de maximizar a eficiência do processo produtivo (Ahuja, 2008). As principais perdas relacionadas ao processo produtivo são:

1. Falhas no equipamento;
2. Tempos de *setup*;
3. Redução de velocidade no processo;
4. Defeitos no processo (problemas de qualidade);
5. Tempos de paragem;
6. Redução do output da produção.

A TPM visa então aumentar a eficiência do equipamento, a criação de um sistema de manutenção proativa e garantir a participação de todos no processo de manutenção. A implementação da TPM, cf. ilustrado na Figura 3-13, baseia-se em oito pilares (Singh, 2013):

1. **Treino e Formação:** Investir no conhecimento técnico e nas competências interpessoais dos operadores.
2. **Manutenção Autónoma:** Os operadores devem ter autonomia para realizar a limpeza, lubrificação e inspeção dos equipamentos.
3. **Manutenção Planeada:** Realizar um planeamento eficiente e programado da manutenção do equipamento de forma a evitar avarias.
4. **Melhoria Contínua:** Eliminar desperdícios e aprimorar a gestão dos recursos disponíveis.
5. **Office Total Productive Maintenance:** Participação de todos os operadores para melhorar a comunicação entre as diferentes áreas da organização.
6. **Saúde, Segurança e Meio Ambiente:** Garantir um ambiente de trabalho seguro e adequado, principalmente na eliminação de acidentes.
7. **Manutenção da Qualidade:** Realizar um controlo e seguimento rigoroso do processo produtivo para descobrir as causas dos problemas, tendo como objetivo o zero defeitos.

8. **Controlo Administrativo:** Aplicar os conhecimentos adquiridos com intuito de apresentar e implementar iniciativas de melhoria de manutenção.

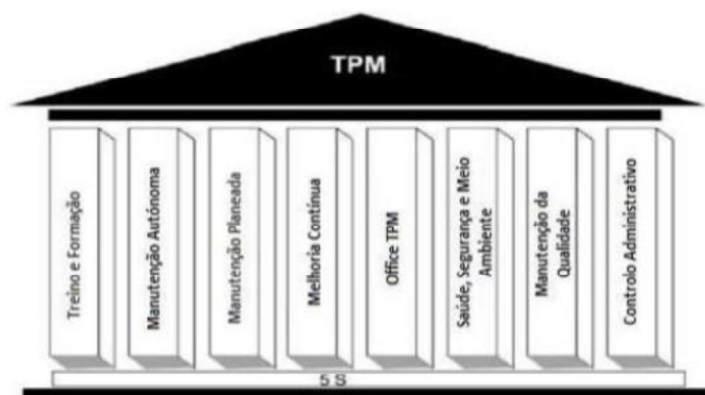


Figura 3-13 — Pilares do TPM (Sahib, 2017)

3.3.11 Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act)

Geralmente chamado de ciclo de melhoria contínua, o PDCA é constituído por 4 passos resumidos na Figura 3-14 (Jie Chen, 2022) O primeiro passo, *Plan*, consiste na análise e avaliação dos resultados atuais. Aqui são identificadas as causas dos problemas e as possibilidades de melhoria, sendo posteriormente criados planos ou procedimentos para alcançar esses objetivos. A seguir é realizada a implementação desses procedimentos, *Do*, este passo tem como objetivo testar estes procedimentos e obter resultados de forma a ser possível concluir se é aplicável e benéfico para o processo produtivo. No passo seguinte, *Check*, irá ser realizada essa análise de resultados para comprovar que os procedimentos atingem as metas ou objetivos definidos. Se estes procedimentos funcionarem de forma que o processo produtivo seja mais eficiente passamos então para o último passo, *Act*, onde são feitas as alterações nos procedimentos com intuito de implementar e atingir a melhoria desejada. Esta é uma ferramenta de melhoria contínua e ao ser realizado o quarto passo é possível recomeçar de novo, pois existe sempre a possibilidade de melhorar o processo atual a nível do processo produtivo, na formação dos operadores ou na ferramenta utilizada.



Figura 3-14 — Ciclo PDCA (The_Moose, 2023)

3.3.12 VSM (Value Stream Mapping)

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta que permite a identificação e o mapeamento dos fluxos de informação dos processos e dos materiais. Este mapeamento é feito desde o início do processo produtivo até ao consumidor final, cliente. Esta ferramenta consiste na criação de um mapa do funcionamento da empresa onde se engloba o plano de trabalho com uma projeção detalhada do produto desejado (Deshkar, 2018). Resumindo, esta ferramenta tem como base os objetivos: i) o tempo disponível e ii) os recursos à disposição e a visualização dos fluxos de materiais e informação, facilitando a deteção das causas sendo possível a apresentação de ações de melhoria (Kundgol, 2020).

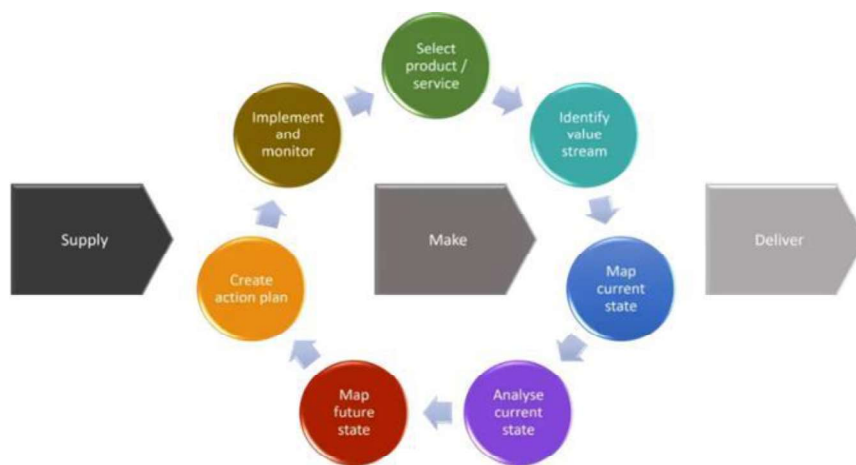


Figura 3-15 — Exemplo de etapas do VSM (Wevalgo, 2024)

3.3.13 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Desenvolvida por Seiichi Nakajima para quantificar o desempenho dos equipamentos, esta ferramenta é muito utilizada para a realização da melhoria contínua do processo de produção, sendo utilizados os 3 indicadores seguintes:

- Disponibilidade: é o tempo que a ferramenta vai estar em operação, ou seja, é o tempo que cada tarefa demora a ser realizada. Este tempo é juntamente contabilizado com os tempos de paragem ou de mudança de posto, obtendo assim um tempo geral de produção (Jonsson, 1999).
- Eficiência: é a relação do produzido real com a produção teórica ou calculada.
- Qualidade: é a relação entre a produção obtida dentro dos parâmetros de qualidade com a produção realizada total. Aqui são contabilizados todos os tipos de falhas ou erros.

Com a junção destes 3 indicadores, o OEE oferece uma visão geral do desempenho do processo produtivo, permitindo que sejam identificadas as áreas que necessitam

de melhorias (Pinto S., 2015). Esta abordagem não só ajuda a reduzir desperdícios, mas também a maximizar a eficácia dos processos produtivos, contribuindo para a competitividade e a sustentabilidade das operações.

3.3.14 SMED (Single Minute Exchange of Die)

O *Single-Minute Exchange of Die* (SMED) foi adotado em todas as fábricas da Toyota, aparecendo como um dos pilares fundamentais do *Toyota Production System*, tendo sido definidos 2 tipos de operações:

- Operações internas: realizadas apenas com a máquina parada.
- Operações externas: efetuadas enquanto a máquina está em funcionamento.

A metodologia desenvolvida por *Shigeo Shingo* pode ser organizada em quatro estágios, Figura 3-16, (Shingo, 1985):

- Estágio Preliminar – consiste na análise das atividades no chão de fábrica utilizando ferramentas como cronómetros e relatórios de operadores.
- Estágio 1 – baseado nas observações do estágio preliminar, onde as tarefas devem ser classificadas como internas ou externas.
- Estágio 2 – reavaliação das operações para garantir que nenhuma tarefa foi mal classificada. É necessário identificar soluções para transformar as tarefas internas em externas.
- Estágio 3 – direcionado para a melhoria das operações, são elaborados procedimentos de trabalho que definam como, quando e onde cada operação deve ser realizada.

A aplicação do SMED permite a otimização do processo contribuindo significativamente para a eficiência e agilidade na produção.

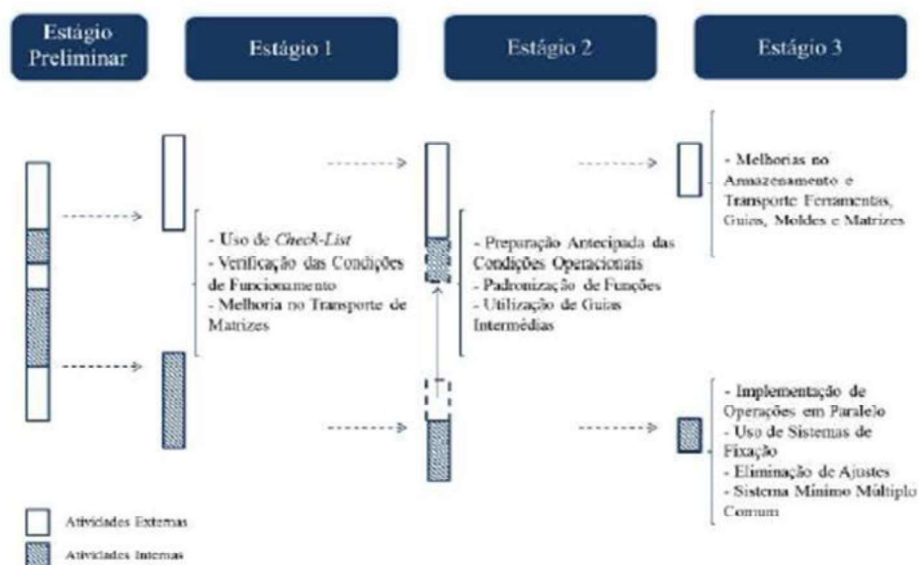


Figura 3-16 — Etapas do SMED (Shingo, 1985)

4 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A Stellantis é um dos principais construtores automóveis do mundo, com o objetivo de oferecer liberdade de mobilidade limpa, segura e acessível a todos. Com um portfólio de marcas icónicas e inovadoras e.g. *Abarth, Alfa Romeo, Chrysler, Citroën, Dodge, DS Automobiles, FIAT, Jeep, Lancia, Maserati, Opel, Peugeot, Ram, Vauxhall, Free2move e Leasys*, a *Stellantis* consegue então diferenciar-se pela energia, paixão e diversidade dos seus colaboradores e marcas (Stellantis, Stellantis, 2025).

