



Universidade de Aveiro
Ano 2021

**PAULO FILIPE
PEREIRA MEIRELES
GONÇALVES**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *WORLD CLASS*
MANUFACTURING A UMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO**



**PAULO FILIPE
PEREIRA MEIRELES
GONÇALVES**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *WORLD CLASS*
MANUFACTURING A UMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO**

Relatório de Projeto apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor José Vasconcelos Ferreira, Professor Associado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

o júri

presidente

Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos,
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

vogais

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira,
Professor Coordenador, ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor José António de Vasconcelos Ferreira (Orientador)
Professor Associado, Universidade de Aveiro

agradecimentos

À minha família, pelo suporte dado ao longo desta caminhada e pela ajuda sempre que necessário.

Aos meus amigos que nunca me abandonaram e a todas as pessoas que conheci nestes 5 anos

Ao Professor José Vasconcelos, pela ajuda e disponibilidade na realização deste relatório.

A todos os colaboradores da Funfrap, que apesar das difíceis circunstâncias nunca deixaram de me acompanhar e transmitir todo o conhecimento necessário para a realização do Projeto.

E por fim, um sentimental agradecimento à minha namorada que conheci neste percurso e que nunca me deixa de dar aquela força nos momentos mais difíceis.

palavras-chave

world class manufacturing, wcm, smed, rfmea, kaizen.

resumo

O projeto apresentado foi desenvolvido numa empresa de fundição de ferro que atua para o setor automóvel, *Funfrap – Fundição Portuguesa, S.A.*, em ambiente *World Class Manufacturing*, e tem como principais objetivos a redução de tempo de ciclo e redução de potenciais falhas nos processos produtivos.

De modo a atingir os objetivos propostos foi efetuado o diagnóstico da situação inicial, através da observação direta e com maior foco numa linha nova de acabamentos. Através desta análise, junto com os colaboradores da empresa, foi possível identificar oportunidades de melhoria e de seguida selecionar as ações de melhoria que se pretendiam introduzir. Através de planos de melhoria foi utilizada a ferramenta RFMEA para analisar preventivamente a nova linha de acabamentos e utilizando a metodologia SMED planeou-se a redução da mudança de ferramenta dessa linha tendo em vista o aumento da sua segurança também.

As soluções resultaram na identificação de novos riscos e novos modos potenciais de falha associados ao processo e ao produto e foi encontrada a causa raiz de um problema de *Changeover*.

keywords

world class manufacturing, wcm, smed, rfmea, kaizen

abstract

The presented project was developed in an iron foundry company that works for the automotive sector, Funfrap - Fundação Portuguesa, S.A., in a World Class Manufacturing environment, and has as main objectives the reduction of cycle time and reduction of potential failures in production processes.

To achieve the proposed objectives, the diagnosis of the initial situation was made through direct observation and with a greater focus on a new finishing line. Through this analysis, together with the company's employees, it was possible to identify improvement opportunities and then select the improvement actions to be introduced. Through improvement plans the RFMEA tool was used to analyze preventively the new finishing line and using the SMED methodology the reduction of the tool change of this line was planned to increase its safety as well.

The solutions resulted in the identification of new risks and new potential failure modes associated with the process and the product, and the root cause of a changeover problem was found.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Funfrap – Fundação Portuguesa S.A.....	1
1.3. Motivação para o projeto	2
1.4. Objetivos	2
1.5. Metodologia.....	3
1.6. Estrutura do documento	3
2. <i>World Class Manufacturing</i>	5
2.1. Conceitos e Objetivos.....	5
2.1.1 <i>Kaizen</i>	6
2.2. Templo WCM	8
2.2.1. Pilares WCM	9
2.2.1.1. Segurança.....	9
2.2.1.2. <i>Cost Deployment</i>	9
2.2.1.3. <i>Focused Improvement</i>	10
2.2.1.4. Manutenção Autónoma e Organização do Posto de Trabalho	10
2.2.1.5. Manutenção Profissional	10
2.2.1.6. Controlo de Qualidade.....	11
2.2.1.7. Logística.....	11
2.2.1.8. Gestão de Novos Equipamentos	11
2.2.1.9. Desenvolvimento das Pessoas.....	11
2.2.1.10. Ambiente	12
2.3. Ferramentas WCM	12
2.3.1. <i>FMEA</i>	12
2.3.2. SMED.....	13
2.3.3. 5S.....	15
2.3.4. 5W1H	16
2.3.5. 4M1D.....	17
2.3.6. 5 <i>Why's</i>	17
3. Diagnóstico da Situação Inicial	19
3.1. Apresentação da empresa	19
3.1.1. Grupo TEKSID.....	19
3.1.2. Funfrap.....	20
3.2. Processo Produtivo	20

3.3. Oportunidades de Melhoria	23
3.3.1. RFMEA.....	23
3.3.2. SMED	24
3.3.3. MAQUINAÇÃO 5S.....	25
3.3.4. OEE MACHARIA	26
3.4. Seleção de Ações de Melhoria a Introduzir	27
3.5. Plano de melhoria	28
3.5.1. RFMEA.....	28
3.5.2. SMED	29
4. Implementação de melhorias	31
4.1. RFMEA.....	31
4.2. SMED.....	36
5. Conclusão.....	47
5.1. Balanço do Trabalho Realizado.....	47
5.2. Desenvolvimento Futuro.....	48
Referências	49

Índice de Figuras

Figura 1 - Funfrap	1
Figura 2 - WCM na Fiat Group Automobiles (Adaptado de De Felice et al. 2013).....	6
Figura 3- Templo WCM (Adaptado de Funfrap, 2021)	8
Figura 4- Passos e Fases WCM (Adaptado de De Felice et al. 2013).....	9
Figura 5 - Etapas conceptuais do SMED (Adaptado de Díaz-Reza et al. 2016).....	14
Figura 6 - Benefícios do SMED.....	15
Figura 7 - 5S (Adaptado de (Patra et al., 2005).....	16
Figura 8 - Logótipo do Grupo Teksid.....	19
Figura 9 - Layout da Funfrap.....	20
Figura 10 - Exemplar de um macho	22
Figura 11 - Células Robotizadas	22
Figura 12 - Processo Produtivo.....	23
Figura 13 - Planificação RFMEA.....	24
Figura 14 - Guia Central do tapete de rolos	24
Figura 15 – Altura mais baixa para o espaço que a guia central ocupa	25
Figura 16 – Altura mais alta para o espaço que a guia central ocupa	25
Figura 17 - Exemplares de caixas diferenciais	26
Figura 18 - Limalha pelo lixo	26
Figura 19 - Mangueira no chão	26
Figura 20 - Ilha PG40.....	27
Figura 21 - Cabeçalho de um Plano de Controlo	32
Figura 22 - Cabeçalho de um FMEA Processo/Produto de um cárter cilindro	32
Figura 23 - Guia de Verificação	33
Figura 24 - Tipo de Perdas e o seu Impacto na Funfrap	36
Figura 25 - Linha de Acabamentos de Cárteres Cilindro.....	37
Figura 26 - Sequenciamento dos Postos de Trabalho da Troca da Guia Central.....	37
Figura 27 - 5W1H	39
Figura 28- Análise 4M1D	40
Figura 29 - 5 Why's.....	41
Figura 30 - Planeamento do Projeto	42

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 – RFMEA – Lista de Verificação.....</i>	35
Tabela 2 – Duração das operações do changeover divididas por zonas.....	38
Tabela 3 – Número de guias por zona com o seu comprimento e o seu tempo de troca .	43
Tabela 4 – Separação das Atividades Internas de Atividades Externas	44
Tabela 5 - Conversão das Atividades Internas em Atividades Externas.....	45

Lista de Abreviaturas

WCM	<i>World Class Manufacturing</i>
TQM	Total Quality Management
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TIE	<i>Total Industrial Engineering</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
SOP	<i>Standard Operation Procedures</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
RFMEA	<i>Reverse Failure Mode and Effect Analysis</i>

1. Introdução

Neste capítulo é apresentado a motivação e contextualização do trabalho realizado bem como os seus objetivos e as metodologias usadas no desenvolvimento do projeto. Por último, é descrito a estrutura do relatório.

1.1. Contextualização

O projeto a seguir apresentado foi desenvolvido numa empresa de fundição de ferro, *Funfrap – Fundição Portuguesa, S.A.*, em ambiente *World Class Manufacturing*, no âmbito da unidade curricular Estágio/Projeto/Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial.

O desenvolvimento do projeto visa a análise de modos de falha e os seus efeitos na qualidade do produto e a redução de tempo do ciclo produtivo.

1.2. Funfrap – Fundição Portuguesa S.A.

A Funfrap foi fundada em 1985 e localiza-se em Cacia, no distrito de Aveiro (Figura 1). É uma empresa especializada no desenvolvimento e produção de componentes em ferro fundido para a indústria automóvel. Pertence ao grupo TEKSID, subsidiária da *Stellantis*, novo grupo multinacional após a fusão da *Fiat Chrysler Automobiles (FCA)* e *PSA Group*.

Os principais produtos são cárteres cilindro, cárteres chapéu e caixas diferenciais, tendo como capacidade de produção 45000 toneladas por ano. Os principais clientes são FCA, *Renault*, PSA e *Honeywell*.

A empresa labora em ambiente *World Class Manufacturing (WCM)*, programa que surgiu no grupo FCA em 2005.

Em julho de 2021, *Tupy*, multinacional brasileira do ramo da metalúrgica, comunicou um acordo efetuado com a TEKSID para a aquisição da Funfrap e por outra subsidiária no Brasil.



Figura 1 - Funfrap

1.3. Motivação para o projeto

Competitividade é um fator chave para o sucesso de uma organização. O rápido desenvolvimento económico global exige que as empresas se adaptem à concorrência global e encontrem novas formas de sucesso num mercado em constante mudança. Os requisitos básicos de competitividade são uma orientação constante para o consumidor, confiabilidade e gestão da qualidade (Poor et al., 2016).

Face a este cenário de intensa concorrência, a indústria está constantemente a procurar reduzir os seus custos e perdas, principalmente através da inovação e sustentabilidade (Mendes & de Mattos, 2017).

Isto levou a um elevado número de organizações a implementar abordagens *World Class Manufacturing* (WCM) com o objetivo de melhorar o seu desempenho através da constante procura da melhoria contínua (Alonso et al., 2017). O setor automóvel é uma das indústrias que se destaca a adotar o programa WCM como é o caso do grupo *Fiat Chrysler Automobiles*, onde se insere o grupo TEKSID e, portanto, a Funfrap.

Através deste modelo, a Funfrap é capaz de melhorar continuamente os seus produtos, bem como, responder a todas as exigências sociais. Apenas desta forma consegue ser, ano após ano, uma referência nacional no ramo da fundição.

1.4. Objetivos

O projeto apresentado tem como principais objetivos a redução de tempo de ciclo e redução de potenciais falhas nos processos produtivos.

Através da aplicação de metodologias do *World Class Manufacturing* pretende-se:

- Otimizar postos de trabalho em processos produtivos através da realização do ciclo PDCA em projetos *Kaizen*.
- Analisar potenciais modos de falha e os seus efeitos na qualidade do produto, nomeadamente através da ferramenta *FMEA* E *RFMEA*, com o objetivo de reduzir as potenciais falhas observadas nos processos produtivos.
- Reduzir tempos de ciclo e tarefas que não agregam valor ao ciclo produtivo, de forma a garantir a sua qualidade, através da aplicação de um SMED.

1.5. Metodologia

De modo a atingir os objetivos propostos, o desenvolvimento do projeto deve seguir uma metodologia de trabalho.

Primeiramente, foi efetuada uma revisão literária dos conceitos WCM, para garantir o conhecimento necessário para a realização do projeto. Em paralelo, foi efetuado o diagnóstico da situação inicial. Esta etapa consistiu na aprendizagem do processo produtivo, através da observação direta e com maior foco numa linha nova que tinha sido implementada meses antes do estágio se iniciar. Através desta análise, junto com os colaboradores da empresa, foi possível identificar oportunidades de melhoria e de seguida selecionar as ações de melhoria que se pretendiam introduzir.

A segunda etapa, consistiu no desenvolvimento e implementação das melhorias. Através de planos de melhoria foi utilizada a ferramenta RFMEA para analisar preventivamente a nova linha de acabamentos e utilizando a metodologia SMED planeou-se a redução da mudança de ferramenta dessa linha tendo em vista o aumento da sua segurança também.

Por último, ocorre um balanço do trabalho realizado e a confirmação dos objetivos propostos, com uma análise de relação entre custos e benefícios e a verificação da possibilidade de expansão do projeto para pontos semelhantes.

1.6. Estrutura do documento

A estrutura do documento encontra-se dividido em 5 capítulos.

O primeiro capítulo é uma introdução ao projeto, onde é feita uma contextualização do projeto e da empresa, há a apresentação dos objetivos e da metodologia usada.

No segundo é abordado a metodologia WCM, os seus conceitos e objetivos e as ferramentas utilizadas no projeto.