Com intuito de realizar uma transformação completa da empresa, recorrendo a tecnologias de mobilidade sustentável é aplicado e seguido o Plano Estratégico Dare Forward 2030 que traça o caminho para ser alcançada a neutralidade carbónica até 2038. Este plano inclui uma compensação das emissões residuais de um único dígito, enquanto cria valor para todas as partes interessadas (Stellantis, Stellantis, 2025).

Sendo o lema da empresa “*Forts de notre diversité, nous sommes moteur d’un monde en mouvement*”, que significa “Fortes na nossa diversidade, somos o motor de um mundo em movimento”, tal é refletido no compromisso com a diversidade e inovação. Para consubstanciar a transformação atrás enunciada, a *Stellantis* adota quatro valores fundamentais (Stellantis, Stellantis, 2025):

1. Colocar o cliente no centro da ação – “Sem o cliente, não existimos”
2. Ganhamos juntos – “A força da nossa diversidade, do espírito de equipa e da colaboração é o que nos permite alcançar o sucesso”
3. Somos ágeis e inovadores – “Superamo-nos constantemente, sendo engenhosos e aprendendo a cada desafio para sermos líderes no futuro”
4. Preservamos o futuro – “Comprometemo-nos a promover a evolução positiva da nossa empresa, dos nossos colaboradores, das nossas comunidades e do nosso planeta”

Com uma comunidade de mais de 160 nacionalidades, operações industriais em mais de 30 países e clientes em mais de 130 mercados, a *Stellantis* é uma das empresas mais plural do mundo.

4.1 História do Grupo Stellantis

Em 1966 foi fundada a PSA (*Peugeot Société Anonyme*). Em 1976, ocorreu a fusão entre a *Citroën S.A.* e a *Peugeot S.A.*, dando origem ao grupo PSA *Peugeot Citroën*. Até 2012, o grupo expandiu-se internacionalmente, estabelecendo uma presença no mercado da China, América Latina e Rússia. Neste período, foi realizado um acordo estratégico entre a *PSA Peugeot Citroën* e a *General Motors*. Em 2016, o grupo alterou a sua designação para *Groupe PSA*, nome que manteve até 2021. Neste ano nasceu a *Stellantis* da fusão entre o *Groupe PSA* (*Peugeot, Opel, Citroën, DS Automobiles, etc.*) e *FCA Groupe* (*Fiat, Lancia, Alfa Romeo, Chrysler, Jeep, Maserati, etc.*).

(Stellantis, Stellantis, 2025). Esta junção resultou no sexto maior fabricante de automóveis do mundo com intuito de criar uma mobilidade sustentável onde visa, assim, a excelência e a inovação, com uma forte aposta na transformação digital e na mobilidade elétrica. A *Stellantis* foi introduzida em bolsa a 18 de janeiro de 2021, na *Euronext* (Paris) e na *Borsa Italiana* (Milão), e com base nas vendas globais de 2019, a *Stellantis* ocupou o quarto lugar dos maiores grupos automóveis do mundo, com 8,1 milhões de unidades vendidas, atrás da Toyota, Volkswagen e da Aliança Renault-Nissan-Mitsubishi (Landré, 2021).

4.2 Stellantis Mangualde

A Stellantis Mangualde foi fundada em 1962 e começou a sua produção com o *Citroën 2CV*, com uma produção de cerca de 60 veículos diários. Em 2000 já eram produzidos mais de 200 *Berlingo* e *Partner*, veículos diariamente tendo-se atingindo um máximo em 2018 onde foram produzidos cerca de 800.000 veículos anuais (Grignard, 2018).

Esta unidade fabril destaca-se pela eficiência e qualidade na montagem, o que se reflete anualmente no número de veículos produzidos, verificando-se um aumento de cerca de 15-17% no crescimento de produção desde 2018.

Atualmente, a empresa tem vindo a investir na produção de veículos elétricos de forma a acompanhar o interesse da indústria automóvel na sustentabilidade ambiental bem como na inovação. Esta transição, tal como já referido, acompanha o plano "*Dare Forward 2030*" que visa reduzir as emissões de CO_2 em 50% e alcançar a neutralidade carbónica (Jérémy, 2024).

Embora haja diversidade nas características dos veículos produzidos, o processo de produção é comum a todos.

A fábrica encontra-se organizada em 4 setores principais: Ferragem, Pintura, Montagem e Qualidade.

A zona da Ferragem é uma das áreas mais automatizadas da fábrica, caracterizando-se por um elevado nível de robotização. É nesta fase que ocorre a assemblagem das chapas metálicas que compõem a estrutura base dos veículos. A zona da Pintura é um processo fundamental na proteção e acabamento da carroçaria dos veículos, composto por várias etapas, cujo processo e produto é controlado. No início do processo as carroçarias, que são em aço galvanizado, passam por um processo TTS/CATA, composto por 10 tinas, 8 de limpeza (remoção impurezas carroçaria e resíduos dos produtos químicos das tinas a jusante) e 2 de ação química (conversão "OXSIAN" e eletrodeposição por cataforese). Estes processos químicos de tratamento de superfície, têm como principal objetivo garantir a proteção anticorrosiva e preenchimento da superfície da chapa com uma camada uniforme assegurando uma excelente aderência e cobertura, mesmo em zonas de difícil acesso.

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

Após este processo, secagem, controlo e retoque do mesmo, segue-se a aplicação de cordões de mastic, quer pulverizados quer extrudidos, que têm a função de garantir estanqueidade de água, poeiras, proteção anti-gravilha, bem como reduzir vibrações e ruídos. Neste momento este processo é praticamente todo robotizado. Seguidamente é feita a aplicação da cor final do veículo, onde após a limpeza da carroçaria é aplicado um primário, a cor final do veículo e o verniz, no caso de ter essa opção. Trata-se de um processo robotizado para a aplicação do exterior da carroçaria e um processo manual para o interior da mesma. Após secagem do filme pintura é feito o controlo de qualidade do mesmo e os retoques necessários, com o objetivo de garantir sempre um produto de qualidade ao cliente (controlo de acordo com a norma de qualidade).

A zona da montagem, cuja planta está apresentada na Figura 4-1, envolve a assemblagem de todos os componentes do veículo. Aqui entra a caixa metálica pintada e sai um veículo pronto para o cliente. Tudo começa quando os componentes, sob responsabilidade da logística, são colocadas em kits. Esses kits são então transportados por AGV's até ao bordo de linha, garantindo que os operadores tenham tudo o que precisam à mão, sem desperdício de tempo. Algumas peças chegam ao bordo de linha já pré-montadas numa linha paralela, como o caso das portas, o que acelera o processo.

A linha de montagem está dividida em três zonas principais: M1, M2 e M3.

M1 (Montagem Inicial) – Aqui, os carros movem-se num transportador automático enquanto a equipa prepara e instala as portas, espalha e fixa grande parte da cablaria elétrica, além de outros componentes estruturais.

M2 (Pré-Montagem do Motor) – Nesta fase, concentram-se as preparações do motor e sistemas associados (como transmissão e refrigeração). Os motores são depois transportados por AGVs até à próxima etapa.

M3 (Montagem Final) – Aqui acontece a união do motor à carcaça do veículo, seguida da instalação dos acabamentos interiores e exteriores. No início desta fase, até à colocação das rodas, o veículo é movido por aranhas (sistemas de elevação e transporte especializados), assegurando precisão e segurança.

Depois de tudo montado, o produto passa por inspeções e testes, na zona da Qualidade, antes de seguir para expedição.

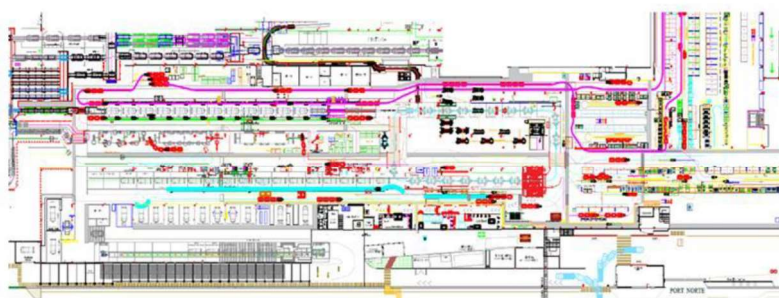


Figura 4-1 — Planta do Setor da Montagem

4.2.1 Full Kitting by Stellantis

Este método de trabalho consiste num sistema de logística que tem como objetivo otimizar a entrega dos componentes necessários para a montagem do veículo. Através do *Bill of Materials* (BOM) é possível entregar aos operadores os componentes necessários para cada posto de forma autónoma e eficiente. Com isto é possível aumentar a eficiência do processo produtivo reduzindo o tempo de ciclo em cada posto de trabalho.

Este método consiste no transporte de kits através de *AGV's* que são guiados por bandas magnéticas levando os respetivos componentes para o posto de trabalho solicitado. Estes kits são preenchidos com os componentes específicos para o local de montagem, isto é, apenas é colocado no kit aquilo que vai ser aplicado no posto ou na secção. Assim que estes kits cheguem ao fim da secção, outro *AGV* irá levar o kit para a zona de *picking*, zona onde são preenchidos os kits.

Todos os componentes são colocados num espaço específico, numerado, indicando ao operador qual e onde colocar o componente. Isto permite assegurar a correta colocação dos componentes, como por exemplo, evitar a colocação dos componentes do lado esquerdo da viatura no lado direito.

Resumindo, este método permite obter:

- Menores tempos de espera;
- Maior eficiência, rapidez e facilidade para os operadores;
- Movimento otimizado e organizado de componentes;
- Mais espaço na borda da linha;
- Melhor gestão dos postos de trabalho.

A Figura 4-2 mostra um exemplo de *full kitting* aplicado numa fábrica Stellantis.



Figura 4-2 — Exemplo do *Full Kitting* (Deleneuve, 2015)

4.3 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

A Análise de Modo e Efeitos de Falha (FMEA) é uma metodologia sistemática amplamente reconhecida na identificação, avaliação e priorização falhas em componentes ou processos e na análise das suas consequências. O principal objetivo desta metodologia é a prevenção de falhas sendo, por isso, aplicada essencialmente na área da gestão de qualidade e da melhoria contínua. Com esta metodologia é possível que se consiga reduzir s custos causados por paragens ou pela reparação de ferramentas (Liu, 2022). Adicionalmente, esta metodologia é aplicada seguindo 3 fatores: i) a gravidade; ii) a probabilidade de ocorrência e iii) a capacidade de deteção. A análise conjunta destes fatores determina qual a ação prioritária a tomar, isto é, qual o setor ou posto de trabalho necessita de uma intervenção imediata.

A aplicação da FMEA permite melhorar a capacidade de avaliar e gerir o processo produtivo, conseguido visar sempre uma maior qualidade e segurança do produto e do processo de produção. Isto leva a um aumento de eficiência e produtividade que acresce a competitividade no mercado. De seguida serão apresentados os pontos chave do FMEA dos principais grupos que deram origem ao FMEA da *Stellantis*.

4.3.1 Grupo PSA (*Peugeot Société Anonyme*)

O FMEA da *Peugeot Société Anonyme* é uma metodologia utilizada para a identificação e avaliação de potenciais riscos em produtos e processos. Esta metodologia permite uma gestão proativa dos riscos e suporta a melhoria contínua dos processos.

Os principais pontos do FMEA na PSA são:

- Objetivo: antecipar falhas, promovendo melhorias na segurança e na qualidade dos veículos e processos;
- Identificação de Modos de Falha: realização de análises de modo a identificar as falhas existentes no processo ou produto;
- Análise de Causas e Efeitos: para cada falha identificada é realizada uma análise detalhada que visa compreender as causas e os efeitos provocados pela falha;
- Avaliação de Risco: utilizando critérios de severidade, ocorrência e deteção, cada modo de falha é avaliado e classificado. O Número Prioritário de Risco (NPR) serve para priorizar as ações corretivas de forma eficaz;
- Ações Corretivas: baseado no NPR, são definidas e implementadas ações corretivas para eliminar ou minimizar os riscos identificados.

4.3.2 Grupo FCA (*Fiat Chrysler Automobiles*)

Na *Fiat Chrysler Automobiles*, o FMEA consiste num controlo sistemático dos processos de produção de forma a identificar as falhas e avaliar os seus custos. É constituído por:

- Objetivo: identificação de falhas e seus custos, promovendo a elevada qualidade do processo e do produto;
- Equipa Multidisciplinar: o processo de produção é realizado por um conjunto de especialistas de diversas áreas de forma a gerar um processo completo;
- Identificação de Modos de Falha: cada componente e processo é analisado para identificar as possíveis falhas;
- Análise de Causas e Efeitos: avaliação das causas e os efeitos que as falhas identificadas vão ter sobre o desempenho do produto e a sua qualidade;
- Avaliação de Risco: com base nos critérios de severidade (impacto da falha), ocorrência (frequência da falha) e deteção (probabilidade de a falha ser detetada) são classificadas as falhas detetadas. Estes critérios são usados para o cálculo do Número Prioritário de Risco para priorizar ações corretivas.

4.3.3 *Stellantis*

O FMEA da *Stellantis* (Figura 4-3) é uma abordagem sistemática para identificar e analisar potenciais falhas em produtos e processos. O objetivo é minimizar riscos e melhorar a confiabilidade e segurança dos veículos.

Os principais aspetos do FMEA aplicados pela *Stellantis* são:

- Estrutura e Processo: Segue um procedimento estruturado que envolve a identificação de modos de falha, causas e efeitos;
- Classificação de Risco: Cada modo de falha identificado é avaliado com base na severidade, ocorrência e deteção. Isso é usado no cálculo do Número Prioritário de Risco (NPR) o que ajuda a priorizar as ações corretivas;
- Ações Preventivas: Com base na análise, a equipe define ações para mitigar os riscos identificados;
- Revisão e Atualização: É realizada uma revisão e atualização regular do FMEA, especialmente se houver mudanças significativas no produto ou processo de produção;
- Integração com Outros Processos: Integra processos de qualidade, como o APQP (*Advanced Product Quality Planning*) e o PPAP (*Production Part Approval Process*) para garantir uma abordagem coesa para a gestão da qualidade.

Atualmente, a empresa utiliza o *ALAG & VDA FMEA Handbook* que é um guia de referência elaborado, em colaboração, por duas associações representativas da

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

indústria automóvel: a *Automotive Industry Action Group* (AIAG) e a *Verband der Automobilindustrie* (VDA). Este manual oferece uma abordagem padronizada e abrangente para a aplicação do FMEA, promovendo a consistência e a eficácia na identificação e avaliação de riscos em produtos e processos na indústria automóvel. O *handbook* integra as melhores práticas e orientações provenientes tanto da AIAG como da VDA, refletindo a experiência acumulada e as necessidades específicas do setor. Aborda, adicionalmente, diversas variantes do FMEA, incluindo o FMEA de *Design* (DFMEA) e o FMEA de Processo (PFMEA), fornecendo diretrizes sobre a execução da análise, a documentação dos resultados e a implementação de ações corretivas.

O manual enfatiza ainda a importância da colaboração entre as partes interessadas e a necessidade de envolver diversas disciplinas ao longo do processo de análise, garantindo uma abordagem holística e abrangente dos potenciais riscos. A adoção deste guia é considerada uma prática recomendada para as empresas que pretendem assegurar a qualidade e a segurança dos seus produtos, bem como o cumprimento dos requisitos da indústria, constituindo um recurso valioso para a implementação eficaz da FMEA. Deste modo, contribui para a excelência operacional e para a inovação no setor automóvel.



Figura 4-3 — Exemplo do FMEA segundo AIAG-VDA (Road, 2024)

4.4 NPR (Número Prioritário de Risco)

O Número Prioritário de Risco (NPR) serve para priorizar as ações que tem em conta 3 fatores, ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D). É então atribuído um valor a cada falha de forma a definir a ordem de resolução (Moura, 2000). A ocorrência é baseada na frequência com que uma determinada falha ocorre, sendo então indicada a probabilidade de essa falha voltar a acontecer. A severidade é o impacto que essa falha causou no produto ou no processo produtivo. A detecção é a probabilidade de uma falha ser detetada para este fator ser eficiente devem ser

realizadas verificações e análises sistemáticas de forma que o índice de deteção seja o mais realista possível. Todos estes fatores são quantificados numa escala de 1 a 10.

4.5 Normas e certificações

Em 2023 foi implementado o método *Manufacturing Resource Planning (MRP)* com intuito de garantir uma melhor gestão. Este método é constituído por 2 tipos de métodos de gestão, o Plano de Produção e Qualidade (PPQ) e a Medição de Performance e Avaliação (MPA). O PPQ consiste em realizar verificações do processo de produção e a sua qualidade, ou seja, confirmar que todos os padrões de qualidade estabelecidos sejam respeitados contribuindo assim para um processo de produção eficiente. Enquanto o MPA é uma avaliação do desempenho desses processos baseado em indicadores de qualidade já estabelecidos, isto permite então identificar os procedimentos que precisam de ser otimizados ou melhorados. Este método permite a redução dos custos devido ao aumento da eficiência do processo de produção e, conseqüentemente, um aumento da qualidade do produto. A *International Automotive Task Force (IATF)* é um grupo composto por fabricantes da indústria automóvel como a *BMW, Daimler AG, Ford Motor Company, General Motors Company, Stellantis, Renault e Volkswagen AG*. Este grupo em colaboração com a *International Organization for Standardization (ISO)* criaram várias normas, sendo a de maior relevância a norma IATF 16949 que é aplicada a qualquer empresa ou organização que fabrique componentes para a indústria automóvel. Como mencionado anteriormente, esta norma engloba a ISO 9001, ou seja, tem em conta a satisfação do cliente assim como e a melhoria contínua do processo de produção.

Dentro das inúmeras normas aplicadas na indústria automóvel as que se destacam na *Stellantis* são:

- i. ISO 9001: assegura que os processos de produção cumprem os padrões internacionais, com foco na satisfação do cliente e na melhoria contínua;
- ii. IATF 16949: específica para a indústria automóvel, engloba os requisitos da ISO 9001 e estabelece padrões adicionais relacionados a gestão de fornecedores;
- iii. ISO 14001: direcionada à gestão ambiental, esta norma garante a melhoria do seu desempenho ambiental;
- iv. ISO 45001: dirigida para a saúde e segurança ocupacional, assegura a manutenção de um ambiente de trabalho seguro para todos os operadores;
- v. ISSO 50001: promove práticas sustentáveis relacionada à gestão de energia.

A certificação IATF 16949 atribui então a:

- Melhoria dos processos e da qualidade do produto.
- Redução do número de auditorias secundárias.