No capítulo seguinte é apresentado o processo produtivo, bem como, toda a situação inicial, ou seja, a identificação das oportunidades de melhoria e a sua seleção com os planos de melhoria para a sua implementação.

As implementações das melhorias são desenvolvidas no capítulo quatro, explicando passo a passo o desenvolvimento destas.

Por último é feito um balanço do trabalho realizado, conclusões dos objetivos alcançados, dificuldades encontradas e sugestões para trabalho futuro.

2. World Class Manufacturing

2.1. Conceitos e Objetivos

Em 1984, Hayes e Wheelwright introduziram o conceito *World Class Manufacturing* (WCM). Desde então, vários autores adotaram, desenvolveram, e melhoraram o conceito (Flynn et al., 1999; Hayes & Wheelwright, 1985). Estes definem *World Class Manufacturing* como um conjunto de processos, sugerindo que ao seguir as melhores práticas melhores resultados surgem. WCM envolve todos os funcionários com a ideia de melhoria contínua, focando eliminar desperdícios, reduzir as perdas e ao mesmo tempo melhorar os padrões e métodos.

O objetivo é atingir a competitividade global através da adesão aos seguintes princípios: "zero desperdício", "zero stock", "zero falhas", "zero defeito", "maior produtividade", "maior segurança" e "redução de custos". Baseando-se nestes princípios fundamentais de melhoria contínua, WCM mostra o valor de utilizar uma abordagem moderna e completa para organizar e melhorar novos produtos e processos (Pałucha, 2012).

Em 2005, o Professor Hajime Yamashina implementou o programa WCM no grupo *Fiat Group Automobiles* e segundo o grupo, WCM é "um sistema de produção estruturado e integrado que abrange todos os processos da fábrica, desde o ambiente de segurança e manutenção até à logística e qualidade". Através do envolvimento e motivação de todos, o objetivo é melhorar continuamente o desempenho da produção, ao mesmo tempo que se procura uma redução progressiva de desperdício, com a finalidade de assegurar a qualidade do produto e a máxima flexibilidade na resposta aos pedidos dos clientes (De Felice et al., 2013; Yamashina, 1995).

Yamashina (1995), descreve uma manufatura especializada em investigação, engenharia de produção, capacidades de progresso e experiência em chão de fábrica onde integra esses elementos num sistema combinado. De acordo com Hajime Yamashina, a capacidade de mudança continua a ser o fator mais crucial.

A estratégia das empresas que pretendem alcançar WCM deve ser orientada para apoiar as exigências e expectativas dos clientes. Os seus resultados podem ser definidos de modo a serem mensuráveis e a sua visão e objetivos devem ser enquadrados com os funcionários da empresa. Métodos como *Total Quality Control* (TQC); *Total Productive Maintenance* (TPM); *Total Industrial Engineering* (TIE) E *Just in Time* (JIT) são introduzidos

e por isso quando aplicados em manufatura os sistemas *Total Quality Management (TQM)* e *WCM* são permutáveis como é possível visualizar na Figura 2 (De Felice et al., 2013; Yamashina, 1995).

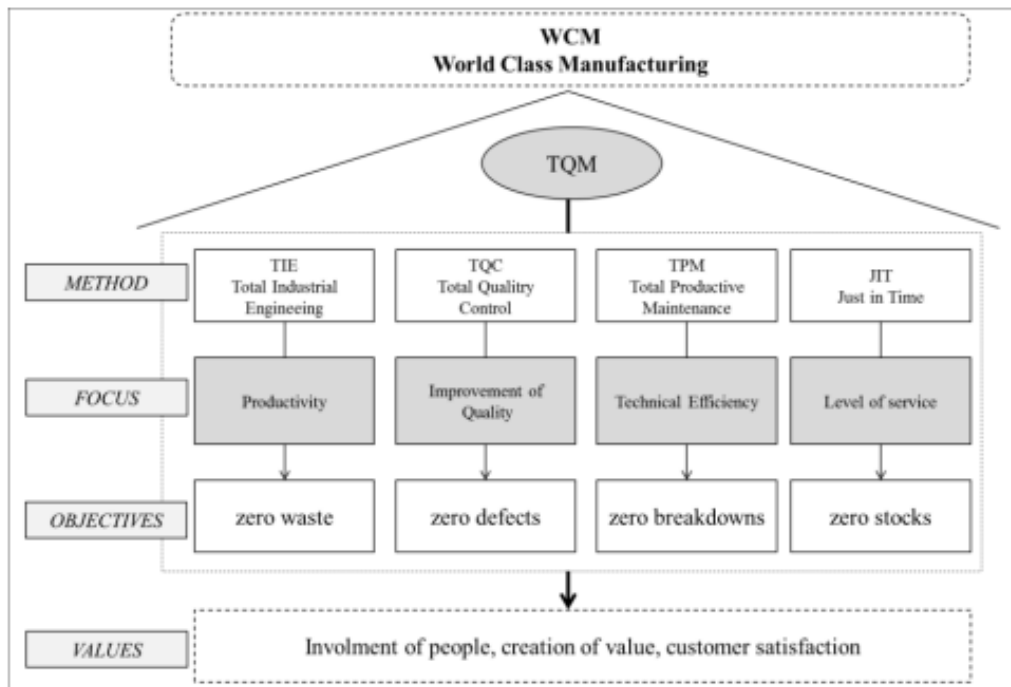


Figura 2 - WCM na Fiat Group Automobiles (Adaptado de De Felice et al. 2013)

2.1.1 Kaizen

World Class Manufacturing é uma metodologia baseada num sistema de gestão japonês chamado *Kaizen* (Poor et al., 2016).

Kaizen significa literalmente mudar para melhor. É um processo diário, cujo objetivo vai além de uma simples melhoria de produtividade, tem a missão também de humanizar o local de trabalho e eliminar as atividades demasiado árduas (Díaz De Mera et al., 2012).

Uma das técnicas de melhoria da qualidade mais essenciais e amplamente utilizadas pelas equipas *kaizen* é o ciclo PDCA. Este é um ciclo de melhoria que é utilizado na resolução de problemas para eliminar a causa raiz do problema. O ciclo de Deming, como também é conhecido, inclui 4 etapas: *Plan*, *Do*, *Check* e *Act* (La Verde et al., 2019).

- *Plan*: esta parte do ciclo consiste em compreender o problema, encontrar e priorizar as soluções.

- *Do*: aplicar as soluções.
- *Check*: verificar a eficácia da solução e monitorizá-la.
- *Act*: normalizar a nova solução implementada e difundir a solução para situações semelhantes

Kaizen é usado também para descrever as respetivas atividades de melhoria implementadas na organização. Estas são divididas em quatro:

- *Quick Kaizen*: O *Quick Kaizen* é utilizado quando o fenómeno é maioritariamente definido e os dados estão disponíveis (mesmo que ainda não tenham sido processados). O *Quick Kaizen* é uma ferramenta PDCA, eficaz para implementar melhorias rápidas, desenvolver ideias e sugestões, difundir know-how e soluções implementadas. Como o *Quick Kaizen* é uma ferramenta relativamente fácil, destina-se a ser preenchido à mão no próprio chão de fábrica pelos operadores, se necessário com alguma supervisão. O objetivo é utilizar o máximo de esboços possível ao preencher o modelo, uma vez que os esboços dão uma visão mais clara tanto do problema como da solução (Funfrap, 2021).
- *Standard Kaizen*: O *Standard Kaizen* é utilizado para problemas mais complexos ou crónicos, onde, no entanto a maioria dos dados já está definida e disponível. A outra grande diferença em relação ao *Quick Kaizen* é que, enquanto este é normalmente gerido por um operador com pouca monitorização, o *Standard Kaizen* é desenvolvido e controlado por um supervisor. O *Standard Kaizen* é também uma ferramenta PDCA, eficaz para implementar melhorias rápidas, onde os problemas são, de alguma forma, mais complexos. O objetivo continua a ser o de utilizar o máximo possível de esboços ao preencher o modelo (Funfrap, 2021).
- *Major Kaizen*: Ferramenta pesada para melhorar problemas complexos e crónicos através de equipas e com prazos mais longos. A atividade das equipas é monitorizada por um sistema visual (quadro) para cada etapa do processo de melhoria. Os quadros devem facilitar o envolvimento das pessoas, a proatividade e a difusão da compreensão do problema. O líder do projeto deve verificar o progresso do mesmo, a utilização adequada das ferramentas e a difusão do *know-how*. A equipa é constituída por 3 a 7 pessoas e trabalha em conjunto durante um período de até 3 meses para combater um problema complexo, onde uma análise detalhada é necessária para atingir o objetivo estabelecido (Funfrap, 2021).
- *Advanced Kaizen*: É uma ferramenta superpesada que é utilizado de forma menos frequente e as ferramentas utilizadas são geralmente mais complexas e sofisticadas. Uma equipa qualificada composta por 5 a 7 pessoas, apoiada por um especialista,

trabalha em conjunto durante um período superior a 3 meses para atacar problemas muito complexos, onde são necessárias análises detalhadas e contramedidas diversas para atingir o objetivo fixado. A atividade da equipa é monitorizada por um sistema visual (quadro) para cada etapa do processo de melhoria; os quadros devem facilitar o envolvimento das pessoas, a proatividade e a difusão da compreensão do problema. *Standard Kaizen* deve ser utilizado quando o problema, apesar da implementação de ferramentas *Kaizen* básicas, ainda permanece (mesmo que reduzido) e o objetivo é fixado em zero (Funfrap, 2021).

2.2. Templo WCM

O modelo WCM é constituído por dez pilares interligados (Pałucha, 2012) apresentado o “Templo WCM” (Figura 3). Estes são universais, mas o caminho para os alcançar é único. (Gajdzik, 2013). Cada pilar foca-se numa área específica do sistema de produção, utilizando ferramentas adequadas para alcançar a excelência global (De Felice et al., 2013).

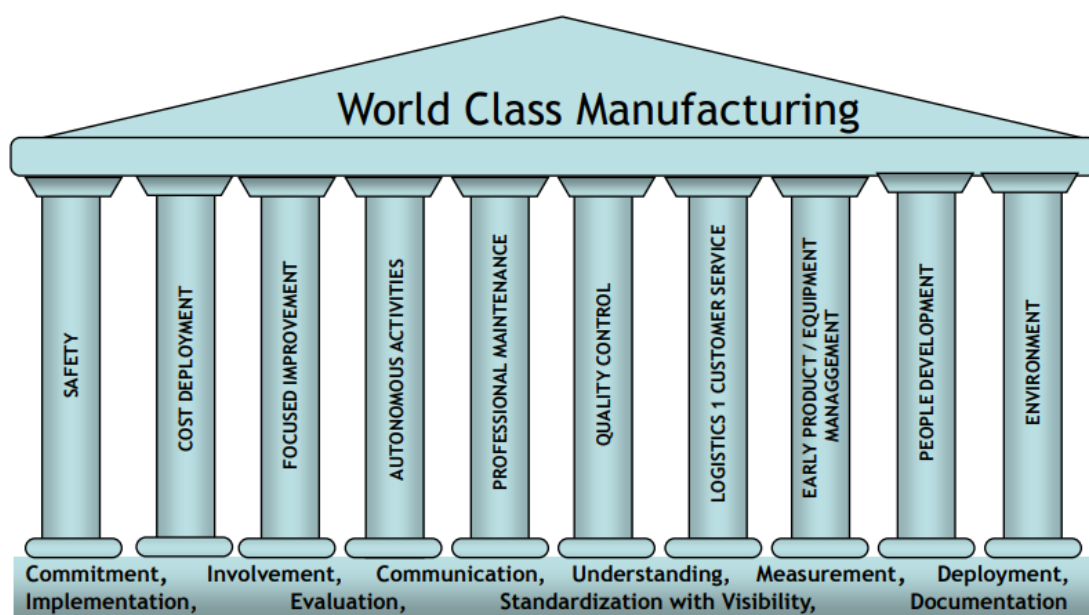


Figura 3- Templo WCM (Adaptado de Funfrap, 2021)

Cada pilar é desenvolvido em 7 passos que são divididos em 3 fases: reativa, preventiva e proativa. A Figura 4 apresenta uma relação entre passos e fases, todavia cada pilar técnico pode ter uma relação diferente com estas fases.