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

- Apresenta uma maior confiança para com o cliente e a nível mundial.
- Garantia de credibilidade em propostas para contratos públicos.

Todas estas normas e certificações utilizadas e aplicadas à empresa permitem que a *Stellantis* tenha uma forte presença no mercado automóvel.

4.6 APQP (Advanced Product Quality Planning)

O *Advanced Product Quality Planning* (APQP) da *Stellantis* é a junção das melhores práticas do *PSA Excellence System* e do *World Class Manufacturing* (WCM) da FCA. O antigo sistema APQP da PSA seguia uma estrutura meticulosa composta por cinco fases distintas, cada uma delas integrando cinco marcos fundamentais para o desenvolvimento do produto:

- *Kick-off* (início formal do projeto);
- *Design Finalization* (validação do projeto técnico);
- *Process Validation* (verificação dos processos produtivos);
- *Pre-series Approval* (autorização para produção piloto);
- *Start of Production* (autorização para produção em série).

Todo este processo era rigorosamente documentado e monitorizado através da plataforma de *Product Lifecycle Management* (PLM) que servia como repositório central para toda a informação do projeto. Em cada um dos marcos definidos era obrigatória a submissão de um conjunto específico de documentos, seguindo formatos e templates previamente estabelecidos pela organização. Esta abordagem sistemática garantia não apenas a completa rastreabilidade do processo de desenvolvimento, como também assegurava que todos os requisitos técnicos e de qualidade fossem verificados e validados antes da transição para a fase seguinte.

A exigência de documentação estruturada em cada etapa refletia o compromisso da PSA com a excelência operacional, onde a prevenção de não-conformidades era alcançada através de um controlo rigoroso em todos os estágios do desenvolvimento do produto. O sistema PLM funcionava assim como o pilar central desta metodologia, permitindo a gestão integrada de toda a informação e facilitando a colaboração entre as diferentes equipas envolvidas no processo (Blog, 2024). Os pontos essenciais do *PSA Excellence System* eram os seguintes:

- Foco na Qualidade: integração de melhores práticas de qualidade em todas as etapas de desenvolvimento e produção.
- Abordagem Estruturada: baseada nos princípios de melhoria contínua, colaboração e cuidado com o cliente.

- Desempenho Sustentável: promove a eficiência operacional cumprindo sempre a responsabilidade ambiental e social.
- Ferramentas e Indicadores: utiliza uma variedade de ferramentas e indicadores de desempenho para monitorizar e aprimorar a eficácia dos processos.

O sistema APQP da FCA (*Fiat Chrysler Automobiles*) apresentava uma estrutura bem definida, organizada em três fases sequenciais, cada uma com cinco marcos específicos que garantiam o controle do desenvolvimento do produto.

Na primeira fase, de Planeamento Avançado, o processo iniciava-se com a aprovação formal do projeto, seguida pela revisão do conceito de design. A seleção criteriosa de fornecedores, o planeamento de recursos e uma avaliação inicial de riscos completavam esta etapa preparatória.

A fase de Desenvolvimento do Produto constituía o núcleo técnico do processo. Aqui, após uma revisão detalhada do design, procedia-se à liberação do protótipo. Os testes de validação, aprovação das ferramentas de produção e uma revisão pré-produção asseguravam que o produto atendia a todos os requisitos antes da transição para a fase final.

A última fase, de Validação do Processo, focava-se na qualificação dos processos produtivos. Incluía uma corrida experimental de produção, auditoria final de qualidade e culminava com a liberação para produção em massa. Um aspeto fundamental era a incorporação imediata de iniciativas de melhoria contínua.

Um elemento diferenciador deste sistema era o Plano de Produção e Qualidade do Produto (PPQP), documento obrigatório que estabelecia os padrões de qualidade e requisitos produtivos. Este plano servia como referência central durante todo o ciclo de desenvolvimento, sendo continuamente atualizado à medida que o projeto avançava (Blog, 2024).

A integração com o sistema *World Class Manufacturing* (WCM) era particularmente evidente na fase de validação, onde os princípios de eficiência operacional eram rigorosamente aplicados. Cada marco funcionava como um ponto de controle, exigindo a apresentação de evidências concretas e métricas de desempenho antes da autorização para avançar à etapa seguinte. Esta abordagem estruturada garantia que todos os aspetos técnicos e qualitativos fossem verificados sistematicamente ao longo do processo de desenvolvimento.

O resultado desta junção resultou no APQP (Figura 4-4) da Stellantis que é composto por:

- Padronização de Documentos;
- Requisitos de Qualidade para Fornecedores: O manual de requisitos foi substituído pelos requisitos de qualidade para fornecedores SQR (*Supplier Quality Rating*);
- Reformulação dos Marcos de Desenvolvimento;

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

- Redefinição de Responsabilidades.

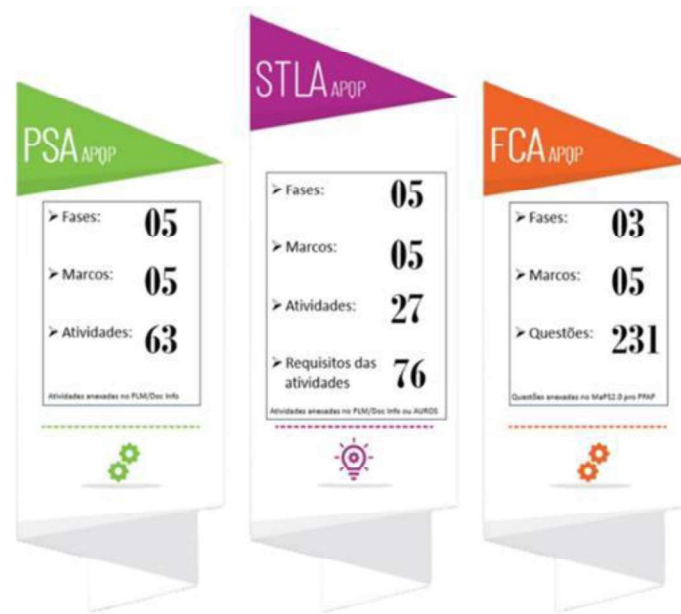


Figura 4-4 — APQP genérico da PSA, FCA e Stellantis (Blog, 2024)

As atualizações e melhorias implementadas no *Advanced Product Quality Planning* da Stellantis deram forma a um processo mais robusto e eficaz, ilustrado na Figura 4-5, que se pode resumir em (Blog, 2024):

- É organizado em cinco fases principais: planeamento, design e desenvolvimento do produto, planeamento do processo, validação do produto e do processo e feedback para melhoria contínua.
- Este processo promove a colaboração multidisciplinar, entre equipas de diversas áreas (engenharia, produção, qualidade e compras).
- Exige documentação rigorosa, tornando mais fácil as auditorias e o rastreamento ou controlo de todas as etapas do processo.
- O APQP inclui uma análise detalhada para a identificação e avaliação de potenciais falhas ou riscos associados tanto ao produto quanto ao processo.
- A validação do produto e do processo é considerada uma etapa crucial, envolvendo testes rigorosos que garantem que os produtos atendam aos requisitos de qualidade e desempenho estabelecidos.

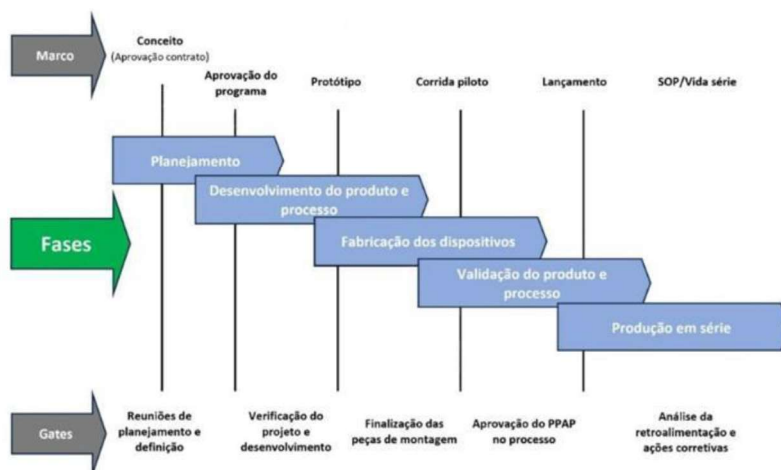


Figura 4-5 — Fases do APQP atual da *Stellantis* (Blog, 2024)

O *Advanced Product Quality Planning* (APQP) pode ser caracterizado por 5 fases (Blog, 2024). Na fase de planejamento, o processo inicia-se com a recepção das propostas dos fornecedores onde se realiza uma reunião inicial para estabelecer as diretrizes e objetivos do projeto. Na fase de desenvolvimento do produto e do processo, após a seleção do fornecedor, obtém-se a autorização para começar o desenvolvimento das ferramentas necessárias para a realização do produto. A terceira fase, fabricação das ferramentas, foca-se na entrega das primeiras peças produzidas com as ferramentas definidas. Na quarta fase, que envolve verificações do produto e do processo, realiza-se a corrida piloto e a montagem na linha. Por fim, na fase de aumento da produção, inicia-se o SOP (*Start of Production*) do produto em série de acordo com os marcos estabelecidos (Blog, 2024). Estas fases interligadas asseguram um fluxo de trabalho eficiente e estruturado, promovendo a qualidade em cada etapa do ciclo de vida do produto e garantindo a qualidade e eficiência do processo produtivo.

4.7 Políticas de Manutenção

A manutenção na indústria automóvel é constituída por um conjunto alargado de condicionantes como, por exemplo, os parâmetros de utilização e os parâmetros de segurança, entre muitos outros. Este conjunto de condicionantes tem como objetivo garantir que os equipamentos estão operacionais e seguros para o operador, garantir a consistência e eficiência do processo de produção, estender o tempo de vida dos equipamentos e, por conseguinte, minimizar os custos de reparação. De forma a atingir esses objetivos, são implementados os seguintes três tipos principais de manutenção (Oliveira, 2017):

- **Manutenção Preventiva:** consiste na programação sistemática de intervenções ou preventivas, com objetivo de evitar falhas ou paragens de forma a prolongar a vida útil dos equipamentos.

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

- **Manutenção Corretiva:** realizada após a ocorrência de uma falha para reparar o equipamento afetado no menor tempo possível, de forma a reduzir o tempo de paragem e os impactos na produção.
- **Manutenção Preditiva:** através de uma monitorização contínua dos parâmetros operacionais dos equipamentos, com intuito de prever as falhas e identificar as causas das mesmas.

Estes tipos de manutenção são fundamentais para que uma empresa consiga ser competitiva e sustentável. Na indústria atual estes são fatores tão cruciais como a satisfação do cliente e a eficiência da produção.

4.7.1 Ação da Manutenção preventiva

Esta manutenção é a mais relevante e tem como objetivo principal a prevenção de avarias. Aqui são realizados planos de prevenção e de manutenção com intuito de preservar o equipamento e garantir um bom funcionamento do mesmo. Tal visa reduzir os custos operacionais e aumentar a qualidade do produto devido a diminuição de paragens, avarias e aumento da vida útil dos equipamentos. Com a aplicação deste tipo de manutenção é possível prevenir falhas e paragens, identificar as causas das avarias, garantir o bom funcionamento dos equipamentos e garantir assim a elevada competitividade e sustentabilidade da empresa.

4.7.2 Ação de Manutenção corretiva

Este tipo de manutenção serve para reparar avarias e repor o correto funcionamento de cada equipamento. Esta manutenção pode ser na forma de reparação ou substituição, dependendo do custo e tempo de inatividade. Sendo este tipo de manutenção apenas utilizada quando existe uma falha ou avaria fica bastante dependente da manutenção acima descrita, manutenção preventiva, o que a torna bastante dependente da capacidade de quem a realiza. É importante então disponibilizar aos operadores ferramentas e conhecimentos essenciais para poderem realizar uma manutenção corretiva eficiente e num curto período.

4.7.3 Ação de Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é um conjunto de planos ou estratégias de monitorização que permite identificar as falhas e com isso reduzir a ocorrência das mesmas. Baseada na análise contínua e sistemática do comportamento dos equipamentos, ou seja, análise dos dados fornecidos ou obtidos pelo equipamento, permite melhorar a fiabilidade, manutenção e gestão dos recursos disponíveis. Com este tipo de manutenção é possível reduzir os tempos de inatividade e aumentar o tempo de vida útil do componente. Isto irá resultar numa redução dos custos, num aumento da eficiência das operações e, por consequência, no aumento da eficiência dos equipamentos, tornando mais seguro o local de trabalho.

5 OTIMIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas as alterações e otimizações implementadas, no decurso do presente trabalho, com o objetivo de apoiar a empresa nos procedimentos de manutenção. O principal foco destas intervenções foi simplificar e tornar mais eficientes as atividades de manutenção, facilitando o trabalho tanto dos operadores como dos técnicos responsáveis.

As metodologias adotadas para a apresentação das alterações seguiram a seguinte estrutura clara e sistemática:

- Identificação da Causa: análise dos fatores que originaram a necessidade de intervenção;
- Análise do Problema: avaliação detalhada do impacto e das limitações existentes;
- Possíveis Soluções: exploração das alternativas viáveis para a resolução do problema;
- Solução Adotada: justificação da opção selecionada, com base em critérios técnicos e operacionais.

5.1 Gestão e Manutenção dos Equipamentos e “Spare Parts”

5.1.1 Identificação do problema

A gestão de peças sobressalentes na fábrica enfrenta desafios significativos decorrentes da variedade de equipamentos. A coexistência de múltiplos modelos e marcas de máquinas, cada um com seus sistemas específicos de nomenclatura e referência, cria um cenário favorável a erros na identificação de componentes. Tal resulta em problemas de comunicação e articulação da informação entre os operadores e os responsáveis pela manutenção e, conseqüentemente, entre os fornecedores e o departamento de compras, comprometendo assim a eficácia do processo de encomenda, resultando em pedidos incorretos, devoluções frequentes e, conseqüentemente, atrasos consideráveis no fornecimento das peças necessárias.

5.1.2 Análise do Problema

A operação contínua em três turnos diários dos equipamentos no chão de fábrica torna necessárias reparações frequentes dos seus componentes. Por este motivo, é essencial proceder à aquisição dos componentes utilizados ou necessários para as intervenções, o que se revela uma tarefa complexa devido à vasta variedade de modelos e marcas existentes. Esta diversidade de equipamentos dificulta a pesquisa das peças de substituição, uma vez que os fabricantes atualizam regularmente os seus produtos e alteram as referências ou nomenclaturas dos componentes. Esta situação,

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

aliada à pressão para concretizar rapidamente os pedidos de materiais, conduz frequentemente a uma seleção incorreta das referências ou designações técnicas. Como consequência, ocorrem erros na transmissão de informações, o que provoca atrasos no processamento dos pedidos de compra e, conseqüentemente, na receção dos componentes necessários.

5.1.3 Possíveis Soluções

Para resolver os problemas identificados na gestão de peças de reposição, propõe-se a criação de uma base de dados centralizada contendo as fichas técnicas (*datasheets*) de todos os equipamentos. O sistema permitiria aos operadores identificar peças através de múltiplos critérios (código atribuído na “*Spare Part List*”, posição na máquina cf. ilustrado na Figura 5-1, ou descrição técnica) e solicitar os componentes necessários.

Para garantir uma solução abrangente, o sistema deveria incluir as seguintes funcionalidades:

- Identificação Automática: Capacidade de recuperar a ficha técnica correspondente através da matrícula do equipamento;
- Acessibilidade: Integração com a plataforma Microsoft Teams, permitindo o acesso universal a todos os operadores e consulta em tempo real;
- Eficiência Operacional: Redução de erros na identificação de componentes e agilização do processo de requisição através da centralização da informação técnica.

Esta abordagem combinada permitirá reduzir significativamente os erros de identificação, acelerar o processo de requisição e melhorar a disponibilidade de peças, contribuindo para a otimização global das operações de manutenção.

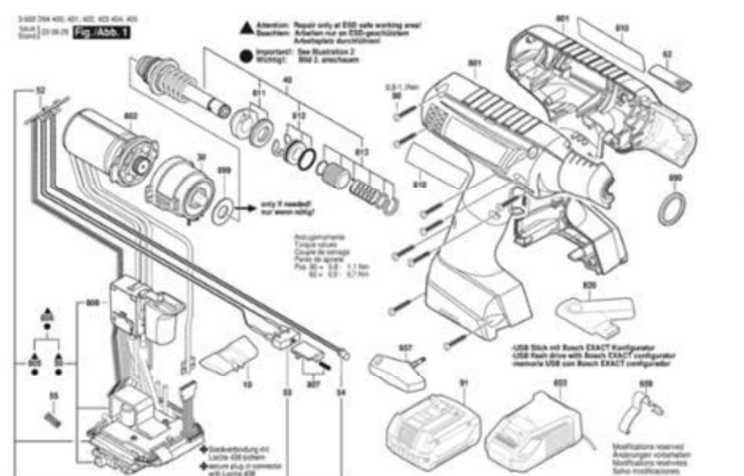


Figura 5-1 — Vista explodida de uma máquina BOSCH

5.1.4 Solução adotada

Para resolver este desafio, foi desenvolvida uma solução prática, baseada no Excel, que simplifica todo o processo de requisição de peças. A solução funciona da seguinte maneira:

Foi criada uma folha de cálculo onde cada máquina ou equipamento da fábrica está registado com a sua matrícula única e tem associada a respetiva documentação técnica. Para tornar o sistema fácil de usar e à prova de erros, foram implementados botões inteligentes, cf. ilustrado na Figura 5-2, que guiam o utilizador através do processo.

ION 6				ION 4				ION 12				ION 8			
MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	MATRÍCULA	
4693	4857	4915	4930												
4706	5016	4916	5094												
4783	4855	4919	5095												
4844	4951		4715												
4789	4908														
5091	4960														
4707	4882														
4674															
4648															
4506															
4717															
4524															
4856															
4784															
4785															
4715															
4842															
4893															

Figura 5-2 — Ficheiro Excel das máquinas BOSCH

Quando um operador precisa de reparar um equipamento, o processo é simples:

- Primeiro: é selecionado o modelo da máquina em questão;
- Segundo: é inserida a matrícula do equipamento para que o sistema automaticamente localize e mostre a documentação técnica e as vistas explodidas correspondentes;
- Terceiro: é indicada a posição do componente da vista explodida e a quantidade necessária.

Depois de selecionar todas as peças necessárias para a reparação, o operador clica no botão "PEDIR", cf. ilustrado na Figura 5-3.

BOSCH				
EXACT				
ION 6	ION 4	ION 12	ION 8	
EXACT				
6	12	610	412	2
ANGLE EXACT			ANGLE EXACT	
6	15	23	ION 15	

Figura 5-4 — Última versão do Excel

A solução final incorporou uma tabela dinâmica inteligente, cf. ilustrado na Figura 5-5, que apresenta várias vantagens operacionais dignas de registo como:

- Adapta-se dinamicamente às necessidades do utilizador, acrescentando linhas conforme a quantidade de componentes requisitados;
- Elimina redundâncias, como a repetição da matrícula do equipamento;
- Garante perfeita compatibilidade com o sistema interno de gestão;
- Mantém uma estrutura limpa e focada apenas nos elementos essenciais para cada pedido.