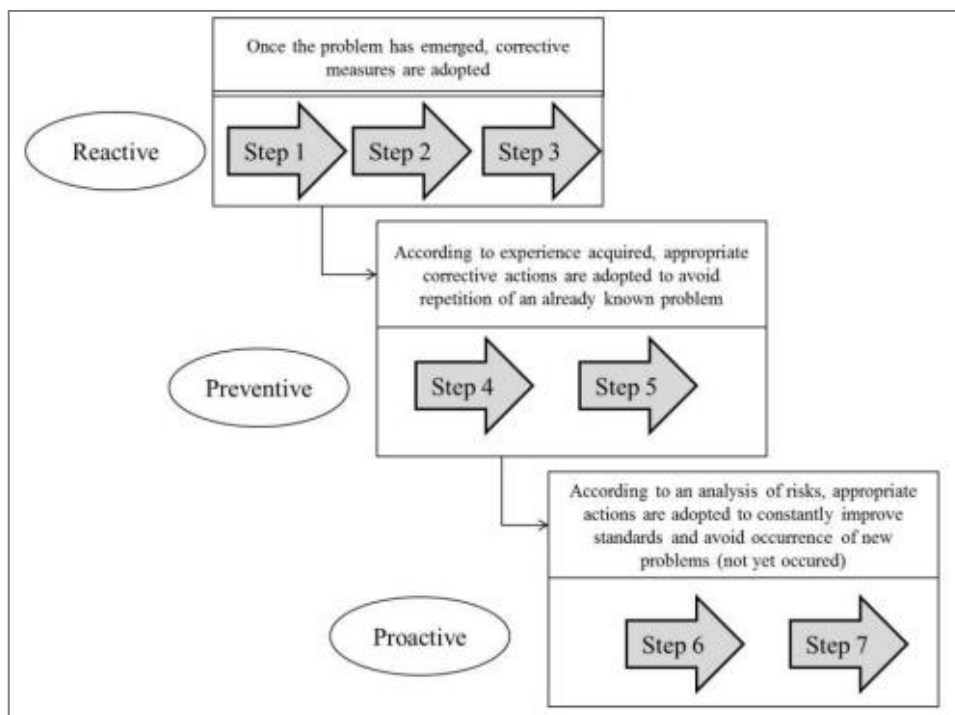


Figura 4- Passos e Fases WCM (Adaptado de De Felice et al. 2013)

2.2. Pilares WCM

2.2.1. Segurança

O pilar técnico Segurança tem como propósito a melhoria constante do ambiente de trabalho e a eliminação das condições que podem causar acidentes e infortúnios, reduzindo as situações de alto risco ou atitudes perigosas. Estes objetivos podem ser alcançados promovendo a cultura da segurança em todos os níveis da organização. Todos os membros da organização deverão ser progressivamente envolvidos em um processo de sensibilização crescente através de um percurso entre os aspetos normativos, económicos e éticos (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.2. Cost Deployment

O *Cost Deployment* permite definir programas de melhoria que tiveram impactos na redução de perdas, e de tudo o que pode ser classificado como desperdício ou sem valor agregado de maneira sistemática. O *Cost Deployment* reside na capacidade de transformar em custos as perdas. As perdas e os desperdícios que acontecem durante a realização de um processo de produção são imputados a máquinas, pessoas e materiais, tentando

procurar a causa pela qual se originou aquela perda (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.3. Focused Improvement

É um pilar técnico, dedicado a atacar as perdas identificadas pelo *Cost Deployment*, que têm um impacto significativo no orçamento e onde se espera poupanças importantes. A abordagem do *Focused Improvement*, está centrada na aplicação de técnicas, ferramentas e métodos para resolver problemas específicos tendo como objetivo benefícios em termos de redução de custos e desperdícios, não se limitando apenas a encontrar uma solução de "reparação rápida", mas iniciar um ciclo destinado a encontrar as causas raiz do problema (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.4. Manutenção Autónoma e Organização do Posto de Trabalho

A manutenção autónoma faz parte das atividades que tem o objetivo de prevenir os problemas das máquinas e equipamentos e as pequenas paragens que acontecem devido à falta de manutenção das condições de base. A manutenção autónoma não é uma atividade especializada, mas deve ser apreendida e aplicada por todas as pessoas que trabalham na produção e que interagem quotidianamente com as máquinas e com os equipamentos. A manutenção autónoma é uma atitude sistemática com o objetivo de melhorar a eficiência global do sistema de produção.

Este pilar também é responsável pela organização dos postos de trabalho e é constituído por um conjunto de critérios técnicos, métodos e instrumentos que juntos criam um local de trabalho ideal para atingir a melhor qualidade, máxima segurança e máximo valor. Isto significa realizar ações de melhoria contínua com o objetivo de garantir a ergonomia e a segurança do local de trabalho, assegurar a qualidade do produto e melhorar a produtividade do trabalho (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.5. Manutenção Profissional

O pilar técnico Manutenção Profissional tem a capacidade de construir um sistema de manutenção capaz de reduzir a zero os danos e as microparagens das máquinas e dos equipamentos aumentando o seu ciclo de vida, através da utilização de práticas de manutenção baseadas na capacidade de prolongar a vida dos componentes (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.6. Controle de Qualidade

O Controle de Qualidade é um pilar técnico do WCM que se compromete a obter produtos com zero defeito construindo a qualidade na parte interna do processo, através de uma análise da capacidade do processo e de um controle apropriado do processo (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.7. Logística

A Logística é o conjunto de fluxos informativos e de fluxos físicos dos materiais com o objetivo de criar condições favoráveis entre a empresa e os fornecedores. Posto isto, o nível de inventário fica mais reduzido, a necessidade de deslocamento é menor, e o tráfego, seja de materiais ou informação, é também inferior, e desenvolver uma rede integrada de compra, produção e vendas (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.8. Gestão de Novos Equipamentos

Este pilar tem o objetivo de melhorar a competitividade das máquinas, através da capacidade de antecipar os problemas que as máquinas podem apresentar. Isso é possível implementando no projeto das novas máquinas tudo o que foi aprendido com base na experiência nas máquinas anteriores. Esta recolha precisa de conhecimento sobre as máquinas que se cria, deve ser consultada no processo de desenvolvimento de novos equipamentos, para resolver todos os problemas com antecedência, antes de iniciar a produção e diminuir ao mínimo o período de treino, verticalizando assim a curva de crescimento produtivo (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.9. Desenvolvimento das Pessoas

O Desenvolvimento de Pessoas é um fator chave de competitividade para alcançar a perfeição, num mercado no qual a evolução dos processos produtivos e dos produtos precisa de um sólido *know-how* e uma contínua atualização, não apenas para os administradores e técnicos, mas também para os operários. Nesse âmbito, o desenvolvimento das competências das pessoas constitui o pré-requisito para a implementação do WCM. A execução dos métodos e das técnicas, típicos do WCM, e o alcance dos resultados dependem das pessoas. Este pilar técnico tem o objetivo de instituir na organização um sistema permanente de desenvolvimento das competências das pessoas, baseado na avaliação contínua das lacunas de competências e na criação das

modalidades de formação para preencher essas lacunas e na gestão dos percursos de aprendizagem (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.2.10. Ambiente

O pilar técnico ambiental refere-se ao sistema produtivo completo, através de um olhar orientado ao conhecimento e à gestão dos aspetos e impactos ambientais relativos às atividades desenvolvidas. O pilar Ambiental é então o instrumento de gestão que permite conhecer, reduzir e controlar o impacto ambiental provocado. Este pilar tem o objetivo de prever uma série de ações com a finalidade de reduzir o impacto ambiental da produção, seja para garantir o respeito às normas em vigor, seja para diminuir o desperdício de energias e de recursos naturais, respondendo ao princípio ético da responsabilidade civil (De Felice et al. 2013; Pałucha 2012; Funfrap, 2021).

2.3. Ferramentas WCM

Existem várias ferramentas no âmbito do *World Class Manufacturing*, que permitem a melhoria contínua da organização. Neste subcapítulo são apresentadas as ferramentas utilizadas ao longo do projeto.

2.3.1. FMEA

O *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) é um processo que auxilia na determinação sistemática de todas as formas possíveis de falha de um produto ou processo, com o objetivo de efetuar ações específicas, para a sua eliminação, ou redução dos seus riscos. Fornece a estrutura para uma crítica multifuncional, de um determinado produto ou processo e identifica modos de falha potenciais, do produto ou do processo, antes da sua ocorrência. Tem a capacidade de determinar os efeitos e a severidade desses modos de falha, bem como, identificar as causas e a probabilidade de ocorrência dos modos de falha (Kulcsár et al., 2020).

Modo de falha é uma descrição concisa da forma como uma unidade, sistema ou processo pode eventualmente, não necessariamente, falhar no desempenho das suas funções. Normalmente, um modo de falha pode ter vários efeitos, dependendo do cliente que se considera, sendo assim, deve-se considerar os efeitos em todos os clientes. A maior parte dos modos de falha tem mais do que uma causa potencial, que devem ser descritas sob a forma de características de produto ou parâmetros do processo que possam ser controladas ou corrigidas.

De maneira a prevenir a causa potencial, existem os controlos de processo que se baseiam em fatores dominantes do processo, isto é, aqueles elementos que originam variações significativas do processo. Com base na análise efetuada, desenvolvem-se planos de ações, estratégias para reduzir os riscos de falhas no processo.

Dos vários benefícios do *FMEA* estes são os mais importantes:

- Redução da necessidade de atividades de inspeção e controlo dos processos.
- Capta e conserva o conhecimento do produto e do processo dentro da organização.
- Estabelece prioridades para as atividades de melhoria dos produtos e processos.
- Ajuda no estabelecimento de uma cultura proactiva para a resolução de problemas.
- Redução de: sucatas, retrabalho, custos de produção, garantias e lotes / peças rejeitadas.

Reverse FMEA (RFMEA) é um processo estruturado de melhoria contínua que visa garantir a permanente atualização e progresso de um estudo de *FMEA*. É uma revisão no espaço de trabalho de todos os modos de falha incluídos no *FMEA*, realizada por equipa multifuncional, focalizada para verificar se todos os modos de falha possuem controlos adequados (prevenção/deteção) e estão funcionando corretamente. A implementação de um *RFMEA* deve ser efetuada para identificar novos modos de falha potenciais no chão de fábrica. Isso inclui revisões de redução de riscos, definição de planos de ação para os principais problemas e aprovação de contramedidas (Funfrap, 2021).

RFMEA não é um tipo de *FMEA*, é uma ferramenta de suporte à aplicação do *FMEA*.

2.3.2. SMED

Single Minute Exchange of Die (SMED), é um conjunto de técnicas para realizar operações de montagem de forma rápida. O *SMED* é utilizado como um sistema de passos para reduzir drasticamente o tempo de preparação que é necessário para completar a mudança de equipamento nas organizações. A ideia é converter as atividades para atividades externas e simplificar as atividades internas. Com o estudo do processo de mudança, os desperdícios no processo são identificados e a eficiência da mudança é aumentada.

SMED é uma ferramenta desenvolvida por Shigeo Shingo, um engenheiro japonês, com o objetivo de reduzir os pontos de gargalos causados por máquinas que não estavam a trabalhar na sua plena capacidade. Para resolver este problema, Shingo dividiu a

implementação da SMED em quatro fases, que estão representadas na Figura 5. Cada fase inclui atividades internas e externas. As atividades internas devem ser concluídas quando a máquina é parada, enquanto que as atividades externas têm de ser concluídas enquanto o equipamento está em funcionamento (Díaz-Reza et al., 2016).

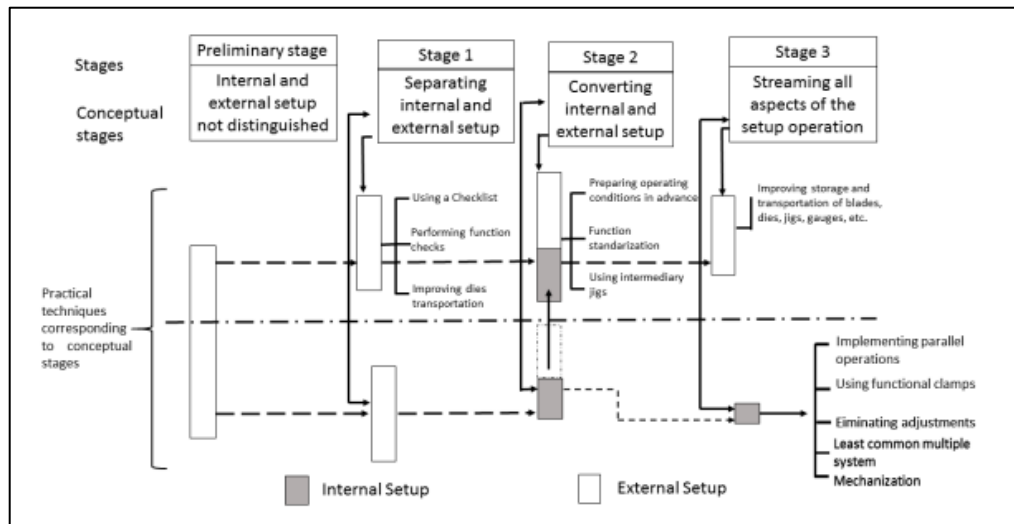


Figura 5 - Etapas conceituais do SMED (Adaptado de Díaz-Reza et al. 2016).