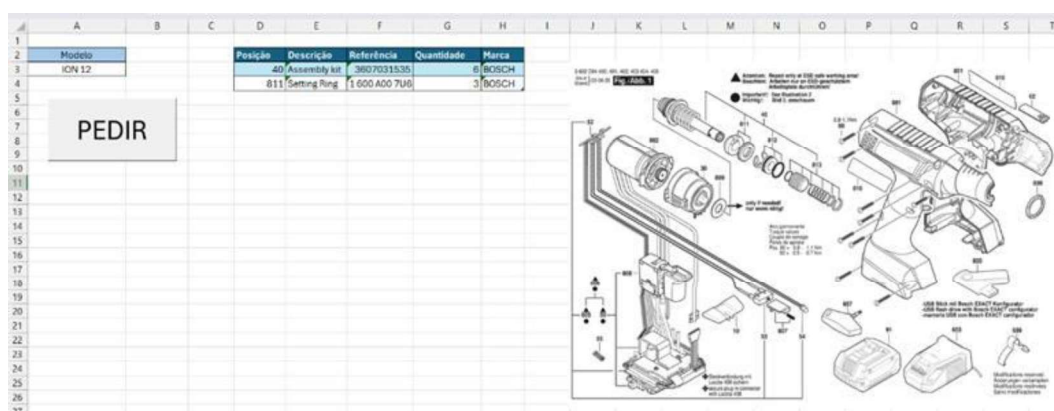


Figura 5-5 — Última versão da página da realização do pedido

A solução desenvolvida permitiu simplificar e otimizar o processo de requisição de peças (diminuição de 94% do tempo despendido na identificação dos componentes), eliminando erros na identificação de componentes e agilizando a comunicação entre

operadores, manutenção e compras. A sua integração com sistemas existentes e a validação automática de dados garantem maior confiabilidade e eficiência, reduzindo perdas de tempo e melhorando a gestão de stocks.

Esta ferramenta simples, mas robusta, demonstra como soluções práticas, aliadas a uma base de dados centralizada podem aumentar a produtividade e padronizar procedimentos, contribuindo para uma manutenção mais ágil e eficaz.

Desta forma, foram então incorporados vários princípios do *Lean Manufacturing*: O Poka-Yoke foi aplicado através de validações automáticas e *dropdowns* pré-definidos, prevenindo erros humanos, enquanto a Gestão Visual com códigos de cores e diagramas facilitou a identificação rápida de peças.

5.2 Normalização de Procedimentos para Manutenção Programada

5.2.1 Contexto e Identificação do Problema

O principal desafio na gestão da manutenção industrial reside na desarticulação entre o planeamento e a execução, i.e., verifica-se:

- Assimetria de conhecimento entre operadores, levando a inconsistências nas intervenções;
- Falta de padronização, com procedimentos variáveis consoante a experiência individual;
- Sobrecarga operacional, devido ao elevado número de equipamentos e à ausência de critérios claros de priorização.

Estes problemas, embora aparentemente distintos, estão interligados e agravam-se mutuamente. Para compreender melhor este cenário, é essencial analisar as três principais causas que sustentam estas dificuldades operacionais.

5.2.2 Análise do Problema

A complexidade do sistema de manutenção deve-se, fundamentalmente, aos três fatores seguintes:

1. Diversidade técnica, equipamentos heterogéneos (marcas, modelos, requisitos) que exigem abordagens distintas;
2. Dependência de know-how individual, com procedimentos muitas vezes não documentados;
3. Falta de automatização, dificultando o controlo de prazos e a distribuição de tarefas.

O que conduz a:

The image shows a detailed maintenance monitoring sheet. At the top, it identifies the process as '09-ENCHIMENTO CLIMATIZAÇÃO' and the equipment as 'MVA'. It includes a header for 'VALORES' and a note about the document's validity. The main table tracks the equipment's status from the 18th to the 31st of the month. Below this, there are sections for 'REPARAÇÃO DE COMPONENTES' with a table listing codes (e.g., 48L.0000) and dates, and a 'NOTAS' section with handwritten observations and instructions like 'Substituir ou reparar o elemento defeituoso. Verificar os parâmetros'.

Figura 5-9 — Folha de Vigilância

A normalização dos procedimentos aplicou conceitos-chave do *Lean* de forma sistemática. A metodologia 5S organizou e simplificou a documentação técnica, eliminando redundâncias. O TPM (*Total Productive Maintenance*) foi implementado ao envolver os operadores na gestão preventiva, promovendo a responsabilidade compartilhada.

5.3 Reposição de Pequenos Componentes

5.3.1 Identificação do Problema

A operação sob cargas de trabalho excessivas submete os equipamentos a esforços intensificados e ciclos de utilização mais frequentes. Esta condição operacional provoca um padrão de desgaste significativamente mais acelerado do que o inicialmente projetado, gerando necessidades imprevistas de reparação e substituição de componentes críticos.

5.3.2 Análise do Problema

O principal constrangimento manifesta-se quando o fornecedor original, devido a limitações logísticas, não consegue responder à procura imediata de peças de reposição. Esta situação provoca:

- Atrasos nos processos de manutenção;
- Aumento dos custos operacionais;
- Perturbações no fluxo produtivo.

Particularmente nos transportadores aéreos (designadas “aranhas”), cf. ilustrado na Figura 5-10, o elevado volume em operação contínua e as condições exigentes de trabalho (cargas dinâmicas, vibrações, atrito...) tornam a substituição dos roletes uma atividade frequente e prioritária. A demora no abastecimento destes componentes críticos compromete diretamente a continuidade das operações, dado o papel fundamental que os transportadores mecânicos desempenham no processo produtivo.



Figura 5-10 — Transportadores aéreos mecânico

5.3.3 Possíveis Soluções

Para mitigar a dependência do fornecedor original, propõem-se as seguintes abordagens:

- Desenvolvimento de desenhos técnicos dos componentes críticos como os roletes, cf. ilustrado na Figura 5-11, utilizando software *CAD Inventor*, que não só permite a fabricação local dos componentes eliminando a dependência exclusiva do fornecedor original, como também permite a especificação precisa de tolerâncias dimensionais e tipos de material. Tal permitirá reduzir os prazos de entrega e, potencialmente, diminuir custos de aquisição;
- O aumento do stock estratégico, mantendo pelo menos uma unidade de reserva para cada componente crítico.

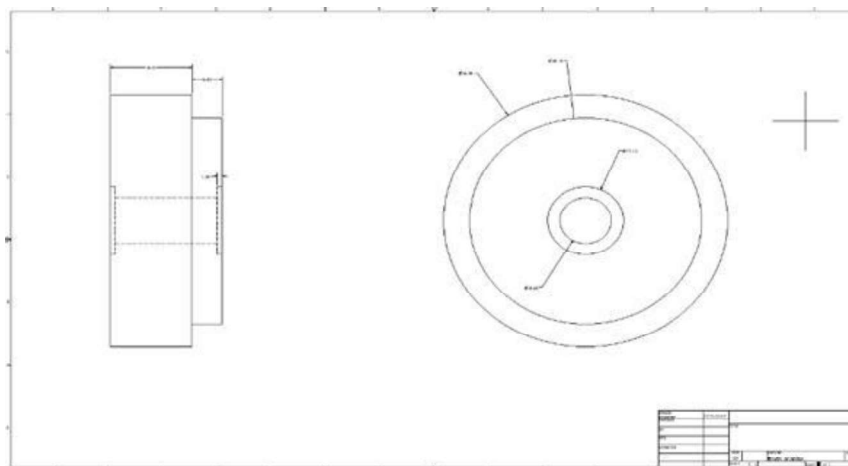


Figura 5-11 — Desenho técnico do Rolete

5.3.4 Solução adotada

No caso dos roletes dos transportadores aéreos, a estratégia implementada integra todas as soluções anteriores, com ênfase no desenvolvimento de desenhos técnicos detalhados no *CAD Inventor*. Esta abordagem:

- Garante a qualidade ao replicar com precisão as dimensões originais e identificar as propriedades e especificações técnicas. Vida útil equivalente à peça original
- Otimiza custos e prazos através da possibilidade de haver a produção local sob demanda e a eliminação de custos logísticos adicionais e do tempo de resposta.
- Minimiza impactos operacionais por diminuição dos tempos de inatividade e maior controlo sobre o *supply chain*.

5.4 Impressão 3D para a otimização da manutenção

5.4.1 Identificação da Causa

A crescente exigência de otimização dos processos produtivos, tanto ao nível da produção como da manutenção, evidenciou a necessidade de soluções mais económicas, rápidas e flexíveis. Entre os principais fatores que agravam os custos de manutenção identificam-se:

- Tempos de espera prolongados pela entrega de materiais;
- Períodos de paragem causados por falhas/ausência de componentes;
- Elevados custos de aquisição e substituição de peças, muitas vezes fornecidas apenas em conjuntos completos.

Acresce a estas limitações o desgaste intensificado de vários equipamentos, que operam frequentemente acima dos parâmetros para os quais foram originalmente dimensionados. Esta sobrecarga resulta em avarias cuja resolução é dificultada pela excessiva dependência de fornecedores externos (particularmente do fornecedor original) e pela sua limitada capacidade de resposta em situações urgentes.

5.4.2 Análise do Problema

No decurso da análise das práticas de manutenção existentes, foram identificados dois obstáculos principais que comprometem a eficiência e a capacidade de resposta da equipa técnica:

- A indisponibilidade de componentes específicos de substituição. Em muitos casos, os fabricantes disponibilizam apenas kits completos, inviabilizando a reposição de elementos individuais. Um exemplo disso é o balanceador das portas *avant* (Figura 5-12), cuja substituição obriga à aquisição de um conjunto completo, mesmo quando apenas um componente está danificado;

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

- A dependência exclusiva do fornecedor original, o que introduz vulnerabilidades significativas na cadeia de abastecimento. Esta situação torna-se particularmente crítica em contextos de urgência, onde o tempo de resposta é limitado e o impacto de uma paragem de linha é elevado.

Estes obstáculos resultam em ineficiências sistémicas que comprometem a produtividade e aumentam os custos operacionais de forma desproporcional.



Figura 5-12 — Balanceador Aéreo das Portas Av e o seu Desenho CAD

Neste sentido, tornou-se evidente a necessidade de uma solução interna que conferisse maior flexibilidade técnica e autonomia ao processo de manutenção, papel que veio a ser desempenhado pela introdução da impressão 3D no ambiente fabril.

5.4.3 Possíveis Soluções

Graças ao investimento interno na aquisição de uma impressora 3D, a empresa dotou-se de capacidade de produzir componentes não críticos e/ou de suporte, permitindo reparações mais rápidas e económicas e adaptadas às necessidades das operações. Esta abordagem possibilita não só a substituição direta das peças danificadas, como também a criação de peças com *design* melhorado, adaptadas às exigências reais da fábrica. Um exemplo é a “botoneira” do adaptador da máquina de enchimentos (Figura 5-13), originalmente não dimensionada para suportar impactos. A versão redesenhada, impressa internamente, incorporou melhorias estruturais que aumentaram a sua resistência e durabilidade, além disso, permitiu ainda uma poupança de 120 € face à peça original.

Como a produção destes componentes pode ser realizada internamente, torna-se possível alterar facilmente o desenho das peças e testar sucessivas geometrias até encontrar a solução mais eficiente, sem os constrangimentos habituais de tempo e custo associados a fornecedores externos, tornando a manutenção mais ágil, flexível e eficiente.

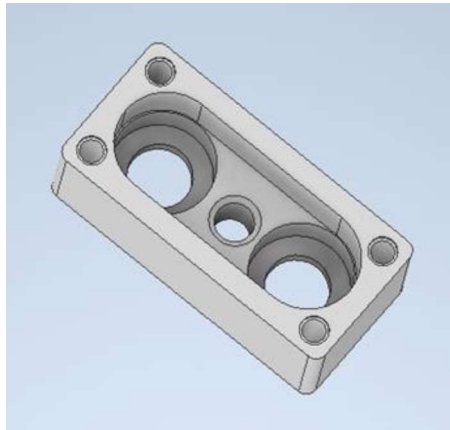


Figura 5-13 — Caixa de botões adaptador FIVE

Paralelamente, em casos em que a impressão 3D não é viável para a produção final da peça devido a exigências de material p.ex, a capacidade interna de desenhar e imprimir protótipos permite testar diferentes geometrias e funcionalidades de forma rápida e económica. Uma vez validado o modelo, é então possível recorrer a fornecedores locais para a produção final, reduzindo significativamente o tempo de resposta e o custo em comparação com o fornecedor original. Um exemplo concreto é o sistema de acoplamento das rodas do AGV (Figura 5-14) que foi redesenhado e impresso internamente em 3D para prototipagem. Após testes bem-sucedidos à geometria e ao encaixe no ambiente real, o modelo foi enviado a um fornecedor externo para produção em aço, garantindo assim a robustez necessária para aplicação industrial sem comprometer os prazos de entrega.

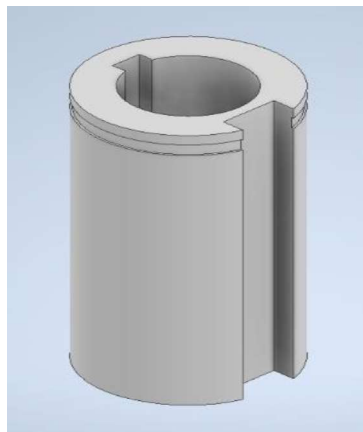


Figura 5-14 – Acoplamento das rodas dos AGV's

5.4.4 Exemplos de soluções adotadas

A implementação da impressão 3D como solução para a produção de componentes não críticos trouxe benefícios significativos em termos de custos, tempo e eficiência operacional. Um exemplo disso foi o desenvolvimento de um suporte para tubo flexível, cf. ilustrado na Figura 5-15, que substituiu uma peça originalmente adquirida a um fornecedor externo. Enquanto o componente externo custava 35 € por unidade, a versão produzida internamente através de impressão 3D teve um custo total de apenas 3 €, representando uma economia de 32 € por unidade. Além da redução de custos, esta solução eliminou os tempos de espera associados ao processo de encomenda, que podiam chegar a várias semanas.

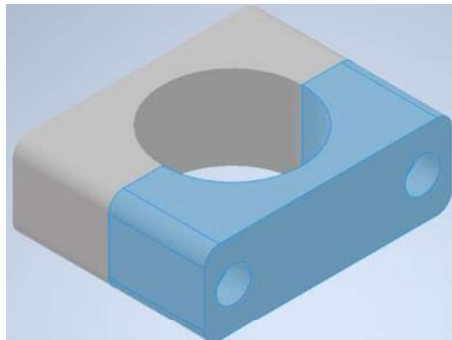


Figura 5-15 – Suporte para tubo flexível

Outro exemplo foi a produção de bases de carregamento para os AGV's (Figura 5-16). Estas peças de teflon, que anteriormente eram adquiridas a um custo unitário de cerca de 400 €, passaram a ser fabricadas internamente por aproximadamente 30 € cada.

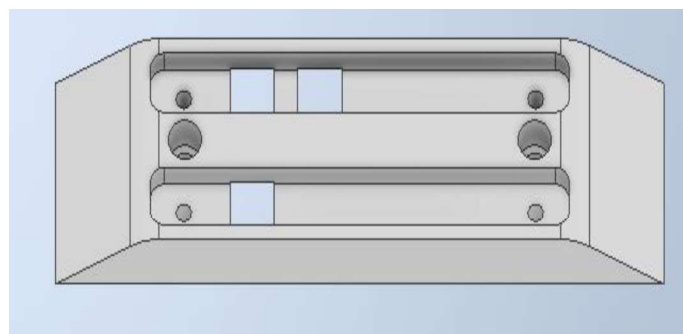


Figura 5-16 - Base de carregamento automático AGV

Além disso, a flexibilidade da impressão 3D permitiu ajustes personalizados no design das peças, adaptando-as melhor às necessidades específicas da linha de produção. Um benefício adicional desta abordagem foi a significativa redução no tempo de espera por componentes não críticos. Como estas peças não eram consideradas prioritárias para stock de segurança, a sua produção interna permitiu

reduzir o tempo de resposta de semanas para horas ou poucos dias, minimizando assim paragens não planeadas e a indisponibilidade dos equipamentos.

A implementação da impressão 3D como solução para componentes não críticos também incorporou diversos princípios do *Lean Manufacturing*:

- O *Kaizen* (melhoria contínua) foi fundamental no desenvolvimento iterativo dos designs, permitindo ajustes rápidos baseados no feedback dos operadores.
- A abordagem *Just-in-Time* foi adaptada para produção sob pedido, eliminando *stocks* desnecessários de peças pouco utilizadas.

6 CONCLUSÃO

A realização deste projeto permitiu demonstrar a relevância da otimização dos procedimentos de manutenção numa linha de montagem automóvel. Através da aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* — como o Kaizen, ou o TPM — foi possível identificar falhas, analisá-las e implementar soluções práticas que contribuíram para uma melhoria do desempenho da equipa de manutenção. A reestruturação da manutenção planeada, aliada à reorganização dos fluxos logísticos e à criação de suportes digitais e físicos para facilitar o trabalho diário, resultou numa maior fiabilidade dos equipamentos, numa redução de paragens imprevistas ou desperdícios de tempo e numa melhoria geral do ambiente de trabalho.

Para além dos ganhos técnicos e operacionais, este projeto reforçou a importância da colaboração entre os diferentes intervenientes do processo produtivo — colaboradores, operadores da manutenção e pessoal técnico — demonstrando que a melhoria contínua só é possível com o envolvimento de todos.

Em suma, os resultados obtidos confirmam que a implementação estruturada de práticas *Lean* pode representar uma mais-valia para a indústria automóvel, promovendo maior eficiência, sustentabilidade e competitividade.

7 REFERÊNCIAS

- Ahuja, I. P. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*. doi:<https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Allen, R. C. (2017). *The industrial revolution: A very short introduction*. Oxford University Press. Obtido de ISBN 978-0-19-870678-6
- Almeida, L. M. (Janeiro de 2010). O MODELO DE GESTÃO DA TOYOTA: UMA ANÁLISE DO LEAN MANUFACTURING OU MANUFATURA ENXUTA BASEADA NA TEORIA MARXIANA DO VALOR TRABALHO LUCAS MILANEZ DE LIMA ALMEIDA.
- Blog, S. (2024). *SoftExpert Blog*. Obtido de <https://blog.softexpert.com/pt-br/stellantis-nova-versao-apqp/>.
- Bolsas, M. (2024). *mais bolsas*. Obtido de <https://www.maisbolsas.com.br/enem/historia/a-primeira-revolucao-industrial>
- Businessmap. (2024). Obtido de Businessmap: <https://businessmap.io/pt/gestao-lean/melhoria/o-que-e-gemba-walk>
- CT, S. (2023). *Diagrama de Ishikawa e os 5 Porquês*. Obtido de LinkedIn: <https://pt.linkedin.com/pulse/diagrama-de-ishikawa-e-os-5-porqu%C3%AAs-sglab-ct>
- Deleneuve, M. (2015). Obtido de Journal Dunet: <https://www.journaldunet.com/economie/automobile/1158283-full-kitting-psa/1158316-acheminement-automatique>
- Deshkar, A. K. (2018). Design and Evaluation of a Lean Manufacturing Framework Using Value Stream Mapping (VSM) for a Plastic Bag Manufacturing Unit. *Materials Today: Proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.442>
- Dickinson, H. W. (2022). *A short history of the steam engine*. Routledge. doi:<https://doi.org/10.4324/9780429423123>
- Douglas, J. A. (2015). Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking ed. Professor Jiju Antony. *International Journal of Quality & Reliability Management*. doi:<https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2014-0160>
- Eghtesadifard, M. K. (2020). A Systematic Review of Research Themes and Hot Topics in Assembly Line Balancing through the Web of Science within 1990–2017. *Computers & Industrial Engineering*,. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2019>
- Gaspar, H. I. (2017). Melhoria de um Processo de Montagem numa Empresa de Componentes Eletrónicos. *Dissertação de Mestrado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa*. Obtido de https://run.unl.pt/bitstream/10362/22170/1/Gaspar_2017.pdf