Na Fase 0, chamada Fase de Identificação (fase preliminar), ainda existe a separação das atividades internas das externas. É antes uma etapa para identificar e estudar o problema. Nesta fase, é necessário fazer algumas questões relativas ao sistema de produção. A Fase 1, chamada Fase de Separação, concentra-se nas mudanças de *setup* e mudança de ferramenta. uma vez que é nesta fase que existe a separação das atividades internas das externas, através da sequenciação do processo e a deteção dos problemas básicos que fazem parte da rotina de trabalho. A fase 2, a Fase da Implementação do SMED, consiste na transformação de atividades internas para externas. Para isso, é necessário reverificar operações de forma a encontrar atividades que são incorretamente consideradas como internas e procurar soluções de modo a converter estas atividades para externas. Por fim, a etapa de Melhoria, envolve a simplificação do *changeover*, a melhoria contínua de todas as atividades do processo e a formação dos operadores com o objetivo de manter a otimização do processo (Díaz-Reza et al., 2016).

(Musa et al., 2013) argumentam que a implementação do SMED os tempos de montagem, bem como os custos de mudança, enquanto Deros et al. (2011) mencionam que esta ferramenta aumenta a flexibilidade e a capacidade de produção, reduz os prazos de entrega, os níveis de inventário e custos de produção, o que ajuda a eliminar desperdícios

e defeitos e assim melhorar a qualidade do produto. Na Figura 6, são apresentados os benefícios do SMED.

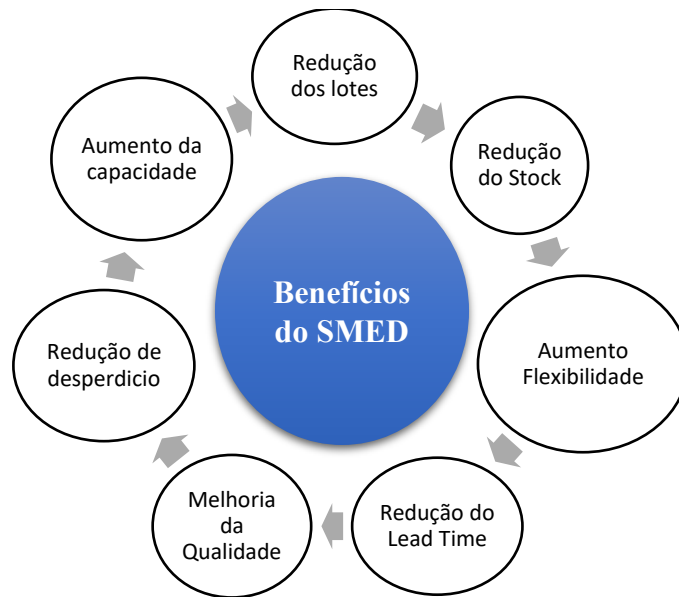


Figura 6 - Benefícios do SMED

2.3.3. 5S

O conceito dos 5S vem do Japão, O objetivo original dos 5S é tornar o local de trabalho organizado para melhorar a segurança e a eficácia, reduzindo a taxa de anomalias do produto. É apresentado por cinco palavras japoneses que significam limpeza e ordem na empresa e aceitação desta como disciplina de trabalho (Singh et al., 2014).

As cinco etapas desta técnica, demonstradas na Figura 7, são (Patra et al., 2005):

- *Seiri* (Escolher): Separar e armazenar o que não é necessário no posto de trabalho.
- *Seiton* (Organizar): uma localização é criada para aceder facilmente aos materiais necessários nos momentos certos e os materiais são novamente colocados nos seus próprios lugares após a sua utilização.
- *Seizo* (Limpar): É essencial, para realizar tarefas eficazes, a criação de um ambiente de trabalho limpo.
- *Seiketsu* (Padronizar): Na sequência da aplicação dos três primeiros princípios, são formados os padrões necessários para manter a continuação destas boas práticas no local de trabalho.

- *Shitsuke* (Auto-Disciplina): A última etapa do programa 5S engloba a melhoria dos métodos implementados nos passos anteriores, e tornar hábito esta prática.

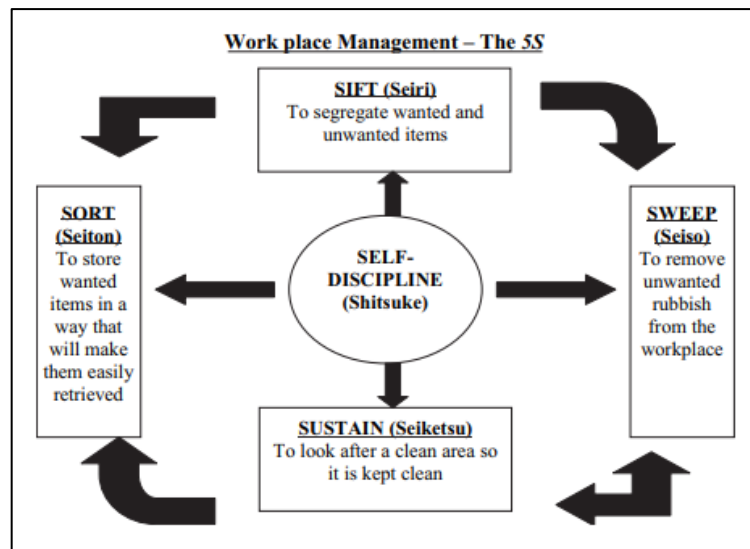


Figura 7 - 5S (Adaptado de (Patra et al., 2005))

A técnica dos 5S é um método útil para a criação de hábitos de melhoria contínua numa organização, o que leva a vários benefícios como a diminuição do *lead time*, a redução de inventário e a melhoria da interação social dos colaboradores.

2.3.4. 5W1H

"5W1H" é uma ferramenta de análise lógica utilizada para garantir que um problema é analisado tendo uma visão completa de todos os seus aspetos essenciais usando seis perguntas (De Felice et al., 2013):

- *What?* - Verificar variações causadas pela produção de material.
- *When?* - Verificar variações relacionadas com o tempo.
- *Where?* - Verificar variações devidas a equipamento, instalações ou ferramentas.
- *Who?* - Verificação de variações entre as pessoas envolvidas.
- *Which?* - Verificação de variações nas características do processo.
- *How?* - Verificar se existem variações nas circunstâncias.

2.3.5. 4M1D

Esta é uma ferramenta de resolução de problemas utilizada para analisar um fenómeno, fazendo uma lista de possíveis fatores na origem do fenómeno e organizando subsequentemente os fatores listados em categorias. Representa o conceito de relação e causa. As categorias são (Funfrap, 2021):

- Mão de obra
- Máquina
- Material
- Método
- Design

2.3.6. 5 Why's

Esta é uma ferramenta de resolução de problemas destinada a detetar as causas de raiz de um fenómeno anormal através de um conjunto consecutivo de perguntas que devem ser respondidas. Se parar no primeiro "porquê", existe o risco de não se identificar a verdadeira causa do problema. A causa de raiz de um problema é o início de uma série de eventos que resultarão no problema final.

O método permite uma abordagem para resolver problemas, identificando as causas que os originaram, identificando a causa raiz de um problema específico de modo a eliminá-lo completamente. A técnica é aplicada principalmente na análise de incidentes de segurança, avarias, defeitos esporádicos e em perdas crónicas.

Após a identificação da origem do problema, têm de ser identificadas as contramedidas adequadas (Funfrap, 2021).

3. Diagnóstico da Situação Inicial

3.1. Apresentação da empresa

Como foi referido anteriormente, a Funfrap foi recentemente adquirida pela multinacional brasileira Tupy. Mas uma vez que, durante a realização do estágio a empresa pertencia ao grupo TEKSID, neste subcapítulo é feita uma breve apresentação do grupo e da Funfrap.

3.1.1. Grupo TEKSID

O grupo Teksid (Figura 8) foi fundado em 1978 pelo Grupo FIAT com o objetivo de fundir *Ferriere Piemontesi, Industrie Metallurgiche Torino e Ferriera di Buttigliera Alta*. Com a subsequente fusão em 2014 da *Fiat S.p.A.* e do *Grupo Chrysler* no grupo *Fiat Chrysler Automobiles*, a Teksid também se tornou parte do grupo FCA. Em 2021 o grupo FCA fundiu com o grupo PSA e formou a multinacional *Stellantis*.

É um grupo industrial italiano e líder mundial na indústria de fundição. A empresa opera em duas linhas de produtos:

Teksid Iron produz peças fundidas em ferro para motores, suspensões e outros componentes para o sector automóvel e veículos industriais.

Teksid Aluminum produz peças para motores de alumínio, tais como cabeças de cilindros e blocos de cilindros.

Entre as características que confirmam a Teksid como líder mundial destacam-se uma longa experiência no sector, automatização de última geração e constante atualização de tecnologias com vista a elevar os padrões de qualidade. Tudo isto é ainda reforçado pela estreita colaboração com os clientes, ao mesmo tempo que se desenvolvem produtos para satisfazer as suas necessidades específicas.



Figura 8 - Logótipo do Grupo Teksid

A areia de moldação trata-se de uma mistura de areia com aglomerantes, aditivos e uma percentagem de humidade. Se a peça a obter tiver secções cilíndricas ou ocas, é necessário a utilização de machos previamente fabricados na Macharia da fábrica com areia branca mais endurecida. Após a colocação de machos, as 2 meias moldações sobrepõem-se ficando a moldação pronta para o vazamento. O vazamento requer moldações resistentes a temperaturas acima da temperatura de fusão do metal, devido ao fato das moldações metálicas não resistirem, no tempo, ao desgaste erosivo e à fadiga térmica provenientes das altas temperaturas.

A Macharia dedica-se à fabricação de machos (Figura 10), estes vão dar a maior parte da forma da peça a obter e com grande precisão dimensional. Posteriormente são colocados nas moldações e recebem o vazamento, por isso exigem certas propriedades especiais. A areia de machos é constituída por areia siliciosa branca, resinas e aditivos, que são misturados em misturadores e depois alimentam as tremonhas das máquinas de fabricação de machos. A Macharia está equipada com máquinas de machos de processo caixa fria podendo ser do tipo horizontal ou vertical. Estes equipamentos dão forma ao macho através de ferramentas e rapidamente se tornam compactos e duros com a gaseificação de um catalisador (amina) que atravessa o macho.

A montagem do conjunto de machos é feita por um operador que, de seguida, com um manipulador agarra o conjunto de machos e mergulha-o na tina de pintura. Levanta-o, deixa-o escorrer e coloca-o nos balancelos para entrar na estufa. Ao sair da estufa, o conjunto seco é retirado e é colocado no pátio de paletização. Depois da obtenção dos machos, estes são colocados em stock para posteriormente ser colocados nas moldações.

Após a zona de destorroamento e abate, as peças quentes são retiradas da linha para contentores para serem arrefecidas na zona de arrefecimento. Após umas horas, são quebrados os gitos e as rebarbas maiores das peças arrefecidas passando posteriormente para a grenalhagem.

Há um jato de granalha geral nas peças de trabalho, para as limpar superficialmente, lançando granalha de alta velocidade através de turbinas dentro da máquina de jato de granalha pendular. Um operador coloca as peças num transportador aéreo para prosseguir para a fase seguinte. As peças passam por um processo de facejamento, tanto nos lados laterais como nos lados superior e inferior. Depois das 4 faces facejadas, um operador, com a ajuda de uma grua, remove o cárter do cilindro e coloca-o no transportador de rolos para ir até à máquina de jato específica. Aqui, para limpar os canais interiores com sujidade, a granalhadora específica direciona os jatos da rebarbadora para os locais de difícil acesso.

Após deixar a máquina de jato, a peça é controlada por um operador com um calibre *poka-yoke* na face superior, a face de culatra. Seguidamente, uma máquina controla os orifícios laterais dos cilindros. Apenas com estes controlos realizados a peça prossegue para as duas células robotizadas (Figura 11) de rebarbamento, onde existe outro controlo de qualidade, as peças são controladas dimensionalmente e existe um rebarbamento no furo de retorno do óleo. Aqui, o transportador divide-se em dois, cada um para cada célula. Agora, ocorre uma fase muito importante no processo. Nas cabines, três de cada lado após as células automáticas, os operadores levam uma peça de cada vez do transportador para a sua bancada e realizam o controlo visual, controlam camisas de água, e realizam pequenos retoques utilizando várias ferramentas. Os operadores podem marcar os defeitos com giz branco para depois se perceberem mais rapidamente e agirem nesses locais. As cabines, por sua vez, marcam com duas listas verdes as peças duvidosas para sucata ou com uma lista verde para soldadura. Depois disto, colocam o cilindro sobre um transportador central.

Em seguida, há uma máquina de sopragem para garantir que não haja impurezas nos canais internos. Depois, há uma mesa rotativa que encaminha as peças listadas com cores a serem avaliadas por um operador. Se este operador verificar que a peça é aceitável para ir até ao cliente, limpa as listas e coloca-a na linha que se segue para a pintura. Os cilindros são pintados e depois secos. Há um operador com a ajuda de uma grua que coloca as peças em paletes, que serão embaladas e prontas para serem enviadas para o cliente.

O diagrama representado na Figura 12 demonstra o fluxo produtivo, dividido pelas 4 secções principais da Fábrica: Fusão, Moldação, Macharia e Acabamentos.



Figura 10 - Exemplar de um macho



Figura 11 - Células Robotizadas



Figura 12 - Processo Produtivo

3.3. Oportunidades de Melhoria

Para desenvolver o projeto foram identificadas várias oportunidades de melhoria desde a área da qualidade, como por exemplo, na análise de potenciais modos de falha e os seus efeitos na qualidade do produto, a mudanças de *setup* na linha de produção, a mudanças em termos de organização e limpeza e a melhorias na eficiência do ciclo produtivo.

3.3.1. RFMEA

A linha de acabamentos dos cárteres cilindro, como já foi referido anteriormente, sofreu uma reestruturação antes do início do projeto o que causou a adição de novos postos de trabalho. Uma vez que um processo FMEA é uma análise preventiva, esta foi realizada antes da implementação da nova linha com base na linha anterior. De modo a verificar os

resultados do FMEA em comparação ao que está realmente a ocorrer na produção um *Reverse FMEA* (RFMEA) deve ser executado.

O RFMEA é uma ferramenta de melhoria contínua com base na revisão e observação do local, em vista a melhorar a robustez da produção através da diminuição e antecipação dos problemas de qualidade. Esta ferramenta deve ser realizada em produção em massa e em cada posto de trabalho, analisando os seus devidos riscos.

Esta análise é feita de acordo com uma calendarização da empresa como se pode verificar na Figura 13.

		Local:	Reverse FMEA Planificação CCIL 552																																																				
		Data:																																																					
		<table border="1"> <tr><td>P</td></tr> <tr><td>D</td></tr> <tr><td>S</td></tr> <tr><td>R</td></tr> </table>		P	D	S	R																																																
P																																																							
D																																																							
S																																																							
R																																																							
Código do Posto de Trabalho		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V40	V41	V42	V43	V44										
F10, F20, F40, F50 e		D													P																																		P						
F50																																																							
F80																																																							
F10 e F50																																																							
F50																																																							
F50																																																							
F90, F100 e F110																																																							
F100																																																							
F110																																																							
F120																																																							
F140																																																							
F120																																																							
F80																																																							
F120																																																							
M10		D																																																					
M20		D																																																					
M30																																																							
M30																																																							
M60																																																							
M60																																																							

Figura 13 - Planificação RFMEA

3.3.2. SMED

Uma vez que existem diversas referências a produzir na linha de acabamentos, existe a necessidade da troca de *setup* frequentemente nesta linha. Esta troca envolve a mudança de calibres, de ferramentas ou de moldes. Por vezes, é necessário também a troca da linha guia central do tapete (Figura 14). Esta guia existe para o cárter cilindro não sair da posição ideal para que os vários calibres possam atuar de forma correta. Nas várias referências, existem duas alturas para os cárteres como se pode visualizar nas Figuras 15 e 16.

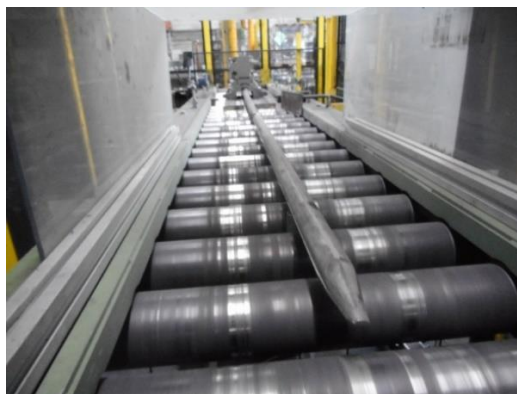


Figura 14 - Guia Central do tapete de rolos



Figura 15 – Altura mais baixa para o espaço que a guia central ocupa



Figura 16 – Altura mais alta para o espaço que a guia central ocupa

Sempre que ocorre a troca de referências de um cárter cilindro alto para um cárter cilindro baixo existe a necessidade de troca das guias centrais de posicionamento dos transportadores. Esta troca é feita manualmente e ocupa grande parte do *changeover* total. Para efetuar a troca é necessário mover dois pinos em cada guia, que se encontram no transporte de rolos. Num posto de vista de segurança, esta troca é pouco segura pois para além de mexer com as mãos diretamente nos rolos, é necessário também, em certas zonas da linha, retirar as grades de proteção, o que aumenta em si o tempo de troca.

3.3.3. MAQUINAÇÃO 5S

Por exigência do cliente, as caixas diferenciais (Figura 17) são pré maquinadas na Funfrap. Para tal, o centro de maquinação executa a maquinação da zona cónica da caixa diferencial. As peças vêm da grenalhadora pendular em contentores para ser rebarbadas. Primeiro, um operador retira as rebarbas exteriores das dimensões circulares num esmeril. Depois, as caixas diferenciais passam para uma bancada onde sofrem pequenos retoques. Daqui as peças são fresadas nos topos e maquinadas nos tornos CNC. Por último, todas as peças são controladas dimensional e visualmente para garantir nenhum defeito de fabricação.



Figura 17 - Exemplos de caixas diferenciais

Esta é uma zona onde existe alguns problemas organizacionais e de limpeza, o que põe em risco a segurança dos operários. Esta desorganização leva a um maior número de irregularidades, como por exemplo a existência de mangueiras pelo chão assim como alguma limalha (Figuras 18 e 19).

Existe uma oportunidade de reorganizar o layout, com o objetivo de limpar e organizar o local, utilizando técnicas 5S, de forma que este tipo de situações não aconteça.



Figura 18 - Limalha pelo lixo



Figura 19 - Mangueira no chão

3.3.4. OEE MACHARIA

A ilha PG40, conhecida por ilhas das camisas de água, é composta pelas 2 máquinas PG40/1 e PG40/2, 3 postos de operadores, 2 tinas de pintura, 3 robôs e a estufa *Tecnotherm P40*. (Figura 20).

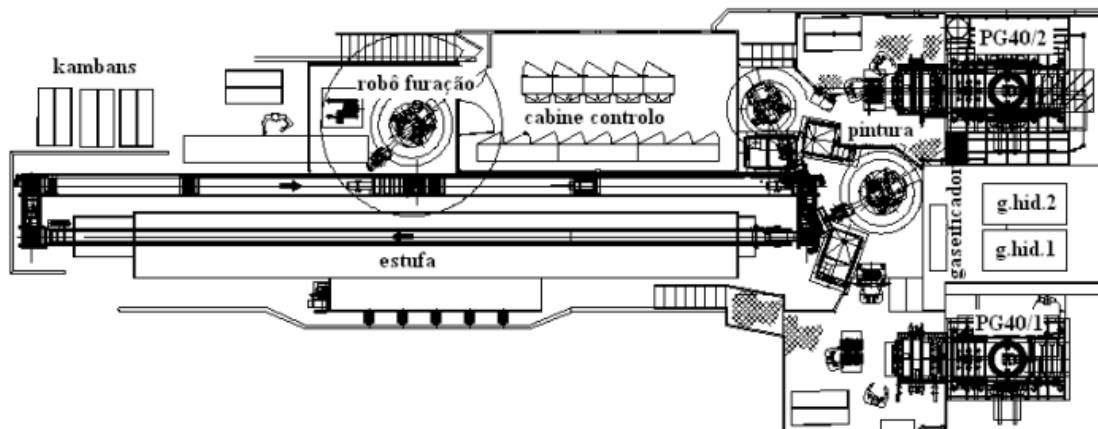


Figura 20 - Ilha PG40

Esta zona está situada na secção da Macharia, e atualmente existe um défice de taxa de eficiência desta máquina em relação a outras alturas em que essa mesma taxa foi superior e por isso há a possibilidade de aumentar o OEE através de estudo e implementar um projeto *Kaizen* de forma a obter um aumento de eficiência da zona.

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), é calculado através do produto da Taxa de Disponibilidade, Taxa de Eficiência e Taxa de Qualidade. Através deste cálculo é possível identificar perdas como, interrupções devido ao mau funcionamento, redução da velocidade causada por alguma anomalia ou produção defeituosa.

3.4. Seleção de Ações de Melhoria a Introduzir

Como identificado no subcapítulo anterior, foram observados alguns problemas e sugeridas algumas oportunidades de melhoria. Contudo, não é possível implementar todas as melhorias por isso existiu a necessidade de hierarquizar as mesmas. Após discussão com colaboradores, foi identificado as melhores soluções e como estas iriam ser implementadas.

- RFMEA - oportunidade de melhorar e atualizar todos os documentos relevantes do FMEA, isto é, planos de controlo ou instruções de trabalho (SOP's). Oportunidade de identificar novos riscos e novos modos de falha associados a situações reais de produção.
- SMED – desenvolver um projeto SMED com a oportunidade de melhorar o *changeover* da linha e reduzir os minutos necessários para a troca das guias centrais de

posicionamento dos transportadores da linha de acabamentos. Aumentar a segurança no processo de *changeover*.

- Maquinação 5s – utilizar a ferramenta 5s para reorganizar o layout, limpar o local e torná-lo mais simples de trabalhar.
- Aumento OEE – aumentar a eficiência de parte da linha da Macharia.

Seguiu-se a seleção das melhorias a aplicar, com todos os intervenientes e concluiu-se que as três primeiras (RFMEA, SMED, Maquinação 5s) podiam ser efetuadas dentro do tempo disponível. Já a melhoria “Aumento OEE Macharia” uma vez que foi proposta já num decorrer avançado do projeto e devido à necessidade de grande estudo das cadências e produtividade das máquinas diariamente, o tempo disponível não seria o ideal para obter uma solução adequada e apropriada para os objetivos da empresa.

A melhoria “Maquinação 5s” também foi excluída pois existia um projeto paralelo para a renovação total do espaço e a pessoa responsável pela zona da Maquinação ia ser substituída, por isso, como era uma melhoria semelhante e juntando à indefinição do líder do projeto não se avançou para o subprojecto.

A análise RFMEA era possível e adequada, uma vez que, é recomendado que a equipa deste tipo de análise contenha uma pessoa nova ao processo, dessa forma era possível também conhecer por dentro e de forma mais rápida o processo e os controlos deste.

O projeto SMED foi priorizado, contudo, uma vez que a linha tinha sido mudada recentemente e não apresentou a cadência desejada durante os meses do projeto as melhorias sugeridas não foram postas em prática o que implicou na falta de resultados do projeto.

3.5. Plano de melhoria

Os planos abrangem os diversos passos necessários para a implementação de cada projeto e para estes atingirem os objetivos propostos.

3.5.1. RFMEA

Os objetivos passam por atualizar os controlos do novo processo na linha de acabamentos e dar a conhecer qualquer modo de falha que possa ocorrer. Melhorar os controlos para cada produto e para todos os processos dentro da empresa.

Passo 1: Definir o âmbito

Passo 2: Revisão no local

Passo 3: Observação no local

Passo 4: Comparação dos riscos observados com o atual processo

Passo 5: Atualizar o FMEA

Passo 6: Atualização dos planos de controlo e instruções de trabalho (SOP'S)

Passo 7: Formação do conhecimento obtido

3.5.2. SMED

O projeto passa por analisar os diversos tipos de perda e o seu impacto na organização. Seguidamente usar ferramentas WCM para obter a origem do problema. Dividir o processo de mudança de ferramenta em várias etapas. Oferecer soluções e analisar se as mesmas atingem os benefícios pretendidos.

Uma vez que este plano vai resultar num projeto *Kaizen*, é adequado adotar o ciclo PDCA a este plano de melhoria e dividir os passos que o consistem nas quatro etapas de um ciclo PDCA.

PLAN:

Passo 1: Analisar a situação inicial

Passo 2: Separar atividades internas e externas

DO:

Passo 3: Converter as atividades internas em atividades externas

Passo 4: Simplificar/eliminar as atividades internas

Passo 5: Simplificar/eliminar as atividades externas

CHECK:

Passo 6: Analisar os Custos/Benefícios

ACT:

Passo 7: Estandardizar o procedimento

4. Implementação de melhorias

Neste capítulo descreve-se o desenvolvimento das melhorias apresentadas anteriormente e os seus resultados.

4.1. RFMEA

Uma vez que os acabamentos da linha de cárteres cilindros foi redesenhada existe a necessidade de verificar se os novos postos de trabalho, embora alguns sejam temporários, estão a desempenhar corretamente as suas funções e não tenham comportamentos de risco. Para isso com a ajuda de planos de controlo e instruções de trabalho o propósito deste projeto é atualizar os modos de falha e os seus efeitos nos respetivos postos de trabalho.

Passo 1: Definir o âmbito

Neste primeiro passo houve a seleção dos postos de trabalho a analisar de acordo com a calendarização da organização. Como dito anteriormente, os postos de trabalho que irão ser analisados são os da linha de acabamentos de cárteres cilindro pois existe a necessidade de efetuar uma revisão FMEA nesses locais, sendo o âmbito do projeto como referido anteriormente observar e identificar os modos de falha e os seus efeitos nestes locais.

Passo 2: Revisão no local

Após a escolha dos postos de trabalho a analisar, é apresentada toda a informação sobre o produto e o processo, desde fluxogramas a planos de controlos (Figura 21). Através destes documentos foi possível obter o conhecimento essencial para realizar uma observação adequada no local, esta foi efetuada no passo seguinte.

De salientar, o acompanhamento dos colaboradores nesta fase, pois foi apresentada bastante informação e com a ajuda destes foi possível captar a informação mais importante a recolher nesta fase para a execução do projeto.

Esta informação consistiu na recolha da ordem das operações e no procedimento destas em cada posto de trabalho, ou seja, foi analisado passo a passo o que cada operário realiza no seu local de trabalho. Foi também analisado os modos de defeito e as anomalias causadas por estes num cárter cilindro referência, e que tipo de controlo, reativo ou preventivo, haviam para estes modos de defeito e quando, no processo, eram efetuados.



 	PLANO DE CONTROLO						Doc. Nº PC 0130 QC	Edição: 5			
	Carter cilindro 552 (2.0)							Pag. 14/20			
CAP.5: ACABAMENTOS											
Posto	Tipo de controlo	Fase	Característica			Máquina/ Utensílio/ Ferramenta	Controlo			Registo	Plano de reacção
			Parâmetro	Tolerância	Classif.		Responsável controlo	Amostra	Frequência		

Figura 21 - Cabeçalho de um Plano de Controlo

Passo 3: Observação no local

Depois do estudo e recolha de toda a informação sobre o produto e o processo, é essencial deslocar-se ao local para comparar a informação recolhida com o processo na vida real, observando a ordem e o procedimento das operações.

Utilizou-se o processo FMEA (Figura 22), para verificar a eficácia do sistema preventivo e de deteção para cada modo de falha identificado no FMEA. Este documento é bastante rico em conteúdo, pois foi possível através deste consultar para cada secção da fábrica, isto é, desde a receção da matéria-prima até ao acondicionamento, o modo potencial de falha, o efeito potencial de falha, a causa potencial de falha e os controlos de prevenção e deteção para cada procedimento e posto de trabalho.



 	FMEA Processo / Produto						Nº Documento: FMEA 0111 QC									
	Carter Cilindro 4634652.1 - 2.0						Edição: 4									
						Data: 15/06/2020										
						Nº Páginas: 15/18										
Operação Função Do Processo	Requisitos	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	S	C	Causa Potencial de Falha	Processo Actual	O	Processo Actual	D	Ações recomendadas	Responsável e Prazo de conclusão	Resultados das acções			
				Severidade/ Classificação	Controlos de Prevenção		Ocorrência	Controlos de Deteção	Deteção	RPN			Ações tomadas e data/efectiva de conclusão	Severidade/ Ocorrência	Deteção	Novo RPN
ACABAMENTOS																

Figura 22 - Cabeçalho de um FMEA Processo/Produto de um cárter cilindro

Utilizando uma guia de verificação (Figura 23), nos postos de trabalho ocorreu a averiguação e identificação de novos possíveis modos de falha que não estejam definidos no FMEA. Esta guia foi usada para cada posto de trabalho de forma que a verificação de novos modos de falha seja facilitada. Esta guia foi utilizada aquando de uma produção de uma referência específica de um cárter cilindro.

Este passo foi bastante importante no RFMEA pois a partir desta guia foi possível realizar uma série de questões em cada posto de trabalho de modo a apurar se era necessário ajustar ou reparar alguma operação nos locais de trabalho.

	Rat.	Comentário:
1) Alguma operação pode ser ignorada / não executada? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
2) Alguma operação pode ser realizada duas vezes? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
3) A operação pode ser realizada num local incorreto na peça? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
4) Algum poka yoke pode ser sustentável de passar peças não conforme? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
5) A documentação está acessível e actualizada? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
6) Os colaboradores estão certificados no posto de trabalho? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
7) As peças/paletes têm as devidas etiquetas de identificação? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
8) Todas a peças estão colocadas correctamente nos devidos estipulados? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
9) Todos os controlos de qualidade estão a ser efectuados? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
10) Todos os equipamentos de controlo estão a funcionar com as devidas condições de base? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
11) Uma peça pode ficar deformada ao ser transferida de um posto de trabalho para outro? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
12) Existe o risco de as misturar no contentor peças de outra referência? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
13) Uma peça inacabada pode ser misturada com uma peça conforme? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
14) Uma peça não conforme pode ser misturada com uma peça conforme? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
15) Matérias primas estão dentro dos valores dos requisitos? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
16) O produto subsidiário está conforme os valores dos requisitos? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
17) Todos os equipamentos de produção estão a funcionar com as devidas condições de base? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
18) O FIFO está a ser aplicado correctamente? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
19) O controlo visual pode gerar uma peça não conforme ? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		
20) Os parâmetros de produção estão adequados à referência a ser produzida? (sim/não) Se sim, pode ser detectado? 1: no posto de trabalho 2: a jusante do processo 3: não detectado no local		

Figura 23 - Guia de Verificação

Passo 4: Comparação dos riscos observados com o atual processo

O objetivo desta etapa foi identificar qualquer risco que esteja em falta ou subestimado no FMEA e nos planos de controlo e procedimentos de operação.

Verificou-se a falta ou a pouca visibilidade de instruções e procedimentos em vários postos de trabalho, o que leva ao operador a realizar erráticamente a sua função. Foi observado que num processo automático, nomeadamente, no controlo dos furos laterais dos cilindros, devido possivelmente a impurezas esta máquina, por vezes, rejeitava a peça mesmo estando boa. Numa situação foi notado que um operador não estava certificado para aquele posto de trabalho pois pertencia a outra secção.

Verificou-se a inexistência de alguns postos de trabalho no FMEA, bem como no plano de controlo, uma vez que alguns destes eram provisórios para que a linha funcionasse como pretendido. Uma vez que alguns postos adicionais eram realizados por mão humana existia um risco maior de falha e por isso deve ser adicionado ao FMEA bem como os seus efeitos a jusante ou a montante do processo.

Outras falhas observadas foram a falta ou o erro de identificação dos postos do trabalho de acordo com o sinóptico do produto/processo.

Passo 5: Atualizar o FMEA

Este passo consistiu na atualização do FMEA, isto é, adicionar os modos potenciais de falha em falta que foram observados e completar as suas linhas correspondentes (efeito potencial de falha, causa potencial de falha, controlos de prevenção e deteção).

Como foi observado era necessário atualizar o FMEA em praticamente todos os postos de trabalho, nomeadamente corrigir alguns controlos de prevenção mal identificados, atualizar os códigos dos postos de trabalho e adicionar os postos de trabalho em falta.

De modo que a informação disponível e o processo real estivessem coincidentes e para a atualização fosse mais simplificada foi utilizada a Tabela 1.

Passo 6: Atualização dos planos de controlo e procedimentos de operação (SOP'S)

Uma vez tomadas as medidas corretivas definitivas, os planos de controlo e instruções de trabalho também foram atualizados, nomeadamente corrigir ou adicionar a numeração de postos de trabalho no plano de controlo e no sinóptico do produto/processo e adicionar ou colocar visível procedimentos de operação (SOP's) em alguns locais de forma que os operários realizem corretamente as suas funções.

Tabela 1 – RFMEA – Lista de Verificação

PROCESSO	CÓDIGO DO POSTO DE TRABALHO	NOME DO POSTO DE TRABALHO	CONTROLO DO PROCESSO A OBSERVAR
Célula de rebarbagem automática	A695 A696	Célula de rebarbagem nº1 Célula de rebarbagem nº2	As peças estão a ser acabadas e controladas de acordo com a gama de fabricação?
Limpeza dos ROs com burís + Rebarbagem ataques e rebarbas Carter Óleo + Abrir furos laterais da camisa + Controlo Máscara	A190 A530	Controlo visual Acabamentos Cásteres Cilindros - Cabines	As peças estão a ser acabadas de acordo com a gama de fabricação? A peça apresenta excedentes metálicos, e sinterização nos retornos de óleo e na camisa de água?
Sopragem Face Culassa	A580	Sopragem (face culassa)	As partículas destacáveis estão ausentes na peça?
Controlo da Dureza	A100	Peso e Dureza (posto CEP)	A dureza está de acordo com o especificado?
Controlo estanqueidade	A692 A693	Controlo estanqueidade em ar-água ("drum test") Célula de estanqueidade ar-ar (cárteres cilindros - Linha 1)	As peças estão sem risco de fugas no circuito de água?
Pintura Automática, Descarga e Controlo Visual	A190 A560	Controlo visual Pintura automática com robô (cárteres cilindros)	As zonas a pintar estão com a espessura correcta e bem secas?
Secagem	A560	Pintura automática com robô (cárteres cilindros)	A tinta está bem seca?
Acondicionamento	A210	Acondicionamento Carters	O acondicionamento está conforme previsto?

Passo 7: Formação do conhecimento obtido

A fim de evitar qualquer recorrência em produtos ou processos semelhantes, o controlo do risco foi capitalizado e colocado à disposição de toda a organização.

Por isso foi feito o mesmo controlo para todos os produtos e referências de cárteres cilindro, inclusive todas as referências de caixas diferenciais e cárteres chapéu, e para todos os postos de trabalho de cada secção, desde a Fusão até aos Acabamentos e Maquinação.

A implementação desta capitalização foi verificada através de ferramentas e aplicação de "melhores práticas / lições aprendidas".

4.2. SMED

Devido a uma troca manual e lenta de mudança de ferramenta na zona de acabamentos ocorre a necessidade da criação de um projeto que tanto diminua o tempo desta mudança como a automatize e aumentando também a segurança deste processo. Mudando a troca manual da guia central de posicionamento dos transportadores para um método automático atinge-se os objetivos que o projeto se propõe.

Passo 1: Analisar a situação inicial

Primeiramente foi feito um estudo dos tipos de perdas (Figura 24), de forma a quantificar os valores anuais que cada perda provoca na empresa.

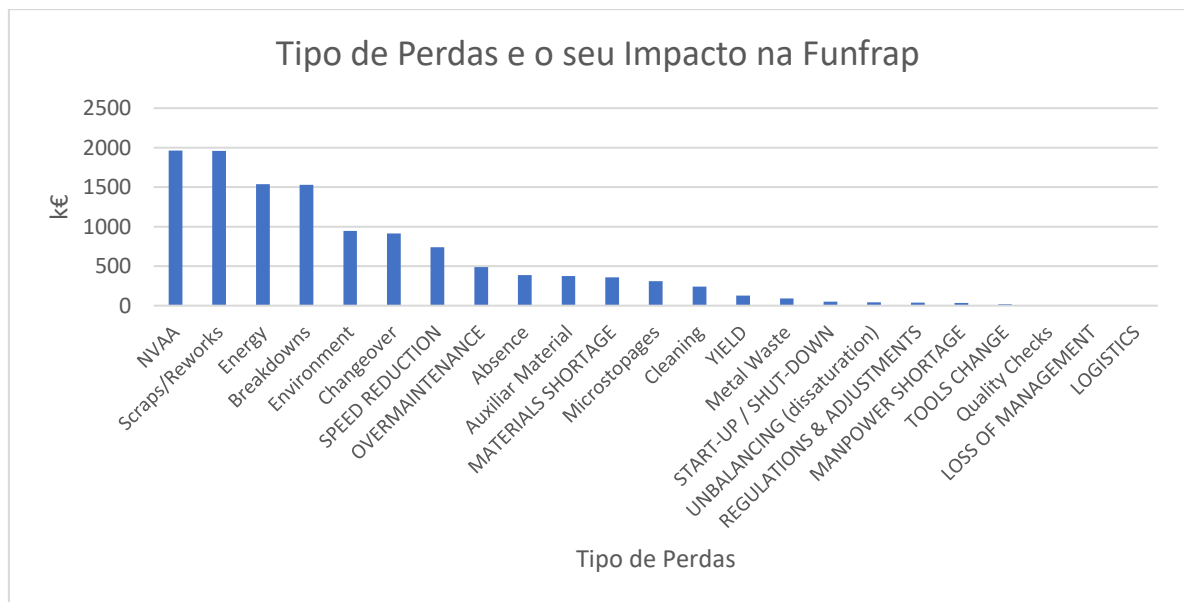


Figura 24 - Tipo de Perdas e o seu Impacto na Funfrap

Como podemos observar a perda *Changeover* é responsável por quase 1000 k€ anuais, o que é um valor significativo. Através de reuniões com os colaboradores decidiu-se prosseguir com o subprojecto pois seria importante reduzir esta perda.

Seguidamente, analisou-se a mudança de ferramenta da linha de acabamentos de cárteres cilindro, (Figura 25) com maior foga na troca da guia central da linha de transportadores pois é aí que a proposta de melhoria vai incidir. A figura 26 apresenta o sequenciamento dos postos de trabalho da troca da guia central.

Nas células automáticas como não existem guias centrais, e o *changeover* engloba processo mais complexos e uma intervenção mais especializada, os tempos da mudança

de ferramenta nesse posto de trabalho foram descartados. O controlo visual como integra o posto mesa rotativa também não são apresentados tempos de *changeover*.

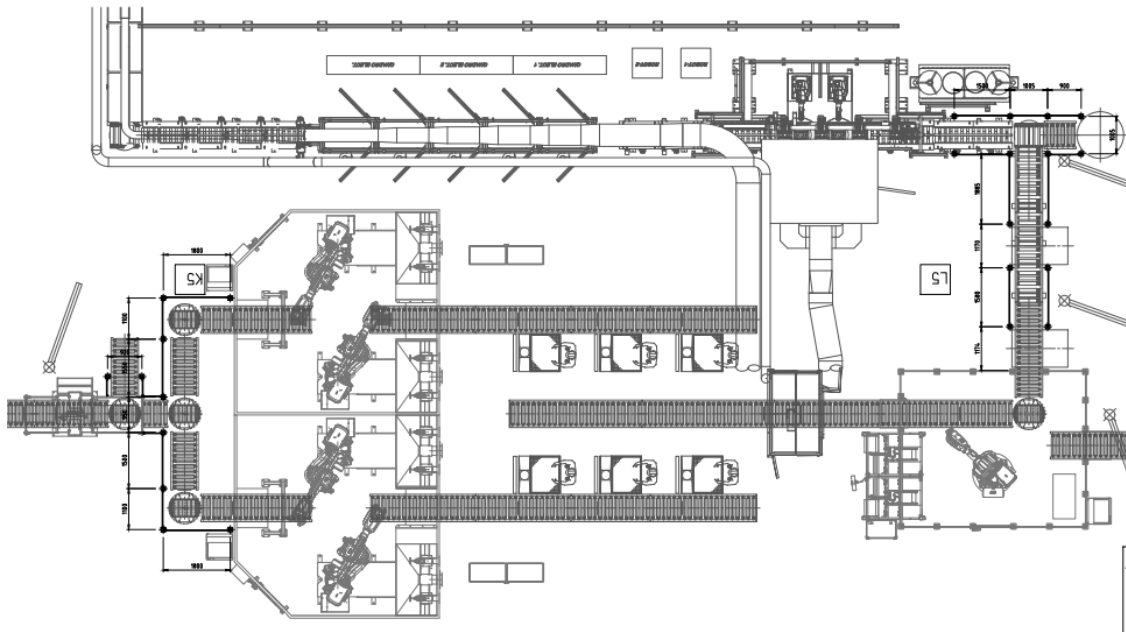


Figura 25 - Linha de Acabamentos de Cárteres Cilindro

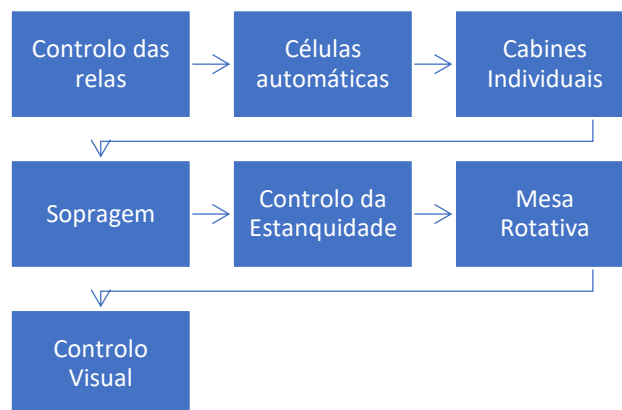


Figura 26 - Sequenciamento dos Postos de Trabalho da Troca da Guia Central

Depois de analisada a mudança de ferramenta, dividiu-se cada operação e fez-se uma medição de tempo de cada uma (Tabela 2). Observa-se que a mudança da guia central ocupava demasiado tempo do *changeover* total e foi feita uma análise deste problema através das seguintes ferramentas, *5W+1H* (Figura 27), *4M1D* (Figura 28) e *5WHY* (Figura 29) para descrever a causa raiz do problema. Conclui-se que uma vez que esta troca era feita manualmente e a era efetuada diariamente causava uma perda de cerca 25 k€ anuais apenas nesta linha. O planeamento do projeto é apresentado na Figura 30.

Tabela 2 – Duração das operações do changeover divididas por zonas

Zona	Operação	Duração (s)
Controlo Relas	Retirar proteção de segurança	20
	Retirar calibre da máquina de relas	30
	Colocar calibre novo	30
	Desapertar os pinos de segurança da linha guia	55
	Fixar os pinos de segurança da guia na posição nova	45
	Colocar proteção de segurança	20
Cabines Individuais	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias	30
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova	30
Sopragem	Colocar sopragem em modo de mudança de ferramenta	5
	Abrir porta de segurança	5
	Retirar calibre da máquina de relas	30
	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias	45
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova	45
	Fechar a porta de segurança	5
	Colocar sopragem em modo de funcionamento	5
Contolo de Estanquidade	Parar o controlo de estanquidade	5
	Retirar grades de proteção	15
	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias	45
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova	45
	Colocar as grades de proteção	15
	Recomeçar o controlo de estanquidade	10
Mesa rotativa sucata	Remover proteções de segurança	30
	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias	60
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova	60
	Colocar as grades de proteção	30


 Grupo Teksid <h1 style="text-align: center; color: red;">5W 1H</h1>			
Sector:	Data:	Projecto:	Equipa:
Acabamentos		Sistema de Posicionamento das guias centrais	Paulo Diogo
Definição do Problema			
What / O Quê Em que produto/Máquina/Material estava a trabalhar? De que dimensão? Linha de acabamentos 1 nas zonas: Controlo Relas a seguir gran. Pinça, Sopragem, Contolo de Estanquidade e Mesa rotativa sucata			
When / Quando Quando se identificou o problema? Verificou-se durante um trabalho contínuo ou intermitente? A que horas, em que altura? Antes ou depois de uma mudança tipo? O problema reside na mudança de ferramenta. Acontece pelo menos uma vez por turno ou seja 3 vezes por dia.			
Where / Onde Onde se verificou o problema (Linha, Máquina, Robot)? Em que zona específica se verificou o problema? Onde, fisicamente, se viu o problema? Linha 1 dos acabamentos, na troca das guias centrais dos transportadores			
Who / Quem O problema é ligado a alguém específico? Algum comportamento específico poderá ter causado o problema? Só alguns operadores têm este problema? Só em algum turno se verifica este problema? O problema não está relacionado com as pessoas.			
Which / Qual Quais características são ligadas ao problema? O problema acontece ao acaso ou tem uma tendência ou uma correlação com qualquer coisa? O problema acontece numa direcção particular? O problema está relacionado com o facto de a troca ser feita manualmente e no tempo despendido desta. As características dos cilindros estão ligadas ao problema.			
How / Como Como mudou o estado da instalação relativamente às condições óptimas? Com que frequência acontece o problema? O problema acontece diariamente. Sem relação com as condições ótimas.			

Figura 27 - 5W1H

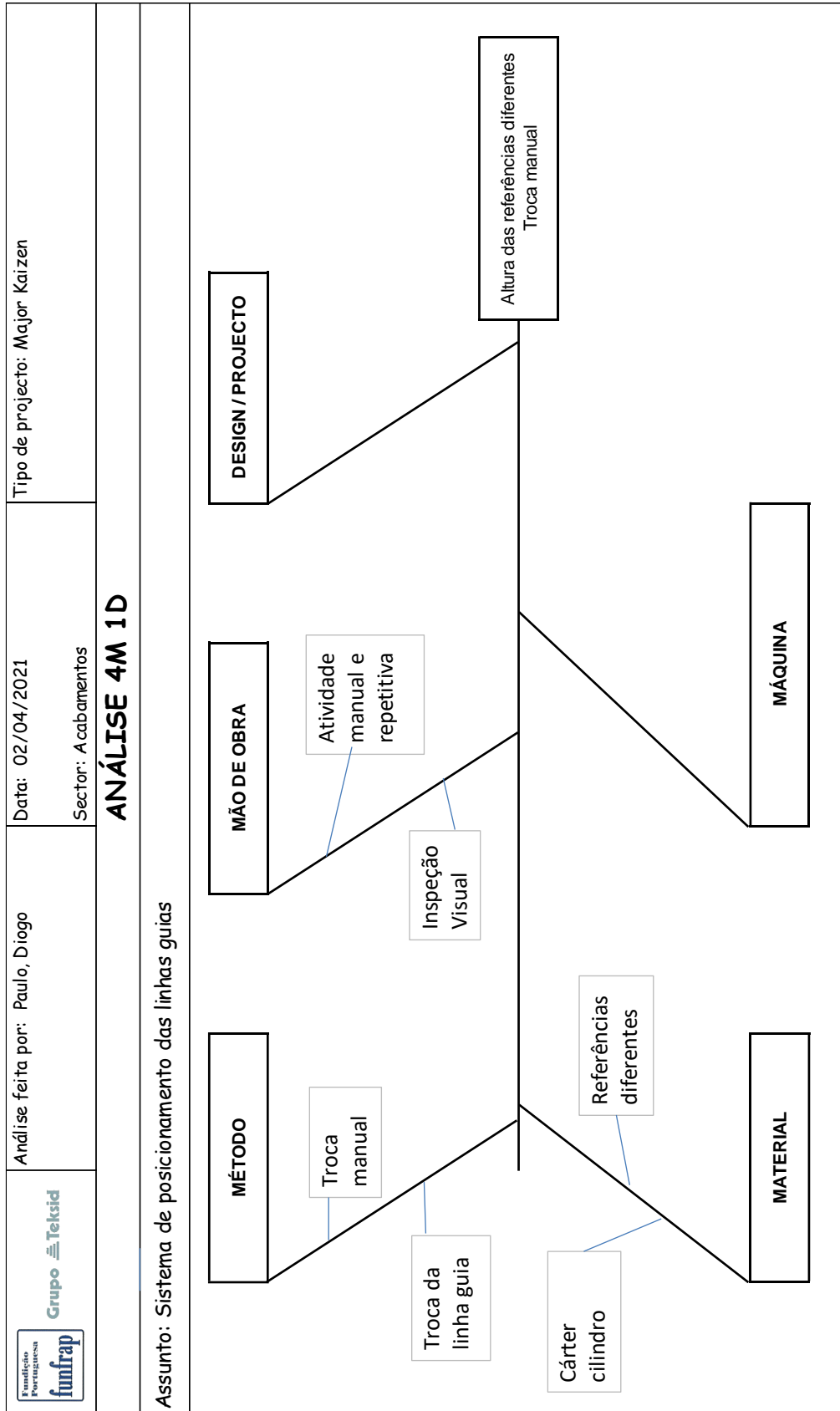


Figura 28- Análise 4M1D



 		<h1 style="color: red;">5 Whys (5 Porquês)</h1>					
Data: 06/04/2021		Projecto: Sistema de posicionamento das guias centrais					
Zona: Linha de acabamentos 1		Equipa: Paulo, Diogo					
Descrição Dimensão do Problema Tempo de ChangeOver na linha elevado	1 Porquê Troca feita manualmente	2 Porquê Necessidade de troca das guias centrais	3 Porquê Quando ocorre a troca de referência de Ccil	4 Porquê Porque a altura dos Ccil são diferentes	5 Porquê	OKKO	Nº Verificação
						OKKO	Nº Verificação
						OKKO	Nº Verificação
						OKKO	Nº Verificação
						OKKO	Nº Verificação
Fenómeno Troca manual da guia	Mecanismo \ Sistema Linha de acabamentos 1 Linhas guia						

Figura 29 - 5 Why's

Area Europe & Far East		WCM KAIZEN JOURNAL		Funtrap		Page		Issued		Review		FUNFRAP - PROJECT PLAN MAJOR KAIZEN - Sistema Posicionamento linhas guias acabamentos linha 1																											
I/ROW	Pillar	FI	Plant	When	Who	Where	Description	plan	frc	real	Results & remarks	Date																											
												abr/21	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21																							
1				Sem	Equipa		1ª Reunião de Equipa	Sem	15		Planned	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36						
2				Sem	Equipa		5W/H1	Sem	15		Real																												
3				Sem	Equipa		Análise 4M1D	Sem	15		Planned																												
4				Sem	Equipa		5 Why	Sem	15		Real																												
5				Sem	Equipa		Sistema de Estudo	Sem	15/16/17		Planned																												
6				Sem	Equipa		Plano de Ações	Sem	17/18/19		Real																												
7				Sem	Equipa		Definições de Objetivos e Análise B/C	Sem	20		Planned																												
8				Sem	Equipa		Análise de Resultados	Sem	32		Real																												

Figura 30 - Planeamento do Projeto

Nesta fase decidiu-se focar-se nas zonas onde as linhas guias estivessem inacessíveis à mão humana, isto é, nas zonas onde existiam máquinas ou grades de proteção pois estas eram as zonas mais críticas.

Na Tabela 3 temos os tempos nas zonas onde as guias estão protegidas. O objetivo passa por diminuir os 6 minutos e 40 segundos necessários para a troca nestas zonas, aumentando ao mesmo tempo a segurança do processo.

Tabela 3 – Número de guias por zona com o seu comprimento e o seu tempo de troca

Zona / Máquina	Nº guias	Comprimento (m)	Tempo de troca
Controlo Relas a seguir gran. pinça	1	2	1m40s
Sopragem	2	0,9	1m30s
		1,3	
Contolo de Estanquidade	3	1,3	1m30s
		2	
		0,5	
Mesa rotativa sucata	4	2	2min
		0,5	
		2	
		1,4	

Passo 2: Separar atividades internas e externas

Seguidamente há a separação das atividades internas e externas. As atividades internas são operações feitas com o processo parado (produção zero), enquanto atividades externas são operações feitas em que a máquina está a trabalhar (produção > zero).

Como se pode observar na Tabela 4 todas as operações são efetuadas com o processo parado, o objetivo será a redução ou a eliminação destas atividades através da conversão de atividades internas para externas como vai ser possível verificar na etapa seguinte.

Tabela 4 – Separação das Atividades Internas de Atividades Externas

Zona	Operação	Avidades Internas (s)	Atividades Externas (s)
Controlo Relas	Retirar proteção de segurança	20	
	Retirar calibre da máquina de relas	30	
	Colocar calibre novo	30	
	Desapertar os pinos de segurança da linha guia	55	
	Fixar os pinos de segurança da guia na posição nova	45	
	Colocar proteção de segurança	20	
Cabines Individuais	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias	30	
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova	30	
Sopragem	Colocar sopragem em modo de mudança de ferramenta	5	
	Abrir porta de segurança	5	
	Retirar calibre da máquina de relas	30	
	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias	45	
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova	45	
	Fechar a porta de segurança	5	
	Colocar sopragem em modo de funcionamento	5	
Contolo de Estanquidade	Parar o controlo de estanquidade	5	
	Retirar grades de proteção	15	
	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias	45	
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova	45	
	Colocar as grades de proteção	15	
	Recomeçar o controlo de estanquidade	10	
Mesa rotativa sucata	Remover proteções de segurança	30	
	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias	60	
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova	60	
	Colocar as grades de proteção	30	

Passo 3: Converter as atividades internas em atividades externas

Nesta etapa examinou-se o processo de forma minuciosa, com objetivo de converter o máximo possível de atividades internas em externas. Para cada operação foi questionado se era possível torná-la numa atividade externa, podendo ser antes, durante ou depois da mudança de ferramenta. Conclui-se que as únicas atividades que permitiam esta alteração eram aquelas que envolviam as linhas guias centrais dos transportadores, como é apresentado na tabela 5.

Tabela 5 - Conversão das Atividades Internas em Atividades Externas

Zona	Operação	Avidades Internas (s)	Atividades Externas (s)
Controlo Relas	Desapertar os pinos de segurança da linha guia		55
	Fixar os pinos de segurança da guia na posição nova		45
Cabines Individuais	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias		30
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova		30
Sopragem	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias		45
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova		45
Contolo de Estanquidade	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias		45
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova		45
Mesa rotativa sucata	Desapertar os pinos de segurança das linhas guias		60
	Fixar os pinos de segurança das guias na posição nova		60

Uma vez que se priorizou apenas as guias que estavam fora do alcance da mão humana, as linhas guia que se encontram nos postos de trabalho das cabines individuais serão descartadas.

Passo 4: Simplificar/eliminar as atividades internas

O objetivo deste passo é simplificar ou eliminar as atividades onde o processo está parado. O projeto não se incidiu nestas atividades, mas algumas sugestões de melhoria seria a

renovação das grades de proteção de forma que a sua troca fosse mais simplificada, umas grades com menos parafusos por exemplo diminuía o seu processo de troca.

Por vezes esta troca de *setup* não ocorre de forma uniforme, alguns postos de trabalho têm que esperar pelos postos seguintes o que aumenta o tempo de espera e o tempo de *changeover* em si. O ideal seria criar operações paralelas para uniformizar e simplificar este tipo de atividades.

Passo 5: Simplificar/eliminar as atividades externas

Nesta fase deu-se a sugestões para a diminuição dos tempos das atividades externas, ou seja, a diminuição da troca das guias centrais.

Uma solução proposta seria um sistema de reposicionamento automático consoante a referência de cárter cilindro em trabalho, nas zonas onde se encontram grades de proteção e máquinas. O sistema funcionaria com uma chave para subir ou descer as guias centrais, aumentando assim a segurança do processo. A chave seria entregue ao responsável da linha.

Outra solução seria um circuito pneumático, onde quando se libertava o ar a guia reposicionava-se numa posição e quando ganhava o ar, a guia reposicionava-se noutra altura. O problema desta solução é a incógnita quanto à segurança.

Nenhuma destas soluções foi testada o que leva à falta de resultados do projeto. Como não existe nenhum sistema semelhante a este na empresa também não se consegue obter resultados comparativos.

Passo 6: Analisar os Custos/Benefícios

Seria realizada uma comparação com os tempos das atividades iniciais com os tempos das atividades depois das soluções implementadas.

Uma relação custo-benefício seria feita para compreender se o benefício a longo prazo compensaria o custo que a intervenção teve.

Passo 7: Estandardizar procedimento

Neste passo documenta-se o procedimento na forma de uma SOP (*Standard Operation Procedure*) para que os operários obtenham a informação o mais correta possível.

Faz-se um estudo pela fábrica para perceber se é possível implementar este sistema noutra local da empresa.

5. Conclusão

5.1. Balanço do Trabalho Realizado

O presente relatório foi realizado na empresa Funfrap em contexto WCM e teve como principais objetivos a realização de um RFMEA para analisar e reduzir os potenciais modos de falhas observadas nos processos produtivos e a implementação de um SMED, através da realização de um ciclo PDCA, para reduzir tempos de ciclo e tarefas que não agregam valor ao ciclo produtivo.

A implementação de uma nova linha de acabamentos de cárteres cilindros meses antes do estágio se iniciar indicava várias oportunidades de melhoria, como por exemplo, a verificação do processo FMEA nos novos postos de trabalho e também na oportunidade de melhorar o *changeover* da linha.

Os objetivos do projeto RFMEA foram atingidos. Identificou-se novos riscos e novos modos potenciais de falha associados ao processo e ao produto, existiu a melhoria e a atualização do FMEA, que consistiu maioritariamente na atualização dos novos efeitos potenciais de falha, causas potenciais de falha e controlos de prevenção e deteção, e de todos os documentos relevantes associados, como planos de controlo e procedimento de operações. Primeiramente, esta análise iria ser feita apenas à linha de acabamentos de cárteres cilindro, mas devido ao seu sucesso, decidiu-se capitalizar o mesmo controlo e metodologia para todos os produtos e para todos os postos de trabalho.

Quanto ao projeto da aplicação do SMED, infelizmente o objetivo principal não foi cumprido pois as propostas de melhoria não foram implementadas nem testadas. A linha de acabamentos começou por ter alguns problemas de cadência, de qualidade, um número muito elevado de sucata o que originou queixas dos clientes, e estes problemas foram-se prolongando durante o estágio e, compreensivelmente, o foco dos recursos estavam direcionados na resolução destas situações prejudiciais.

Contudo, a análise da situação inicial foi positiva, começando pelo estudo de perdas que pode ser aplicado a outros projetos pois tinha detalhadamente quais os tipos de perda mais prejudiciais à empresa. A observação da mudança de ferramenta da guia central da linha de transportadores de rolos foi bem conseguida, existiu a capacidade da separação das diversas operações e a medição do tempo de cada uma. Com a aplicação de diversas ferramentas WCM foi possível encontrar a causa raiz do problema, que incidia na troca

manual da linha e na existência de alturas diferentes que a guia central ocupa nos cárteres cilindro.

A conversão das atividades internas para externas não chegou a acontecer, foi proposto duas sugestões de melhoria para melhorar o *changeover* da linha e reduzir os minutos necessários para a troca das guias centrais de posicionamento dos transportadores da linha de acabamentos e aumentar a segurança no processo, no entanto, estas, como já foi referido, não foram testadas nem implementadas.

5.2. Desenvolvimento Futuro

Quanto ao trabalho futuro este passa por testar e implementar as soluções propostas, que tanto uma como outra baseavam-se num reposicionamento automático da linha guia central, tendo sempre em conta a segurança do processo. O desenvolvimento deste projeto beneficiaria a empresa na redução da perda de *Changeover* e possivelmente poderia ser aplicado noutras zonas da fábrica.

Foram identificadas outras oportunidades de melhoria, como a execução dos 5S na Maquinação, que traria benefícios a organização na medida que a reorganização do layout bem como a sua limpeza, aumentaria a produtividade e também a segurança e ergonomia dos trabalhadores.

O desenvolvimento de um projeto OEE, como também foi identificado como uma oportunidade de melhoria, resultava numa melhoria da eficiência, velocidade e qualidade da máquina em questão, mas a real vantagem é que seria facilmente aplicável a outras zonas da empresa.

Referências

- Alonso, L., Rubio, E. M., de Agustina, B., & Domingo, R. (2017). Latest clean manufacturing trends applied to a world class manufacturing management for improving logistics and environmental performance. *Procedia Manufacturing*, 13, 1151–1158. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.177>
- De Felice, F., Petrillo, A., & Monfre, S. (2013). Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry. *Operations Management, March*. <https://doi.org/10.5772/54450>
- Deros, B. M., Mohamad, D., Idris, M. H. M., Rahman, M. N. A., Ghani, J. A., & Ismail, A. R. (2011). Cost saving in an automotive battery assembly line using setup time reduction. *11th WSEAS International Conference on Robotics, Control and Manufacturing Technology, ROCOM'11, 11th WSEAS International Conference on Multimedia Systems and Signal Processing, MUSP'11*, 144–148.
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., Martínez-Loya, V., Blanco-Fernández, J., Jiménez-Macías, E., & Avelar-Sosa, L. (2016). The effect of SMED on benefits gained in maquiladora industry. *Sustainability (Switzerland)*, 8(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su8121237>
- Díaz De Mera, P., Arenas, J. M., & González, C. (2012). Agile rediscovering values: Similarities to continuous improvement strategies. *AIP Conference Proceedings*, 1431(April), 799–806. <https://doi.org/10.1063/1.4707637>
- Flynn, B. B., Schroeder, R. G., & Flynn, E. J. (1999). World class manufacturing: An investigation of Hayes and Wheelwright's foundation. *Journal of Operations Management*, 17(3), 249–269. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(98\)00050-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(98)00050-3)
- Funfrap. (2021). *FOCUSED IMPROVEMENT PILLAR Book of Knowledge*.
- Gajdzik, B. (2013). *World class manufacturing in metallurgical enterprise. January 2013*.
- Hayes, R. H., & Wheelwright, S. C. (1985). Competing Through Manufacturing. *Harvard Business Review*, 63(1), 99–109.
- Kulcsár, E., Csiszér, T., & Abonyi, J. (2020). Pairwise comparison based failure mode and effects analysis (FMEA). *MethodsX*, 7(May 2019), 0–7. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.101007>
- La Verde, G., Roca, V., & Pugliese, M. (2019). Quality assurance in planning a radon measurement survey using PDCA cycle approach: What improvements? *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 10. <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2019004>

- Mendes, R. de C., & de Mattos, M. C. (2017). Gestão do Conhecimento e World Class Manufacturing: Uma aproximação inicial a partir da revisão de literatura. *Perspectivas Em Ciencia Da Informacao*, 22(2), 244–263. <https://doi.org/10.1590/1981-5344/3103>
- Musa, M. A., Ibrahim, A. M., Ravi, S., Abidin, Z. F. Z., & Wan Mat, W. A. (2013). A case study and analysis of setup reduction for stamping dies - SMED approach. *Global Engineers & Technologists Review*, 4(1), 1–9.
- Pałucha, K. (2012). World Class Manufacturing model in production management. *Archives of Materials Science and Engineering*, 58(2), 227–234.
- Patra, N. K., Tripathy, J. K., & Choudhary, B. K. (2005). Implementing the office total productive maintenance (“office TPM”) program: A library case study. *Library Review*, 54(7), 415–424. <https://doi.org/10.1108/00242530510611910>
- Poor, P., Kocisko, M., & Krehel, R. (2016). World class manufacturing (WCM) model as a tool for company management. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*, 27(1), 386–390. <https://doi.org/10.2507/27th.daaam.proceedings.057>
- Singh, J., Rastogi, V., & Sharma, R. (2014). Implementation of 5S practices: A review. *Uncertain Supply Chain Management*, 2(3), 155–162. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2014.5.002>
- Yamashina, H. (1995). Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(1), 27–38. <https://doi.org/10.1108/13552519510083129>