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

- GHINATO. (2008). Obtido de https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-1-Estrutura-do-Sistema-Toyota-de-Producao-Fonte-GHINATO-2008_fig1_324951024
- Ghinato, P. (1995). Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. Em *SciELO Anal.*
- Grignard, C. (2018). Obtido de Stellantis: <https://www.media.stellantis.com/be-fr/opel/press/createur-du-segment-des-ludospaces-le-groupe-psa-lance-une-nouvelle-generation-de-vehicules-pour-ses-marques-peugeot-citroen-et-opel-vauxhall>
- Group, H. (2024). *Customer Specific Requirements*. Obtido de https://www.huf-group.com/sites/default/files/supplier/stellantis-csr-2024_2.pdf
- Gupta, P. &. (2021). Productivity improvements in an Indian automotive OEM using Heijunka, a lean manufacturing approach: A case study. In *Operations Management and Systems Engineering: Select Proceedings of CPIE 2019. Springer Singapore*. doi:10.1007/978-981-15-6017-0_10
- Gupta, S. &. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*,. doi:<https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Hautamäki, K. &. (2023). Development of a new expandable Andon light system into lean manufacturing production using MQTT and smart bulbs. *Robotics and Autonomous systems*. doi:https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/175948/Hautamaki_masters_thesis_2023.pdf;jsessionid=367151B2E185A2B2B2C985B304AEFF51?sequence=1
- Hernandes, P. (2020). Obtido de LinkedIn: <https://pt.linkedin.com/pulse/kanban-melhor-forma-de-organizar-tarefas-e-projetos-pedro-hernandes>
- INSTITUTE, K. (2024). Obtido de KAIZEN INSTITUTE : <https://kaizen.com/pt/insights-pt/definicao-vantagens-lean-management/>
- INSTITUTE, K. (2024). Muda, Mura, Muri. Obtido de <https://kaizen.com/fr/publications/gaspillages-muda-mura-muri/>
- Janell D. Townsend, R. J. (2013). Evolution and Transformation of Innovation in the Global Automotive Industry. doi: <https://doi.org/10.1111/jpim.12075>
- Jérémy. (2024). Obtido de Passionnement Citroën: <https://www.passionnement-citroen.com/post/stellantis-l-usine-de-mangualde-fabrique-ses-premieres-voitures-electriques>
- Jie Chen, W. C. (2022). Application of the PDCA Cycle for Managing Hyperglycemia in Critically Ill Patients. doi:10.1007/s13300-022-01334-9
- Jonsson, P. &. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing Ou, performance measurement systems - the role of OEE. *Internacional Journal Operations and Production Management*. doi:<https://doi.org/10.1108/01443579910244223>

- Krishnaiyer, K. C. (2018). Cloud Kanban Framework for Service Operations Management. *Procedia Manufacturing*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.093>
- Kundgol, S. P. (2020). Implementation of Value Stream Mapping (VSM) Upgrading Process and Productivity in Aerospace Manufacturing Industry. *Materials Today: Proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.28>
- Landré, B. (2021). Obtido de <https://www.largus.fr/pros/actualite-automobile/stellantis-tout-savoir-sur-la-fusion-entre-psa-et-fca-10522407.html>
- Lima, R. R. (2024). Obtido de Scribd: <https://pt.scribd.com/doc/55005883/SWOT-GE>
- Liu, J. W. (2022). Risk assessment based on FMEA combining DEA and cloud model: A case application in robot-assisted rehabilitation. *Expert Systems with Applications*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119119>
- Luca, L. &. (2019). Ishikawa diagram applied to identify causes which determines bearings defects from car wheels. *Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899X/564/1/012093>
- M. C. Kocakülâh, J. F. (2008). Lean Manufacturing Principles and Their Application.
- Makhomu, J. (2012). Lean Manufacturing Implementation: A perspective on key success factors. *University of Kwazuku*. doi:<http://hdl.handle.net/10413/10818>
- Malmskold, L. (2013). Obtido de Research Gate: https://www.researchgate.net/figure/The-Kaizen-umbrella-by-Imai-2_fig2_257745827
- Manaye, M. (2019). Line Balancing Techniques for Productivity Improvement. *International Journal of Mechanical and Industrial Technology*, 89-104.
- Mendes, C. (2017). Obtido de LinkedIn: <https://pt.linkedin.com/pulse/muda-mura-e-muri-os-3ms-do-sistema-toyota-de-produ%C3%A7%C3%A3o-carlos-mendes>
- Mokyr, J. &. (1998). The second industrial revolution. *Storia dell'economia Mondiale*. doi:<https://faculty.wcas.northwestern.edu/jmokyr/castronovo.pdf>
- Moura, C. (2000). ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA) - Manual de Referência. doi:<http://www.estgv.ipv.pt/paginaspessoais/amario/UnidadesCurriculares/Inovação/Textos apoio/FMEA.pdf>
- Nassereddine, A. &. (2018). Competition and Resilience: Lean Manufacturing in the Plastic Industry in Lebanon. *Arab Economic and Business Journal*, 179–189. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aebj.2018.11.001>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. doi:<https://doi.org/10.4324/9780429273018>
- Oliveira, M. (2017). *Sistema de gestão da manutenção baseada no grau de maturidade da organização no âmbito da manutenção*. Universidade do Minho.

Otimização Dos Procedimentos De Manutenção De Uma Linha De Montagem Numa Indústria Automóvel

doi:https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/48721/1/Tese de Doutoramento_Marcelo Albuquerque Oliveira_2017.pdf

- Omogbai, O. &. (2017). *The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- Paris, A. (2023). Obtido de AMJE: https://amje.fr/avancees_robotique/
- Pinto, J. (2014). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. doi:<https://pt.slideshare.net/slideshow/pensamento-lean/2142341>
- Pinto, S. (2015). *OEE como indicador de desempenho para a gestão de melhoria contínua*. Universidade de Aveiro. doi:<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/19131/1/TESE CDROM.pdf>
- Presti, S. L. (2022). *LEAN en ligne*. Obtido de <https://www.leanenligne.com/blog/poka-yoke>
- Raj, A. M. (2016). *Optimization of Cycle Time in an Assembly Line Balancing Problem*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.231>
- Renault, A. (2015). *l'automobile ancienne*. Obtido de <https://l'automobileancienne.com/tag/ford-t/>
- Rewers, P. T. (2016). Tools and methods of Lean Manufacturing-a literature review. *In Proceedings of 7th international technical conference technological forum*. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/308171328_Tools_and_methods_of_Lean_Manufacturing_-_a_literature_review
- Road, Q. (2024). Obtido de Quality Road: <https://qualityway.wordpress.com/2023/12/13/pfmea-aiag-vda-em-detalhe/>
- Rosen, W. (2010). *The most powerful idea in the world: A story of steam, industry, and invention*.
- Sahib, M. (2017). Obtido de Research Gate: https://www.researchgate.net/figure/Fig-3-JIPM-Eight-Pillars-TPM-Implementation-11_fig4_319878977
- School, H. 4. (2024). Obtido de Henry4School: <https://henry4school.fr/top-des-metiers-bien-payes-avec-un-bac-sti2d/>
- Scott, N. A. (2007). *Lean conversion and genba shikumi*. Obtido de ISBN:978-0-86341-816-7
- Sherwani, F. A. (2020). Collaborative robots and industrial revolution 4.0. *International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies*. doi:<https://doi.org/10.1109/ICETST49965.2020.9080724>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. doi:<https://doi.org/10.4324/9781315136479>

- Singh, R. G. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Smith, S. (2014). Muda, Muri and Mura. In Six Sigma. Obtido de <https://www.proquest.com/docview/1505315316?sourcetype=Trade%20Journals>
- Souza, T. (2024). *Entenda a história da Segunda Revolução Industrial*. Obtido de <https://www.todamateria.com.br/segunda-revolucao-industrial/>
- Stellantis. (2025). Obtido de Stellantis: <https://www.stellantis.com/fr/groupe/raison-d-etre-et-valeurs>
- Stellantis. (2025). Obtido de Stellantis: <https://www.emastellantis.fr/histoire.php>
- Stellantis. (2025). *Stellantis*. Obtido de <https://www.stellantis.com/fr/groupe/a-propos-de-nous>
- Stellantis. (2025). *Stellantis*. Obtido de <https://www.stellantis.com/fr/groupe>
- Team, A. E. (2023). *Business Adobe*. Obtido de <https://business.adobe.com/fr/blog/basics/what-is-andon-lean-manufacturing>
- The_Moose. (2023). Obtido de Safety Moose: <https://safetymoose.com/2023/08/why-we-should-invest-in-a-safety-and-health-system-like-iso45001/>
- Toneva, M. (2024). Obtido de businessmap: <https://businessmap.io/pt/o-que-e-heijunka>
- Troxler, P. (2013). Making the 3rd industrial revolution. Fab Labs: Of Machines, Makers and Inventors. Obtido de https://www.researchgate.net/publication/285724930_Making_the_third_industrial_revolution_The_struggle_for_polycentric_structures_and_a_new_peer-production_commons_in_the_FabLab_community
- Wevalgo. (2024). Obtido de WEVALGO: <https://www.wevalgo.com/know-how/lean-management/lean-methods-tools/vsm>
- Womack, J. &. (1996). *Create, Lean Thinking: Banish Waste and Wealth in Your Corporation*. Obtido de ISBN-10 : 0743249275
- Wong, K. C. (2016). *Ishikawa diagram. Quality Improvement in Behavioral Health*.



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra