Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Rui Coelho da Cruz

Aplicação da metodologia Lean Six Sigma numa empresa de indústria automóvel

setembro de 2021

Aplicação da metodologia Lean Six Sigma numa empresa de indústria automóvel
José Rui Cruz
UMinho | 2021

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Rui Coelho da Cruz

Aplicação da metodologia Lean Six Sigma numa empresa de indústria automóvel

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Alexandre Costa Araújo Sampaio

setembro de 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

AGRADECIMENTOS

Chego a este capítulo com sentimentos mistos. Cansado, orgulhoso, feliz e a arrecadar todas as forças para escrever este que é o capítulo, a meu ver, mais difícil de toda a dissertação.

À minha família, e em especial aos meus pais, Rui e Teresa, e irmã, Ana, muito obrigado por me acompanharem e fazerem de mim quem sou hoje. Tento viver a vida com um conjunto de valores que vocês me relembram e reensinam todos os dias... vocês são incríveis.

À minha melhor amiga, parceira e amor, Sónia. Um "muito obrigado" não chega para agradecer tudo o que fazes por mim. És a minha inspiração, a razão para que queira ser cada vez melhor todos os dias e o teu contributo vai muito mais além desta dissertação.

À minha tia Gorete, pela sua arte de "virgulação" e a sua inteira disponibilidade nos últimos meses... Muito obrigado!

Ao Professor Doutor Paulo Sampaio, não só pela orientação da dissertação, mas também por todas as oportunidades, confiança e mentoria que me proporcionou ao longo da minha vida académica. Obrigado!

Ao Engenheiro João Lopes e Engenheiro Nuno Esteves por toda a liberdade, autonomia, oportunidades e liderança que demonstraram ao longo de todo o meu estágio na empresa. De outra forma era impossível aprender tanto num tão curto espaço de tempo. Muito obrigado!

À equipa dos projetos em que estive envolvido, e em especial à Andreia Vaz e Alexandre Cunha, por todo o suporte e debates que espoletaram em mim. Convosco aprendi muito mais do que podem imaginar. Muito, muito obrigado!

Aos meus amigos, que, apesar de acharem que não tiveram um papel direto na escrita e realização da dissertação, fizeram tanto! Por todas as brincadeiras, desabafos e risos que me proporcionaram um descanso do trabalho a tempo inteiro que é a tese... obrigado!

Tenho muita sorte.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *LEAN SIX SIGMA* NUMA EMPRESA DE INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

A presente dissertação, enquadrada no Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, tem como intuito apresentar a realização de um projeto com o suporte da metodologia *Lean Six Sigma*, focado na redução de componentes danificados. Antes de descrever todo o trabalho desenvolvido, foi feita uma breve descrição da empresa onde esta dissertação foi elaborada.

Este projeto seguiu uma estrutura baseada no ciclo *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve* e *Control* (DMAIC), sendo que na primeira fase, o *Define*, foi descrito o problema, definidos os objetivos e os intervenientes fulcrais para o sucesso do projeto. Posto isto, estipulou-se o objetivo de reduzir, em 50%, os componentes danificados num produto da fábrica.

Na fase do *Measure,* foram coletadas todas as informações necessárias, para que se pudesse fazer uma análise completa ao problema, de forma a encontrar as principais razões para o elevado número de defeitos. Foi realizado um estudo da unidade a ser avaliada, um mapeamento do processo de manufatura e de todos os documentos essenciais existentes.

Na fase do *Analyze*, o projeto foi dividido em duas partes igualmente importantes para a redução de componentes danificados: análise à ocorrência destes defeitos e uma análise ao processo de investigação realizado pelos *Quality Engineers*, colaboradores responsáveis pela qualidade do processo.

Com base na análise realizada, e já na fase do *Improve*, foram delineadas as propostas de melhoria a implementar. Ao nível da redução de ocorrência de defeitos, foram sugeridas alterações a postos de trabalho na linha de produção e à forma de manuseamento da unidade a ser produzida. No que toca à melhoria da qualidade das investigações a defeitos internos, foi desenvolvida uma aplicação WEB, de forma a uniformizar e centralizar estas investigações.

Na fase do *Control*, foram propostas ações de monitorização, a fim de garantir que as melhorias são implementadas sem qualquer desvio indesejado, garantindo que sejam sustentáveis.

Por fim, procedeu-se à análise dos resultados relativos ao trabalho desenvolvido, obtendo-se uma redução de custos da não qualidade de 39.602,50 euros, bem como uma poupança anual de 78.468,75 euros em automatização de processos administrativos e de inserção de dados.

PALAVRAS-CHAVE

Indústria Automóvel, *Lean Six Sigma*, *Problem Solving*, Qualidade

Abstract – Application of the Lean Six Sigma methodology in an automotive company

This dissertation, framed within the Integrated master's in industrial engineering and Management, aims to present the implementation of a project with the support of Lean Six Sigma methodology, focused on the reduction of damaged components.

This project followed a structure based on the DMAIC cycle, and in the first phase, the Define, the problem was described, the objectives and the key players for the success of the project were defined. That said, the goal was set to reduce the number of damaged components in a factory product by 50%.

In the Measure phase, all the necessary information was collected, so that a complete analysis of the problem could be made, to find the main reasons for the high number of defects. A study of the unit to be evaluated was performed, a mapping of the manufacturing process and of all essential existing documents.

In the Analyze phase, the project was divided into two equally important parts for the reduction of damaged components: analysis of the occurrence of these defects and an analysis of the investigation process performed by the Quality Engineers, employees responsible for the quality of the manufacturing process.

Based on the analysis, and already in the Improve phase, the improvement proposals to be implemented were outlined. In terms of reducing the occurrence of defects, changes were suggested to workstations on the production line and to the way the unit to be produced was handled. Regarding the improvement of the quality of internal defect investigations, a WEB application was developed, to standardize and centralize these investigations.

In the Control phase, monitoring actions were proposed to ensure that the improvements are implemented without any undesired deviation, guaranteeing that they are sustainable.

Finally, the results of the work carried out were analyzed, obtaining a reduction in non-quality costs of 39,602.50 euros, as well as an annual saving of 78,468.75 euros in the automation of administrative processes and data entry.

Keywords

Automotive Industry, Lean Six Sigma, Problem Solving, Quality

ÍNDICE

Agradecimentos iii
Resumo - Aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* numa empresa de indústria automóvel v
Abstract – Application of the Lean Six Sigma methodology in an automotive company vi
Índice vii
Índice de Figuras x
Índice de Tabelas xii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos 13
1. Introdução 14
1.1 Enquadramento 14
1.2 Objetivos 16
1.3 Metodologia de Investigação 17
1.4 Estrutura de dissertação 18
2. Revisão bibliográfica 20
2.1 Qualidade 20
2.1.1 Trilogia de Juran 22
2.1.2 Gestão da Qualidade Total 24
2.1.3 Melhoria Contínua na Qualidade 26
2.2 *Lean Production* 26
2.2.1 Origens 26
2.2.2 Casa TPS 27
2.2.3 Tipos de desperdício 29
2.2.4 Princípios de *Lean Thinking* 31
2.3 *Six Sigma* 32
2.3.1 Origens 32
2.3.2 Definição de *Six Sigma* 33
2.3.3 *Lean Six Sigma* e os seus fatores de sucesso 34
2.3.4 Ciclo DMAIC 36
3. Apresentação da empresa 39
3.1 Visão geral sobre a Bosch 39

3.2 História da Bosch em Portugal 40
3.3 Bosch em Portugal 40
3.4 Bosch Car Multimedia em Braga 41
4. Descrição e Análise Crítica à Ocorrência de Componentes Danificados 43
4.1 *Define* 43
4.1.1 Descrição do Problema 43
4.1.2 Progresso do número de defeitos 43
4.1.3 Impacto funcional do produto 44
4.1.4 Focalização do trabalho 45
4.1.5 Impacto Monetário 47
4.1.6 Objetivos 47
4.1.7 Equipa 48
4.1.8 *Project Charter* 49
4.2 *Measure* 50
4.2.1 Descrição do objeto em estudo 50
4.2.2 Processo de Manufatura 53
4.2.3 Informações relevantes para descrição e análise do processo de manufatura 58
4.2.4 Principais ferramentas utilizadas para a investigação de defeitos internos 58
4.3 *Analyze* 62
4.3.1 Estratégia para priorização de análise aos componentes danificados 63
4.3.2 Análise crítica aos componentes danificados 66
4.3.3 Análise crítica à investigação dos defeitos internos com componentes danificados 72
4.3.4 Análise crítica às ferramentas para a investigação dos defeitos internos com componentes danificados 73
5. Apresentação e implementação de propostas de melhoria 76
5.1 *Improve* 76
5.1.1 Melhorias no processo de manufatura 76
5.1.2 Melhorias no processo de investigação 80
5.2 *Control* 85

5.2.1 Mudança do design e altura do pusher e alteração da base dos containers 85
5.2.2 Alteração de condições no posto FCT20 85
5.2.3 Manuseamento da placa PCB com duas mãos 85
5.2.4 QIID 86
6. Discussão e avaliação dos resultados 87
6.1 Redução de defeitos com componentes danificados 87
6.2 Redução de tempo na execução de tarefas administrativas 88
7. Conclusões 90
7.1 Considerações Finais 90
7.1.1 Benefício da metodologia *Lean Six Sigma* na dissertação 90
7.1.2 Importância e benefícios da digitalização de processos 91
7.2 Trabalho futuro 92
Referências Bibliográficas 94
Apêndice 1 – *Quality Investigation for Internal Defects* (QIID) 97
Apêndice 2 – QIID *Quality Reports* 103
Apêndice 3 – Estrutura de dados do QIID 105
Apêndice 4 – Plano de desenvolvimento do QIID 118
Anexo 1 – Processo de manufatura da montagem final 119
Anexo 2 – *Flowchart* da inserção automática 128
Anexo 3 – *Flowchart* da montagem final 129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa TPS e atividades Lean 28
Figura 2 - Perspetivas e benefícios de Lean e Six Sigma 36
Figura 3 - Progresso do número de defeitos em 2020 e 2021 44
Figura 4 - Número de defeitos internos por cliente 46
Figura 5 - Número de defeitos internos por família de produtos 47
Figura 6 - Six Sigma Calculator para o projeto 48
Figura 7 - Blocos de circuitos integrados na placa PCB 51
Figura 8 - Vistas do produto final 53
Figura 9 - Vista explodida do produto final 54
Figura 10 - Placa PCB com componentes inseridos 55
Figura 11 - Placa PCB sem componentes inseridos 55
Figura 12 - Processo de bonding 56
Figura 13 - Processo de colagem 56
Figura 14 - Interface do MES Toolset 59
Figura 15 - Análises e interface do ficheiro excel para o IRR 60
Figura 16 - Exemplo de um gráfico fornecido pelo Cockpit Chart 61
Figura 17 - Exemplo de uma análise de rastreabilidade realizada no MIS 62
Figura 18 - Diagrama de Pareto dos componentes mais críticos 63
Figura 19 - Delineação das zonas críticas na face BCO 63
Figura 20 - Delineação das zonas críticas na face BCU 64
Figura 21 - Diagrama de Pareto dos componentes danificados por face de inserção 64
Figura 22 - Diagrama de Pareto dos componentes danificados por região da placa 65
Figura 23 - Zonas críticas da placa 65
Figura 24 - Componentes C1520 e C1521 bem inseridos na placa PCB 67
Figura 25 - Componente C1522 bem inserido 67
Figura 26 - Localização dos componentes C1520 e C1521 na placa PCB 67
Figura 27 - Localização do componente C1522 na placa PCB 68
Figura 28 - Componentes C1520 e C1521 arrancados na placa PCB 69
Figura 29 - Componente C1522 levantado após pancada 71
Figura 30 - Componente C1522 arrancado 71

Figura 31 - Antes (à esquerda) e depois (à direita) da mudança do design do pusher 77
Figura 32 - Antes (à esquerda) e depois (à direita) da mudança da altura do pusher 77
Figura 33 - Antes (à esquerda) e depois (à direita) da mudança da base onde o container é fixado 78
Figura 34 - Obstaculos na zona de abordagem da placa PCB ao FCT20 79
Figura 35 - Proposta de implementação de uma melhor iluminação no FCT20 79
Figura 36 - Proposta de implementação de acrílicos arredondados no FCT20 79
Figura 37 - Proposta de implementação de um melhor design da base do FCT20 80
Figura 38 - Visão inicial da aplicação WEB 97
Figura 39 - Visão geral das investigações em progresso, realizadas e por realizar 98
Figura 40 - Visão do histórico de defeitos pertencentes a uma investigação em específico 99
Figura 41 - Formulário para a realização da investigação 101
Figura 42 - Ferramentas de suporte à investigação 102
Figura 43 - Potenciais visualizações de reports das investigações 104
Figura 44 - Informações relativas à estrutura de dados do QIID 117
Figura 45 - Gantt Chart para o desenvolvimento da aplicação WEB 118
Figura 46 - Processo de manufatura da montagem final 127
Figura 47 - Flowchart da inserção automática 128
Figura 48 - Flowchart da Montagem automática 130

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - História da Bosch em Portugal 40
Tabela 2 - Project Charter do Projeto 49
Tabela 3 - Tipos de componentes na placa PCB 51
Tabela 4 - Riscos/Possíveis causas para a ocorrência de defeitos com os condensadores C1520 e C1521 danificados 69
Tabela 5 - Causas/Possíveis causas para a ocorrência de defeitos com o condensador C1522 danificado 72

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BSI – *British Standards Institute*

CEO – *Chief Executive Officer*

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*

EUA – Estados Unidos da América

GE – General Electrics

GM – General Motors

IRR – *Internal Rejection Rate*

ISO – *International Organization for Standardization*

JIT – *Just-in-time*

JUSE – *Union of Japanese Scientists and Engineers*

KPI – *Key Performance Indicator*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PCB – *Printed Circuit Board*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

PFMEA – *Process Failure Mode Effects Analysis*

PPM – Partes por milhão

QIID – *Quality Investigation for Internal Defects*

QMM – *Quality, Management & Methods*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

TPS – *Toyota Production System*

TQM – *Total Quality Management*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é realizado o enquadramento do projeto de dissertação, bem como são apresentados os seus objetivos, metodologia usada e estrutura do documento.

1.1 Enquadramento

Ao longo da história da humanidade, o mundo tem testemunhado muitas mudanças e, juntamente com a mudança, evolução. Atualmente, a economia está a mudar, a tecnologia está a evoluir e, mais importante ainda, a sociedade, como seres humanos, está em permanente transformação. Isto significa que os seus comportamentos, crenças, e necessidades estão a mudar. As empresas viram a competitividade aumentar, os clientes tornarem-se mais ambiciosos e com uma sede sem fim de melhores produtos com requisitos mais elevados. Assim, como podem as empresas adaptar-se e prosperar em tal incerteza? Tal como a satisfação do cliente se tornou mais difícil de alcançar, as empresas precisaram de mudar ao longo dos anos.

Surgiram diferentes filosofias, metodologias e métodos, de forma a conseguir alcançar não só a satisfação do cliente, mas também exceder as suas expetativas. A Bosch Car Multimedia Portugal S.A. tem assistido a um aumento nos defeitos relativos a componentes danificados em Placas de Circuito Impresso (*Printed Circuit Board* - PCB). Os PCBs têm como principal função, a de agregar componentes eletrónicos para a criação de circuitos lógicos de processamento elétrico. Sendo este elemento utilizado em grande parte dos produtos, a repercussão destes defeitos é amplamente estendida. Assim, com o intuito primordial de reduzir o número de casos com defeito, foi selecionada a metodologia *Lean Six Sigma* para desenvolver o projeto, bem como identificar e implementar as devidas melhorias nos processos.

Foi Henry Ford que apresentou ao mundo, no início do século XIX, o conceito de produção em massa. Os japoneses adotaram o conceito e melhoraram-no, desenvolvendo o *Toyota Production System*, amplamente conhecido como TPS. No início dos anos 50, a Toyota Motor Company adotou métodos estatísticos de controlo da qualidade, bem como os círculos de qualidade. Ao mesmo tempo, Eiji Toyoda visitou os Estados Unidos da América (EUA) de forma a perceber como funcionava o sistema de produção automóvel mais eficiente do mercado, o sistema de Henry Ford. Após várias análises, juntamente com Taiichi Ohno, perceberam que o sistema continha demasiado desperdício por toda a cadeia de abastecimento. Assim, quando foi atribuído a Ohno a tarefa de desenvolver um sistema de produção

eficiente, assimilando todo o conhecimento adquirido nos EUA, foi desenhado o TPS (Bhuiyan & Baghel, 2005; Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006).

O objetivo de *lean production*, nome atribuído por Womack (1990) ao TPS, é a eliminação do desperdício em todas as áreas que o podem produzir: gestão da fábrica, relações com clientes, desenvolvimento de produto, gestão da rede de fornecedores; é eliminado através da análise do fluxo do produto ao longo da cadeia de abastecimento (identificando as atividades que acrescentam e as que não acrescentam valor agregado para o cliente). Assim, considera-se por desperdício tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar (Arnheiter & Maleyeff, 2005; Bhuiyan & Baghel, 2005; Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006; Pepper & Spedding, 2010). Tais desperdicios podem ser classificados como: sobreprodução, defeitos, inventário, sobre processamento, transporte, esperas e movimentação desnecessária (Pepper & Spedding, 2010). Ao longo do tempo, foram desenvolvidas ferramentas que facilitam e tornam mais eficiente a análise do fluxo do produto e a eliminação destes desperdícios nas empresas. Entre outras, destacam-se o *Value Stream Mapping*, implementação dos 5S's e o *Total Production Maintenance* (Pepper & Spedding, 2010).

Mais recente que *Lean Production*, o *Six Sigma* foi desenvolvido pela Motorola, na década de 1980, quando esta introduziu internamente ferramentas estatísticas para controlo do processo como forma de medir a qualidade do mesmo. No entanto, esta metodologia só ficou conhecida com o trabalho de Jack Welch como CEO da General Electric in 1995 (Bhuiyan & Baghel, 2005; Pepper & Spedding, 2010).

Esta metodologia é definida como um "método organizado e sistemático para a melhoria do processo estratégico e desenvolvimento de novos produtos e serviços suportada através métodos estatísticos e científicos de forma a ter reduções dramáticas no que o cliente classifica como defeitos" (Linderman et al., 2003).

O processo de melhoria assentado no *Six Sigma* acaba por seguir um ciclo de melhoria denominado de DMAIC que contém as seguintes fases (Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006):

- *Define*. Identificar o processo ou produto a ser melhorado.
- *Measure*. Identificar as caraterísticas do produto e/ou processo que são críticas para os requisitos do cliente e que contribuem para a satisfação do mesmo.
- *Analyze*. Avaliar o processo atual e perceber as causas ou fontes de variação críticas para a performance.

- *Improve*. Selecionar e implementar ações de melhoria que resolvam ou eliminem as fontes de variação
- *Control*. Assegurar que as novas alterações ao processo sejam documentadas e monitorizadas, de forma a assegurar os resultados obtidos ao longo do tempo.

A aplicação do *Six Sigma* na Motorola alcançou um total de poupanças em 14 mil milhões de dólares americanos, juntamente com um aumento das suas vendas (Bhuiyan & Baghel, 2005).

Como se pode perceber pela revisão acima feita ao *Lean* e ao *Six Sigma*, ambas surgem por diferentes razões. Em termos comparativos, o *Lean Production* é derivado da necessidade de uma maior eficiência, para um fluxo do processo mais rápido, fazendo mais com menos, através da eliminação de atividades que não trazem valor acrescentado para o cliente. Já o *Six Sigma* foi desenvolvido para garantir a qualidade do produto final, focando-se na eficácia e na conformidade dos produtos, através da utilização de uma metodologia centrada em processos quantitativos e ferramentas estatísticas, tendo como principal foco a redução da variabilidade.

Com base nos pressupostos acima mencionados, pode-se concluir que os dois conceitos acabam por se complementar. Desta fusão entre as duas metodologias, surge o *Lean Six Sigma*. Organizações focadas no *Lean* e por via da aplicação do *Six Sigma*, tomam melhores decisões uma vez que dispõem de melhor informação. A qualidade superior da informação deve-se à orientação formal e discplinada suportada por métodos cíentificos e objetivos como os incorporados na metodologia. Organizações focadas em *Six Sigma*, utilizando *Lean*, podem olhar para o processo com uma visão diferente, concentrando-se em novos aspetos (como as atividades de valor acrescentado ou não acrescentado), melhorando os processos não só de uma forma eficaz, mas eficientemente (Arnheiter & Maleyeff, 2005).

São vários os exemplos da aplicação com sucesso de *Lean Six Sigma* na indústria e, mais concretamente, na indústria automóvel. Destaca-se a aplicação com recurso ao ciclo DMAIC na maior empresa de componentes automóveis da Índia, com 50 por cento de redução em defeitos por unidade, 42.12 por cento de melhoria no OEE, entre outros (Habidin & Yusof, 2013).

1.2 Objetivos

Neste projeto de dissertação, a realizar-se na Bosch Car Multimedia S.A., no departamento de Qualidade, na subdivisão de *Problem Solving*, pretende-se perceber e implementar melhorias aos processos da fábrica, de modo a reduzir a ocorrência de defeitos em componentes, aplicando a metodologia *Lean Six Sigma*. Abordando os objetivos de uma forma mais específica, pretende-se:

- Identificar os problemas, clientes e processos onde o projeto irá atuar;
- Mapear e mensurar os processos críticos ao projeto e identificar desperdícios;
- Analisar a informação e dados recolhidos, de forma a compreender as causas ou fontes de variação que originam os problemas.
- Definir, planear e implementar ações de melhoria;
- Documentar e monitorizar mudanças e dar formação aos colaboradores necessários, com o intuito de garantir que as melhorias implementadas não geram efeitos secundários não previstos e se mantenham ao longo do tempo.

Relativamente aos resultados, espera-se uma redução de defeitos produzidos e de desperdícios, aumentando a produtividade e, consequentemente, resultados com impacto positivo a nível monetário, para a empresa.

1.3 Metodologia de Investigação

Tendo em conta os objetivos já definidos anteriormente, a observação do processo em análise, a recolha de dados, a análise das causas de variação, a implementação de ações de melhoria e a monotorização dos resultados são ações que resultam destes objetivos. Assim, é percetível que a metodologia de investigação que melhor se adequa a esta dissertação é a metodologia Investigação-Ação.

A primeira pessoa a mencionar o termo "Investigação-Ação" foi Lewin, em 1946, para referenciar uma abordagem inovadora relativa à investigação de mudanças nos sistemas sociais, na qual o investigador acaba por agir de uma forma ativa no sistema social (Susman & Evered, 1978). Esta metodologia de investigação acaba por levar a várias interpretações, no entanto, esta é definida como uma metodologia onde soluções para problemas organizacionais são desenhadas e desenvolvidas através de uma abordagem iterativa, participativa e colaborativa (Saunders et al., 2016).

Neste tipo de metodologia, o investigador participa ativamente na investigação, bem como membros do sistema ou processo em análise, contrariamente a investigações tradicionais onde estes membros acabam por ser somente objetos de estudo. Nestas investigações, o investigador procede também a uma pesquisa concorrente à ação, com o objetivo de ter ações eficazes enquanto se produz conhecimento académico. Por fim, a metodologia Investigação-Ação acaba por formular uma abordagem direcionada para a resolução de problemas, algo importante e relevante, tendo em conta o contexto da dissertação (Coughlan & Coghlan, 2002; Saunders et al., 2008).

Certos autores consideram um ciclo de cinco etapas: 1) diagnóstico; 2) planeamento de alternativas de ação; 3) implementação de ações; 4) avaliação e discussão de resultados e 5) especificação de aprendizagem. Tendo por base este ciclo para a investigação a ser feita, a presente dissertação segue as fases acima descritas, pois estas acabam por se sincronizar muito facilmente com a metodologia de resolução de problemas suportada pelo *Lean Six Sigma* (Susman & Evered, 1978).

1.4 Estrutura de dissertação

A presente dissertação é constituída por sete capítulos, sendo estes a introdução, a revisão bibliográfica, a apresentação da empresa, a descrição e análise crítica da situação atual, o planeamento e implementação de ações de melhoria, a discussão e análise dos resultados e, por fim, as conclusões.

No primeiro capítulo, são apresentados de uma forma sucinta, o enquadramento, os objetivos e a motivação para a realização desta dissertação, bem como os conceitos e teoria em estudo. Adicionalmente, é feita uma descrição da metodologia de investigação a realizar e da estrutura da dissertação.

Na revisão bibliográfica, pode ser verificada uma análise extensiva dos conceitos estudados e aplicados no período da realização da dissertação e investigação. Este capítulo tem como objetivo não só ser uma base teórica onde toda a ação pode ser suportada, bem como ter um papel de grande impacto no investigador antes de realizar a sua investigação.

O terceiro capítulo faz uma apresentação sucinta da história da empresa, o que esta representa, quais os seus objetivos e visão e como se encontra posicionada em Portugal e no resto do mundo.

No capítulo seguinte, é, finalmente, feita uma descrição e análise do problema no qual esta dissertação se assenta. Esta descrição e análise são suportadas através da definição concreta do problema, da recolha de informações relevantes e o respetivo tratamento dessa informação, dando origem a factos importantes para o planeamento e implementação de ações de melhoria que solucionem o problema.

No capítulo cinco, é feito o planeamento e implementação das ações de melhoria, tendo por base a investigação feita da situação atual. Nesta secção da dissertação, é apresentada uma descrição pormenorizada das ações de melhorias, a forma como estas serão implementadas, bem como os resultados esperados com a implementação das mesmas.

No penúltimo capítulo, é realizada uma análise dos resultados obtidos, sendo possível comparar as mudanças feitas com os resultados esperados e com os dados obtidos na investigação inicial do problema.

Por fim, no último capítulo, procede-se a um balanço geral da dissertação, reconhecendo o conhecimento académico adquirido com esta investigação, fazendo, simultaneamente, uma referenciação a trabalho que possa ser realizado no futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de garantir a realização da dissertação com o maior sucesso possível, será feito, neste capítulo, uma revisão de toda a teoria necessária para concluir o projeto proposto. Desta forma, será feita uma recolha de conteúdos em artigos científicos, de conferências e dissertações nas áreas da Qualidade, *Lean* e *Six Sigma*.

2.1 Qualidade

De acordo com o Dicionário de Oxford, qualidade é "o padrão de algo quando comparado com outras coisas" ou "quão bom ou mau algo é" (Oxford English Dictionary, 2017). Esta definição, embora verdadeira, levanta várias questões: como se pode definir o que é bom ou mau? Quem deve decidir qual é o padrão de algo (o cliente ou a empresa)? Será o mesmo padrão para ambas as partes? Estes são alguns exemplos de interrogações que surgiram e o que alimentaram a evolução do pensamento sobre Qualidade.

Embora este tipo de pensamento tenha tido mais fama após o século XX, a ideia de qualidade foi adotada por várias civilizações, como o império romano e a sua disciplina e organização ou as belas pirâmides egípcias, perfeitamente concebidas e ainda em pé. Também na Idade Média a qualidade estava ligada à profissão de artesãos que estabeleceram os seus próprios padrões, com base nas exigências dos clientes e desenvolveram programas de aprendizagem a fim de transmitir os seus conhecimentos à geração mais jovem (Watson, 2017).

A chegada do século XX trouxe novas formas de pensar e muita inovação. No campo da qualidade, indivíduos como Frederick Taylor, Henri Fayol e Walter Shewhart abriram o caminho para a evolução.

Taylor (1911) reconheceu que o mundo tinha caído numa ineficiência em quase todos os seus atos diários e que era necessário encontrar estas fontes de ineficiência e resolvê-las. Em suma, as três principais fontes de ineficiência são apresentadas como: o pressuposto de que se houvesse um aumento da produção pelo homem ou máquina, então alguns trabalhadores seriam despedidos; os sistemas de gestão defeituosos que faziam os colaboradores trabalharem lentamente a fim de proteger os seus próprios interesses; e, finalmente, os métodos ineficientes da “regra do polegar”. A fim de lidar com estas fontes de ineficiência, Taylor apresentou os quatro princípios para uma gestão científica: desenvolver uma ciência para cada elemento do trabalho do homem, introduzindo o conceito mais amplamente conhecido como normas; selecionar, formar e desenvolver cada trabalhador, em vez de se

entrar numa jornada interminável para encontrar o melhor homem para o trabalho; promover a cooperação dos trabalhadores para assegurar que o trabalho segue sempre os princípios científicos estabelecidos; e, por último, mas não menos importante, dividir o trabalho e a responsabilidade igualmente entre a direção e os trabalhadores.

Fayol propôs uma teoria geral para gestão composta pelas cinco funções principais de gestão (ainda hoje ensinadas) e os catorze princípios de gestão. Introduziu também a "melhoria contínua" como parte do vocabulário empresarial e o seu trabalho foi uma das bases do sistema japonês de qualidade, na forma como ajuda as empresas a sobreviver e prosperar entre os concorrentes, melhorando mais rapidamente do que eles (Fayol, 1949; McNamara, 2009; Rodrigues, 2001).

Shewhart (1931) introduziu a teoria do controlo e uma abordagem estatística no pensamento para a qualidade. Estava convencido de que um processo deveria prosseguir para um estado de controlo estatístico, a fim de prever a sua produção e geri-la economicamente. Atualmente, é aceite que um processo precisa de ser controlado antes de tentar melhorá-lo.

Durante a segunda metade do século XX, foi desenvolvido o pensamento avançado de qualidade e homens como Kaoru Ishikawa, Joseph Juran, Edwards Deming e Noriaki Kano emergiram como "gurus" do pensamento de Qualidade. Proporcionaram um pensamento para a qualidade estruturado de forma a gerir padrões, conduzir o controlo e procurar sempre a melhoria.

Ishikawa foi o rosto do movimento japonês de Qualidade, não só pelas suas brilhantes contribuições, mas também pela capacidade de falar inglês (Watson, 2017). Promoveu os métodos Japoneses de Qualidade, tais como a melhoria contínua, o trabalho em equipa e a utilização de uma abordagem estruturada de resolução de problemas com base em métodos estatísticos. Estes princípios tornaram-se a base para o Controlo de Qualidade Total. Além disso, desenvolveu ferramentas como o Diagrama Ishikawa e fez grandes contribuições para programas como a *International Organization for Standardization* (ISO) e o *British Standards Institute* (BSI) (Botezatu et al., 2019; Ishikawa, 1986).

Juran é conhecido pela sua contribuição para a qualidade sob a forma da "Trilogia de Juran" - Planeamento da Qualidade, Melhoria da Qualidade e Controlo de Qualidade. Estes conceitos tornam-se cruciais para toda a evolução do pensamento para a qualidade e, por isso, serão aprofundados mais à frente neste trabalho. Juran também acabou por categorizar as melhorias em dois tipos diferentes: a melhoria contínua e a melhoria disruptiva; estas devem ser sempre feitas através de projetos. Estes conceitos proporcionaram uma infraestrutura à qualidade e foram construídos com base nas ideias de Ishikawa de trabalhar em equipa e em projetos. Este acaba por definir qualidade como as características

de um produto que acabam por satisfazer as necessidades de um cliente, e consequentemente, conduzindo a uma maior satisfação do mesmo. Introduz também a ideia de qualidade como uma "libertação de deficiências", ou seja, a libertação de erros que acabem por gerar retrabalho no produto ou que resultem em falhas. (J. M. Juran & Godfrey, 1998; Joseph M. Juran, 1964; Watson, 2017).

Edwards Deming ficou conhecido por grandes contribuições, principalmente através da sua filosofia de gestão para a qualidade, denominada de Gestão da Qualidade Total, e dos seus catorze pontos para a gestão. Este indivíduo acabou por definir qualidade como a "conformidade de um produto em relação às suas especificações técnicas", assumindo que a conformidade com as especificações resultaria numa satisfação das necessidades do cliente. Apesar de ser uma linha de pensamento bastante lógica, as necessidades dos clientes podem não estar totalmente representadas nas especificações do produto (Best & Neuhauser, 2005; J. M. Juran & Godfrey, 1998; Powell, 1995).

Por fim, Kano (1984) contribuiu para a qualidade com a "Teoria da Qualidade Atrativa" e o Modelo de Kano ajudou a compreender como desenvolver produtos e serviços de acordo com as exigências dos clientes.

Através desta revisão, consegue-se perceber o caminho e evolução do pensamento e do campo da qualidade e as várias interpretações ou definições para o que realmente qualidade é. Existe uma certeza: esta evolução é um fator preponderante para as mudanças na sociedade, na tecnologia e no mundo. Sejam estas mudanças positivas ou negativas, dependendo sempre do ponto de vista de cada pessoa, o mundo avança.

2.1.1 Trilogia de Juran

Segundo Juran, para uma organização alcançar qualidade naquilo que faz, é necessário, numa primeira fase, estabelecer uma "visão" para a organização, juntamente com as suas políticas e objetivos. Uma das características desta "visão" incorpora a conversão de objetivos em resultados que é feita a partir de processos de gestão, ou seja, uma sequência de atividades que produzem os resultados esperados. Nessa filosofia de gestão, uma organização que queira alcançar uma qualidade elevada nas suas ações,

acaba por utilizar frequentemente três tipos de processos de gestão, que deram origem à trilogia de Juran (J. M. Juran & Godfrey, 1998):

- Planeamento da Qualidade;
- Controlo da Qualidade;
- Melhoria da Qualidade;

O planeamento da qualidade refere-se ao processo da formulação de produtos e serviços de forma a alcançar os novos objetivos disruptivos, assegurando as necessidades dos clientes como resultado (Godfrey & Kenett, 2007). Existem quatro componentes para a existência e agravamento de lacunas na qualidade de uma organização: (1) a falta de perceção das necessidades dos clientes; (2) mesmo havendo uma clara ideia do que os clientes querem, as organizações podem falhar na conceção do produto; (3) por vezes, os processos não conseguem reproduzir com conformidade o produto desenhado; (4) por fim, o processo é operado de um modo que pode criar adicionais deficiências na entrega do produto ao cliente. Juran apresenta uma solução que consiste em 6 passos para o planeamento da qualidade (J. M. Juran & Godfrey, 1998):

- Estabelecimento de um projeto, definindo os objetivos, uma visão e toda uma estrutura, de forma a fechar as lacunas da qualidade;
- Identificação dos clientes: sem saber quem são, a perceção das necessidades torna-se errada;
- Identificação das necessidades reais dos clientes, de forma a desenhar o produto da forma mais eficaz e eficiente possível;
- Desenvolvimento das características que retratam as necessidades dos clientes;
- Desenvolvimento de um processo que seja capaz de reproduzir o produto, utilizando as técnicas, ferramentas e tecnologias necessárias;
- Desenvolvimento de controlos de processo, de forma a garantir a máxima capacidade do processo, fechando a quarta lacuna da qualidade;

O controlo da qualidade é um processo de gestão que assegura que as operações forneçam resultados estáveis ao longo do tempo. Depois de qualquer melhoria da qualidade e depois de um novo nível de *performance* seja atingido, é importante desenvolver certas ações, de forma a que o novo nível de *performance* se mantenha ao longo do tempo (J. M. Juran & Godfrey, 1998). Primeiramente, deve ser feita uma pesquisa do nível atual de *performance* através de uma pesquisa sobre a qualidade do produto

"no terreno". De seguida, deve existir uma fase de comparação entre os dados recolhidos relativos à *performance* e o objetivo. Por fim, devem ser aplicadas ações corretivas relativamente à variação ocorrida (Tejaningrum, 2019).

O terceiro pilar desta filosofia proposta por Juran é a melhoria da qualidade. Consiste no processo de criação de melhorias disruptivas nos níveis de *performance* da organização (Godfrey & Kenett, 2007). Esta melhoria da qualidade deve ser um processo contínuo (Godfrey & Kenett, 2007), sugerindo sete passos básicos (J. M. Juran & Godfrey, 1998):

- Provar a necessidade de melhoria;
- Identificar projetos específicos para a melhoria;
- Organizar para guiar projetos;
- Organizar para diagnóstico;
- Fornecer soluções;
- Provar que as soluções são efetivas sob as condições de operação;
- Fornecer controlo para monitorizar os ganhos;

A trilogia de Juran acaba por se tornar uma representação muito simples e completa de uma filosofia eficaz e eficiente para a gestão da qualidade, sendo uma filosofia aplicada com muita frequência (Godfrey & Kenett, 2007).

2.1.2 Gestão da Qualidade Total

De uma forma geral, a Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management* - TQM) é uma filosofia holística de gestão muito focalizada para a melhoria contínua em todas as funções da organização, através da procura da satisfação das necessidades do cliente, reduzindo o retrabalho incitando ao trabalho em equipa e criando equipas estruturadas para resolução de problemas, etc. (Kaynak, 2003; Powell, 1995).

Esta filosofia teve origem no Japão, quando a União de Cientistas e Engenheiros do Japão (JUSE) decidiu formar um comité de académicos, engenheiros e oficiais do governo focado no aumento da produtividade do Japão, melhorando a qualidade de vida do país, após a Segunda Guerra Mundial. Influenciados pelo pensamento de Juran e Deming, o comité desenvolveu e disseminou um curso de controlo estatístico para a qualidade que acabou por levar a outras inovações como os círculos de qualidade, produção *just-in-time* e o planeamento *hoshin*. Por volta de 1980, os americanos começaram a aperceber-se dos

avanços na qualidade dos produtos e processos dos japoneses que estavam a ocupar a posição de líder no mercado americano. Por essa mesma altura, empresas como a Ford, Xerox e Motorola, convencidas das vantagens das práticas dos japoneses e sobre a liderança de Deming e outros consultores adotaram estas práticas, sendo as primeiras a adotar a filosofia do TQM nos EUA (Powell, 1995).

Existem várias perspetivas relativamente à Gestão da Qualidade Total, como os catorze pontos de Deming, a trilogia de Juran ou os catorze passos para a qualidade de Crosby. No entanto, é possível perceber elementos comuns nestas perspetivas e que acabam por caraterizar esta filosofia de gestão (Kaynak, 2003; Powell, 1995; Samson & Terziovski, 1999):

- Liderança: os executivos de uma organização devem comprometer-se com uma estratégia a longo prazo, criando um sistema de gestão focado na melhoria da qualidade através de atividades que encorajem mudança, criem um propósito dentro da organização e utilizem as ideias dos colaboradores de forma a melhorar a performance;
- Focalização no cliente: a organização deve contruir relações mais próximas com o consumidor de forma a perceber e satisfazer as suas reais necessidades e de que forma a informação dos clientes é divulgada ao longo da estrutura da empresa;
- Gestão dos colaboradores: a organização deve cada vez mais aumentar o envolvimento dos seus colaboradores no planeamento e decisões da empresa; adicionalmente, deve contruir equipas estruturadas para a resolução de problemas com uma comunicação horizontal, relaxando na verticalidade da hierarquia;
- Gestão de relação com fornecedores: deve-se contruir relações mais próximas com os diversos intervenientes na cadeia de abastecimento da empresa, trabalhando cooperativamente com os mesmos de forma a assegurar um maior controlo dos diversos processos, originando produtos mais conformes com as necessidades finais do cliente;
- Gestão do processo: deve haver uma grande preocupação de como o processo é desenhado e planeado, de forma a produzir produtos conformes; as organizações são compostas por diversos processos interligados e a melhoria contínua desses processos é que incita a melhoria da performance da empresa como um todo; a introdução de conceitos de redução de custos, implementação de controlo estatístico, melhoria contínua e manutenção preventiva deve ser encorajada;
- Gestão da informação: deve ser implementada uma cultura focada na decisão com base em factos, através de recolha, tratamento e análise de informação interna ou externa.

2.1.3 Melhoria Contínua na Qualidade

O termo *Kaizen* é uma palavra japonesa cuja tradução aproximada, significa "melhoria contínua" ou "princípios da melhoria contínua" (Suárez-Barraza & Ramis-Pujol, 2010). Apesar de este termo estar muito associado a filosofias como o TQM ou ao *Lean,* é um conceito que acaba por não estar claramente definido na JUSE e é mais usado como um axioma para definir outros conceitos (Berger, 1997). Já outros autores acabam por definir *kaizen* como "atividades pervasivas e contínuas, fora dos papéis contratuais explícitos do contribuinte, para identificar e alcançar resultados que ele acredita contribuir para os objetivos organizacionais" (Suárez-Barraza & Ramis-Pujol, 2010).

Adicionalmente, a melhoria contínua pode ser definida através das suas características. Diferentes autores apresentam várias abordagens, das quais sobressaem três (Brunet & New, 2003):

1. *Kaizen* é um processo contínuo o que transmite uma ideia de algo que deve ser sempre praticado e aplicado nas empresas, bem como uma ideia que a jornada para a qualidade e eficiência é uma interminável;
2. A melhoria contínua é algo incremental por natureza, ao contrário da maioria das iniciativas de gestão para a reorganização e inovação;
3. *Kaizen* investe na participação, envolvimento e inteligência de toda a força de trabalho, gerando melhorias psicológicas e na qualidade do trabalho dos colaboradores.

Associado à melhoria contínua, tratando-se de um conceito focado no aumento da performance através de melhorias de processos, surge um modelo de resolução de problemas denominado de ciclo PDCA. Proposto por Shewhart (1931), este sugere que qualquer melhoria tem de partir de um bom plano (*Plan*), seguido da implementação das atividades necessárias para o concretizar (*Do*). De seguida, existe um período para verificar os resultados das ações realizadas (*Check*) e, por fim, devem ser levantadas as lições aprendidas, para serem aplicadas em processos similares e implementar ações, de forma a que as melhorias implementadas se mantenham ao longo do tempo (*Act*) (Matsuo & Nakahara, 2013).

2.2 *Lean Production*

2.2.1 Origens

Para compreender o conceito de *Lean Production,* é necessário, primeiro, perceber as suas origens e as diferentes perspetivas que levaram ao seu desenvolvimento. *Lean Production* deriva diretamente do *Toyota Production System* (TPS), sendo este desenvolvido por Taiichi Ohno ao longo do seu trabalho, experiências e iniciativas ao longo de três décadas na Toyota Motor Company (Shah & Ward, 2007).

Em 1950, após diversos eventos, evoluções e divisões na Toyota, Eiji Toyoda torna-se o gestor da divisão fabricante da Toyota e, numa altura em que subsidiárias da Ford e General Motors (GM) dominavam o mercado, é enviado para os EUA no intuito de estudar os métodos de fabrico automóvel do país. A sua intenção era implementar técnicas de produção em massa na Toyota, mas a procura baixa dos seus produtos fez com que estas técnicas tivessem pouco efeito inicialmente. Sendo assim, construiu uma fábrica assentada nestas técnicas, acabando por se tornar um protótipo (Holweg, 2007).

O indivíduo que realmente impulsionou o TPS foi Taiichi Ohno que, através de uma abordagem bastante lógica e depois de ter analisado o sistema produtivo dos EUA, apercebe-se que este suportava duas falhas: a produção em massa em grandes lotes acaba por gerar bastante inventário desnecessário, ocupando espaço e acabando por manter bastante capital parado; a segunda falha está relacionada com a falta de diversidade nos produtos, não conseguindo satisfazer da melhor forma as necessidades e preferências dos clientes. Assim, a partir de 1948, Ohno estendeu cada vez mais o seu conceito de produção em pequenos lotes, sempre com um principal foco na eliminação de desperdício. Com o passar dos anos, Ohno foi desenvolvendo o TPS, introduzindo conceitos como o sistema *kanban*, após visitas a fábricas de produção automóvel, em 1956; os dois pilares ("*autonomation*" e "*Just-in-Time*"), descritos no seu livro (Ohno, 1988); e SMED, após mudar os procedimentos de mudanças de produtos das máquinas de forma a adotar uma política de produção em pequenos lotes (Holweg, 2007; Krafcik, 1988).

2.2.2 Casa TPS

Depois do grande sucesso da implementação do TPS em várias empresas, o modelo ficou conhecido como essencial para uma empresa de produção que quer ser competitiva no seu mercado. Eventualmente, com o sucesso deste tipo de sistema, a teoria ao seu redor foi sendo transformada e, atualmente, representada pela casa TPS. Esta casa acaba por representar os princípios e atividades necessárias para implementar os conceitos do TPS, como se pode ver pela Figura 1 (Liker & Morgan, 2006).

No teto desta casa, pode observar-se o objetivo principal do TPS: foco no cliente. Assim, o objetivo é oferecer aos clientes a melhor qualidade, a um preço reduzido, no menor tempo possível, através da eliminação do desperdício ao longo do processo (Dennis, 2015). Este foco na eliminação do desperdício será abordado no subcapítulo seguinte.

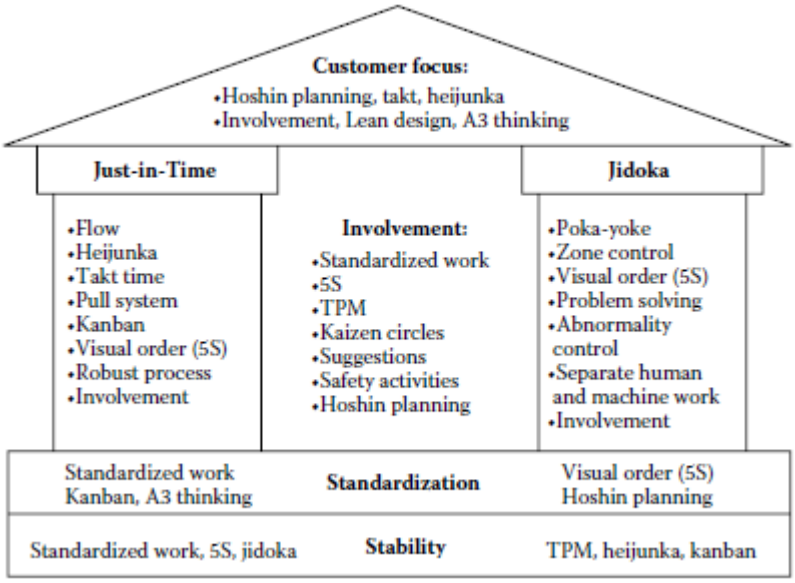


Figura 1 - Casa TPS e atividades Lean

(Dennis, 2015)

Um dos pilares que suporta a casa TPS é o Just-in-Time (JIT), conceito introduzido por Taiichi Ohno na Toyota, provavelmente, o mais conhecido de todos os princípios da casa. O JIT está relacionado a um fluxo muito rápido dos materiais nos processos, sendo que o material deve estar no sítio certo à hora certa (Liker & Morgan, 2006). Contrariando a produção *push*, que nos anos 80 era muito utilizada, este tipo de produção diminui o inventário ao longo do processo, levando a uma maior visualização deste e dos seus desperdícios. A produção JIT está associada a algumas regras (Dennis, 2015):

1. Não produzir enquanto o cliente não efetuar uma encomenda;
2. Nivelar a procura de forma a que o trabalho seja conduzido da forma mais fluída possível;
3. Ligar todos os processos à procura de cliente através de ferramentas visuais (*kanbans*);
4. Maximizar a flexibilidade das pessoas e das máquinas.

O outro pilar da casa TPS é o *Jidoka*, um conceito mais complexo e menos conhecido que significa "Construir com qualidade na fonte". Assim, este conceito acaba por representar uma máquina com uma inteligência humana, sendo que os trabalhadores têm a autonomia para, caso detetem um desvio no processo, possam parar o processo e, consequentemente, o problema ou desvio que está a acontecer. Deste modo, garante-se que os problemas são contidos mal aconteçam, eliminando a possibilidade de ocorrência de defeitos em cliente (Dennis, 2015; Liker & Morgan, 2006).

A fundação ou base da casa TPS acaba por ser uma metáfora, pois sem estabilidade e normalização de processos, sistemas JIT não conseguem ser construídos e os processos não se conseguem ajustar aos problemas que possam aparecer. O primeiro objetivo passa por criar um nivelamento (*heijunka*) da procura, como já referido anteriormente, bem como do trabalho. Quando a carga de trabalho está

nivelada, há, então, a oportunidade de normalizar os processos associados. Esta normalização acaba por se tratar da procura da mais segura, mais fácil e mais eficiente maneira de fazer o trabalho da forma com este se encontra de momento. A estabilidade no sistema como um todo começa com a aplicação adequada de gestão visual e um sistema de 5S's. Este sistema acaba por suportar a normalização do trabalho e a manutenção preventiva total, levando à estabilidade dos processos e máquinas (Dennis, 2015; Liker & Morgan, 2006).

Depois de discutidos os objetivos do TPS, os pilares e conceitos chave dos mesmos e a base que uma empresa com um sistema TPS deve contruir, resta perceber o conteúdo da casa e a "cola" que liga e faz com que todos os conceitos sejam aplicados com sucesso. Por fim, o último elemento da casa TPS é o envolvimento das pessoas integrantes no sistema e a cultura que deve existir. Este envolvimento deve ser gerido com a mesma intensidade que a qualidade ou produção. Pelo que, contrariamente a 100 anos de filosofia de gestão e remando contra ideias como as de Taylor, em que os colaboradores tinham uma capacidade limitada para o processo, as empresas que implementem os conceitos de TPS devem envolver todas as pessoas na melhoria da organização. Numa época em que a competição é fervorosa, é necessário cada vez mais flexibilidade e criatividade por parte da organização, assim como das pessoas que a compõe. São estas pessoas que, cada vez mais instruídas e experientes, mudarão o rumo de uma empresa (Dennis, 2015).

2.2.3 Tipos de desperdício

Como referido ao longo de toda a revisão bibliográfica, o objetivo do *Toyota Production System* eda metodologia *Lean production* é a de agilizar processos e eliminar o desperdícios existente nos mesmos (Dennis, 2015; Douglas et al., 2015; Ohno, 1988; J. P. Womack et al., 1990). Segundo Womack (1990), desperdício é "qualquer atividade humana que absorve recursos, mas que não cria valor". Já outros autores definem desperdício como "tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar" (Arnheiter & Maleyeff, 2005; Bhuiyan & Baghel, 2005; Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006; Dennis, 2015; Pepper & Spedding, 2010). Mais uma vez, consegue-se perceber que, independentemente da definição dada a desperdício, existe um foco absoluto na satisfação das necessidades do cliente, o teto da casa do TPS.

A palavra japonesa para desperdício é *Muda,* o oposto de valor, tendo de ser eliminada do sistema. No entanto, de forma a ser eliminado, este *Muda* deve ser encontrado e identificado, por vezes um processo mais difícil do que eliminar. Assim, acaba por ser divido em 8 diferentes tipos de desperdício, para facilitar a sua identificação na empresa (Cohen, 2018; Dennis, 2015; Douglas et al., 2015; Ohno, 1988):

- Excesso de movimentos: colaboradores ou equipamentos movendo-se mais do que o suficiente para realizar o trabalho. Um exemplo muito usual são as fracas condições ergonómicas, diminuindo a produtividade do trabalhador;
- Excesso de transportes: movimentos de materiais desnecessários ou em excesso para o que é necessário para realizar o trabalho. Alguns exemplos são a pobre definição do layout, fazendo com que os materiais se movimentem mais que o necessário ou a produção em grandes lotes, tendo de movimentar muito material desnecessariamente;
- Inventário: todos os materiais ou produtos, intermédios ou finais, que não estão a ser processados e, portanto, parados. Por exemplo, materiais que já passaram o prazo de validade, mas que continuam dentro do processo;
- Defeitos: todo o tempo e recursos necessários para produzir, identificar e corrigir um defeito. Tempo perdido à procura de um material que não está no sítio correto ou reprodução defeituosa das normas do processo são alguns dos exemplos;
- Sobreprodução: produção acima do pedido pelo cliente ou produção a prever certas encomendas. Construção de largos armazéns, compra de materiais em excesso, uso extra de energia são alguns dos exemplos considerados como sobreprodução;
- Esperas: esperas pela finalização do passo anterior do processo. Este desperdício ocorre quando um trabalhador tem de esperar por algum material, ou quando a linha de produção para, ou quando um trabalhador tem de esperar que a máquina processe um produto;
- Sobreprocessamento: processamento de tarefas em excesso que não acrescentam valor ao cliente. Empresas que acabam por "enamorar" uma certa tecnologia ou a perseguição cega por um objetivo técnico, não olhando para as necessidades dos clientes, são alguns dos exemplos deste tipo de desperdício;
- Conhecimento inutilizado: um tipo de desperdício que só mais recentemente foi rotulado como tal, a inutilização das máximas capacidades do conhecimento e experiências de todos os colaboradores da empresa. A fraca delegação de tarefas ou responsabilização de atividades ou filosofias como o Taylorismo estão cobertas deste desperdício.

Apesar da busca incessante pela identificação e eliminação de desperdício dentro das empresas, *Lean Production* é mais que isso. Os objetivos desta filosofia passam também pela criação de fluxos de processo fluídos que permitam que o cliente puxe pela produção, envolvendo os trabalhadores nas melhorias. Assim, para finalizar este tópico, é necessário introduzir os conceitos de *Mura* e *Muri*.

Mura refere-se ao desnivelamento ou flutuação do trabalho, usualmente causado pela flutuação ou fraco planeamento da produção. Um sistema *lean* deve reduzir este tipo de flutuações através do *heijunka* ou nivelamento da produção.

Muri significa "difícil de fazer" e pode ser causado pelos diversos desperdícios já discutidos. As diferentes flutuações no processo, o fraco design dos processos, layouts, etc. acabam por transformar o trabalho em algo possível de concretizar, pois todos estes desperdícios se vão acumulando.

Em conclusão, a gestão deve ter atenção a todos estes tipos de desperdício, não só para melhorar o sistema, mas também para não o sobrecarregar. Uma decisão, por mais pequena que possa parecer, ao viajar por todos os processos da empresa pode transformar-se numa sobrecarga de trabalho impossível para os colaboradores (Dennis, 2015).

2.2.4 Princípios de *Lean Thinking*

Após a introdução dos conceitos e técnicas *lean,* através do seu livro "*The Machine That Changed The World*" (1990), um estudo sumarizado da indústria automóvel e focalizado principalmente na filosofia *lean*, Womack abriu as portas para uma nova era de mudança de filosofias de produção e de trabalho. No entanto, apesar de várias organizações de várias indústrias começarem a implementar técnicas *lean* para melhorar o seu trabalho, estas tiveram uma enorme dificuldade de interligar todos estes conceitos num sistema de negócio coerente e coeso. Assim, Womack desenvolveu um estudo, com mais de 50 empresas envolvidas, de forma a compreender e articular a lógica à volta de um negócio *lean* (J. Womack & Jones, 1996). Acabou por chamar a este processo de *lean thinking* e o resultado da pesquisa pode ser expressa em 5 princípios fundamentais (Staats et al., 2011; J. Womack & Jones, 1996):

1. Definir valor através da perspetiva do cliente final. Apesar de ser um princípio bastante simples e fácil de entender, o processo de definir, em cada passo da cadeia de abastecimento, o valor que este traz para o cliente final pode ser bastante complicado. Adicionalmente, as organizações acabam por definir o valor que que cada atividade tem para si mesmas (lucro, maximizar utilização de recursos, etc.) e, muitas vezes, esta definição pode entrar em contradição com o valor que a atividade traz para o cliente final.
2. Identificar o fluxo de valor para cada produto da empresa e eliminar o desperdício. O fluxo de valor acaba por ser tudo o que é necessário para que o produto passe pelas três atividades críticas do processo: definição do produto, gestão da informação e transformação física do produto. Este mapeamento do fluxo acaba por trazer uma visualização bastante ampla dos desperdícios do negócio.

3. Fazer com que os passos que criam valor fluam ao longo do processo. Após a eliminação de desperdício, deve-se certificar que todas as tarefas que realmente acrescentam valor para o cliente sejam feitas sem esperas, sem inatividades e sem defeitos.
4. Desenhar e fornecer exatamente o que o cliente quer apenas quanto este quiser. Criar um sistema que puxe pela produção (*pull*) assegurando que nada é produzido em excesso e, assim, evitar o desperdício.
5. Perseguir a perfeição. Quando as técnicas de *lean* são aplicadas, algo muito atípico acontece: o esforço e a jornada para a melhoria dos processos torna-se interminável. Assim, a organização entra numa jornada à procura da perfeição que, apesar de ser impossível de alcançar, passa a ser o objetivo.

2.3 *Six Sigma*

2.3.1 Origens

Durante as últimas décadas, testemunhou-se a uma subida exponencial da competitividade a nível mundial e, consequentemente, as organizações sentiram uma dificuldade imensa para competir pela qualidade ou preço dos seus produtos. Assim, surgiu a necessidade de orientar os esforços na melhoria tanto da qualidade dos produtos como dos processos, de forma a garantir uma vantagem competitiva (Dave et al., 2015; Hasan & Chiu, 2016).

A procura da vantagem competitiva através da melhoria da qualidade nas organizações ocorreu de diversas formas. A introdução de filosofias para a gestão da qualidade, como o TQM ou a trilogia de Juran, são alguns dos exemplos. No entanto, esta implementação de sistemas para a melhoria da qualidade, através de redução de problemas e defeitos, está limitada pelo facto de não garantir lucros e prosperidade a nível dos negócios (Dave et al., 2015).

De forma a combater este tipo de limitação, a Motorola desenvolveu a metodologia *Six Sigma* (Barney, 2002; Dave et al., 2015; Hasan & Chiu, 2016; Pepper & Spedding, 2010). Em 1986, Bill Smith, um engenheiro de fiabilidade da Motorola, introduziu o conceito de *Six Sigma* como forma de lidar com o aumento de reclamações por parte dos revendedores da marca (Barney, 2002; Dave et al., 2015; Pepper & Spedding, 2010). Smith, suportado pela filosofia, princípios e métodos de Deming e do TQM, desenvolveu toda a estatística e fórmulas por detrás deste conceito e apresentou todas estas ideias ao, na altura, CEO da Motorola, Bob Galvin (Barney, 2002; Brady & Allen, 2006). Este ficou tão entusiasmado com a paixão e ideias de Bill Smith que aceitou, reconheceu e implementou esta abordagem como forma

de combater problemas ou assuntos relacionados com qualidade. A metodologia *Six Sigma* tornou-se uma das principais estratégias da empresa, para formular e fornecer produtos, satisfazendo assim as necessidades dos seus clientes (Barney, 2002).

Em 1988, a Motorola tornou-se a primeira empresa a ganhar o prémio Malcom Baldrige National Quality Award e, entre 1987 e 1997, conseguiu alcançar um total de poupanças de catorze mil milhões de dólares americanos. Neste período as suas vendas aumentaram para o quíntuplo (Barney, 2002; Bhuiyan & Baghel, 2005). Desde então, várias empresas procuraram aplicar os conceitos de *Six Sigma.* Entre as quais, The Honda Motor Company, Sony, Texas Instruments, Ford, Allied Signal ou a General Electrics (GE) (Barney, 2002; Bhuiyan & Baghel, 2005; Dave et al., 2015). Esta última empresa foi quem realmente revolucionou e aumentou a popularidade do *Six Sigma* em todo mundo, graças às ações e trabalho de Jack Welch, o então CEO da GE, em 1995 (Pepper & Spedding, 2010).

2.3.2 Definição de *Six Sigma*

Após uma passagem breve pela história e desenvolvimento do *Six Sigma*, é necessário apresentar uma definição formal da metodologia. No entanto, apresentar uma só definição para *Six Sigma* é uma tarefa mais árdua do que aparenta ser. Algo que se pode perceber ao longo da coleta de vários artigos, e referenciado também neles, é a diversidade de perspetivas e interpretações que existem sobre *Six Sigma*. Estas perspetivas estão muito dependentes da posição que os intervenientes têm ao longo do processo: se estivermos a discutir o *Six Sigma* de um ponto técnico, podem incluir-se temas como a variabilidade do processo; se se estiver a discutir de um ponto de vista da gestão ou do cliente, a qualidade de um processo pode ser descrita através dos seus defeitos por milhão de unidades produzidas (Henderson & Evans, 2000).

Schroeder (2008) realizou um inquérito no qual recolhe a opinião de vários executivos e *Black Belts* em *Six Sigma* sobre a definição do mesmo. Um primeiro executivo da empresa MFG, de um modo informal, define *Six Sigma* como um conjunto de competências disciplinadas de resolução de problemas que, quando ensinadas a alguém, essa pessoa é capaz de liderar projetos com um grande retorno para a empresa. Já o segundo executivo entrevistado identifica o *Six Sigma* como um conjunto de métodos estatísticos e de resolução de problemas que acaba por impactar de forma positiva a *performance* da empresa no seu mercado. Quando entrevistado um *Black Belt* em *Six Sigma*, este apresenta *Six Sigma* como um método lógico para melhorar processo através da obtenção constante da causa raíz. Por fim, o autor acaba por formular uma definição formal para o *Six Sigma*: uma organizada estrutura para a redução da variação de processos organizacionais através da utilização de especialistas de melhorias,

um método estruturado e métricas de performance e com o objetivo final de alcançar os objetivos estratégicos.

A Motorola, empresa fundadora do *Six Sigma*, definiu-o como um programa de melhoria da qualidade com o objetivo de reduzir o número de defeitos para 3,4 por milhão de unidades produzidas. Este programa acaba por utilizar métodos estatísticos como a distribuição normal e relaciona conceitos como defeitos, fiabilidade, tempo de ciclo, inventário, etc. (Henderson & Evans, 2000).

Tal como referido no capítulo 1.1, Linderman (2003) define o *Six Sigma* como um "método organizado e sistemático para a melhoria do processo estratégico e desenvolvimento de novos produtos e serviços suportada através métodos estatísticos e científicos de forma a ter reduções dramáticas no que o cliente classifica como defeitos". Este autor referencia, ainda, que o nome dado a *Six Sigma* invoca o objetivo de 3,4 defeitos por milhão de unidades produzidas. No entanto, este princípio não deve ser incluído na definição pois os objetivos devem estar sempre dependentes dos requisitos dos clientes, requisitos estes que podem variar, dependendo da realidade dos mercados.

Esta última definição acaba por se forcar muito na definição do *Six Sigma* como um método, deixando de parte o *Six Sigma* como uma filosofia ou um conjunto de princípios. Vários autores acabam também por detalhar mais a fundo certas ferramentas utilizadas, como o DMAIC, para melhoria de processos, e o DMADV, para desenvolvimento de novos produtos ou serviços. Ainda outros acabam por definir *Six Sigma* como uma prática de princípios e ferramentas e não tanto como um método propriamente dito (Brady & Allen, 2006).

Henderson e Evans (2000) acabam por apresentar uma compilação de várias interpretações e definições realizadas por vários autores ao longo do tempo. Apesar de a sua formulação ser sempre diferente, todas as definições apresentam o *Six Sigma* com uma ou mais caraterísticas apresentadas de seguida: uma metodologia estruturada, com um foco na redução de defeitos até 3,4 defeitos por milhão de unidades produzidas, com suporte de uma ferramenta de resolução de problemas, como o DMAIC ou DMADV, e utilizada para problemas complexos e/ou crónicos das empresas.

2.3.3 *Lean Six Sigma* e os seus fatores de sucesso

Após uma extensa abordagem dos dois tópicos (*Lean* e *Six Sigma*), separadamente, resta a realização de um exercício para juntar os dois conceitos para formar a metodologia que será seguida em toda a dissertação.

Antes de definir formalmente o *Lean Six Sigma*, serão apresentados os benefícios de ambos os conceitos e de como se se podem complementar, de forma a que a junção de *Lean* com *Six Sigma* tenha sentido.

Como se pode concluir através de toda a revisão bibliográfica até este momento, ambos os conceitos surgem de dois diferentes pontos de vista: *Lean* deriva da necessidade de um aumento da velocidade do fluxo dos processos, através da eliminação de atividades sem valor acrescentado, enquanto o *Six Sigma* foi criado para assegurar a qualidade do produto final, através do foco na conformidade com os requisitos do cliente (Arnheiter & Maleyeff, 2005).

No entanto, apesar destas divergências, organizações com um foco de implementação de um dos conceitos podem beneficiar com a implementação do outro. Organizações focadas em *Lean* acabariam por dar uso a mais informações e dados para melhorar as suas tomadas de decisão, bem como acabariam por utilizar metodologias que permitiriam uma melhor e maior abordagem científica à sua qualidade (Arnheiter & Maleyeff, 2005). Um exemplo que acaba por descrever o que foi acima referenciado foi o problema da Ford com reclamações de cliente referentes às suas transmissões automáticas. Estas transmissões eram realizadas em duas fábricas distintas, uma situada no Japão e outra situada nos EUA. De acordo com as informações retiradas, a Ford apercebeu-se de uma maior satisfação dos clientes com as transmissões feitas no Japão. Quando estas duas transmissões, uma de cada fábrica, foram desmontadas, aperceberam-se de que, apesar de as peças constituintes de ambas se encontrarem nas tolerâncias dos clientes, as peças da transmissão produzidas no Japão apresentavam uma menor variabilidade e mais centradas no valor alvo. A única forma de resolver este tipo de problemas é utilizando conceitos e ferramentas associadas ao *Six Sigma* (Gunter, 1987). Organizações focadas em *Six Sigma,* apesar de garantirem uma excelente qualidade nos seus produtos, para superar a sua concorrência, necessitam de fornecer um serviço com excelente qualidade. Através da redução de desperdícios e atividades sem valor acrescentado, é possível reduzir *lead times* alcançando entregas mais rápidas ou alcançar as datas acordadas com o cliente. Só com a implementação de *Lean* é que as organizações focadas em *Six Sigma* conseguirão aprender a aumentar o seu rácio de atividades com valor acrescentado (Arnheiter & Maleyeff, 2005).

Assim, enquanto os dois conceitos em separado dão prioridade a certos aspetos da performance de uma organização, uma empresa focada em *Lean Six Sigma* acaba por capitalizar dos vários benefícios que os dois conceitos albergam com a sua implementação. Esta conclusão pode ser vista num formato mais visual através da Figura 2.

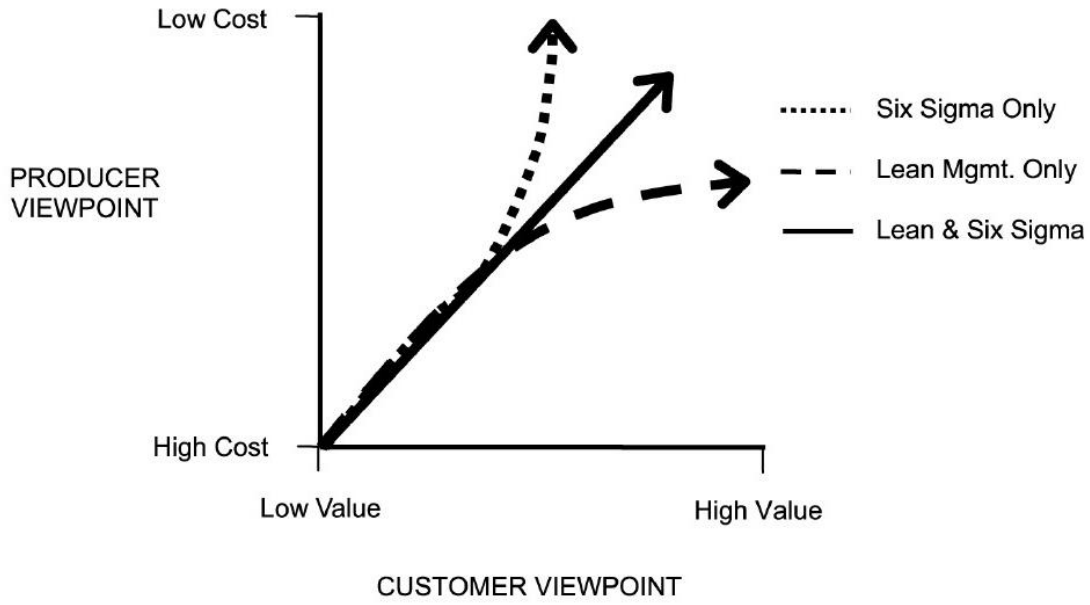


Figura 2 - Perspetivas e benefícios de Lean e Six Sigma

(Arnheiter & Maleyeff, 2005)

Por fim, é possível afirmar que *Lean Six Sigma* acaba por ser "uma estratégia e metodologia empresarial que aumenta o desempenho do processo resultando numa maior satisfação do cliente e na melhoria dos resultados. Também está a ser amplamente reconhecido que *Lean Six Sigma* é uma ferramenta eficaz de desenvolvimento de liderança" (Snee, 2010).

Em suma, e após uma análise e definição de *Lean Six Sigma*, são listados abaixo oito fatores que levam ao sucesso de uma eficaz implementação da metodologia:

1. Resultados monetários positivos, com poupanças a rondar 1 milhão por *Black Belt*, por ano (Harry, 1998);
2. Liderança ativa da gestão de topo (Snee, 2010);
3. Uso de uma abordagem estruturada e disciplinada, o ciclo DMAIC (Snee, 2010);
4. Projetos rápidos com uma duração de 3 a 6 meses (Kotter, 2008);
5. Definição clara do sucesso de um projeto (Snee, 2010);
6. Criação de uma infraestrutura (*Master Black Belts*, *Black Belts* e *Green Belts*) (Snee, 2010);
7. Foco no cliente e no processo (Arnheiter & Maleyeff, 2005);
8. Abordagem estatística e científica (ASQ, 2004);

2.3.4 Ciclo DMAIC

Como se pôde verificar ao longo de toda esta revisão acerca do tópico de *Six Sigma*, esta metodologia não é algo claro, delineado e singular (De Mast & Lokkerbol, 2012). Aliás, tem de ser bastante flexível

pois acaba por depender das condições, indústrias ou clientes de uma empresa. No entanto, o ciclo DMAIC foi sempre visto como uma ferramenta universal ao *Six Sigma* e acaba por ser o esqueleto para a estrutura de toda a metodologia.

Originalmente, o ciclo DMAIC é descrito como um método estruturado para a redução de variação dos processos. Porém, este método é utilizado como uma abordagem de melhoria e resolução de problemas (McAdam & Lafferty, 2004).

Esta ferramenta, como o próprio acrónimo dita, acaba por estar dividida em 5 fases: *define*, *measure*, *analyze*, *improve* e *control*. Abaixo estão descritas a funcionalidade de cada fase em pormenor, bem como algumas ações normalmente realizadas em cada uma (De Koning & De Mast, 2006; De Mast & Lokkerbol, 2012):

- *Define*: seleção do problema a resolver e análise de benefícios da sua resolução;
    - D1: Identificar e mapear processos relevantes;
    - D2: Identificar os intervenientes interessados;
    - D3: Determinar e priorizar as necessidades e requisitos dos clientes;
    - D4: Realizar um *business case* para o projeto;
- *Measure*: transformação do problema para algo mensurável e respetiva mensuração; é feita também uma redefinição dos objetivos de uma forma mais refinada;
    - M1: Selecionar um ou mais CTQs (*Critical To Quality*);
    - M2: Determinar as definições operacionais para os CTQs e requisitos;
    - M3: Validar o sistema de mensuração;
    - M4: Avaliar a capacidade do processo;
    - M5: Definir objetivos;
- *Analyze*: identificação dos fatores que mais influenciam o comportamento dos CTQs, bem como identificação das causas;
    - A1: Identificar potenciais fatores que possam influenciar
    - A2: Selecionar fatores vitais;
    - A3: Identificar causa(s) raíz;
- *Improve*: desenvolvimento e implementação de ações corretivas ao processo que melhorem a sua *performance*;
    - I1: Desenvolver ações corretivas com base na(s) causa(s) raíz definidas;
    - I2: Desenvolver um teste piloto de forma a perceber se as ações de melhoria implementadas têm o sucesso e eficácia esperada;

- *Control*: Verificação empírica ao longo do tempo dos resultados após a implementação das ações de melhoria e implementação de ações preventivas, de forma a garantir a que as melhorias se tornem sustentáveis;
    - C1: Determinar nova capacidade do processo;
    - C2: Implementar ações preventivas como planos de controlo.

O ciclo DMAIC é uma ferramenta bastante flexível e aplicável a uma grande variedade de projetos e problemas genéricos, bem claros, que acabam por ser os problemas do quotidiano de uma empresa. Graças ao seu modelo sustentado numa forma de pensar racional, causal e suportada em métodos estatísticos, o ciclo DMAIC acaba por se revelar impactante em problemas não tão estruturados, mais complexos e ainda não tão bem definidos. No entanto, as limitações deste ciclo são atingidas quando o objetivo é a resolução de problemas nos quais existe uma maior dinâmica humana, perceções bastante subjetivas e onde estão envolvidos valores humanos (De Mast & Lokkerbol, 2012).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo, será abordada a empresa na qual a presente dissertação será realizada - a Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. Nas próximas páginas, serão abordados alguns factos e números atuais da empresa e descritos os acontecimentos fulcrais no desenvolvimento da Bosch a nível mundial. Para além disso, a Bosch Car Multimedia Portugal, situada na cidade de Braga terá um foco adicional, sendo apresentadas as suas divisões e a sua visão como empresa.

3.1 Visão geral sobre a Bosch

Antes de ser apresentada a Bosch Car Multimedia Portugal S.A., faz sentido fazer uma apresentação sobre a organização Bosch e a sua representação a nível global. A Bosch é um dos líderes mundiais no fornecimento de serviços de tecnologia. A empresa tem como objetivo, o desenvolver tecnologias e soluções inovadoras com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos seus clientes. A aposta por produzir e fornecer melhores produtos e serviços, tem sido feita através de uma estratégia de investimento permanente. Só nos últimos anos, a Bosch, investiu mais de 30 mil milhões de euros em investigação e desenvolvimento.

Alguns dos exemplos das tecnologias desenvolvidas pela Bosch:

- Os sistemas de antiderrapagem *Bosch ESP* que salvam milhares de vidas todos os anos, prevenindo até 80% dos acidentes com derrapagem.
- Fornos com o sensor *PerfectBake* que tratam de todo o processo de cozedura de forma automática.
- Ferramentas elétricas como o *Bosch Ixo* com mais de 16 milhões de vendas em todo o mundo. Uma ferramenta extremamente útil e potente graças à bateria com tecnologia a *lithium-ion*.

O grupo Bosch está divido em quatro áreas de negócio. São elas, soluções para a mobilidade, tecnologia industrial, energia e tecnologia de edifícios e bens de consumo. De acordo com dados retirados em 2018, este grupo é presidido por Franz Fehrenbach e pelo Doutor Volkmar Denner e conta com cerca de 409900 colaboradores Bosch, distribuídos por 60 países e 440 subsidiárias. A nível de vendas, o grupo teve uma faturação aproximada de 78,5 mil milhões de euros, estando este valor distribuído em 61% nas soluções de mobilidade, 23% nos bens de consumo, 9% na tecnologia industrial e 7% na energia e tecnologia de edifícios. A nível geográfico, estas receitas estão divididas em 52% pela Europa, 30% na Ásia, 16% na América do Norte, e 2% na América do Sul.

3.2 História da Bosch em Portugal

Antes de especificar com mais detalhes o desenvolvimento do negócio da Bosch em Portugal, faz sentido contextualizar esse desenvolvimento através de uma enumeração dos principais acontecimentos em Portugal que tornaram a Bosch no que é hoje. Essa enumeração será apresentada na Tabela 1 apresentada de seguida.

Tabela 1 - História da Bosch em Portugal

Ano	Acontecimento
1911	Gustavo Cudell inaugura o 1º escritório de vendas da Bosch em Portugal
1960	Abertura da Robert Bosch Lda em Lisboa
1988	Aquisição da Vulcano Termodomésticos em Aveiro
1990	Inauguração da Blaupunkt Auto-Radio Portugal em Braga
2002	Aquisição do negócio de sistemas de segurança da Phillips em Ovar
2009	Venda da marca Blaupunkt e reorganização da divisão Car Multimedia
2010	Inauguração do Centro de Comunicações em Lisboa
2012	Bosch Braga assina parceria de Inovação com a Universidade do Minho
2015	Bosch Braga ganha prémio de Excelência Europeu
2015	Inauguração do serviço partilhado de Recursos Humanos (HRS-EU) em Lisboa
2016	Bosch Braga assina maior contrato de Inovação em Portugal com a Universidade do Minho
2016	Bosch Ovar ganha prémio de excelência europeu
2016	Bosch Aveiro assina parceria de Inovação com a Universidade de Aveiro
2017	Bosch Aveiro produz o esquentador mais avançado do mundo
2019	Bosch Ovar assina parceria de inovação com a Universidade do Porto

3.3 Bosch em Portugal

A nível nacional, a Bosch tem vindo a crescer nos últimos anos. De acordo com dados de 2019, a Bosch, dividida entre Braga, Aveiro, Ovar e Lisboa, faturou cerca de 1,6 biliões de euros. Para atingir estes valores, a empresa emprega cerca de 6250 colaboradores, dos quais 700 dedicados á de investigação e desenvolvimento de novas tecnologias.

Geograficamente, a Bosch está presente em 4 cidades de Portugal, são elas:

- Aveiro, onde são desenvolvidas soluções relacionados com interfaces e comunicação para equipamentos de conforto e controlo integrado de sistemas residenciais, bombas de calor, sistemas de condicionamento, tratamento de ar, aquecimento por combustão de gás, aquecimento elétrico e tratamento de águas.
- Lisboa, onde se situam as instalações relacionadas com vendas, assistência técnica e formação para divisões de ferramentas elétricas, termo tecnologia, tecnologia de edifícios e acessórios automóvel.
- Ovar, onde são desenvolvidas soluções para deteção de incêndios, videovigilância, alarmes, comunicação, controlos de acesso e componentes para as áreas automóvel e eletrodomésticos.
- Braga, instalações onde esta dissertação foi realizada, são desenvolvidas soluções para a mobilidade como sistemas de navegação, *infotainment* de última geração, sistemas de instrumentação, *clusters* de instrumentação, sensores de ângulo de direção para o ESP, sistemas de unidade de controlo e *clusters* de instrumentação para duas rodas.

3.4 Bosch Car Multimedia em Braga

A Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.é a maior unidade da Bosch em Portugal, sendo uma referência na exportação e na criação de emprego a nível nacional. Esta fábrica conta com mais de 3500 colaboradores e receitas superiores a 1,3 mil milhões de euros.

Esta unidade fabril, tal como referido anteriormente, foi fundada em 1990 sob a designação de Blaupunkt Auto-Radio Portugal lda. Em 2009, a divisão Car Multimedia foi reestruturada e a marca Blaupunkt foi vendida e a divisão passou a focar-se em equipamento original para a indústria automóvel. Consequentemente, a fábrica de Braga passou a denominar-se Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. A 1 de Abril de 2020, passou a integrar a divisão de AE – Eletrónica Automóvel.

Apesar de a Bosch Car Multimedia em Braga estar estruturada e dividida em diversos departamentos, será apresentado somente o departamento sobre o qual a dissertação se irá debruçar, o departamento de QMM, *Quality, Management & Methods*. Este departamente tem como função assegurar a qualidade dos produtos no cliente, garantir a qualidade preventiva e a qualidade dos sistemas e da produção, o lançamento de novos produtos, a realização de testes de fiabilidade e calibração dos equipamentos e, por fim, a realização de projetos ligados a *Problem Solving*, suportados em ferramentas e metodologias como o ciclo PDCA e o DMAIC.

Este departamento está dividido em várias secções:

- QMM-D, responsável pela gestão dos dados relativos a qualidade.

- QMM-NP responsável pela qualidade do produto.
- QMM-LM, responsável por análises mecânicas aos produtos e respetivos processos.
- QMM-LW, responsável pelas análises de garantia.
- QMM-P, responsável pela qualidade dos processos e dos sistemas e onde está inserida a presente dissertação.
- QMM-LCR, responsável pela verificação, calibração e fiabilidade.
- QMM-MQ, responsável pela qualidade da produção.
- QMM-C, responsável por assegurar a qualidade no cliente.

4. Descrição e Análise Crítica à Ocorrência de Componentes Danificados

Neste capítulo será feita uma análise crítica à ocorrência de componentes danificados através de um projeto focado na metodologia *Lean Six Sigma*, como já foi referido. Assim, toda esta análise será representada a partir das primeiras três fases do DMAIC: *Define*, *Measure* e *Analyze*.

4.1 *Define*

Nesta primeira fase do projeto, são definidos e descritos todos os fatores necessários para formalizar a iniciação do mesmo, bem como definidos os aspetos importantes que irão traçar um rumo ao longo do trabalho realizado. Alguns dos tópicos abordados nesta fase serão a descrição do problema, dos objetivos, o âmbito do projeto e o seu potencial a nível de melhoria do negócio.

4.1.1 Descrição do Problema

Como anteriormente referido no capítulo anterior, esta unidade produz uma panóplia de produtos eletrónicos. Como é usual nestes produtos, todos necessitam e têm em comum um elemento fundamental para o seu funcionamento: a placa PCB. Num próximo capítulo, será abordada, mais concretamente, a sua função e constituição. Importa referir que estas placas servem como base para o acoplamento de um vasto tipo e quantidade de componentes bastante frágeis nas suas faces.

Assim sendo, num processo de fabrico onde esta placa passa por diversos intervenientes e locais, existem bastantes oportunidades de risco para danificar estes componentes. Tais danos podem ocorrer através de várias formas, tais como, choques e colisões mecânicas, mau manuseamento por parte do colaborador ou curvaturas na placa. Neste último exemplo, a placa ao fletir e adquirir curvatura pode originar quebras das soldas, resultando na má aderência do componente à placa.

Este dano que ocorre com os componentes acaba é classificado como um defeito, o que tem grande impacto financeiro em custos de não qualidade. Caso este tipo de defeito apenas seja detetado no cliente final, acresce ainda o custo por perda de imagem e clientes. Por existir um elevado número de potenciais oportunidades para a ocorrência do defeito, este tipo de problema é amplamente trabalhado pelas equipas técnicas. Adicionalmente, este é um problema que acaba por afetar todos os produtos da fábrica e durante todo o ciclo de produção do produto.

4.1.2 Progresso do número de defeitos

De uma perspetiva geral, e como se pode verificar através da Figura 3, a tendência do número de defeitos detetados a nível interno, em toda a fábrica, tem vindo a diminuir. No entanto, a empresa ainda está longe do objetivo definido como 150 defeitos por milhão de unidades produzidas.

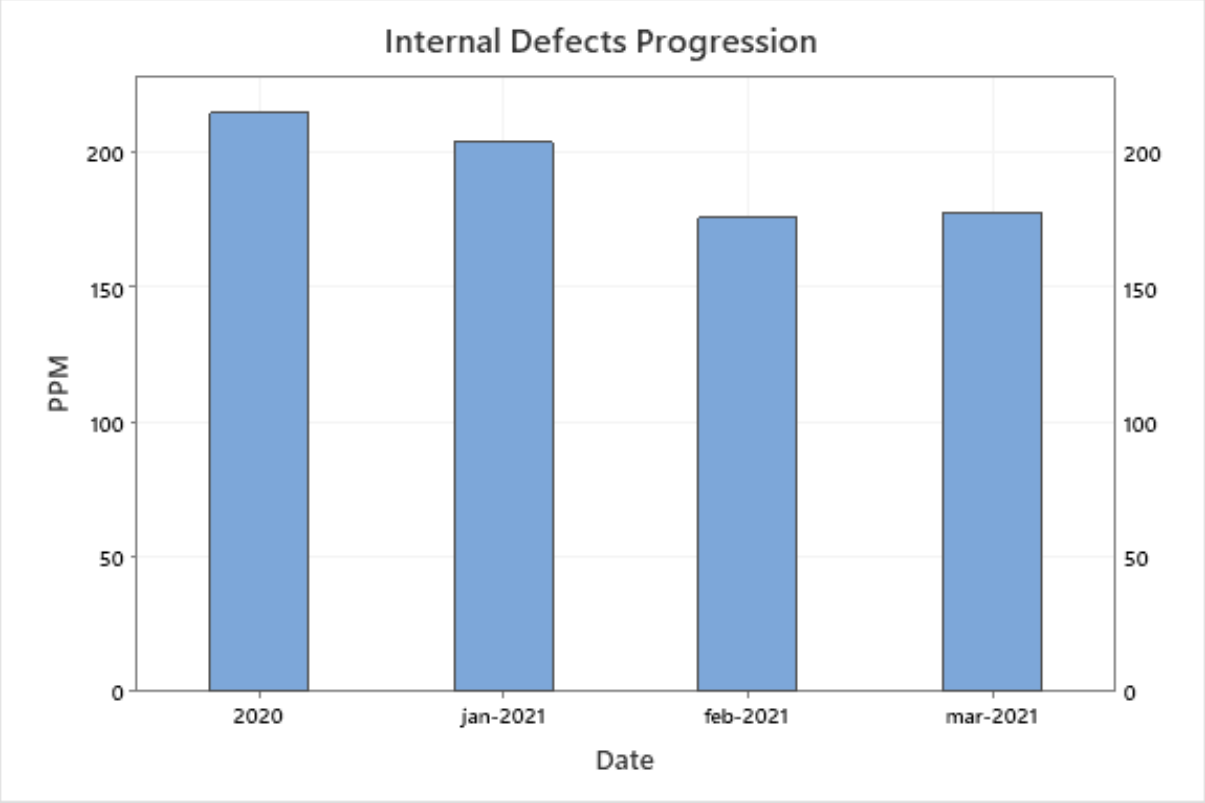


Figura 3 - Progresso do número de defeitos em 2020 e 2021

4.1.3 Impacto funcional do produto

Como já referido várias vezes, uma placa PCB tem vários componentes com diversas funções (que serão especificadas numa secção posterior da dissertação). Dependendo dessas funções, o impacto funcional de um defeito pode ser bastante diferente de caso para caso. Existem componentes que estão inseridos de forma a fazer um filtro de ruídos ou até servirem como substitutos, sendo que, ocorrendo defeitos nestes componentes, resulta num ruído quando a unidade está em funcionamento ou quando este componente está solto no produto. Outros são fulcrais para o bom funcionamento do produto, sendo que acontecimentos como o ecrã do display ficar completamente preto é uma consequência grave e que compromete o propósito da unidade.

4.1.4 Focalização do trabalho

Na Bosch Car Multimedia, enquanto empresa de componentes eletrónicos para a indústria automóvel, são muito poucos os produtos da organização que não têm como elemento pertencente aos seus produtos finais a placa PCB. Portanto, e tendo em conta a duração limitada do projeto, deve ser feita uma focalização de forma a só trabalhar com um tipo de produto e suportar a redução de defeitos internos nessas unidades.

De uma perspetiva diferente, o foco do projeto poderia passar por se focar num certo tipo de processo. No entanto, se se optasse por este caminho, encontrar-se-ia uma panóplia de subprocessos e produtos diferentes a eles associados. Adicionalmente, as oportunidades para ocorrência de defeitos estão bastante dispersas pela fábrica, sendo que não há um tipo de processo substancialmente mais crítico que os outros. Ao mesmo tempo, se se observar os produtos mais produzidos pela fábrica, o fluxo dos mesmos, apesar de em espaços diferentes, com postos de trabalho e pessoas diferentes, é bastante similar. Isto significa que melhorias na maneira como se trabalha um produto são bastante viáveis de serem replicadas noutros produtos, se assim fizer sentido.

Analisando o número de famílias de produtos com defeitos de componentes danificados, é possível verificar que estas são 69. Assim, seguindo o raciocínio acima descrito, é necessário focalizar o trabalho e determinar uma família de produtos sobre a qual o projeto se irá debruçar.

Primeiramente, foi feita uma análise geral, onde os defeitos foram associados a clientes da empresa de forma a perceber qual seria o cliente mais crítico. Como se pode observar pela Figura 4, este cliente é a Nissan, com 144 defeitos internos desde janeiro de 2021. No entanto, apesar de realmente este ser o cliente com um maior número de defeitos internos, o processo dos produtos da Nissan é muito robusto a nível de testes, resultando em muito poucos defeitos encontrados em cliente. Ao mesmo tempo, este número pode derivar do facto dos produtos da Nissan serem dos produtos que contêm placas PCB com mais componentes da empresa.

Assim, descartando a Nissan dos clientes candidatos ao estudo do projeto, segue-se a BMW. Este cliente não só está próximo de ter tantos defeitos como a Nissan, com um número de defeitos de 139, como acaba por ter bem mais defeitos em cliente. Como será possível averiguar ao longo de toda a dissertação, a cobertura de testes dos processos dos produtos da BMW não é muito robusta, comparativamente aos produtos da Nissan. Adicionalmente, os defeitos internos da BMW têm vindo a representar reincidentes dos defeitos em cliente, o que mostra o quão crítico os processos deste cliente são. Assim, foi decidido focar o projeto numa família de produtos da BMW.

Finalmente, realizando uma análise mais profunda nas famílias de produtos da BMW, pode-se observar que a família da BMW 4.1 35 Up representa 58,3% dos defeitos da BMW. Com números tão representativos, foi decidido, por fim, realizar o projeto com o objetivo de redução de defeitos com componentes danificados na BMW 4.1 35Up. Estes números podem ser observados na Figura 5.

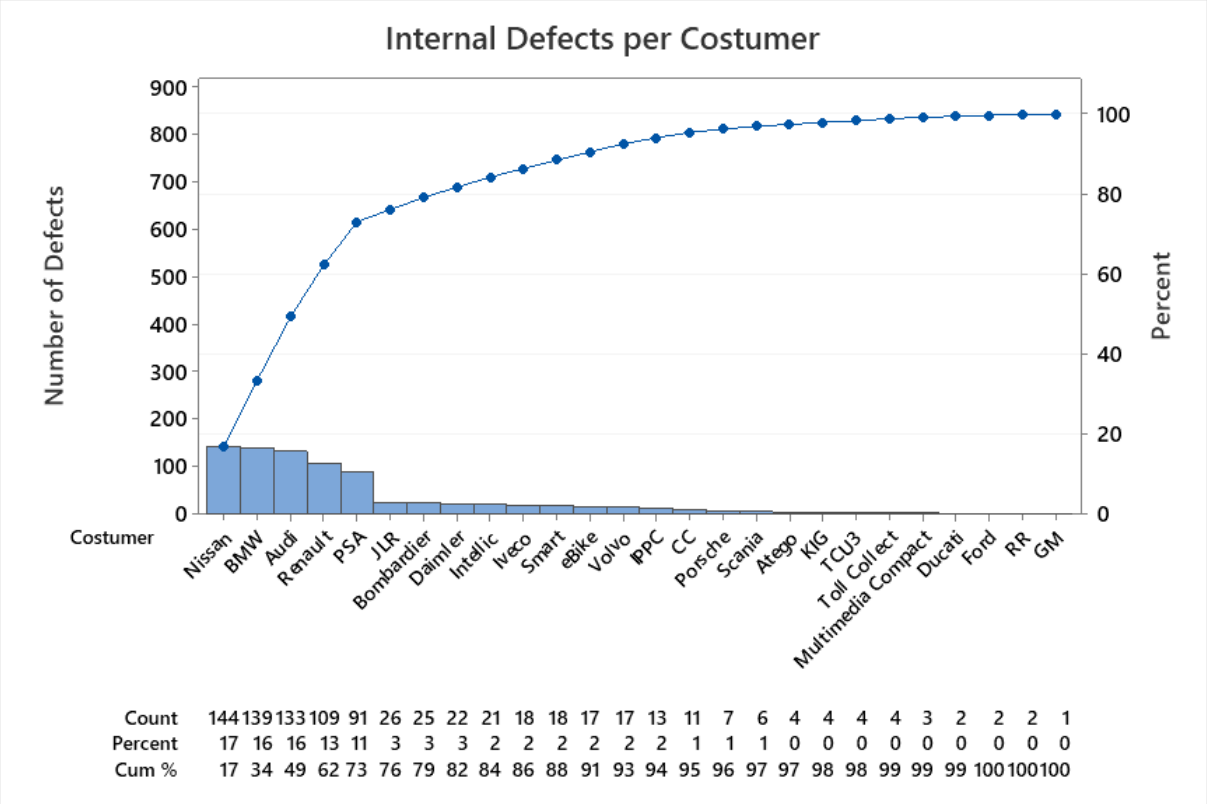


Figura 4 - Número de defeitos internos por cliente

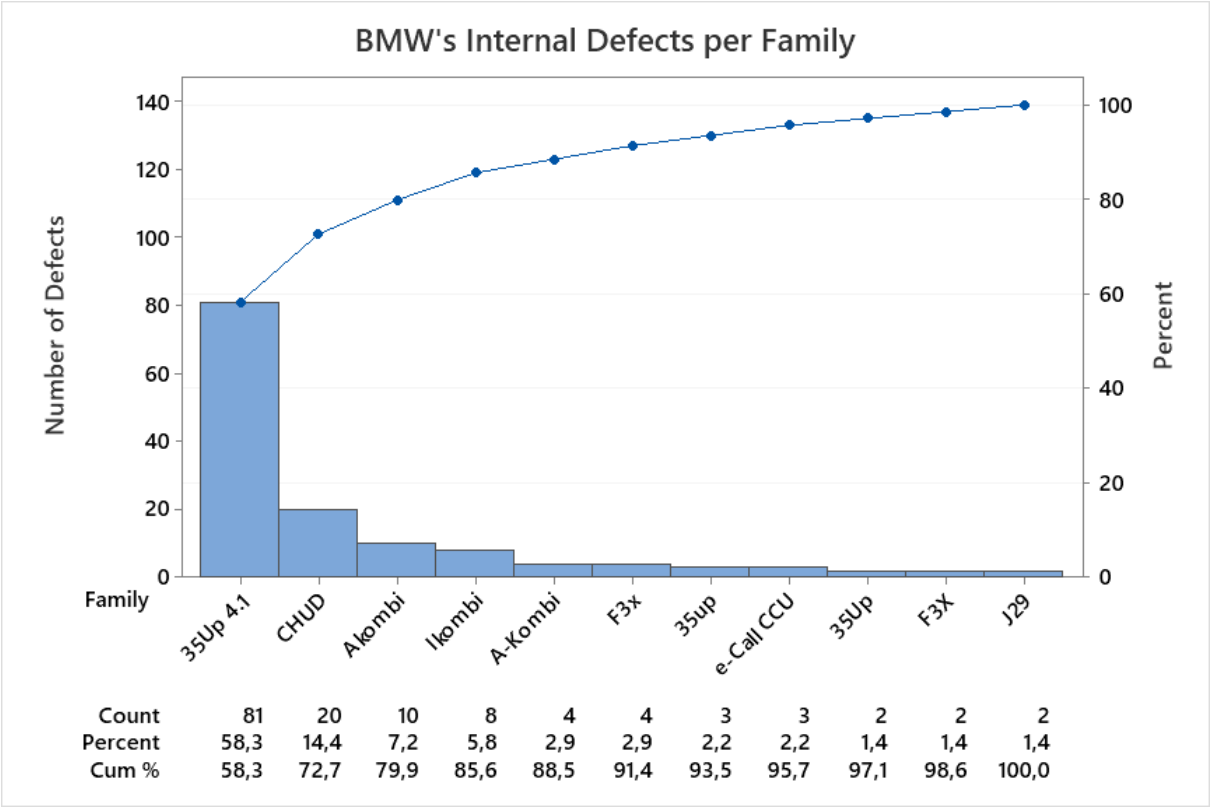


Figura 5 - Número de defeitos internos por família de produtos

4.1.5 Impacto Monetário

Para efeitos comparativos ao final do projeto, foi feita uma análise monetária dos custos dos defeitos internos e externos na BMW 4.1 35Up. Uma placa que é detetada internamente com defeito acarreta um custo de 150 euros para a empresa. Um produto com defeitos que é reclamado por cliente é estimado custar 5000 euros para a Bosch Car Multimedia. Assim, tendo em conta que, entre 2020 e março de 2021, houve 336 defeitos internos e 11 defeitos externos, a Bosch teve um total de 105400 euros em custos derivados de ocorrência de defeitos com componentes danificados na BMW 4.1 35 Up.

4.1.6 Objetivos

Um dos componentes mais relevantes no início de qualquer projeto é a definição de objetivos. Nesta fase, define-se o rumo que a equipa deve seguir, tornando-se útil em vários momentos do projeto ter uma comparação da situação atual com a situação desejável. Foi decidido definir como KPI e objetivo a redução do número de defeitos em componentes danificados da BMW4.1 35Up em partes por milhão. Com suporte da ferramenta *Six Sigma Calculator*, utilizada pela Bosch para a definição dos seus projetos

em *Six Sigma*, e como se pode ver pela Figura 6, foi estipulado uma redução de 50% dos defeitos, passando dos atuais 181 defeitos por milhão de peças produzidas para 90.

Process Sigma Calculation							
Project	CU6 Damaged Components (mudar nome)						
Collect Date			From	01/01/21		to	30/03/21
Defects	Units	DPU	Opport	Total Opp	DPO	DPMO	Z
70	386756	0,0002	1	386756	0,0002	181	5,07

	SIGMA GOAL		
Z <= 3 => DPMO Reduction by 90%	DPO	DPMO	ZGOAL
Z > 3 => DPMO Reduction by 50%	0,0001	90	5,24

Figura 6 - Six Sigma Calculator para o projeto

4.1.7 Equipa

Como já referido anteriormente, a oportunidade de ocorrência dos defeitos nos quais esta dissertação se suportará é abrangente a diferentes áreas da produção. Adicionalmente, as equipas envolvidas nestes processos são, também, diversificadas. Assim, na equipa foram envolvidos diversos departamentos, cada um com uma função específica, quer na empresa, quer no projeto. Apesar de exercerem outras funções, são abaixo descritas as atividades e responsabilidades dos departamentos no projeto realizado:

- QMM6: responsável pelo suporte ao projeto a nível de aplicação de ferramentas e conhecimento de *problem solving*, bem como na moderação na elaboração das PFMEAS das linhas de produção.
- QMM8: responsável pela qualidade de produção e redução dos defeitos com componentes danificados.
- QMM2: laboratório elétrico que suporta a análise de reclamações externas, bem como defeitos detetados internamente.
- QMM7: responsável pelo suporte em análises de ruídos nas unidades.
- MFE3: responsável pelo suporte e alterações a nível de sistemas de testes na produção.
- MFE2: responsável pelo suporte e alterações ao processo de manufatura do produto.
- MOE1: responsável pela produção relativa a inserção automática em placas PCB.
- MOE2: responsável pela produção relativa a montagem manual e final dos produtos.

4.1.8 *Project Charter*

Através da informação acima já exposta, é possível fazer um sumário dos pontos mais importantes na forma de um *Project Charter*, sendo esta uma ferramenta que acabará por comunicar à empresa os pontos fundamentais do projeto, mas também acaba por ser a formalização do início do projeto. Este *Project Charter* pode ser encontrado abaixo, na Tabela 2.

Tabela 2 - Project Charter do Projeto

Project Charter	
Problema	Ocorrência e deteção de componentes danificados na placa PCB em diversos postos de trabalho, prejudicando o funcionamento da placa e, consequentemente, de todo o produto. Esse tipo de defeito ocorre desde o início da produção de componentes elétricos, mas com maior destaque nos últimos dois anos.
Objetivos	Redução de 50% dos defeitos internos, para um valor de 90 partes por milhão (ppm).
KPI's	Número de defeitos internos (em ppm) e número de reclamações externas.
Business Case	Os defeitos internos associados a componentes danificados acabam por ser encaminhados para refugo. Com a redução dos defeitos internos, não só são reduzidos os custos da qualidade, como a reputação da empresa perante o cliente fica favorecida, satisfazendo o cliente final.
Project Scope	O projeto irá ser realizado num produto específico da BMW, focando-se não só na redução dos defeitos nos processos onde a placa PCB é trabalhada, bem como na forma como a investigação a defeitos com componentes danificados é feita.
Equipa	Diretor, *Problem Solvers* e Moderadores de PFMEA's da BMW 4.1 de QMM6; Diretor de QMM8 e equipa de QMM83; Técnicos de laboratório alocados à BMW de QMM2; Técnico de acústica de QMM7; Responsáveis por testes da BMW 4.1 de MFE3; Engenheiros de processo da BMW 4.1 de MFE2; Engenheiros de qualidade e colaboradores de MOE1; Colaboradores de MOE2; Diretor e *Data Analysts* de QMD;
Timeline	Define: 19/02/21; Measure: 2/04/21; Analyze: 4/06/21; Improve: 20/07/21; Control: 1/11/ 21

4.2 *Measure*

Este capítulo incidirá na fase *Measure* e no levantamento de todas as informações necessárias para a realização do projeto sobre o qual esta dissertação se debruça. Assim, será descrito o objeto em estudo e todo o processo de manufatura do produto já definido no capítulo 4.1, bem como informações relevantes acerca deste processo. Por fim, e por razões definidas no capítulo 4.2.4, serão descritas as principais ferramentas utilizadas pelo departamento de qualidade para a investigação de defeitos internos.

4.2.1 Descrição do objeto em estudo

Antes de avançar com quaisquer levantamentos de informação e das suas análises críticas, é necessário, primeiramente, estudar, definir e descrever o objeto em estudo e que será o principal foco de todo este projeto: a placa PCB.

A placa PCB, ou a placa de circuito integrado, para além de suporte, estabelece todas as ligações entre os vários componentes nela inseridos. Esta acaba por ser o "cérebro" da unidade, reagindo a todos os inputs externos fornecidos e controlando todos os outputs da unidade. Esta placa PCB, como se prevê, tem várias funções, desde receber inputs, processá-los e enviá-los para o exterior (seja isto o condutor ou outros sistemas do carro). Assim, esta placa PCB está dividida em vários módulos que acabam por ser vários circuitos ligados entre si, cada um com a sua função. Os três principais circuitos integrados na placa PCB são os seguintes:

- CSS: controlador que garante a funcionalidade da placa.
- GSS: processador gráfico, responsável pelo envio de todos os gráficos para serem expostos no display ao condutor.
- *Power Circuit:* módulo responsável pela alimentação da placa. São os seus blocos constituintes o Filtering and Pre-boost, 3.3V intel, 1.2V, 3.3V e o 5V.

Todos os circuitos integrados da placa PCB podem ser encontrados na Figura 7 que acaba por servir de uma representação gráfica destes módulos na placa PCB.

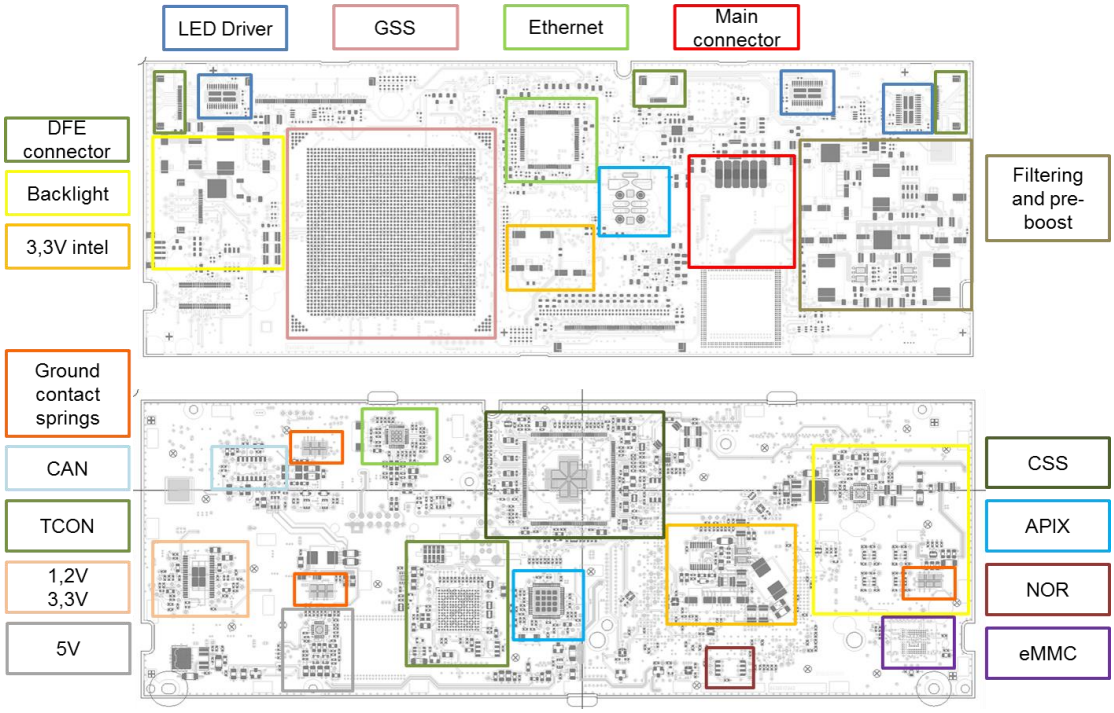
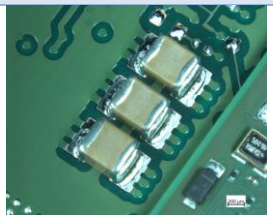
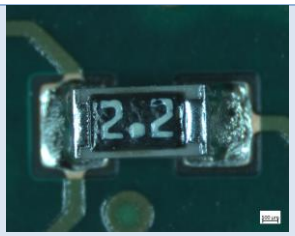
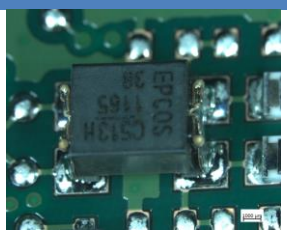
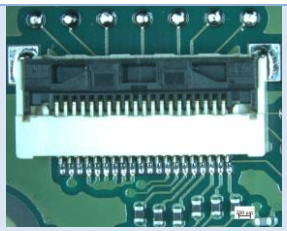
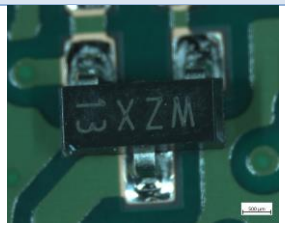
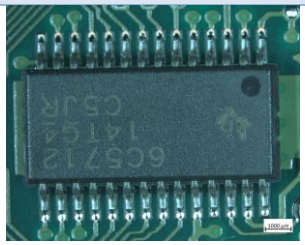


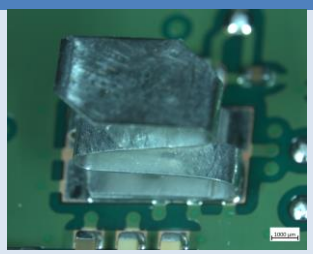
Figura 7 - Blocos de circuitos integrados na placa PCB

Ao mesmo tempo, esta placa PCB acaba por ter inseridos mais de 1000 componentes divididos em 11 tipos diferentes. Estes tipos de componentes serão descritos na Tabela 3, mostrando a sua designação, um exemplo destes componentes e a sua funcionalidade.

Tabela 3 - Tipos de componentes na placa PCB

Designação	Foto	Funcionalidade
Condensador Eletrolítico		Retificação/Correção de sinal para circuitos de alimentação e outros de potência maior.
Condensador Cerâmico		Retificação/Correção de sinal para circuitos com uma necessidade de potência menor.
Resistência		Provocar resistência à passagem de corrente de forma a ajustar a corrente e/ou tensão elétrica

Designação	Foto	Funcionalidade
Bobine		Adiantar ou desfasar o sinal e atenuar ruídos elétricos.
Conetor Interno		Passagem de sinal ou fazer a ligação entre sistemas internos à unidade (exemplo: display e placa PCB).
Conetor Externo		Passagem de sinal ou fazer a ligação entre sistemas externos à unidade (exemplo: bateria do veículo e placa PCB).
Oscilador		Gerador de frequências mediante a necessidade dos circuitos integrados.
Transístor		Define a passagem ou não do sinal (exemplo: ligar ou desligar um LED).
Díodo		Garantir a passagem de todo o sinal após uma certa condição definida.
Circuito Integrado		Controlador de todo um circuito/função específica.

Designação	Foto	Funcionalidade
Mola		Amortecer a placa PCB e fazer a continuidade das massas para o display, de forma a reduzir a sensibilidade da unidade a ruídos externos.

4.2.2 Processo de Manufatura

Nesta fase do projeto, já depois de se ter definido exatamente todos os fatores importantes para avançar com o mesmo, surgiu a necessidade de levantar todas as características e processos nos quais a dissertação se irá debruçar. Abaixo, através da Figura 8 e Figura 9, está representado o produto final de várias perspetivas e a sua vista explodida.

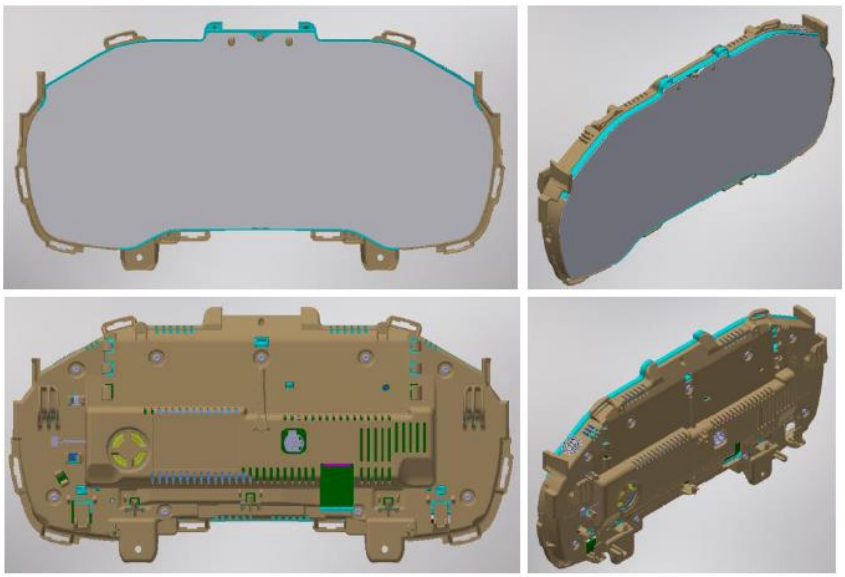


Figura 8 - Vistas do produto final

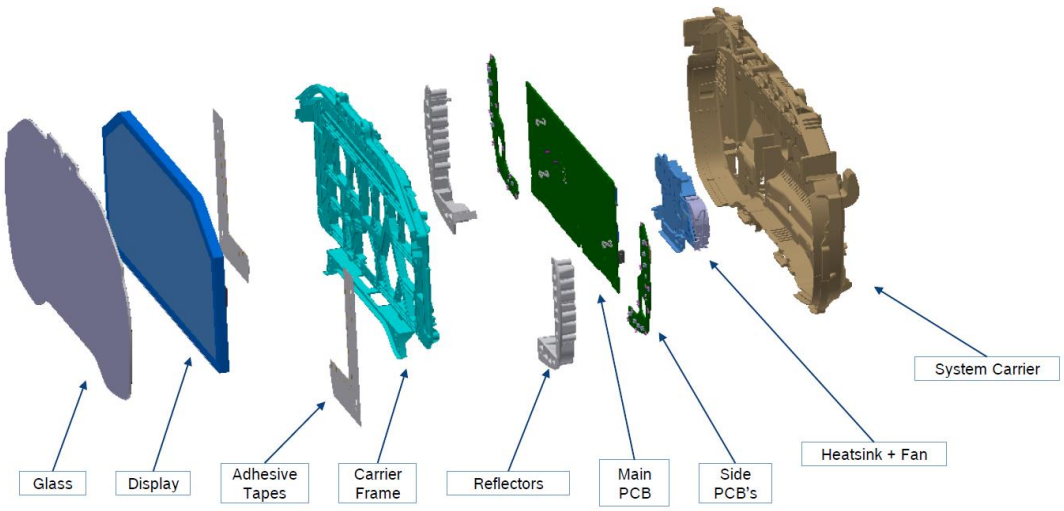


Figura 9 - Vista explodida do produto final

De forma a produzir a unidade final, esta tem que 4 processos diferentes: a inserção automática dos componentes, o processo de *bonding*, o processo de colagem e, por fim, a montagem final da unidade. A inserção automática consiste num processo automatizado onde são inseridos os vários componentes elétricos e mecânicos numa placa PCB. Sendo estes os componentes em foco no projeto, todo este processo é bastante relevante para uma posterior análise para a ocorrência de componentes danificados. Esta inserção automática consiste nos seguintes passos, organizados numa sequência cronológica:

1. Impressão a *laser* de um código para facilitar a rastreabilidade da placa.
2. Limpeza de vácuo da placa PCB.
3. Aplicação da pasta de solda que terá como função a junção entre os vários componentes e a placa.
4. Inserção dos vários componentes, através de robôs automatizados.
5. Soldadura através da passagem da placa num forno.
6. Inspeção automática através de uma análise a imagens captadas por câmaras.

Estes passos são realizados duas vezes, em duas linhas de produção diferentes. Cada linha de produção está responsável pela inserção dos componentes de uma face da placa PCB. Como resultado final do processo, sai da linha de produção uma placa já com os componentes inseridos e soldados em ambas as faces. Uma comparação entre uma placa PCB a entrar no processo e outra a sair pode ser vista através da Figura 10 e Figura 11.



Figura 10 - Placa PCB com componentes inseridos

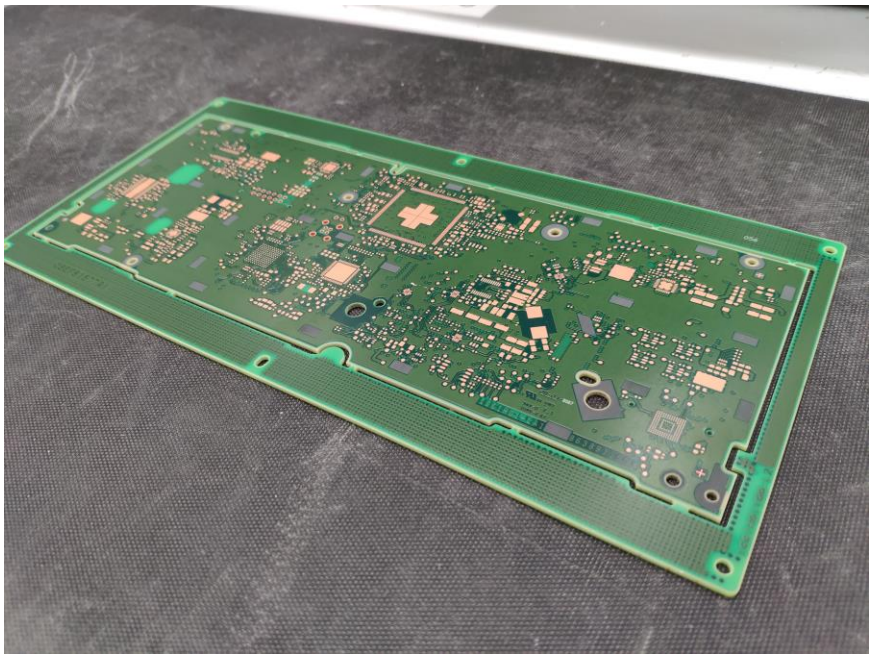


Figura 11 - Placa PCB sem componentes inseridos

O processo de *bonding* consiste numa montagem entre o vidro e o display, tendo como principais passos, a limpeza do vidro a conetar ao display, um tratamento de plasma no vidro, a dispensação do enchimento no display, a montagem do vidro ao display e a cura final. Este processo, apesar de fazer parte do processo de manufatura, como não tem uma interação direta com componentes danificados da placa PCB, será alvo de uma análise posterior mais aprofundada. Na imagem abaixo, Figura 12, segue uma representação simplificada do processo descrito.

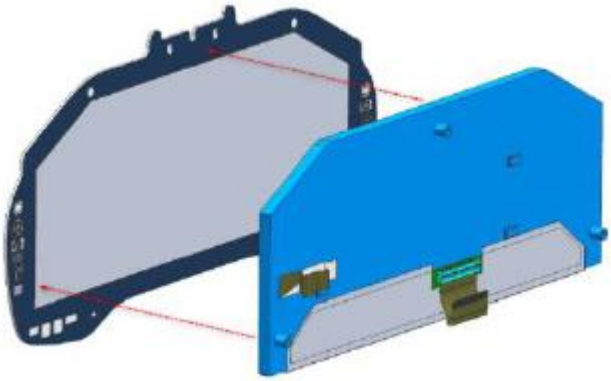


Figura 12 - Processo de bonding

O processo de colagem consiste numa montagem entre o conjunto final proveniente do processo de *bonding* com um *frame* proveniente de um fornecedor escolhido pela empresa. Durante este processo, é realizada uma limpeza a plasma do *frame* com e do *display*, a dispensação da cola, bem como a sua ativação através de raios UV, a montagem do *frame* no *display* e, por fim, a unidade vai ao forno para assegurar a colagem. Tal como o processo de *bonding*, este não integra os processos que a placa PCB tem de realizar ao longo do seu fluxo. Assim, apesar de ser um processo importante para o produto final, toda a colagem não será alvo de um estudo pormenorizado. A Figura 13 representa este processo de colagem, de um modo geral.

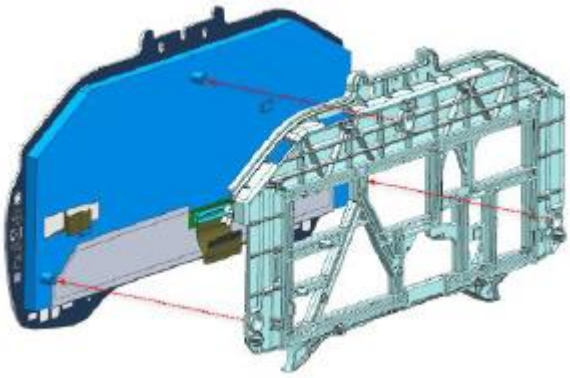


Figura 13 - Processo de colagem

O último processo relevante para a manufatura do produto é a montagem final. De um modo geral, este processo acaba por juntar todas os *inputs* até aqui desenvolvidos, resultando deste processo o produto final vendido ao cliente. Sendo este um processo onde a placa PCB é um dos intervenientes fundamentais, este será esmiuçado e descrito da mesma forma que o processo da inserção automática. Assim, a montagem final pode ser descrita nos seguintes passos:

- Posto de trabalho 1: aplicação de um tratamento de plasma na unidade do display e nos refletores.
- Posto de trabalho 2: colocação de fita adesiva na unidade do display.
- Posto de trabalho 3: inserção dos refletores na unidade do display.
- Posto de trabalho 4: colocação de *foil* no display e montagem de PCB's DFE nos refletores (estes PCB's não serão o foco do projeto).
- FCT20: testes objetivos funcionais à placa PCB em estudo.
- Posto de trabalho 5: Montagem da placa PCB ao display e ligação de foils entre os dois componentes.
- Posto de trabalho 6: Aplicação de pasta (*gap filler*) no *heatsink*.
- Posto de trabalho 7: montagem do *heatsink* no *carrier frame* (unidade resultante do posto de trabalho 5).
- Posto de trabalho 8 (AOI): Inspeção de conexão de foils e da ventoinha do *heatsink*.
- Posto de trabalho 9: Montagem do *system carrier* ao *carrier frame*.
- RUN50: realização de testes funcionais na unidade com um aumento da temperatura definido.
- FCT50: testes objetivos visuais no display com unidade ligada.
- FCT60: testes objetivos visuais e de rede com unidade ligada.
- SUB50: testes subjetivos visuais e auditivos realizados pelo colaborador.
- Posto de trabalho 11: montagem de *foil* protetora no vidro do display.
- LAB50: Montagem de rótulos do cliente e de segurança.
- AOI50: inspeção visual final da unidade completa.
- PAK50: embalamento da unidade.

Todo este processo pode ser visualizado mais facilmente através do Anexo 1 – Processo de manufatura da montagem final, onde estão imagens representativas do trabalho de cada posto de trabalho.

Todo o levantamento de informação relativo ao processo de manufatura vai ser bastante importante na fase seguinte do projeto pois não só apresenta uma vista geral do processo já com bastante detalhe, podendo perceber riscos associados à ocorrência de componentes danificados, como vai ajudar a perceber os postos de trabalho mais críticos para estes defeitos.

4.2.3 Informações relevantes para descrição e análise do processo de manufatura

No capítulo 4.2.2 foi descrito o processo de manufatura. No entanto, o levantamento desta informação não é suficiente para descrever todo o trabalho de pessoas que têm um impacto direto e indireto no processo. Assim, foram também levantadas outras informações relevantes e impactantes no processo de manufatura da unidade completa.

Primeiramente, foram reunidos os documentos associados à PFMEA do processo. Através deste documento, é possível verificar todos os riscos de falhas associados à produção da unidade, bem como ações corretivas feitas ao longo do tempo para mitigar estes riscos. Com isto, consegue-se perceber todo o trabalho que colaboradores indiretos têm vindo a realizar no âmbito da qualidade do processo.

De seguida, foram levantados os *flowcharts* dos processos da inserção automática e da montagem final. Com a obtenção destes documentos, foi possível ter uma representação mais visual dos passos do processo e da sua ordem cronológica. Este documento pode ser encontrado no Anexo 2 – *Flowchart* da inserção automática e Anexo 3 – *Flowchart* da montagem final.

Por fim, foram obtidos os *control plans* também dos processos da inserção automática e da montagem final. Com esta informação, é possível perceber todos os controlos feitos nos processos e nas várias linhas de produção, de forma a perceber principalmente se o processo está a decorrer da forma esperada, mas também ajuda a garantir que a informação do processo é o mais fiável possível.

4.2.4 Principais ferramentas utilizadas para a investigação de defeitos internos

Apesar do projeto no qual esta dissertação está suportada ter um grande foco na redução dos componentes danificados através de melhorias feitas nas linhas de produção, a melhoria do processo de investigação dos defeitos internos vai fornecer mais informação e melhores ações corretivas no futuro que resultam, por sua vez, na redução de defeitos com componentes danificados. Assim, a temática do processo de investigação de defeitos internos torna-se um foco importante no projeto. Este processo de investigação terá uma análise mais profunda no capítulo 4.3, no entanto, é importante referir que não existia qualquer tipo de definição ou documentação deste processo. Portanto, as únicas informações relevantes para este capítulo passam a ser as informações levantadas acerca das ferramentas que são utilizadas neste processo.

Até ao momento da análise, existiam quatro ferramentas principais que suportavam a investigação de defeitos internos: o MES *Toolset*, o MIS e um ficheiro excel com análises sobre o *Internal Rejection Rate* (IRR).

O MES *Toolset*, apesar de várias funcionalidades, é uma ferramenta que informa os *Quality Engineers* (QE's) acerca de todas as unidades que foram às bancadas de análise. De um modo geral, sempre que uma unidade apresente um resultado mau num sistema de teste, ou caso algum colaborador se aperceba de algo de errado na peça, esta deve ir á bancada de análise para que o reparador possa perceber o que está de errado na peça, acabando por decidir se pode voltar à linha de produção, possa ser reparada ou se deve ir para refugo. No MES *Toolset*, são encontradas todas as informações relativas a estas passagens pela bancada de análise, incluindo: informações gerais da unidade, como a sua referência e família de produto; em que linha e posto foi detetado algo de errado; informações específicas do teste realizado com o resultado de mau; informações sobre a análise do reparador à unidade, como comentários à análise, codificação do defeito e ação para o destino da placa. Com esta ferramenta, os QE's conseguem ter uma informação pormenorizada sobre o que aconteceu a todo o momento na linha, atendendo ao facto que nem sempre podem presenciar o acontecimento. Na Figura 14 pode ser visualizada a interface da ferramenta e alguns dos campos de informação incorporados.

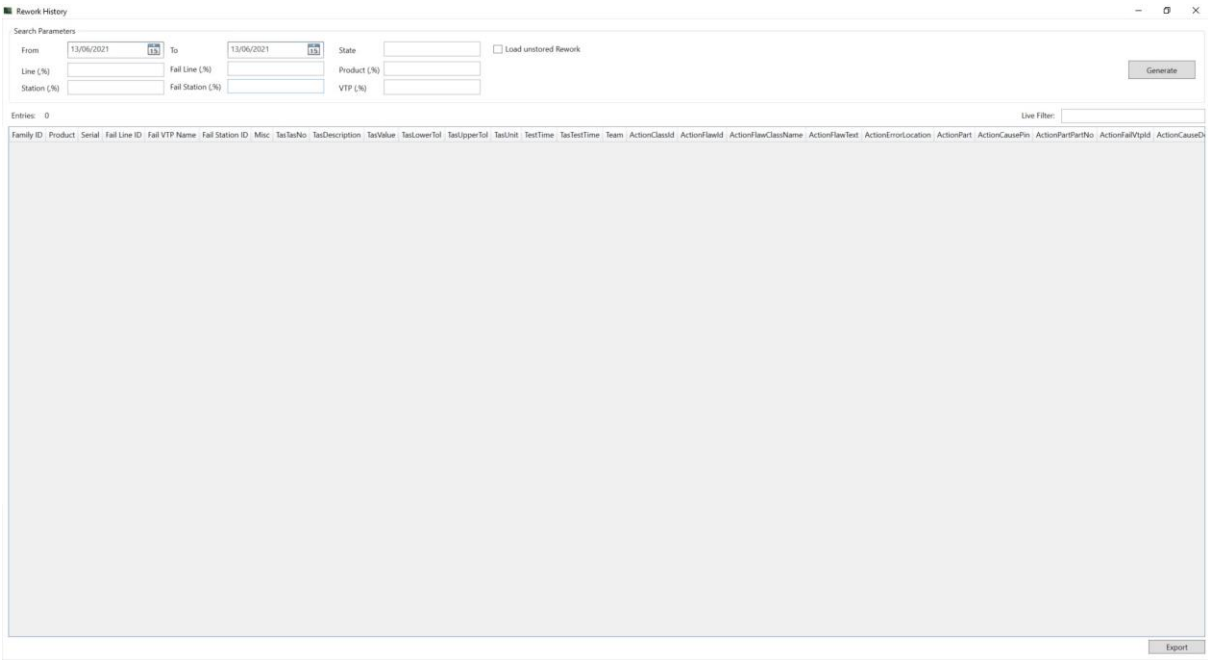


Figura 14 - Interface do MES Toolset

Ao mesmo tempo, e dando um seguimento à informação recolhida no MES *Toolset*, os QE's sentem a necessidade de dar o passo seguinte e efetuar análises aos dados recolhidos. Assim, foi criado um ficheiro em Excel para a análise dos defeitos internos e do IRR. Neste ficheiro podem ser encontrados análises semanais e mensais com os cálculos do IRR, análises gerais para perceber os principais defeitos existentes nas linhas e nos produtos, análises específicas para diferentes tipos de defeitos mais críticos no momento e uma folha com a visualização individual de cada passagem pela bancada de análise para

que se possam fazer filtros específicos dependentes das necessidades das investigações. Na Figura 15 encontram-se alguns exemplos de análises feitas nesta ferramenta.

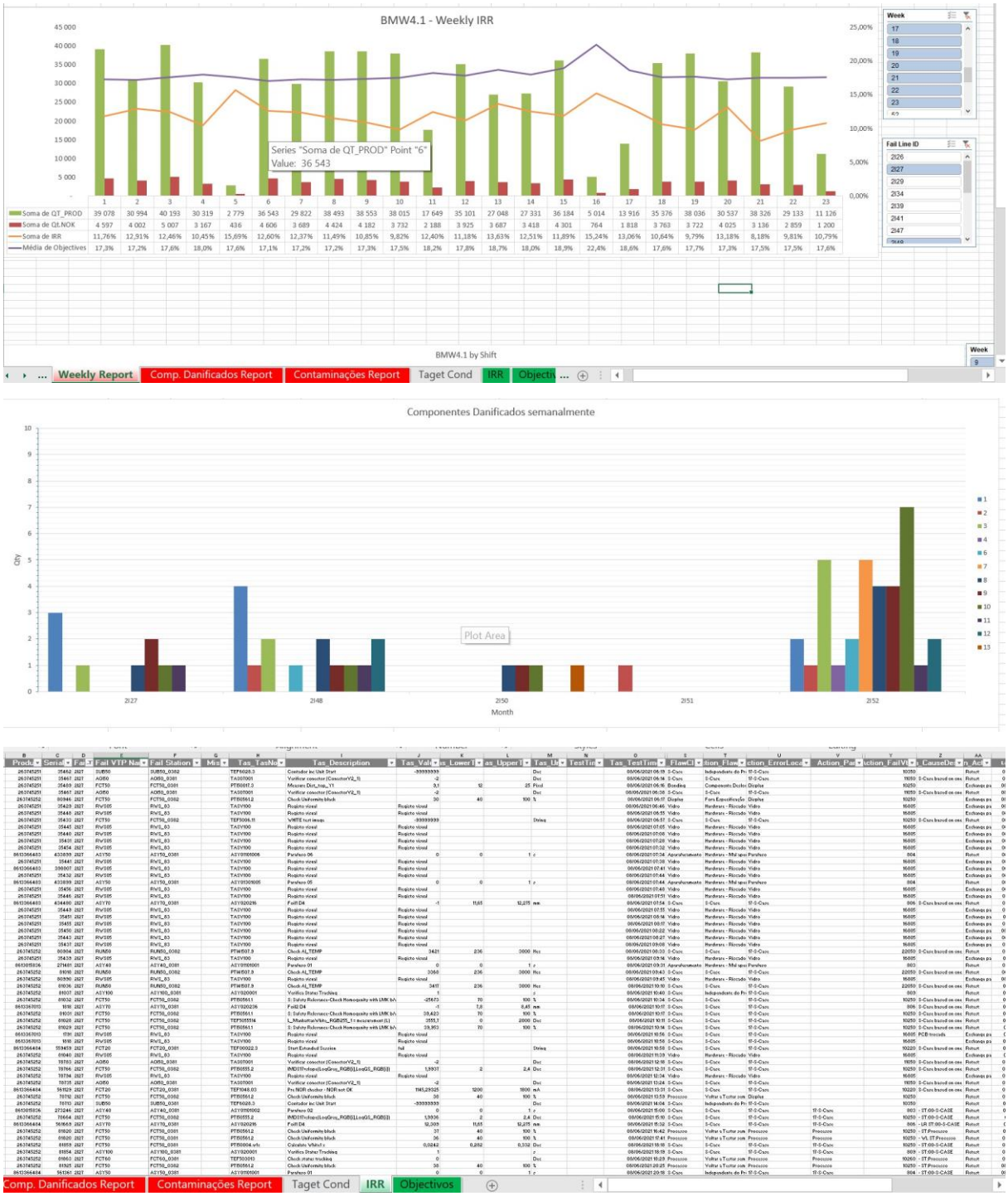


Figura 15 - Análises e interface do ficheiro excel para o IRR

A terceira ferramenta a ser apresentada é o *Cockpit Chart*, uma ferramenta de cálculo e visualização de dados relativos a defeitos, IRR e quantidade produzida. A principal utilidade da ferramenta para o departamento da qualidade é a recolha de informações da quantidade produzida para alimentar os seus

ficheiros Excel no cálculo de IRR, entre outros. Na Figura 16 está representado um exemplo de um gráfico produzido por esta ferramenta.

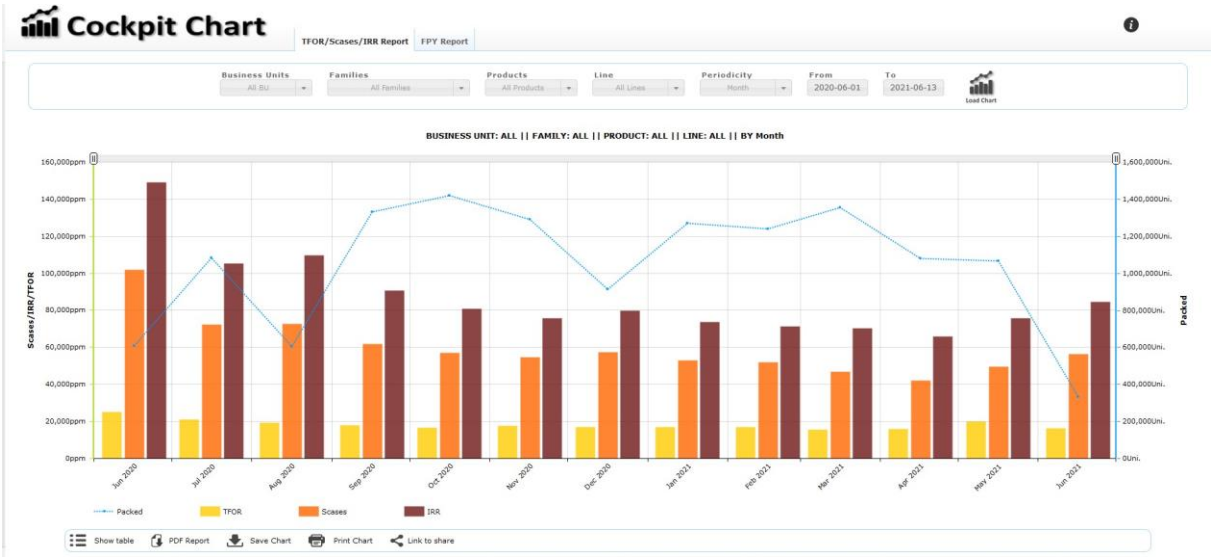


Figura 16 - Exemplo de um gráfico fornecido pelo Cockpit Chart

Por fim, a última ferramenta a ser apresentada neste capítulo é o MIS. Das diversas funcionalidades e análises que o MIS proporciona, a mais utilizada pelo departamento de qualidade é a análise de rastreamento que esta ferramenta fornece. Como se pode ver pela Figura 17, o MIS consegue mostrar informações sobre todos os passos que os intervenientes materiais do processo realizaram dentro da fábrica da empresa. Com base neste histórico, os QE's conseguem desenhar todo o fluxo da unidade de forma a perceber onde poderá ter ocorrido o defeito ou até, com a ajuda de uma análise do caminho de todos os defeitos internos ocorridos, perceber que postos de trabalho ou parte do processo são mais críticos para a ocorrência de um certo tipo de defeito.

Product GOFs 14/06/2021, 14:10

Produkt	Serial no.	Modul	Name	Line/Station	VTP	State	Date (Time)	Operator	Misc	Values	Rep-Data
0000366483	0418942	A	BMW 35 UP GEN 4.1	MOE1/ICT_0247	ICT10	Good	23/05/2021, 15:29	operator	Misc	☐	----
		NONE		L22/L22_99_2B	SPP03	Good	23/05/2021, 14:42	Unknown	8638911661H01O	☐	----
				L22/L22_17_1B	AISU	Good	23/05/2021, 14:43	Unknown	8638911661H01_O_T2_S_LF_125-10	☐	----
				L22/L22_NPMW2-11	INS51	Good	23/05/2021, 14:46	Unknown	T6483_1661H01	☐	----
				L22/L22_NPMW2-21	INS52	Good	23/05/2021, 14:46	Unknown	T6483_1661H01	☐	----
				L22/L22_NPMW2-31	INS53	Good	23/05/2021, 14:47	Unknown	T6483_1661H01	☐	----
				L22/L22_NPMW2-41	INS54	Good	23/05/2021, 14:49	Unknown	T6483_1661H01	☐	----
				L22/L22_20_1B	SOL51	Good	23/05/2021, 14:58	Unknown	Reflow_32_Lead_Free	☐	----
				L22/L22_10_1B	ANO05	Good	23/05/2021, 15:01	Unknown	T6483_8638911661H01	☐	----
				L22/L22_13_1B	AIPU	Good	23/05/2021, 15:01	AutoOpr	T6483_8638911661H01	☐	----
				L27/L27_99_1T	SPP02	Good	23/05/2021, 15:08	Unknown	8638911661H01U	☐	----
				L27/L27_17_2T	AISL	Good	23/05/2021, 15:10	Unknown		☐	----
				L27/L27_NPMW2-11	INS01	Good	23/05/2021, 15:13	Unknown	B6483_1661H01	☐	----
				L27/L27_NPMW2-21	INS02	Good	23/05/2021, 15:14	Unknown	B6483_1661H01	☐	----
				L27/L27_NPMW2-31	INS03	Good	23/05/2021, 15:17	Unknown	B6483_1661H01	☐	----
				L27/L27_20_1T	SOL50	Good	23/05/2021, 15:24	Unknown	Reflow_102_Lead_Free	☐	----
				L27/L27_10_1T	ANO10	Good	23/05/2021, 15:26	Unknown	B6483_8638911661H01	☐	----
				L27/L27_13_1T	AIPL	Good	23/05/2021, 15:26	AutoOpr	B6483_8638911661H01	☐	----
				MOE1/ICT_0247	ICT10	Good	23/05/2021, 15:29	Unknown		☐	----
8613366483	0418925	NONE	BMW35UP4.1_PCB_6483	L22/LASER_08	NO TESTER	Good	23/05/2021, 14:39			☐	----
				MOE1/MIL10_0021	MIL10	Good	24/05/2021, 08:58			☐	----
				2I52/FCT20_0492	FCT20	Bad	24/05/2021, 09:07	FCT20_03		☐	----
				ANS50_0491	Repair	O - to be verified	24/05/2021, 09:08	2I52			☐
				2I52/ANS50_0491	RPS50	Bad	24/05/2021, 12:17	RAC_110		☐	----

Figura 17 - Exemplo de uma análise de rastreabilidade realizada no MIS

4.3 *Analyze*

No capítulo 4.2, foi feita uma descrição de todos os processos e trabalho direto e indireto para a manufatura do produto final e para a ocorrência de defeitos com componentes danificados. Neste capítulo, será feita uma análise crítica a todos esses processos, de forma a se desenvolver medidas e soluções para ir ao encontro do objetivo do projeto: a redução de defeitos com componentes danificados. Assim, este capítulo estará dividido em duas partes: uma análise crítica à ocorrência dos defeitos com componentes danificados e uma análise crítica ao processo de investigação realizado pelos *Quality Engineers*.

O projeto acabou por também dar grande foco à análise do processo de investigação, como referido no capítulo 4.2.4, pois não só demonstra uma grande oportunidade para melhoria, como acaba por interferir indiretamente na redução de componentes danificados, o principal objetivo do projeto. Melhorando o processo, uma maior informação acerca dos defeitos estará disponível, resultando em ações corretivas mais eficazes e, por consequência, a mitigação eficaz e mais eficiente dos riscos associados à ocorrência de componentes danificados.

Em suma, nos capítulos 4.3.1 e 4.3.2 será descrita a análise crítica à ocorrência dos defeitos com componentes danificados, enquanto nos capítulos 4.3.3 e 4.3.4 será feita uma descrição da análise crítica ao processo de investigação realizado pelos *Quality Engineers*.

4.3.1 Estratégia para priorização de análise aos componentes danificados

Depois de definido o produto e as linhas de produção que serão alvo de uma análise sobre os seus defeitos com componentes danificados, foi realizado um gráfico de forma a perceber quais os componentes mais críticos e onde a análise crítica se deveria focar. Este gráfico está representado na Figura 18. Como se pode observar, a diversidade de componentes danificados é bastante grande e não é possível retirar conclusões notórias acerca destes dados. Assim, redefiniu-se o plano e foi decidido abordar a placa, não por componentes isolados, mas sim por zonas. O objetivo seria definir as zonas prioritárias e "atacar" os componentes mais críticos dessas zonas.

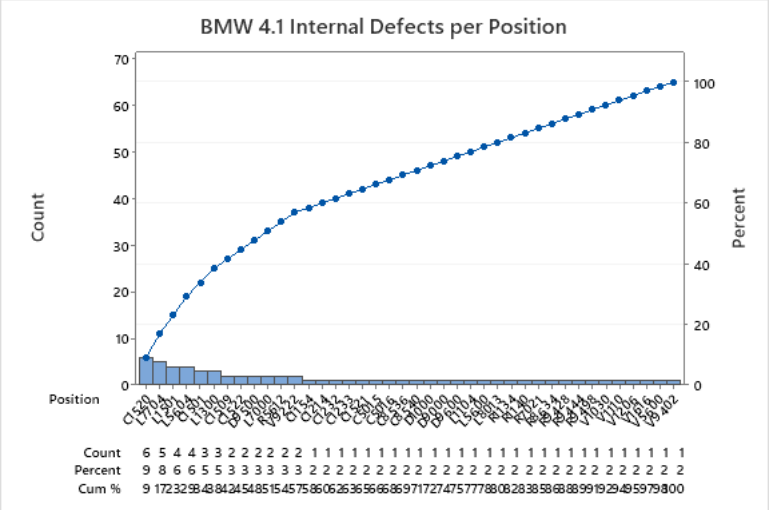


Figura 18 - Diagrama de Pareto dos componentes mais críticos

Numa primeira fase, foram definidas as zonas da placa e associados a cada zona os respetivos componentes da placa PCB. Estas zonas estão representadas na Figura 19 e Figura 20.



Figura 19 - Delineação das zonas críticas na face BCO

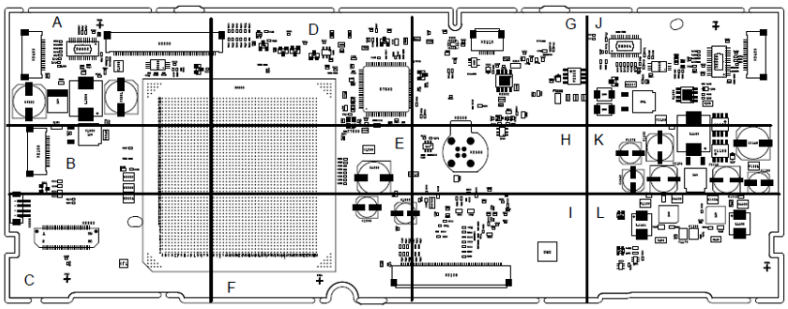


Figura 20 - Delineação das zonas críticas na face BCU

Como já referido anteriormente, esta placa PCB contém duas faces, cada uma com um conjunto de componentes diferente. Numa primeira análise pode-se verificar, através da Figura 21, que a face BCO é a face com mais componentes danificados (72% dos mesmos). Ao longo do processo, esta é a face que está virada para baixo e acaba por ser a que entra em mais contacto com os aparelhos e postos de trabalho. Este facto pode já revelar algum indício de risco na primeira interação/abordagem entre a placa e os postos de trabalho.

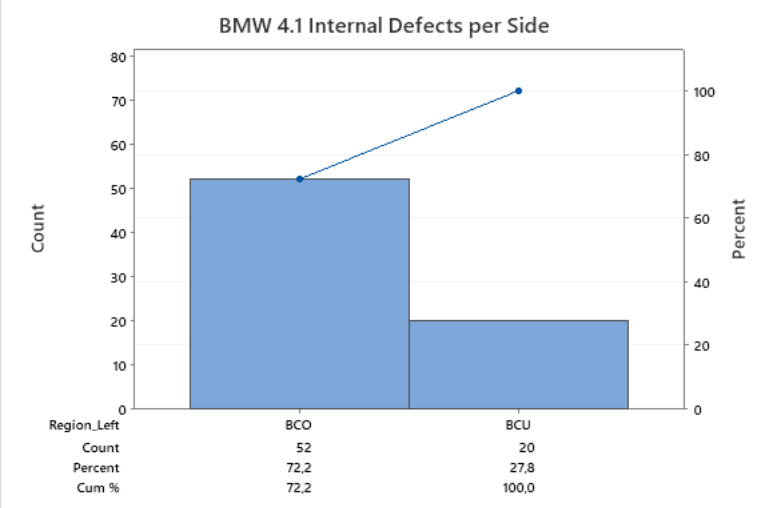


Figura 21 - Diagrama de Pareto dos componentes danificados por face de inserção

Depois de uma análise mais generalizada às faces da placa PCB, foi realizada uma mais pormenorizada onde se pode ver, através da Figura 22 e Figura 23, as zonas onde ocorrem mais defeitos com componentes danificados. Estas principais zonas encontram-se todas não só na face mais crítica, como nos limites da placa PCB, revelando-se mais um indício para riscos no manuseamento da placa, no seu transporte ou na abordagem da placa com os vários postos de trabalho. Esta primeira análise foi não só importante pelas indícios que acabaram por ser retirados, bem como acabou por se definir uma sugestão para um caminho a percorrer na redução dos defeitos nas linhas de produção, focando-se nas várias zonas, da mais crítica à menos preocupante.

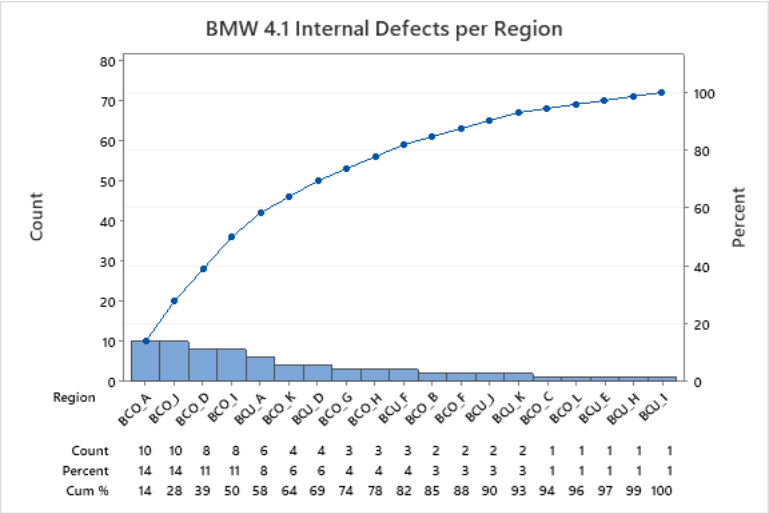


Figura 22 - Diagrama de Pareto dos componentes danificados por região da placa



Figura 23 - Zonas críticas da placa

Depois de definidas as zonas mais críticas das placas, a estratégia natural seria avançar com uma análise à zona mais crítica e avançar a partir daí. Porém, existe um fator relevante que não está a ser considerado nestas análises dos defeitos internos: as reclamações de cliente. Estas reclamações têm um impacto monetário para a empresa bem mais significativo que os defeitos detetados internamente. Assim, é necessário, a todo o momento, priorizar este tipo de defeitos, portanto a estratégia que foi definida passa por fazer um cruzamento entre os defeitos internos e as reclamações de clientes e perceber os componentes mais críticos para realizar uma análise mais profunda. Tendo em conta o tempo limitado do projeto e a divisão do mesmo não só na ocorrência dos defeitos, mas também na melhoria do processo de investigação dos defeitos, foi então decidido focar os esforços na análise de três componentes em específico: C1520, C1521 e C1522. O motivo para a decisão é duplo: o C1520 e o C1521 são dois componentes bastante próximos, encontram-se numa das zonas mais críticas da placa PCB e já houve duas reclamações de cliente associadas ao componente C1520; ao mesmo tempo, no início do projeto, o C1522 não era um caso crítico internamente, mas, com a evolução do projeto, também evoluiu o número de casos detetados – a nível de casos em cliente, este componente já foi

reclamado em quatro situações distintas. Ao mesmo tempo, como se poderá observar num capítulo posterior, as soluções implementadas podem não só afetar estes componentes como outros, implementando-se soluções que possam reduzir mais defeitos do que se espera.

No próximo capítulo é, assim, descrita toda a análise feita a estes componentes, fazendo referência ao estado dos componentes danificados, ao seu histórico e os riscos associados a cada posto para a ocorrência dos defeitos.

4.3.2 Análise crítica aos componentes danificados

Depois de definidos os componentes que vão ser analisados com mais detalhe, segue-se a investigação à ocorrência de defeitos com os componentes C1520, C1521 e C1522. Esta investigação foi dividida em três fases, de forma a obter as melhores perceções possíveis: uma análise histórica dos defeitos internos que têm vindo a ocorrer ao longo dos últimos dois anos; uma análise do estado dos componentes e das placas PCB quando o defeito é detetado; e, por fim, foi feita uma análise dos possíveis riscos e causas no processo que estivessem a causar o defeito. Adicionalmente, foram feitas duas investigações distintas: uma investigação para os componentes C1520 e C1521 que, como se poderá observar mais à frente, acabam por ser dois componentes iguais e muito próximos, o que permite concluir que danos num dos componentes acabam por poder ter bastante influência no outro; e uma investigação para o componente C1522, um componente bastante diferente dos outros mencionados anteriormente, quer a nível de composição, quer a nível de localização, situando-se na face oposta aos C1520 e C1521.

De um modo geral, e antes de descrever todo o processo de investigação realizado, faz sentido apresentar os três componentes e a sua localização na placa. Como descrito no capítulo 4.2.1, o C1520 e C1521 são condensadores cerâmicos e, portanto, acabam por ter como função na placa a retificação de sinal para circuitos com uma necessidade de potência menor. Já o componente C1522 é um condensador eletrolítico e tem como função a retificação de sinal para circuitos de alimentação e outros com uma maior potência. Na Figura 24 e Figura 25, é possível observar os componentes quando estão bem inseridos na placa PCB. Relativamente à localização destes componentes, apesar do C1522 se encontrar numa face oposta em relação ao C1520 e C1521 (estes últimos dois encontram-se na face crítica que acaba por ser a que aborda a maioria dos postos de trabalho), todos os componentes se encontram num limite da placa, sendo dos componentes mais expostos a pancadas ou toques no ambiente externo à placa. Através da Figura 26 e Figura 27, é possível observar a localização dos componentes na placa PCB.

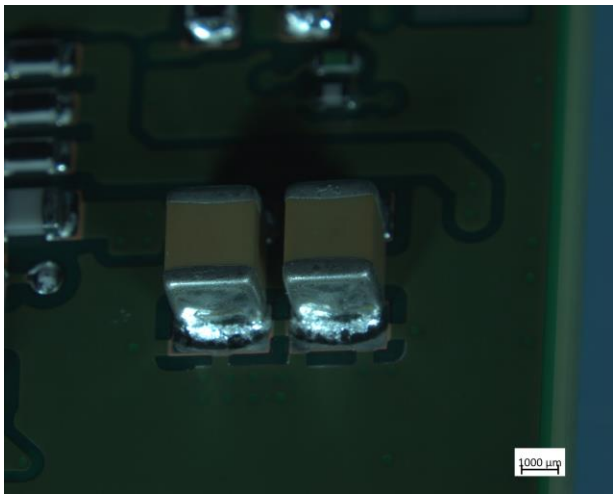


Figura 24 - Componentes C1520 e C1521 bem inseridos na placa PCB



Figura 25 - Componente C1522 bem inserido

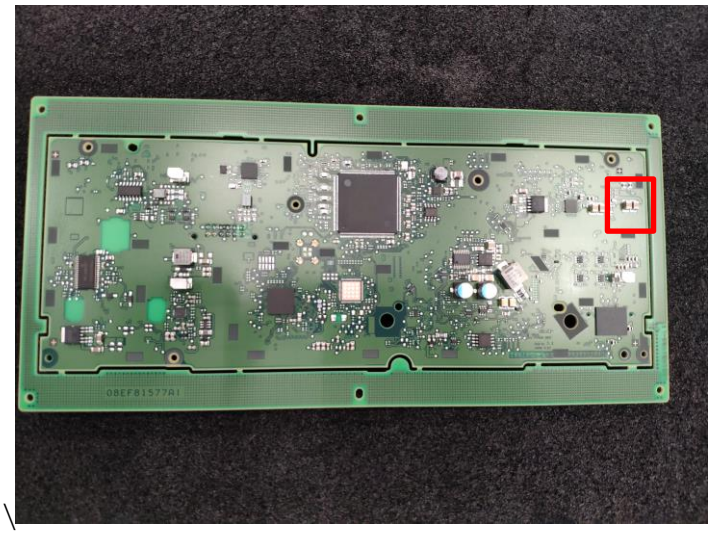


Figura 26 - Localização dos componentes C1520 e C1521 na placa PCB

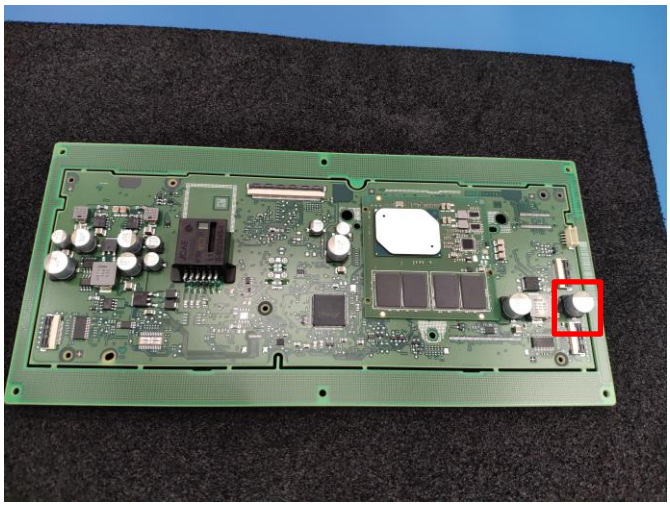


Figura 27 - Localização do componente C1522 na placa PCB

Investigação aos componentes C1520 e C1521

Como referido anteriormente, o processo de investigação foi dividido em três fases. Assim, a estrutura dos próximos parágrafos replicará estas fases de investigação.

Na primeira fase de investigação dos componentes C1520 e C1521, foi feita uma análise histórica dos defeitos associados a estes componentes com o objetivo de identificar tendências e, se possível, reduzir o foco da investigação a uma só parte do processo. Para isso foi realizada uma recolha de todos os casos internos dos últimos 2 anos. Após uma análise geral do processo, conseguiu-se identificar que 85,7% das placas PCB com estes componentes danificados passavam numa das duas possíveis linhas de inserção automática de componentes. Estas diferenciavam num processo de rotação da placa, onde estava definido, na linha mais crítica, um processo adicional e não automático.

Avançando para as linhas de montagem final, um processo que permite mais variação devido à sua natureza que envolvia muitos mais processos manuais, foi identificada a linha mais crítica para estes componentes, com 78,6% dos casos internos. Investigando mais a fundo e de uma forma individual o percurso de cada caso interno, foi possível perceber, primeiramente, que estes componentes não são detetados objetivamente nas linhas de montagem final. De seguida, foi possível identificar as estações críticas para a ocorrência destes defeitos, o FCT20 e a fresa, uma vez que a maioria dos defeitos foram detetados visualmente antes e depois de serem inseridos no FCT20 (tarefa de inspeção inserida após uma reclamação externa associada a estes componentes antes deste projeto iniciar).

Realizada a primeira fase de investigação, segue-se a fase composta pela análise do estado da placa PCB. Através de análises microscópicas e visuais, é possível ver várias representações do defeito: placas com os componentes C1520 e C1521 completamente arrancados, placas só com um dos componentes arrancados, placas com um dos condensadores já com pouca aderência e com parte da solda partida,

e defeitos acompanhados de uma mola (muito próxima destes componentes) completamente deformada. Através da Figura 28, é possível observar um dos casos deste tipo de defeito. Analisando a orientação da pancada que origina este defeito, através do estado das soldas com os componentes arrancados ou defeituosos e o estado da deformação da mola próxima dos condensadores, esta é uma pancada horizontal à placa com um sentido de fora para dentro. Esta orientação coincide com o movimento do *pusher* do *loader* que carrega as placas PCB para a fresa.

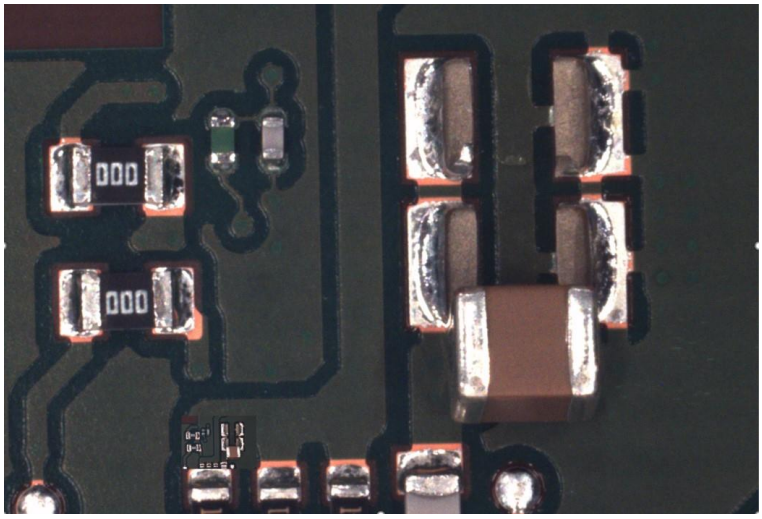


Figura 28 - Componentes C1520 e C1521 arrancados na placa PCB

Por fim, depois de finalizar a segunda fase da investigação, resta fazer uma análise do processo com o objetivo de identificar todos os riscos e possíveis causas para produzir defeitos nos componentes em análise. Esta parte da investigação foi suportada através da ferramenta Diagrama de Ishikawa que acaba por ajudar quer na categorização das possíveis causas, quer no *brainstorming* da análise. Graças ao trabalho já realizado nas duas fases anteriores, esta análise ao processo será focada no posto com FCT20 e na fresa. Na Tabela 4, estão, assim, representados todos os riscos/possíveis causas associadas à ocorrência de defeitos nos condensadores C1520 e C1521.

Tabela 4 - Riscos/Possíveis causas para a ocorrência de defeitos com os condensadores C1520 e C1521 danificados

Ishikawa's M's	Risco/Possível causa
Máquina	Fraco design do *pusher* suscetível a provocar choques mecânicos entre ele e a placa PCB, aquando do abastecimento da placa à fresa.
Máquina	Baixa distância entre o pusher e a placa PCB pode causar choques mecânicos entre os dois.

Ishikawa's M's	Risco/Possível causa
Máquina	Base de suporte com potencial para fornecer um mau posicionamento ao *container* que alberga as placas PCB, provocando choques mecânicos no processo de abastecimento da placa à fresa.
Máquina	Cama de agulhas e base de abordagem da placa PCB ao FCT20 com algum risco de danificar componentes, graças à baixa iluminação, baixa visibilidade da base de abordagem e ao seu design.
Métodos	Colisão entre placas PCB nas operações de *load* e *unload* dos postos de trabalho
Homem	Movimentos com 1 mão pouco precisos e não controlados com potencial para causar defeitos nas abordagens aos postos de trabalho e no transporte entre os mesmos.

Investigação ao componente C1522

O processo de investigação ao componente C1522 seguiu a mesma estrutura que a investigação aos componentes C1520 e C1521 e, portanto, toda a descrição da investigação também terá a mesma estrutura do capítulo anterior.

Na primeira fase de investigação do componente C1522, foi efetuada uma análise histórica dos defeitos e para isso foi também feita uma recolha de todos os casos internos dos últimos 2 anos. Após uma análise geral do processo, foi possível identificar que 71,43% das placas PCB com estes componentes danificados passavam numa das duas possíveis linhas de inserção automática de componentes. Esta linha crítica identificada é a mesma que foi detetada na investigação dos componentes C1520 e C1521 e, como já referido acima, já foram definidos os processos diferenciadores entre as duas linhas de inserção automática dedicadas ao produto em estudo.

Avançando para as linhas de montagem final, também a mesma linha crítica foi identificada com 70% dos casos internos. Após uma investigação individual de cada caso interno, foi possível perceber vários pontos. Primeiramente, este componente é detetado no FCT20, o que ajuda na partição do processo e ajudou a equipa a focar os seus esforços nos postos mais críticos. Foram detetados defeitos internos associados a este componente quer nas linhas de inserção automática, quer nas linhas de montagem final. Nas linhas de inserção automática, tendo em conta que é um processo com muito poucas tarefas manuais e estes defeitos não são sistemáticos a curto prazo, o foco da equipa centrou-se nas tarefas manuais. Assim, pôde perceber-se os riscos associados ao ICT10, em que o colaborador coloca a placa PCB no posto de uma forma manual. Estes riscos serão mencionados mais à frente neste capítulo.

Relativamente às linhas de montagem manual, existem casos internos antes do FCT20, até com componentes encontrados soltos na fresa, e depois do FCT20. Assim, os postos a serem focados serão o ICT10, a fresa, o FCT20 e os postos de trabalho 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

Realizada a primeira fase de investigação, segue-se a análise do estado da placa PCB. Através de análises microscópicas e visuais, é possível ver várias representações do defeito: placas com o componente C1522 completamente arrancado, placas com o componente parcialmente arrancado e placas com um toque visível de pancada. Através da Figura 29 e Figura 30, é possível observar vários casos deste tipo de defeito. Relativamente à orientação da pancada que origina este defeito, acredita-se que seja uma pancada horizontal, de fora para dentro. Esta orientação coincide com movimentos não controlados, quer no transporte da placa ao longo dos vários postos de trabalho, quer nas operações de *load* e *unload* das placas PCB no FCT20.

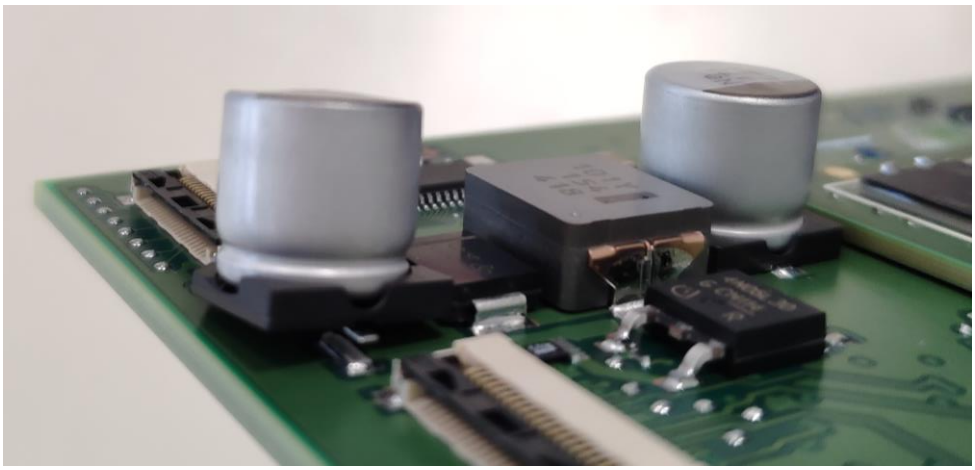


Figura 29 - Componente C1522 levantado após pancada

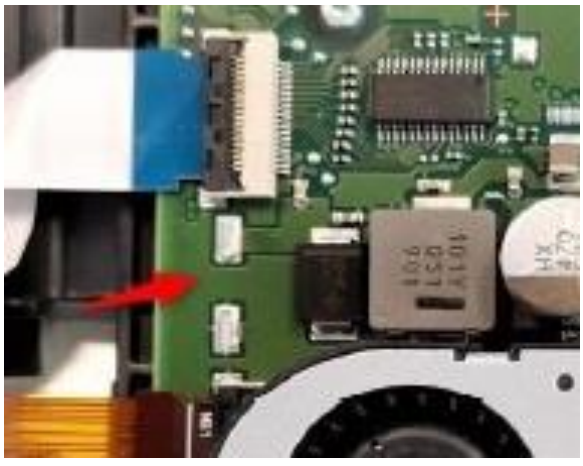


Figura 30 - Componente C1522 arrancado

Finalmente, é realizada uma análise do processo com o suporte do diagrama de Ishikawa. A Tabela 5 representada abaixo resume todo o trabalho realizado ao longo das três fases, culminando na

identificação dos riscos/possíveis causas para a ocorrência de defeitos com o condensador C1522 danificado.

Tabela 5 - Causas/Possíveis causas para a ocorrência de defeitos com o condensador C1522 danificado

Ishikawa's M's	Risco/Possível causa
Máquina	Existência de obstáculos à abordagem à estação do FCT20 e ICT10, como pinos de suporte, câmaras ou acrílicos de proteção.
Métodos	Existência de obstáculos aquando do transporte entre postos de trabalho.
Métodos	Colisão entre placas PCB nas operações de *load* e *unload* dos postos de trabalho.
Homem	Movimentos com 1 mão pouco precisos e não controlados com potencial para causar defeitos nas abordagens aos postos de trabalho e no transporte entre os mesmos.

4.3.3 Análise crítica à investigação dos defeitos internos com componentes danificados

Após uma análise à ocorrência aos defeitos com componentes danificados, tal como referido no início do capítulo 4.3, será feita uma análise crítica a todo o processo de investigação dos defeitos internos, quer à execução da investigação quer às ferramentas que dão suporte à execução, dando mais ênfase à primeira neste subcapítulo.

Após uma observação extensiva e crítica ao trabalho que os *Quality Engineers* realizam diariamente, foram levantados vários pontos importantes e relevantes para esta análise crítica. De um modo geral, o processo de investigação aos defeitos internos é um processo não uniformizado e muito dependente de quem o realiza. A qualidade e eficácia das investigações acabam por ser muito dependentes da experiência de cada QE, sem que as boas práticas de cada um sejam partilhadas da melhor maneira e de uma forma eficaz. As ações realizadas quer para a investigação, quer para a implementação de melhorias é sempre baseado no que as pessoas experienciaram no passado; acabam por se recordar desse passado e descartam, muitas vezes, as ações racionais baseadas em factos e, mais importante ainda, baseadas em todos os factos. Um dos exemplos mais flagrantes é o facto de não presenciarem todos os defeitos no sentido em que não se dão à oportunidade de analisar todos os defeitos presencialmente, degradando a eficácia da resolução dos defeitos logo desde o início. Adicionalmente, a implementação de melhorias e a sua perseguição de eficácia não é feita, acabando por se desconhecer se realmente as melhorias são relevantes ou se se deve continuar a trabalhar nos defeitos que ocorreram. É fácil de perceber que, quando isto acontece, as ações necessárias para a resolução de problemas não

são implementadas, isto é, a uniformização das melhorias e o levantamento de oportunidades para incorporar as ideias que surgem noutras linhas de produção e noutros produtos. Assim, pode-se concluir algo bastante importante com toda esta descrição: o processo de investigação e consequentes passos não são suportados numa estrutura ou numa *framework* especializada para a resolução de problemas.

Ao mesmo tempo, durante toda a análise feita, foi observado uma inexistência de mensuração da qualidade das investigações realizadas e da eficácia das ações de melhoria implementadas. A forma como o departamento mensura a qualidade do seu trabalho é com o suporte de KPI's muitos gerais relativos a número de defeitos (em ppm) ou o número de reclamações externas realizadas por clientes. Apesar de serem indicadores importantes que devem persistir e seguir de base para a definição das estratégias do departamento, estes não nos dão muita informação acerca do trabalho para a resolução dos problemas. Uma vez que os processos de montagem final estão muito dependentes de tarefas realizadas por colaboradores, uma descida no número de defeitos pode não significar um melhor trabalho realizado pelos QE's, mas, sim, derivado de um fator chamado "sorte". A existência de KPI's especializados e específicos para medir a qualidade das investigações e das melhorias implementadas são assim fulcrais para desmistificar todas estas questões.

Para além disto, a inexistência de documentação do que foi realizado durante todo o processo de resolução do problema, associada a tudo o que foi descrito anteriormente, catapulta toda a análise crítica para um fator também importante a ser contabilizado: a falta de responsabilização do trabalho que leva qualquer profissional ou a ter grande autodisciplina e força de vontade, ou a desmotivar e desleixar-se na realização do seu trabalho.

Finalmente, por falta destes KPI's especializados para os processos de investigação e para a eficácia das ações de melhoria, existe uma dificuldade para definir objetivos mais concretos, específicos e alcançáveis o que resulta numa estratégia pouco clara para o tratamento dos defeitos internos, que a nível de componentes danificados quer a nível de qualquer outro tipo de defeito.

Num capítulo posterior, todas estes pontos levantados durante a análise serão abordados, no intuito de propor uma solução que vá mitigar todos os riscos identificados ao longo de todo este processo de análise crítica.

4.3.4 Análise crítica às ferramentas para a investigação dos defeitos internos com componentes danificados

Se, por um lado, há bastantes ineficiências no processo de investigação, por outro lado foi feita uma análise bastante esclarecedora relativamente às ferramentas que dão suporte aos *Quality Engineers* no

seu trabalho. Das ferramentas apresentadas anteriormente, foram analisadas as ferramentas mais utilizadas pelos intervenientes do processo de investigação: o ficheiro realizado em Excel para análises dos defeitos internos e o MIS Software.

Ficheiro para análises dos defeitos internos

Relativamente ao ficheiro para análises dos defeitos internos, foram estudados diversos pontos, desde a sua facilidade de uso do ficheiro, da sua coerência entre os vários produtos, a acessibilidade de pessoas sem contabilizar os QE's que necessitem de verificar certas informações relevantes para o seu trabalho, entre outros. Nos próximos parágrafos será feita a descrição desta análise de uma forma mais pormenorizada.

Apesar de este ser um ficheiro realizado em Excel para análises dos defeitos internos, cada produto tem um ficheiro e cada ficheiro está disperso pelas bases de dados e pastas da empresa, tornando não só difícil encontrar as informações necessárias e corretas, como aceder a estes dados. Isto torna-se uma ineficiência assinalável para a empresa pois as informações contidas nestes ficheiros são necessárias por várias pessoas e por vários departamentos. Estes ficheiros, estando localizados em sítios específicos e com acessos limitados, é necessário estar sempre a pedir ao QE indicado para realizar uma apresentação que reporte os dados pedidos.

Ao mesmo tempo, apesar da ferramenta Excel ser extremamente útil, flexível e bastante intuitiva na utilização, tem as suas limitações. Para este ficheiro fazer as análises que faz a nível de defeitos internos, necessita de uma base de dados com bastante informação acerca de cada defeito interno que ocorre num determinado tempo. Esta base de dados acaba por ser demasiado extensa para um ficheiro em Excel suportar. Sendo assim, a solução até ao momento implementada, era dividir os defeitos internos não só por produtos, como por ano de ocorrência, aumentando o número de ficheiros, bem como a complexidade para navegar entre os mesmos. Adicionalmente, esta divisão acaba por impossibilitar comparações anuais entre a performance do trabalho realizado.

De seguida, foi realizada uma análise às atividades manuais feitos pelos QE's para fazer a manutenção do ficheiro e mantê-lo o mais atualizado possível. Este ficheiro em Excel acaba por não ser uma solução muito tecnológica e atual, acabando por necessitar de uma inserção manual dos dados provenientes da produção para manter atualizadas as análises feitas nesse ficheiro. Assim, todos os QE's acabam por ter manualmente de inserir estes dados diariamente, fazendo uma exportação dos dados da produção e depois copiá-los para os seus ficheiros. Esta atividade ocupa, aproximadamente, 10 minutos do seu trabalho diariamente. De maneira adicional, e referenciando o que já foi descrito anteriormente, estes

QE's acabam por necessitar de realizar apresentações para reportar certas informações necessárias. Esta tarefa ocupa, por semana, aproximadamente, 1 hora e 30 minutos.

Por fim, e fazendo uma comparação entre os vários ficheiros correspondentes a cada produto, notou-se a existência de análises desatualizadas e já sem valor acrescentado aos QE's, análises diferentes entre os vários produtos e até análises supostamente uniformizadas não preenchidas nem mantidas ao longo do tempo. Seria necessária uma reformulação das análises existentes de forma a colmatar as necessidades existentes atualmente.

MIS Software

De uma forma breve, esta ferramenta, apesar de muito útil, atendendo a todas as informações que providencia, acaba por não ser utilizada na sua toda a potencialidade e, portanto, as informações representadas no software acabam por não ser tão úteis como seria desejável. Existem casos de placas PCB que fogem claramente ao seu processo normal (como por exemplo, a realização de um segundo teste na mesta estação, após um resultado positivo no primeiro teste, o que indica que algo de anormal aconteceu entre esses dois testes) e não existe informação específica sobre o que aconteceu. Isto acaba por limitar o trabalho de resolução de problemas dos QE's que acabam por não ter a informação suficiente para resolver ou encontrar a causa raiz para a ocorrência do defeito.

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Após ser feita toda uma análise crítica quer à ocorrência de defeitos com componentes danificados, quer ao processo de investigação realizado pelos QEs, foram realizadas propostas de melhoria de forma a resolver os problemas aos quais este projeto se destina e atingir os objetivos propostos. Como se poderá perceber no capítulo 5.1, algumas destas propostas já foram implementadas, outras ainda se encontram na fase de estudo de viabilidade e outras em desenvolvimento, de forma a serem implementadas no futuro. Adicionalmente, serão descritas as atividades necessárias, no intuito de garantir que as melhorias propostas e implementadas sejam monitorizadas e mantidas ao longo do tempo.

5.1 *Improve*

Com o objetivo de criar uma estrutura mais percetível para uma mais fácil navegação ao longo da dissertação, como feito na fase do *Analyze*, as propostas de melhoria, dependendo do propósito de criação de cada uma, serão divididas em duas categorias: melhorias no processo de manufatura, de modo a reduzir os defeitos com componentes danificados; e melhorias no processo de investigação, de modo a mitigar todas as limitações do atual processo.

5.1.1 Melhorias no processo de manufatura

Ao longo do projeto, foram propostas várias melhorias e mudanças no processo de manufatura. Neste capítulo, serão apresentadas cada uma dessas melhorias de uma forma individual, bem como os seus benefícios e a sua fase atual de implementação.

Mudança do design do *pusher*

Tal como referido no capítulo 4.3.2, foi identificado um risco associado ao fraco design do *pusher* que, ao puxar as placas PCB para realizar o corte previsto na fresa, acabava por, em certas condições, bater e danificar vários componentes, não só o C1521 ou o C1522. Assim, foi desenhado um novo *pusher* com o objetivo de resolver este problema. A partir da Figura 31, pode observar-se esta melhoria já implementada nas linhas de produção.

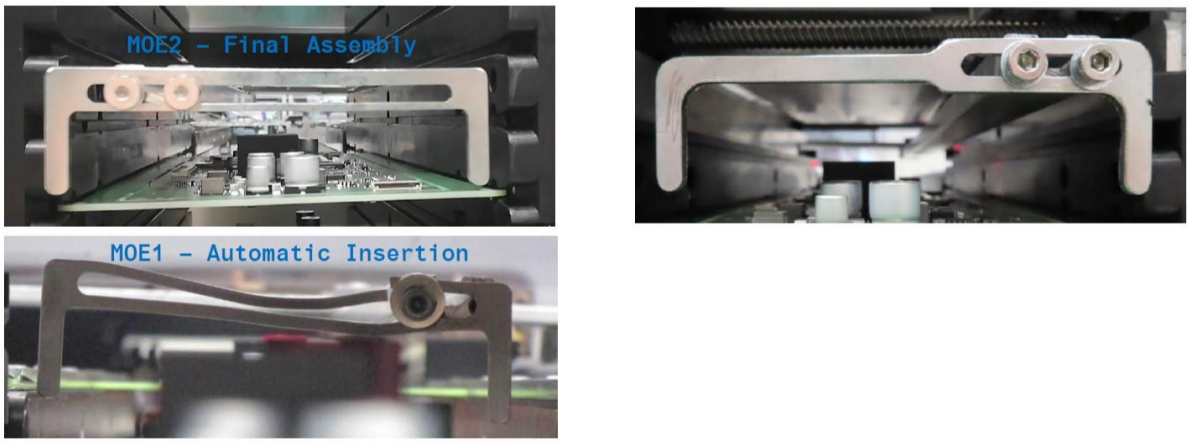


Figura 31 - Antes (à esquerda) e depois (à direita) da mudança do design do pusher

Alteração da altura do *pusher*

Em certas condições, dependendo da posição da placa PCB no *container* ou até da posição do próprio *container* na sua zona de abordagem à fresa, o *pusher* poderia não puxar uma placa PCB e, no movimento para ir buscar a placa seguinte, poderia danificar a placa que não foi puxada para a fresa. Foi, então, decidido aumentar 4mm à altura de abordagem do *pusher* às placas PCB de forma a que, quando houvesse a possibilidade de passar uma placa à frente, o *pusher* não a conseguisse danificar sem os operadores se aperceberem do que se passou, sendo que, com o aumento da altura, a placa PCB é empurrada para fora do *container*. Esta mudança da altura do *pusher*, já implementada, pode ser verificada através da Figura 32.



Figura 32 - Antes (à esquerda) e depois (à direita) da mudança da altura do pusher

Mudança de base de *containers* para melhor fixação

Para finalizar as mudanças realizadas na fresa das linhas de produção, e abordando a folga existente na zona de abordagem do *container* à fresa, foi desenhada uma base de inserção do *container*. Esta mudança possibilita não só fixar a posição do *container*, para que o *pusher* possa puxar as placas PCB

sempre na mesma posição, bem como assegura uma posição mais estável para que as placas não entrem na fresa inclinadas. Esta proposta de melhoria já está implementada nas linhas e pode ser vista através da Figura 33.

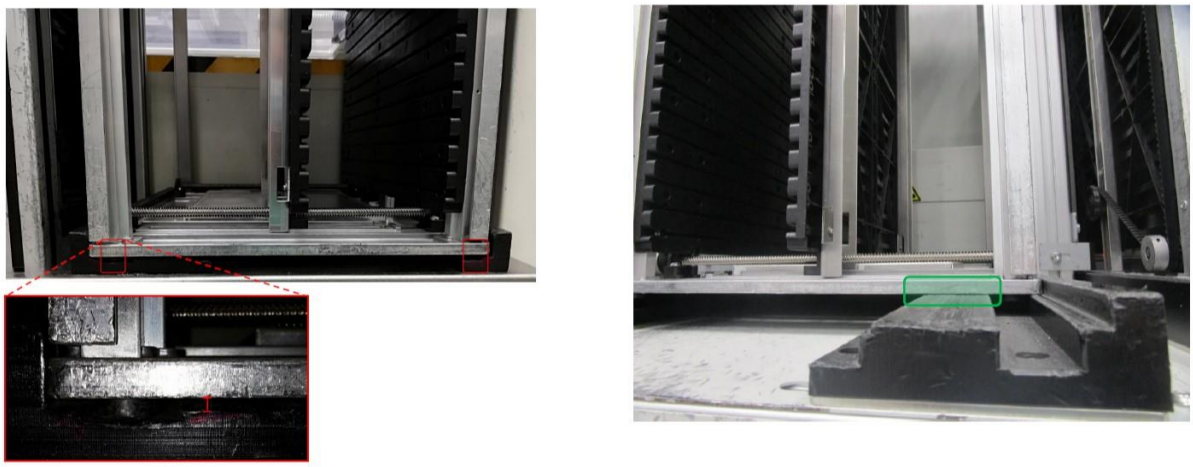


Figura 33 - Antes (à esquerda) e depois (à direita) da mudança da base onde o container é fixado

Alteração de condições no posto FCT20

Abordando os riscos relativos ao posto de trabalho FCT20 já referidos no capítulo 4.3.2, foram propostas várias alterações. A maioria destas soluções foram pensadas através de uma atividade de *"benchmarking"*, tendo sido identificadas boas práticas de outras linhas de produção e outros produtos da fábrica. A primeira proposta passa pelo aumento da altura de todo o posto de FCT20, com o objetivo de melhorar a visibilidade da zona de abordagem da placa PCB ao posto, de forma a que durante o processo de *load* e *unload* de placas haja uma menor probabilidade de ocorrência de defeitos.

Adicionalmente, foi feita uma proposta para melhorar todo o ambiente circundante à zona de abordagem, de forma a garantir um processo de *load* e *unload* mais seguro e fiável. Esta proposta consiste na remoção de obstáculos como scanners e pins da zona de movimento da placa, visualizados na Figura 34; uma maior iluminação do posto de forma a melhora visibilidade do mesmo, observado na Figura 35; acrílicos arredondados para diminuir a existência de arestas vivas que possam causar danos na placa, como se pode verificar na Figura 36; e a mudança do design da base onde a placa será inserida no posto, de forma a mitigar riscos na inserção e remoção desta do FCT20, vista através da Figura 37. De momento, estas melhorias estão a ser avaliadas quer no seu custo, quer no seu impacto na diminuição de defeitos.



Figura 34 - Obstaculos na zona de abordagem da placa PCB ao FCT20



Figura 35 - Proposta de implementação de uma melhor iluminação no FCT20



Figura 36 - Proposta de implementação de acrílicos arredondados no FCT20

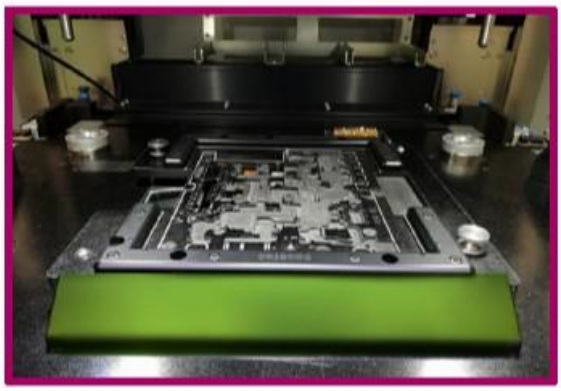


Figura 37 - Proposta de implementação de um melhor design da base do FCT20

Manuseamento da placa PCB com duas mãos

Finalmente, e para abordar o risco associado ao manuseamento constante das placas PCB com uma mão, é sugerido implementar processos, regras e condições de modo a que os operadores possam manusear as placas PCB com as duas mãos. O movimento de transporte da placa com duas mãos é um movimento bem mais controlado, preciso e mais seguro para a diminuição de componentes danificados, sendo que o manuseamento das placas é o fator mais determinante para danificar componentes. Associado à criação de processos, é necessário fornecer ao processo de manufatura as condições necessárias para uma implementação viável. Assim, foi sugerido implementar bancadas WIP no FCT20 para possibilitar uma troca de placas com as duas mãos e impossibilitando o choque entre placas durante a troca. Ao mesmo tempo, movimentos mais controlados irão diminuir a probabilidade de ocorrência de defeitos no transporte entre postos de trabalho. Em paralelo com as propostas de melhoria às máquinas (fresa e FCT20), implementar processos de manuseamento com duas mãos acaba pode complementar e combater todos os riscos associados com a ocorrência de componentes danificados. Esta proposta de melhoria está, de momento, a ser avaliada a nível de custos associados não só com a implementação de bancadas WIP, bem como a nível de aumento do tempo de ciclo da linha.

5.1.2 Melhorias no processo de investigação

Ao longo do projeto, foi desenvolvida uma ferramenta de suporte às investigações realizadas pelos QEs. Neste capítulo, será apresentada essa ferramenta, a estrutura por detrás desta e a sua fase atual de implementação, bem como o seu plano de ação.

QIID – *Quality Investigation for Internal Defects*

De forma a colmatar todos os pontos revistos no capítulo 4.3.3, foi criado um projeto de desenvolvimento de uma aplicação WEB com o objetivo de centralizar e digitalizar todo o processo de investigação de

qualidade a defeitos internos dentro da fábrica. Esta aplicação será utilizada pelos QEs para realizarem as suas investigações, bem como qualquer outro interveniente que precise de aceder às informações das investigações e do trabalho dos *Quality Engineers*.

O QIID será dividido pelos vários tipos de defeitos existentes na empresa e existirá, para cada um, a possibilidade de criar investigações individuais (uma investigação quando um defeito ocorre) ou investigações de grupo (uma investigação que aborda um conjunto de defeitos que ocorreu ao longo do tempo). Cada investigação terá um processo associado com suporte de um ciclo PDCA, uma ferramenta de resolução de problemas, com questões específicas para cada tipo de defeito com uma resposta obrigatória. Ao mesmo tempo, serão disponibilizadas várias ferramentas que darão suporte à investigação: o diagrama de Ishikawa, para a realização de um *brainstorming* de ideias mais estruturado e categorizado; uma ferramenta de gestão de atividades realizadas durante a investigação; e uma ferramenta para suportar a realização do método dos 5 Porquês. Desta forma, cria-se um processo de investigação uniformizado e estruturado, mas, ao mesmo tempo, específico para cada tipo de defeito reunido de todas as boas práticas que os QEs praticam ao longo da resolução dos seus problemas.

Adicionalmente, graças à digitalização de todo este processo, é possível fazer uma documentação mais estruturada e uniformizada das investigações, bem como coletar todas as informações mais valiosas da investigação para posterior análise. O QIID traz, assim, uma maior transparência a todo o trabalho realizado pelos QEs para que a equipa de gestão possa realizar o seu trabalho de uma forma mais eficiente e eficaz. Para facilitar a documentação, toda a informação que já se encontre nas bases de dados da produção (como, por exemplo, todas as características que definem um defeito) será preenchida automaticamente, de forma a reduzir o trabalho dos QEs. No final de cada investigação, é (também de forma automática) gerado um relatório final com todas as informações para facilitar o acesso às mesmas.

Finalmente, graças à centralização e digitalização das informações mais importantes de uma investigação (como as causas do problema, ações de melhoria implementadas e a sua eficácia), é possível criar, num formato de *dashboard* e de forma automática, todos os *reports* que os QEs precisam de realizar e apresentar à gestão. Isto leva a uma menor carga de trabalho e, assim, estes podem focar-se na realização eficaz de investigação e na documentação das informações mais valiosas para a mesma, sem se preocupações de reportar certos resultados à equipa de gestão. Esta *dashboard* criada com o suporte das bases de dados da produção e a informação do QIID terá 4 visualizações diferentes dos dados:

1. Uma vista geral da fábrica e a evolução da sua taxa de rejeição interna ao longo do tempo, bem como a comparação de produtos ou linhas ao longo do tempo.
2. Uma visualização com gráficos de Pareto para um melhor afunilamento dos problemas de forma a entender quais são os tipos de defeito, postos de trabalho ou testes com uma rejeição associada que são mais críticos.
3. Uma vista para a uma melhor mensuração das investigações.
4. Uma visualização que permitirá estabelecer uma relação entre melhorias implementadas e a evolução da taxa de rejeição ao longo do tempo. O propósito desta vista será fazer a perseguição da eficácia das melhorias implementadas ao longo das investigações com uma maior precisão e mais transparência.

Abordando mais específicamente o *report* para mensuração das investigações, será possível criar novos KPIs que vão mensurar, de uma forma mais profunda e precisa, a qualidade das investigações realizadas pelos QEs. Estes KPIs passam pela introdução de métricas associadas à eficácia da perseguição da causa-raiz ou a eficácia das melhorias propostas e implementadas. Ao mesmo tempo, é possível medir o tempo que demora a realizar uma investigação e perceber quão rápido as melhorias estão a ser implementadas.

Ao longo de todo o projeto, foi realizado um esboço com todos os pormenores e funcionalidades da aplicação WEB, bem como definidas todas as visualizações que devem estar incorporadas na *dashboard* com todos os *reports* essenciais para mensurar a qualidade interna da fábrica. O esboço do QIID e a *dashboard* podem ser visualizadas através do Apêndice 1 – *Quality Investigation for Internal Defects* (QIID) e Apêndice 2 – QIID *Quality Reports*.

Estrutura de dados da aplicação e interação com bases de dados da produção

Depois de se descrever todas as funcionalidades da aplicação proposta, é notória a dependência acentuada da existência de dados fidedignos e estruturados para a viabilidade da ferramenta. Assim, surgiu a necessidade de criar várias bases de dados e as suas estruturas, de forma a satisfazer todos os requisitos do QIID. Portanto, nesta secção da dissertação, serão descritas todas as bases de dados provenientes da produção e necessárias para o funcionamento da aplicação WEB, bem como a introdução de uma estrutura para albergar todas as informações produzidas durante as investigações realizadas pelos *Quality Engineers*. Com a criação deste projeto, foram desenvolvidas duas bases de dados alimentadas com a informação proveniente da produção. Ao mesmo tempo, foi necessário utilizar duas outras bases de dados para colmatar certos requisitos levantados no início do projeto. Finalmente,

foi criada uma base de dados para a aplicação QIID que, tal como referido anteriormente, albergará todos os dados provenientes da realização das investigações.

Primeiramente, foi criada uma tabela com todas as informações relativas às rejeições das linhas de produção. De uma forma mais pormenorizada, esta tabela contém informações relativas não só à descrição e categorização do defeito, mas também informações relativas a possíveis locais onde ocorreu o defeito, informações sobre o teste ou ação para a deteção deste e os próximos passos a serem tomados. Todas estas informações são um misto de uma recolha automática dos dados, com a inserção manual dos dados feita pelo reparador associado àquele produto ou linha de produção. Estas informações serão úteis não só para o rastreamento do número de defeitos ao longo do tempo, mas também para fornecer as informações, de uma forma mais centralizada e mias atualizada, sobre os defeitos que ocorrem durante a manufatura dos produtos da fábrica.

De seguida, foi criada uma tabela que espelha as quantidades produzidas na fábrica agrupadas por linha, produto e sempre com uma base temporal associada. Esta informação é recolhida através da contagem dos produtos embalados no final das linhas de produção. Esta tabela será útil para se poder calcular KPIs, onde se possa comparar a qualidade entre duas entidades, sempre tendo em conta a quantidade produzida nas duas entidades.

Relativamente ao levantamento de tabelas existentes já na fábrica e que poderão ser úteis à aplicação WEB, conclui-se a necessidade de utilizar duas tabelas. A primeira necessária é uma tabela que contém informação todos os testes realizados por todos as unidades produzidas na fábrica. A segunda tabela necessária é a que cruza todos os produtos primários e secundários que foram utilizados para a manufatura do produto final. Esta última tabela ainda está a ser desenvolvida devido à complexidade do sistema que está por detrás do cruzamento de todas as referências existentes. Com a utilização destas duas tabelas será possível realizar um histórico de defeitos mais pormenorizado, com a possibilidade de incluir um rastreamento de todo o percurso dos defeitos ao longo da fábrica, bem como a inclusão de novas análises de dados como análises de tendências.

Por fim, e para recolher num único sistema toda a informação das investigações, foi proposta uma estrutura de bases de dados representada através de um diagrama de entidades e relacionamentos. Este diagrama pode ser consultado através do Apêndice 3 – Estrutura de dados do QIID.

Como se pode verificar, esta estrutura acaba por ser bastante complexa com um número mínimo de 10 tabelas e que aumenta dependendo do número de tipos de defeitos a incluir na ferramenta. A complexidade é justificada pois o processo de investigação realizado pelos QEs não é estático e, assim, acaba por conter várias nuances que devem ser consideradas na criação da estrutura. Portanto, é

proposta a criação de várias tabelas com o objetivo de garantir uma flexibilidade às diferenças entre as investigações de cada tipo de defeito, às diferenças entre os dois tipos de investigação que podem realizar (individuais ou de grupo), à liberdade para definir uma ou mais causas ou ações de melhoria, etc.

Graças a esta estrutura, a solução apresentada toma um passo em frente, aumentando a sua viabilidade de implementação, não só devido à sua flexibilidade, mas também devido à sustentabilidade que cria considerando novas condições que o futuro pode apresentar (como o aparecimento de novos tipos de defeito até então não considerados ou a revogação de tipos de defeitos que se poderão tornar obsoletos).

Mais informações relativas a todo o trabalho desenvolvido na definição das bases de dados podem ser consultadas através do Apêndice 3 – Estrutura de dados do QIID.

Plano de desenvolvimento e implementação da ferramenta

Por fim, e ao longo do desenvolvimento de todo o conceito por detrás da ferramenta, sentiu-se a necessidade de criar um plano de desenvolvimento e implementação com o objetivo de definir, estruturar e organizar todo o trabalho necessário até ao final do projeto.

De uma forma geral, este trabalho foi dividido em várias fases:

- Esboço do QIID: desenvolvimento da estrutura de forma a que se possa perceber, de uma forma mais visual, todas as funcionalidades e potencial da ferramenta.
- Estrutura de dados do QIID: desenvolvimento das bases de dados necessárias para suportar todas os requisitos e funcionalidades da ferramenta.
- Contrução do *Quality Report:* desenvolvimento da dashboard que apresentará todos os KPIs associados ao processo de investigação e ao trabalho dos QEs.
- Construção do QIID: desenvolvimento do QIID, de uma forma modular, em que cada módulo representa um tipo de defeito.

Como mencionado acima, a construção do QIID será realizada de uma forma modular, no intuito de garantir uma maior implementação mais cuidada e que facilitará um maior foco em cada tipo de defeito. Como já referido nos capítulos anteriores, cada tipo de defeito tem a sua própria forma de investigação e, assim, é necessário dedicar bastante tempo a entender todas as especificidades de cada um. Um sistema modular irá garantir que todos os tipos de defeito serão implementados na aplicação da forma mais correta e realista.

Ao mesmo tempo, esta implementação modular trará a oportunidade de implementação de ciclos de *feedback* e de melhoria constante relativamente à aplicação. Assim, no final do projeto, será entregue

uma aplicação robusta, com uma menor probabilidade de ocorrência de erros e coerente com a realidade do trabalho realizado pelos QEs.

Todo este plano de desenvolvimento está representado no formato de um diagrama de Gantt que pode ser analisado no Apêndice 4 – Plano de desenvolvimento do QIID.

5.2 *Control*

Nesta fase, serão descritas todas as atividades, para que as propostas de melhoria, apresentadas no subcapítulo anterior, não gerem efeitos secundários não previstos e se mantenham ao longo do tempo. Assim, será feita uma súmula das melhorias propostas, sendo indicado o seu estado de implementação, que tipo de componentes impactam e que ações devem ser feitas para concluir a fase *Control* do DMAIC.

5.2.1 Mudança do design e altura do pusher e alteração da base dos containers

As mudanças situadas na fresa das linhas de produção tinham como propósito mitigar riscos associados aos componentes C1520 e C1521. Estas melhorias foram estudadas e, de momento, estão implementadas na fábrica. Após a implementação, estas ações foram inseridas no documento onde está representado a PFMEA do produto em foco no projeto. Para além disto, está atualmente a ser feita uma monitorização da quantidade de defeitos que são detetados relativamente a estes dois componentes.

5.2.2 Alteração de condições no posto FCT20

Esta mudança, situada num posto da linha de montagem final, visa a mitigação de riscos associados à ocorrência de defeitos com o componente C1522 danificado. Neste momento, as mudanças no posto estão a ser avaliadas e estudadas, pelo que, nesta fase, ainda não estão implementadas. No entanto, e para finalizar o respetivo ciclo DMAIC, é proposta a realização da documentação das mudanças no PFMEA *standard* e dedicado ao sistema de teste FCT20, de forma a garantir uma passagem de informação das mudanças ao longo do tempo, aquando da utilização deste sistema de testes noutros produtos que possam surgir na fábrica. Adicionalmente, é sugerida a monitorização da evolução do número de defeitos relativos ao componente C1522.

5.2.3 Manuseamento da placa PCB com duas mãos

Esta mudança será implementada em todos os passos do processo de manufatura que envolvam o manuseamento e transporte da placa PCB, com o objetivo de mitigar os riscos associados à ocorrência de defeitos com o componente C1522 danificado. Apesar de esta mudança já estar implementada noutros produtos, atualmente, está em fase de estudo de impacto da melhoria no tempo de ciclo das

linhas de produção. No entanto, e tal como nas alterações das condições ao posto do FCT20, foram propostas ações para finalizar o ciclo DMAIC. Para além da monitorização do número de defeitos com o C1522 danificado, é sugerida a documentação e uniformização dos processos de manuseamento com duas mãos, seguida da formação adequada aos colaboradores responsáveis pelo fabrico das unidades.

5.2.4 QIID

Relativamente ao desenvolvimento da aplicação WEB para a centralização, uniformização e digitalização do processo de investigação a defeitos internos, ao longo da implementação da ferramenta, devem ser documentados todos os passos do projeto nos sistemas de informação disponibilizados pela fábrica. Deve, também, ser definida a equipa responsável pela manutenção da aplicação. Estas atividades têm como propósito a criação de um sistema de melhoria contínua, para que o QIID se torne flexível ao ambiente dinâmico de uma empresa como a Bosch, onde as necessidades mudam a todo o instante. Ao mesmo tempo, é sugerida a mensuração e quantificação dos benefícios da implementação da aplicação que, por razões explicadas no capítulo seguinte, não se conseguem mensurar nesta fase do projeto.

6. DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, e após a realização do projeto com a aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* na fábrica da Bosch, é realizado um estudo para perceber os resultados de todo o trabalho descrito ao longo desta dissertação. Este estudo será divido em duas componentes, uma análise dos custos associados com a redução de defeitos com componentes danificados e uma outra dos benefícios com a implementação do QIID na fábrica, quer a nível da qualidade do processo de investigação, quer a nível de custos associados com operações, até ao momento, realizadas manualmente.

6.1 Redução de defeitos com componentes danificados

Tal como referenciado acima, e sendo o foco do projeto na redução de componentes danificados, será realizada uma análise específica à redução de defeitos com os componentes C1520, C1521 e C1522 danificados bem como uma análise geral à redução destes defeitos no produto em estudo nesta dissertação.

Relativamente aos defeitos com os componentes C1520 e C1521 danificados, entre Janeiro e Março de 2020, foram detetados internamente 9 defeitos, o que significa um custo de não qualidade para a empresa na quantia de 755 euros. Como já descrito no capítulo anterior, foram implementadas 3 medidas com o objetivo de resolver estes defeitos. Entre Abril e Julho de 2020, não foi detetado nenhum defeito internamente, resultando numa redução de 100% destes defeitos. A nível de reclamações de cliente, foram notificados à empresa 2 defeitos internos, originando um custo de não qualidade estimado em 12.000 euros, 6.000 euros por cada reclamação. Pode-se, assim, concluir que, com a implementação destas melhorias com 100% de eficácia, se obteve uma redução de 12.755 euros em custos de não qualidade.

Relativamente aos defeitos com o componente C1522 danificado, entre Janeiro e Julho de 2020, foram detetados internamente 11 defeitos, o que significa um custo de não qualidade para a empresa na quantia de 911 euros. A nível de reclamações de cliente, foram notificados à empresa 4 defeitos externos originando um custo de não qualidade estimado em 24.000 euros, 6.000 euros por cada reclamação. Como as ações de melhoria dedicadas ao combate para a redução de defeitos com este componente ainda não foram implementadas, pode notar-se uma subida do número destes defeitos. Acredita-se que a implementação de melhorias nas condições do FCT20 e a introdução do manuseamento da placa PCB com 2 mãos trará resultados bastante positivos para a empresa. Assim, pode concluir-se que, com a

implementação destas melhorias com uma eficácia esperada de 100%, poder-se-á obter uma redução de 24911 euros em custos de não qualidade.

Abordando o tema de uma forma mais geral, entre Janeiro e Março de 2020, o número de defeitos internos com componentes danificados residia em 184 ppm. Entre Março e Julho de 2020, este número desceu para 122 ppm, resultando numa redução de 30% no número total de defeitos internos com componentes danificados. Isto traduz-se numa redução dos custos de não qualidade num total de 2.161,5 euros. Esta redução não só é justificada com as melhorias implementadas já descritas ao longo da dissertação, mas também devido à sensibilização, ao longo de todo o projeto e juntos dos colaboradores, para um manuseamento mais cuidado das placas PCB. No entanto, acredita-se que com a implementação das restantes propostas de melhoria, esta redução poderá chegar aos 50%, objetivo final definido no início do projeto. Esta crença provém do facto das melhorias pensadas para o componente C1522 poderem impactar outros diferentes componentes pois acaba por mitigar riscos partilhados para a ocorrência de vários componentes. Assim, existe uma potencial redução dos custos internos no valor de 3.602,5 euros.

Em suma, adicionando a redução dos custos de não qualidade associados a defeitos internos e externos, foi possível verificar uma redução real de 14.161,5 euros e uma potencial redução de 39.602,5 euros, com a implementação das propostas que estão atualmente em estudo.

6.2 Redução de tempo na execução de tarefas administrativas

Após serem descritos os resultados derivados das melhorias propostas para a ocorrência de defeitos com componentes danificados, resta analisar os benefícios da proposta de melhoria do processo de investigação a defeitos internos da fábrica.

Todos os benefícios da aplicação WEB que foi proposta anteriormente tem vindo a ser discutidos ao longo desta dissertação e, de uma forma sumária, serão apresentados abaixo:

- Centralização e digitalização dos processos de investigação a defeitos internos ocorridos na fábrica;
- Maior transparência nos processos de investigação;
- Maior e mais valiosa recolha dos dados com a possibilidade de uma melhor análise dos dados provenientes das investigações e da produção;
- Implementação de uma estrutura formal para a resolução de problemas, aumentando a qualidade das investigações;
- Automatização de processos de inserção de dados e de realização de *reports*.

Todos os benefícios acima descritos acabam por levar a uma melhor priorização do trabalho dos QEs, à definição de estratégias mais impactantes e baseadas em factos reais e a uma geral melhoria da qualidade das investigações. Tudo isto acaba por resultar em investigações mais eficientes, com melhorias mais eficazes, levando a uma redução dos defeitos internos da fábrica e de custos de não qualidade. Estes resultados, na fase atual de desenvolvimento da aplicação, não são passíveis de mensuração e quantificação.

No entanto, é possível avaliar, de uma forma mais profunda, os resultados derivados da automatização de processos de inserção de dados e de realização de *reports*. Atualmente, e depois de uma análise ao seu trabalho ao longo do projeto, os *Quality Engineers* dedicam parte do seu tempo a inserir e realizar a manutenção de dados em diversos ficheiros Excel, bem como na realização de diversos *reports* pedidos. Descrevendo estes processos mais especificamente, os QEs dedicam parte do seu tempo nas seguintes atividades:

- 10 minutos por dia a inserir os dados do dia anterior no ficheiro Excel de IRR explicado anteriormente nesta dissertação;
- 40 minutos por semana a atualizar o ficheiro denominado de *"Target Conditions"*, com o propósito de sumariar e perseguir a eficácia de todas as ações implementadas nas linhas de produção;
- 10 minutos por semana a atualizar o ficheiro denominado de *"Quality Assurance Matrix"*; com o objetivo de representar os problemas principais das linhas de produção e sumariar as ações realizadas para a resolução desses problemas;
- 5 horas por semana a realizar *reports* pedidos por vários departamentos e vários gestores da fábrica com temas diversos (estado da qualidade da linha, *overview* dos projetos atuais da linha, ações de melhoria realizadas, etc.)

Isto significa que 17% do tempo de todos os QEs é dedicado a processos administrativos, sem qualquer valor acrescentado para a realização das investigações e que será automatizado com a introdução do QIID. Neste momento, existem 23 Quality Engineers a realizar este tipo de trabalho e cada uma custa à empresa, aproximadamente 20.250 euros por ano.

Assim, pode-se concluir que, com a introdução do QIID, para além de todos os benefícios apresentados anteriormente sem possibilidade de mensuração, será poupado um valor de 78.468,75 euros por ano.

7. Conclusões

Após a escrita desta dissertação e o desenvolvimento do projeto envolvente, neste último capítulo serão feitas algumas reflexões relativamente a todo trabalho realizado. Primeiramente, serão apresentadas algumas considerações finais acerca do envolvimento da metodologia *Lean Six Sigma* no projeto e os seus benefícios. De seguida, será feita uma reflexão sobre a importância da digitalização dos processos nas empresas, com base na experiência ao longo da dissertação. Por fim, será descrito todo o trabalho futuro que fica por realizar ou que pode ser realizado, servindo desta dissertação como base.

7.1 Considerações Finais

7.1.1 Benefício da metodologia *Lean Six Sigma* na dissertação

Como se pode observar ao longo da dissertação, esta esteve constantemente suportada na metodologia *Lean Six Sigma* e no ciclo DMAIC. Após uma reflexão do impacto que a metodologia teve em todo o trabalho realizado, podem ser retiradas várias conclusões.

A primeira conclusão, e a mais esperada, consiste na implementação de uma estrutura a todo o trabalho realizado ao longo da dissertação. Ao longo de todo o projeto nunca houve dúvidas acerca do caminho a percorrer e tudo foi feito com um propósito final.

Durante a fase do *Define*, o esclarecimento de todos os aspetos importantes para a descrição de um projeto foi fulcral para limitar o projeto a só um produto e a um tipo de defeito. Desde o início foi traçado um caminho a percorrer, o que acabou por ajudar a manter o foco no que era realmente importante.

Durante a fase do *Measure* e *Analyze*, a metodologia mostrou-se bastante eficaz na procura de conclusões que levassem a propostas de melhoria mais impactantes para o problema a resolver. Isto leva-nos à segunda conclusão: a metodologia *Lean Six Sigma* trouxe ao projeto uma abordagem baseada em acontecimentos e conclusões reais e não só em suposições sem um suporte factual.

Durante a fase do *Improve* e *Control*, foi garantido que as propostas de melhoria realmente resolviam o problema em mãos, bem como garantiu que estas melhorias fossem implementadas da melhor forma e que se mantivessem ao longo do tempo. Ao mesmo tempo, sem toda a teoria de *Lean Six Sigma*, era impossível formular uma das propostas de melhoria apresentadas, o QIID, que acaba por estruturar e centralizar todos os métodos de resolução de problemas internos da fábrica numa só ferramenta.

Por fim, e refletindo de uma forma geral, o projeto, suportado na metodologia *Lean Six Sigma*, trouxe uma redução potencial de custos de não qualidade de 39.605,5 euros e uma poupança anual de 78.468,75 euros em processos administrativos que acabaram por ser automatizados.

7.1.2 Importância e benefícios da digitalização de processos

Ao longo de todo o projeto e principalmente na fase do *Improve*, com o desenvolvimento do QIID, foi incluída a centralização e melhoria de processos de investigação tendo por base uma aplicação WEB. Isto levou a uma maior interação deste projeto com a digitalização de processos, levando, no final, a uma poupança anual de 78.468,75 euros anual na automatização e digitalização de processos.

No entanto, o resultado positivo monetário, embora seja o fator mais importante para definir o sucesso de um projeto, não é a única vantagem ou benefício que pode ser verificado. Com a introdução da digitalização do processo de investigação, conseguiu-se uma maior transparência no mesmo, atendendo à introdução e mensuração de novos KPIs sem oportunidade de deturpação dos resultados. Isto possibilita uma maior recolha de dados e diferentes análises aos mesmos, melhorando a qualidade das investigações e a eficácia das estratégias definidas. Adicionalmente, permite realizar uma melhor priorização do trabalho, sem distrações na forma de operações repetitivas de inserção ou realização de *reports*. Por fim, é possível realizar todo este trabalho de uma forma mais célere devido à rapidez na acessibilidade e análise das informações, podendo fazer mudanças eficazes em tempo real e melhorando a adaptabilidade dos QEs aos novos problemas que possam ser originados na fábrica.

Refletindo no contexto empresarial em que esta dissertação foi realizada, estas iniciativas de digitalização são cada vez mais necessárias. Uma empresa com uma grande dimensão, uma panóplia imensa de produtos e grandes quantidades de produtos vendidas produz, diariamente, ema enorme quantidade de dados. O correto uso destes dados potencia a obtenção de informação valiosa que ajuda a combater os problemas do dia a dia e a tomar melhores decisões o que resulta numa melhoria substancial das métricas da fábrica e num processo mais célere para obter os objetivos propostos.

No entanto, esta digitalização só é possível ser realizada caso se superem alguns dos desafios que o crescimento rápido de uma empresa já bastante experiente no seu mercado traz. Estes desafios serão aprofundados nos próximos parágrafos e são: a cultura, mentalidade e forma de trabalhar da empresa; a estrutura organizacional e o seu talento; a estrutura da informação e os seus fluxos; e, por fim, o investimento em tecnologia.

Primeiramente e abordando o tópico, se calhar mais importante dos mencionados acima, sem este os outros não conseguirão ser ultrapassados. A cultura e mentalidade da empresa são extremamente importantes, não só porque ditam a forma como toda a empresa acaba por realizar o seu trabalho, mas como demonstra os valores e ações necessárias para que uma pessoa possa pertencer com sucesso à organização. Sem uma cultura que priorize a transparência, um poder de decisão focado em informação

real e não opiniões e que aceite e abarca a tecnologia como o caminho para o futuro, não será possível digitalizar os seus processos com sucesso.

Relativamente à estrutura organizacional, esta tem sofrido imensas mudanças com o avançar dos anos e muito por causa da introdução das tecnologias na forma como as equipas trabalham. Atualmente, e cada vez mais com uma maior importância, as estruturas organizacionais devem ser revistas para se conseguirem adaptar às novas maneiras de trabalhar e produzir valor para os clientes. A adoção de equipas de gestão de projetos e equipas focadas em análises de dados e das estatísticas da empresa deve ser algo a ser considerado a todo o momento por parte das organizações. Ao mesmo tempo, é importante uma redefinição dos processos de recrutamento das empresas para que possam arrecadar o melhor talento do mercado que cada vez é mais escasso pois a procura é imensa.

Como abordado anteriormente, estas empresas de grande dimensão acabam por produzir imenso dados e conteúdo digital. Um dos primeiros passos e dos mais demorados, antes de fazer qualquer análise a estes dados, são tratá-los. Este processo acaba por ser demasiado moroso e esta lentidão exponencia quanto menos for estruturada a forma como se encontram os dados produzidos pela organização. Estas estruturas de informação e os seus fluxos devem ser pensados para que possam ser facilmente adaptáveis e integradas às novas tecnologias emergentes no mercado.

Por fim, e não menos importante, devem ser feitos investimentos não só nas tecnologias a implementar na fábrica, bem como nas pessoas que acabam por lidar e desenvolver essas tecnologias. Isto só pode ser possível com uma cultura que corrobore este pensamento.

Apresentados os principais desafios encontrados ao longo desta dissertação, é possível verificar que o caminho para o sucesso da implementação tecnológica na empresa é um caminho longo, árduo e com muito espaço para falhar. Por isso mesmo é que são poucas as empresas com imenso sucesso no mercado e também é por isso que continuam a ser as melhores naquilo que fazem.

7.2 Trabalho futuro

Neste subcapítulo será descrito todo o trabalho que deve ou pode ser realizado após o término do projeto e da dissertação na empresa.

Primeiramente, e algo que já tem vindo a ser referido durante o projeto, devem ser finalizadas todas as propostas de melhoria sugeridas. Só assim se pode considerar um projeto com sucesso. É importante referir que todas estas propostas têm agregado um plano de ação e responsáveis para garantir a sua implementação da melhor forma.

Adicionalmente, e referindo mais especificamente do desenvolvimento do QIID, após a sua implementação deve ser feita uma quantificação e mensuração de todos os benefícios que a ferramenta apresenta e que não podem ser medidos nesta fase de desenvolvimento (melhoria da qualidade das investigações, redução do número de defeitos da fábrica, etc.). Outro aspeto ainda não abordado nesta dissertação e é algo a ser pensado no futuro é a integração do processo de investigação a reclamações de cliente na ferramenta. Esta integração tem uma razão subjacente: os responsáveis por tratar das reclamações de cliente e defeitos internos são os mesmos; podem existir relações entre defeitos internos e defeitos externos, o que leva a concluir que investigações internas podem influenciar ou ajudar a esclarecer pontos das investigações externas e vice-versa; a estrutura de resolução de problemas é bastante similar em ambos os processos; a integração levaria a uma centralização de todos os processos de investigação para a qualidade da fábrica.

Abordando o trabalho feito para a redução de defeitos com componentes danificados, deve continuar-se a seguir a estratégia definida no capítulo 4.3.1. Portanto, avançar para a investigação dos componentes mais críticos, de forma a reduzir, de uma forma impactante, o número de defeitos com componentes danificados. Algo que foi notado ao longo do projeto foi a eficácia de ações de melhoria implementadas noutros componentes que não estiveram em foco. Assim, continuando com esta estratégia, certamente a redução do número de defeitos acontecerá da melhor forma. Finalmente, este projeto deve ser apresentando a todos os QEs para que se comuniquem as boas práticas e as lições aprendidas. Tal como foi feito um benchmark de outros produtos e linhas de produção para este projeto, inspirando certas soluções apresentadas, deve-se, agora, fazer o mesmo tipo de projeto noutros produtos críticos e que necessitem de mudanças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, *17*(1), 5–18. https://doi.org/10.1108/09544780510573020

ASQ. (2004). *Glossary and Tables fo Statistical QUality Control* (4th ed.).

Barney, M. (2002). Motorola ' s Second Generation. *Six Sigma Forum Magazine*.

Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: Standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*, *8*(2), 110–117. https://doi.org/10.1108/09576069710165792

Best, M., & Neuhauser, D. (2005). W Edwards Deming: Father of quality management, patient and composer. In *Quality and Safety in Health Care*. https://doi.org/10.1136/qshc.2005.015289

Bhuiyan, N., & Baghel, A. (2005). An overview of continuous improvement: From the past to the present. *Management Decision*, *43*(5), 761–771. https://doi.org/10.1108/00251740510597761

Botezatu, C., Condrea, I., Oroian, B., Hriţuc, A., Eţcu, M., & Slătineanu, L. (2019). Use of the Ishikawa diagram in the investigation of some industrial processes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. https://doi.org/10.1088/1757-899X/682/1/012012

Brady, J. E., & Allen, T. T. (2006). Six Sigma literature: A review and agenda for future research. In *Quality and Reliability Engineering International*. https://doi.org/10.1002/qre.769

Brunet, A. P., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: An empirical study. *International Journal of Operations and Production Management*, *23*(11–12), 1426–1446. https://doi.org/10.1108/01443570310506704

Cohen, R. I. (2018). Lean Methodology in Health Care. *Chest*, *154*(6), 1448–1454. https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.06.005

Dahlgaard, J. J., & Dahlgaard-Park, S. M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *TQM Magazine*, *18*(3), 263–281. https://doi.org/10.1108/09544780610659998

Dave, D. K., Murugesh, R., & Devadasan, S. R. (2015). Origin, principles and applications of Lean Six Sigma concept: Extractions from literature arena. *International Journal of Services and Operations Management*, *22*(2), 123–142. https://doi.org/10.1504/IJSOM.2015.071526

De Koning, H., & De Mast, J. (2006). A rational reconstruction of Six-Sigma's breakthrough cookbook. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *23*(7), 766–787. https://doi.org/10.1108/02656710610701044

De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, *139*(2), 604–614. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.035

Dennis, P. (2015). *Lean Production Simplified. A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System* (3rd ed.). CRC Press, Taylor & Francis Group.

Douglas, J. A., Antony, J., & Douglas, A. (2015). Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking. *International Journal of Quality and Reliability Management*. https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2014-0160

Fayol, H. (1949). *General and industrial management* (18th ed.). London: Pitman.

Godfrey, A. B., & Kenett, R. S. (2007). Joseph M. Juran, a perspective on past contributions and future impact. *Quality and Reliability Engineering International*, *23*(6), 653–663. https://doi.org/10.1002/qre.861

Gunter, B. (1987). Perspective on the Taguchi Methods. *Quality Assurance London*, *13*(3), 81–87.

Habidin, N. F., & Yusof, S. M. (2013). Critical success factors of lean six sigma for the malaysian automotive industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, *4*(1), 60–82. https://doi.org/10.1108/20401461311310526

Harry, M. J. (1998). Six sigma: A breakthrough strategy for profitability. *Quality Progress*, *31*(5), 60–64.

Hasan, M., & Chiu, M. (2016). The history and development of six sigma quality management. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, *8-10 March*, 1780–1790.

Henderson, K. M., & Evans, J. R. (2000). Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. In *Benchmarking: An International Journal* (Vol. 7, Issue 4). https://doi.org/10.1108/14635770010378909

Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, *25*(2), 420–437. https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001

Ishikawa, K. (1986). *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's quality handbook*. New York: McGraw-Hill.

Juran, Joseph M. (1964). *Managerial Breakthrough*. New York: McGraw-Hill.

KANO, N., SERAKU, N., TAKAHASHI, F., & TSUJI, S. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. *Journal of The Japanese Society for Quality Control*. https://doi.org/10.20684/quality.14.2_147

Kaynak, H. (2003). The relationship between total quality management practices and their effects on firm performance. *Journal of Operations Management*, *21*(4), 405–435. https://doi.org/10.1016/S0272-6963(03)00004-4

Kotter, J. P. (2008). *A sense of urgency*. Harvard Business Press.

Krafcik, J. F. (1988). Triumph Of The Lean Production System. *Sloan Management Review*.

Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, *20*(2), 5–20. https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002

Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*. https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6

Matsuo, M., & Nakahara, J. (2013). The effects of the PDCA cycle and OJT on workplace learning. *International Journal of Human Resource Management*, *24*(1), 195–207. https://doi.org/10.1080/09585192.2012.674961

McAdam, R., & Lafferty, B. (2004). A multilevel case study critique of six sigma: Statistical control or strategic change? *International Journal of Operations and Production Management*, *24*(5–6), 530–549. https://doi.org/10.1108/01443570410532579

McNamara, D. E. (2009). From Fayols Mechanistic To Todays Organic Functions Of Management. *American Journal of Business Education (AJBE)*. https://doi.org/10.19030/ajbe.v2i1.4023

Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, Portland.

Oxford English Dictionary. (2017). *Oxford English Dictionary Online*. Oxford English Dictionary.

Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *27*(2), 138–155. https://doi.org/10.1108/02656711011014276

Powell, T. C. (1995). Total quality management as competitive advantage: A review and empirical study. *Strategic Management Journal*. https://doi.org/10.1002/smj.4250160105

Rodrigues, C. A. (2001). Fayol's 14 principles of management then and now: A framework for managing today's organizations effectively. *Management Decision*. https://doi.org/10.1108/EUM0000000006527

Samson, D., & Terziovski, M. (1999). Relationship between total quality management practices and operational performance. *Journal of Operations Management*, *17*(4), 393–409. https://doi.org/10.1016/S0272-6963(98)00046-1

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). *Research Methods for Students* (Seventh). Pearson

Education Limited.
Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, *26*(4), 536–554. https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.06.007
Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, *25*(4), 785–805. https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019
Shewhart, W. A. (1931). *The Economic Control of Quality of Manufactured Product*. New York: Van Nostrand.
Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, *1*(1), 9–29. https://doi.org/10.1108/20401461011033130
Staats, B. R., Brunner, D. J., & Upton, D. M. (2011). Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider. *Journal of Operations Management*, *29*(5), 376–390. https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.11.005
Suárez-Barraza, M. F., & Ramis-Pujol, J. (2010). Implementation of Lean-Kaizen in the human resource service process: A case study in a Mexican public service organisation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *21*(3), 388–410. https://doi.org/10.1108/17410381011024359
Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*. https://doi.org/10.2307/2392581
Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. New York: Harper & Brothers.
Tejaningrum, A. (2019). Implementation the Trilogy Juran in SMEs Business Case Study in Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *506*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/506/1/012031
Watson, G. H. (2017). *The Fundamentals of Quality - Route to market: a course book for quality champions*. International Trade Center.
Womack, J., & Jones, D. (1996). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard Business Review*.
Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world : based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile. In *New York: Rawson Associates*.

APÊNDICE 1 – *QUALITY INVESTIGATION FOR INTERNAL DEFECTS* (QIID)

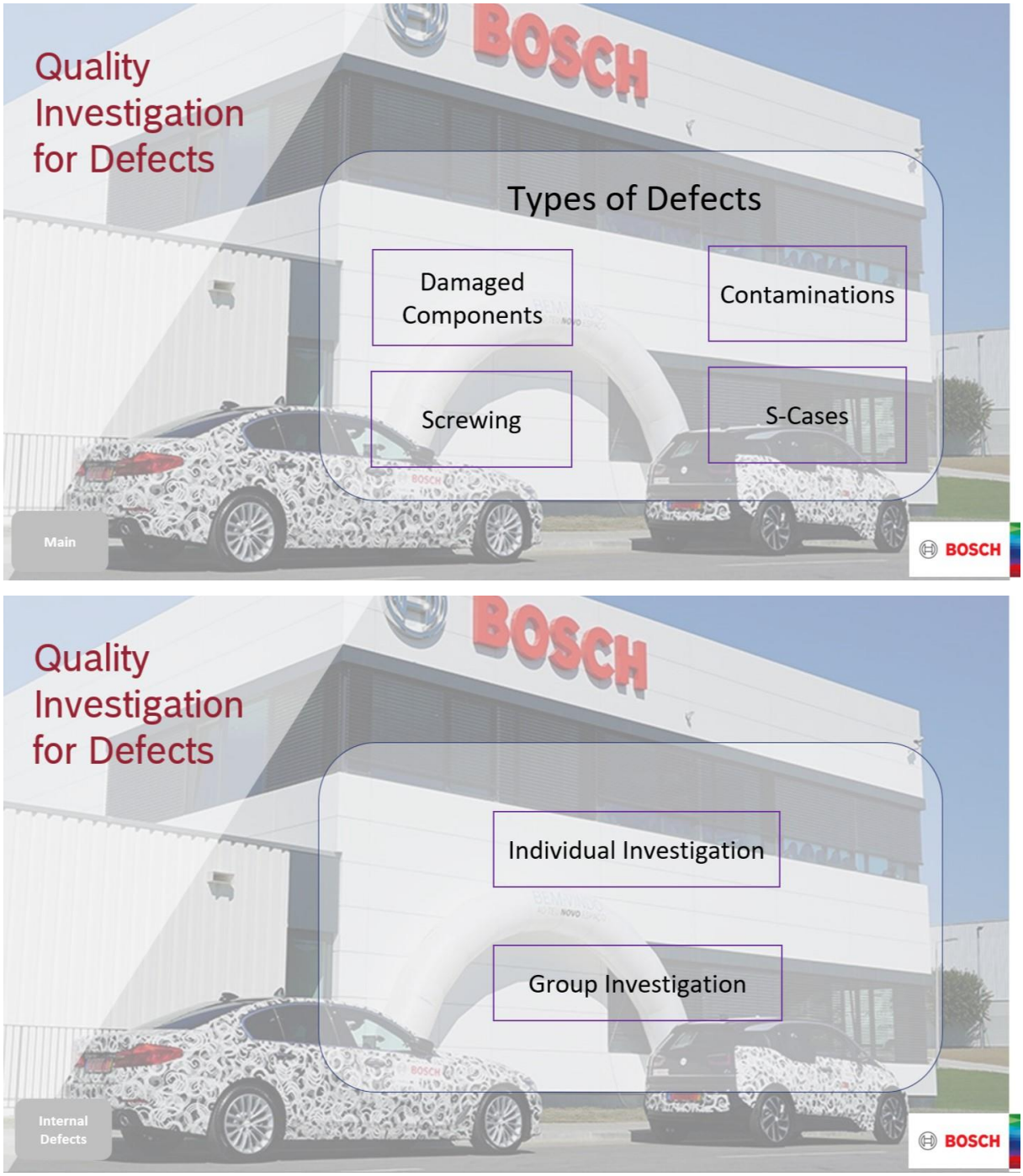


Figura 38 - Visão inicial da aplicação WEB

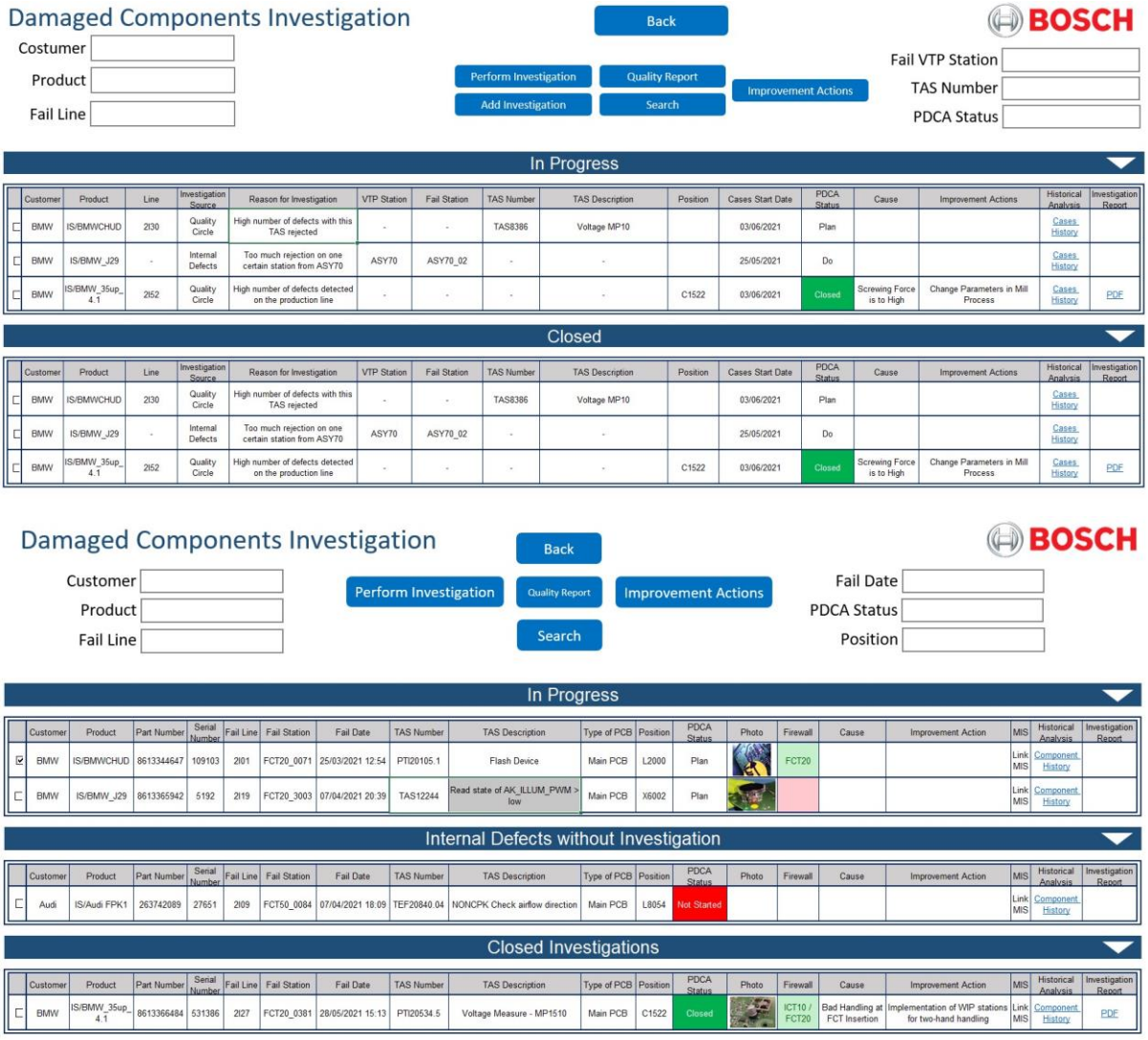


Figura 39 - Visão geral das investigações em progresso, realizadas e por realizar

Historical Analysis

Damaged Components Investigation

BOSCH

Client	Product	Part Number	Serial Number	Fail Line	Fail Date	Position	AIPU	AIPU_ Data	AIPU_ P-	AIPL	AIPL_ Data	AIPL_ P- Errors	X-Ray	X-Ray_ Da	X-Ray_ P-	Mill	Mill_Data	AOI12	AOI12_ Data	AOI12_ P-Errors	ICT10	ICT10_Data	ICT10_Errors	FCT20	FCT20_Data	FCT20_Error s
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	17358	2148	26/08/2020	C1522	L33/L33_13_1B	26/08/2020	-	L12/L12 _13_IT	######	-	-	-	-	MOEVMOEL50_50	######	-	-	-	MOEVICT_0400	26/08/2020	Good	2148/FCT20_0411	26/08/2020	Good
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	42806	2152	27/08/2020	C1522	L22/L22_13_1B	27/08/2020	-	L27/L27 _13_IT	######	X02500-1 X02500-1	-	-	-	MOEVMIL10_0021	######	-	-	-	MOEVICT_0247	27/08/2020	Good	-	-	-
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	366317	35822	1P11	24/08/2020	C1522	L22/L22_13_1B	24/08/2020	-	L27/L27 _13_IT	######	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MOEVICT_0247 MOEVICT_0243	25/08/20 03:46 25/08/20 05:48	Good Bad	-	-	-
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	48041	2152	29/08/2020	C1522	L22/L22_13_1B	29/08/2020	-	L27/L27 _13_IT	######	-	-	-	-	MOEVMIL10_0021	######	-	-	-	MOEVICT_0248	29/08/2020	Good	2152/FCT20_0432	30/08/2020	Bad
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	365754	102938	1P11	18/02/2020	C1522	L33/L33_13_1B	18/02/2020	-	L12/L12 _13_IT	######	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MOEVICT_0400 MOEVICT_0247	18/02/2020 20:52:00 19/02/20 01:14	Bad Bad	-	-	-
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	171357	2152	30/01/2020	C1522	L22/L22_13_1B	30/01/2020	-	L27/L27 _13_IT	######	-	-	-	-	MOEVMIL10_0021	######	-	-	-	MOEVICT_0247 MOEVICT_0247	30/01/2020 18:34:00 30/01/20 18:43	Good Good	2152/FCT20_0432	03/02/2020	Good
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	177374	2127	03/02/2020	C1522	L22/L22_13_1B	03/02/2020	-	L27/L27 _13_IT	######	-	-	-	-	MOEVMOEL50_48	######	-	-	-	MOEVICT_0246	04/02/2020	Good	2127/FCT20_0381 2127/FCT20_0381 2127/FCT20_0381	04/02/2020 18:14:00 04/02/20 18:22	Bad Bad Good
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	365867	136742	1P11	06/01/2020	C1522	L22/L22_13_1B	06/01/2020	-	L27/L27 _13_IT	######	D07500-1	-	-	-	-	-	-	-	-	MOEVICT_0243 MOEVICT_0243	06/01/2020 18:12:00 06/01/20 18:12	Good Bad	-	-	-
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	366246	36871	1P11	29/06/2020	C1522	L33/L33_13_1B	29/06/2020	-	L12/L12 _13_IT	######	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MOEVICT_0248	01/07/2020	Bad	-	-	-
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	81161	2152	16/07/2020	C1522	L22/L22_13_1B	16/07/2020	D01300-1 R01222-1	L27/L27 _13_IT	######	-	-	-	-	MOEVMOEL50_43	######	-	-	-	MOEVICT_0247	16/07/2020	Good	2152/FCT20_0432	21/07/2020	Good
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	93420	2152	23/07/2020	C1522	L22/L22_13_1B	23/07/2020	D01300-1	L27/L27 _13_IT	######	-	-	-	-	MOEVMIL10_0021	######	-	-	-	MOEVICT_0248	23/07/2020	Good	2152/FCT20_0431	24/07/2020	Bad
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	2742	2152	25/05/2020	C1522	L22/L22_13_1B	25/05/2020	-	L27/L27 _13_IT	######	-	-	-	-	MOEVMOEL50_48	######	-	-	-	MOEVICT_0247	25/05/2020	Good	2152/FCT20_0431	26/05/2020	Bad
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	228430	2127	19/02/2021	C1522	L33/L33_13_1B	19/02/2021	-	L12/L12 _13_IT	######	D01000-1 V02304-1	-	-	-	MILL/MILL_50_43	######	-	-	-	MOEVICT_0400	19/02/2021	Good	2127/FCT20_0381	22/02/2021	Bad
BMW	IS/BMW_35xp _4.1	8,61E+09	277173	2152	09/03/2021	C1522	L22/L22_13_1B	09/03/2021	-	L27/L27 _13_IT	######	-	-	-	-	MOEVMIL10_0021	######	-	-	-	MOEVICT_0243	09/03/2021	Good	2152/FCT20_0431 2152/FCT20_0431	09/03/2021 16:12:00 09/03/21 16:53 09/03/21 17:02	Bad Bad Bad

Figura 40 - Visão do histórico de defeitos pertencentes a uma investigação em específico

Investigation Form

BOSCH

Author			
Name	José Rui Cruz	Email	JoseRui.Cruz@pt.bosch.com
Department	QMM6		

Co-Author			
Name		Email	
Department			

Device Data			
Customer	BMW	Product	BMW 4.1 35Up
Part Number	8613366484	Serial Number	531386
Fail Line ID	2I27	Fail Date	28/05/2021 15:13
Internal Defects	42	External Defects	2
Defect Cost	23,00 €		

Picasso

Insert Photo OK | Insert Photo NOK

PLAN	Investigation Folder		
Phase I			
Question 1	Yes:	No:	NA:
Question 2			
Question 3	Yes:	No:	NA:
Question 4	Yes:	No:	NA:
Phase II			
Question 1	Yes:	No:	NA:
Question 2	Yes:	No:	NA:
Question 3			
Question 4			
Phase III			
Question 1	Yes:	No:	NA:
Question 2	Yes:	No:	NA:
Question 3	Yes:	No:	NA:
Question 4	Yes:	No:	NA:

Analysis Comments

Tools

Ishikawa Diagram | Investigation Support Activities | 5 Why Analysis

Cause	"Ishikawa's Ms"	

DO

Investigation Folder

Improvement Action(s)	Action Type	Owner	Status				
			Progress	Photo		Due Date	Completion Date
1. Change needles bed from FCT20	Occurrence	Name(MFE3)	Not on track	Before	After	15/06/2021	
2. Define a standard for PCB transportation	Occurrence	QE	In progress	Before	After	03/09/2021	
3. Change height from workstation	Detection	QE	Implemented	Before	After	15/06/2021	14/06/2021

CHECK

Investigation Folder

Improvement Action(s)	Owner	Success Factor	Result
1. Change needles bed from FCT20	Name(MFE3)	Number of damaged componentes reduced by 60% in two months	Successful
2. Define a standard for PCB transportation	QE	Number of damaged L8054 reduced by 100% in two months	Not Successful
3. Change height from workstation	QE	Number of damaged L8054 reduced by 100% in two months	Not Successfull

Investigation/Improvement Follow-Up





ACT

Investigation Folder

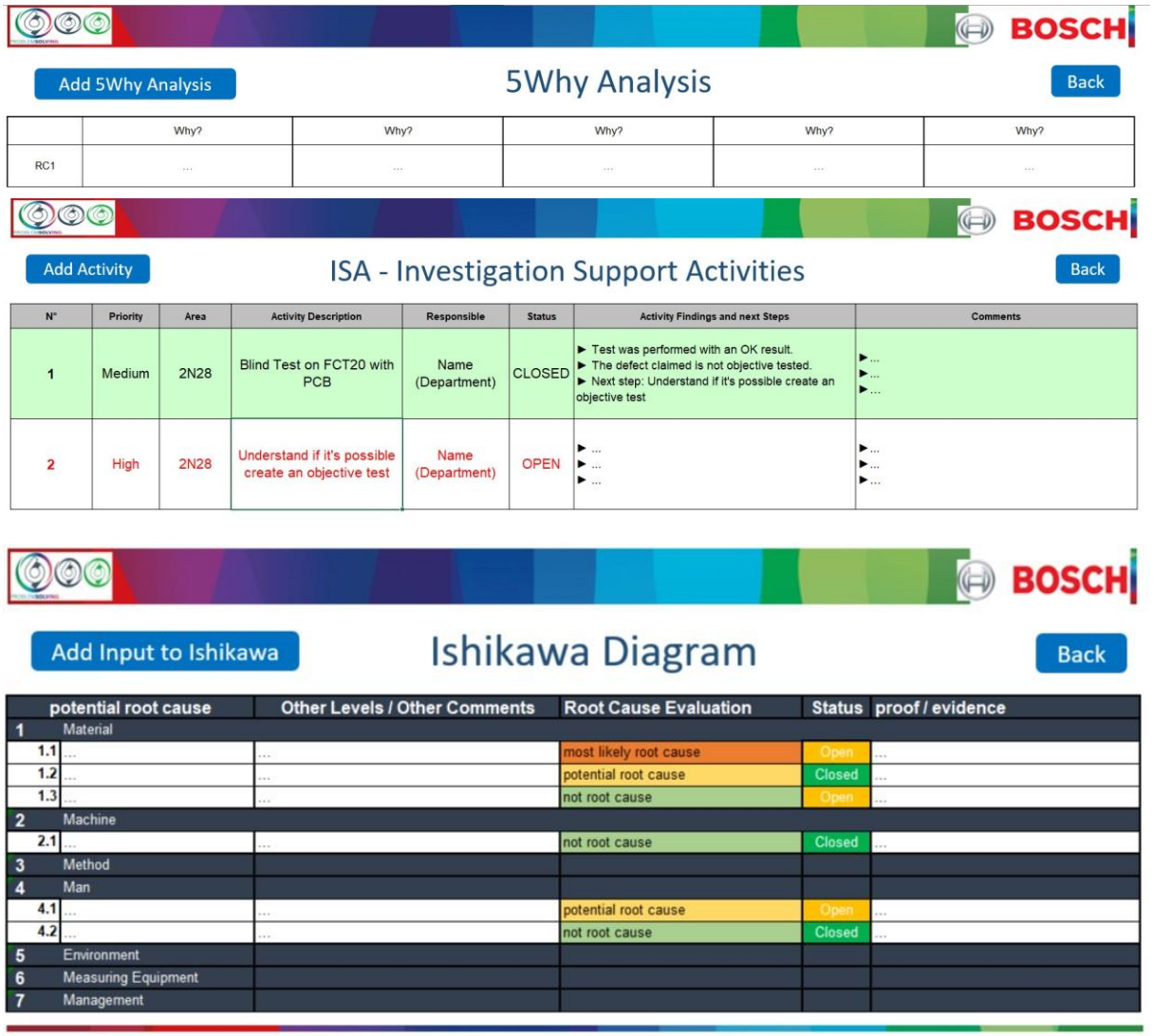
Standardization

Question 1	Yes:	No:	NA:
Question 2			

Yokoten

Question 1	Yes:	No:	NA:
Question 2			

Figura 41 - Formulário para a realização da investigação



Add 5Why Analysis

5Why Analysis

Back

	Why?	Why?	Why?	Why?	Why?
RC1	...	...	...	...	...

Add Activity

ISA - Investigation Support Activities

Back

N°	Priority	Area	Activity Description	Responsible	Status	Activity Findings and next Steps	Comments
1	Medium	2N28	Blind Test on FCT20 with PCB	Name (Department)	CLOSED	► Test was performed with an OK result. ► The defect claimed is not objective tested. ► Next step: Understand if it's possible create an objective test	►... ►... ►...
2	High	2N28	Understand if it's possible create an objective test	Name (Department)	OPEN	► ... ► ... ► ...	►... ►... ►...

Add Input to Ishikawa

Ishikawa Diagram

Back

	potential root cause	Other Levels / Other Comments	Root Cause Evaluation	Status	proof / evidence
1	Material				
1.1	...	...	most likely root cause	Open	...
1.2	...	...	potential root cause	Closed	...
1.3	...	...	not root cause	Open	...
2	Machine				
2.1	...	...	not root cause	Closed	...
3	Method				
4	Man				
4.1	...	...	potential root cause	Open	...
4.2	...	...	not root cause	Closed	...
5	Environment				
6	Measuring Equipment				
7	Management				

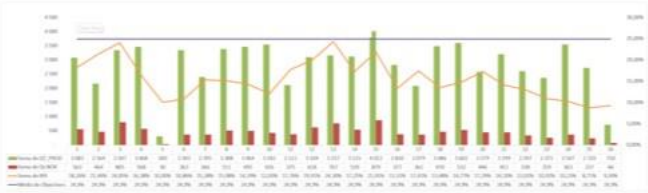
Figura 42 - Ferramentas de suporte à investigação

APÊNDICE 2 – QIID *QUALITY REPORTS*

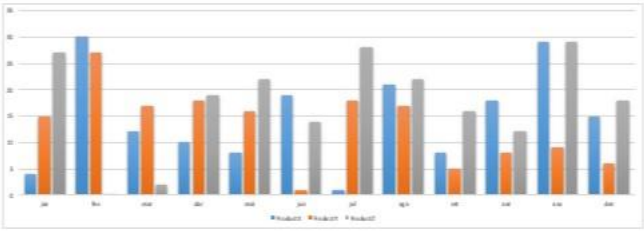
General View

BOSCH

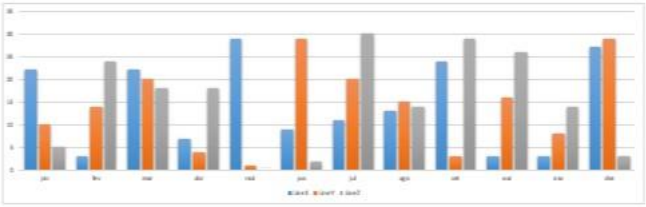
IRR



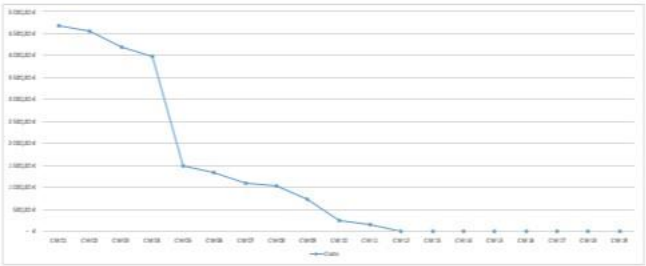
IRR Per Product



IRR Per Line



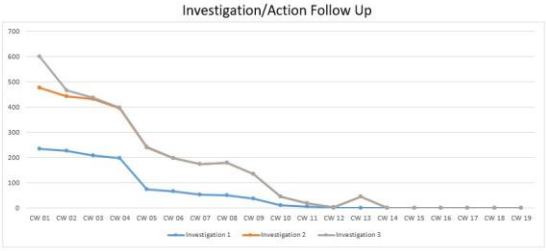
Internal Defects Costs



Investigation/Action Tracking

BOSCH

Investigation/Action Follow Up



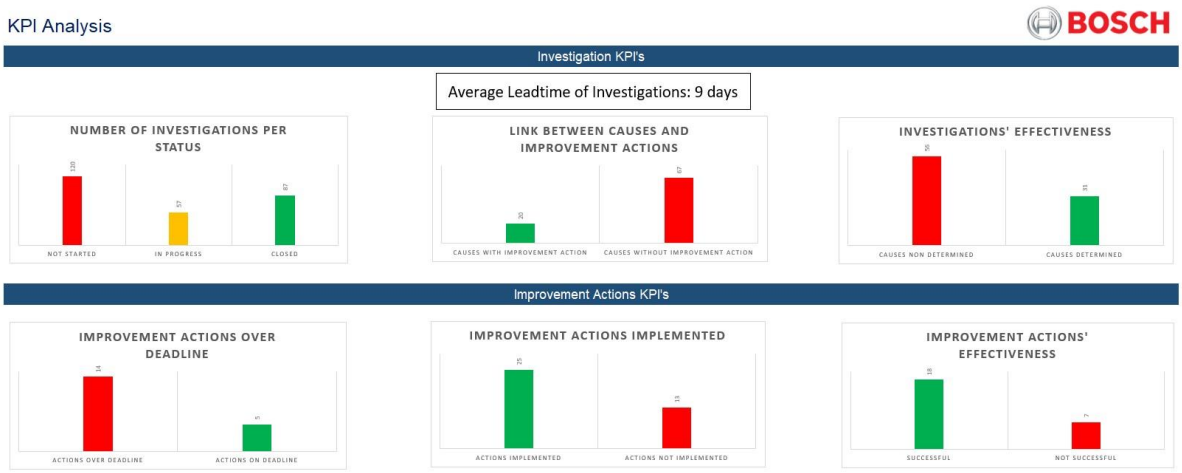
Investigation Data | Defects Data

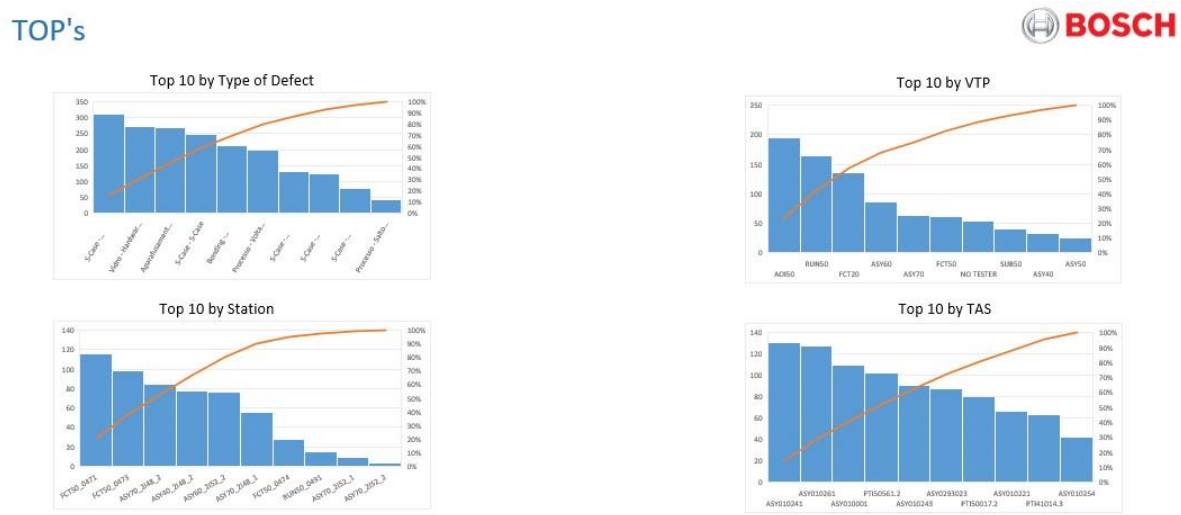
Individual Investigations

	Type of defect	Cluster	Product	Part Number	Serial Number	Investigation Status	Firewall	Activities	Status	Responsible	Date	Weekly IRR
☐	0km	Damaged Components	BMW 4.1	862573258	1728203	06	FCT20	Change needles bed from FCT20	Not on Track	Name(MFE3)	15/06/2021	12,52%
								Define a standard for PCB transportation	In Progress	Name(QMM83)	03/09/2021	
								Change height from workstation	Implemented	Name(QMM83)	15/06/2021	
☐	Internal	Screwing	BMW 4.1	838276193	3298732	06		Tool optimization 4 (Cav.7 & 8) and optimization the others tools	In Progress	Name(QMM83)	23/09/2021	11,02%

Group Investigations

	Cluster	Product	Investigation Source	Reason for Investigation	Investigation Status	Activities	Status	Responsible	Date	IRR
☐	S-Cases	BMW 4.1	Quality Circle	High number of defects with TAS8320 rejected	Check	Improvement on RUN50 test sequence and adjustment of initial test temperature	Implemented	Name(QMM83)	11/04/2021	6,30%
						Improvements on tool 1 of carrier frame	Implemented	Name(QMM83)	21/04/2021	





Repair Details

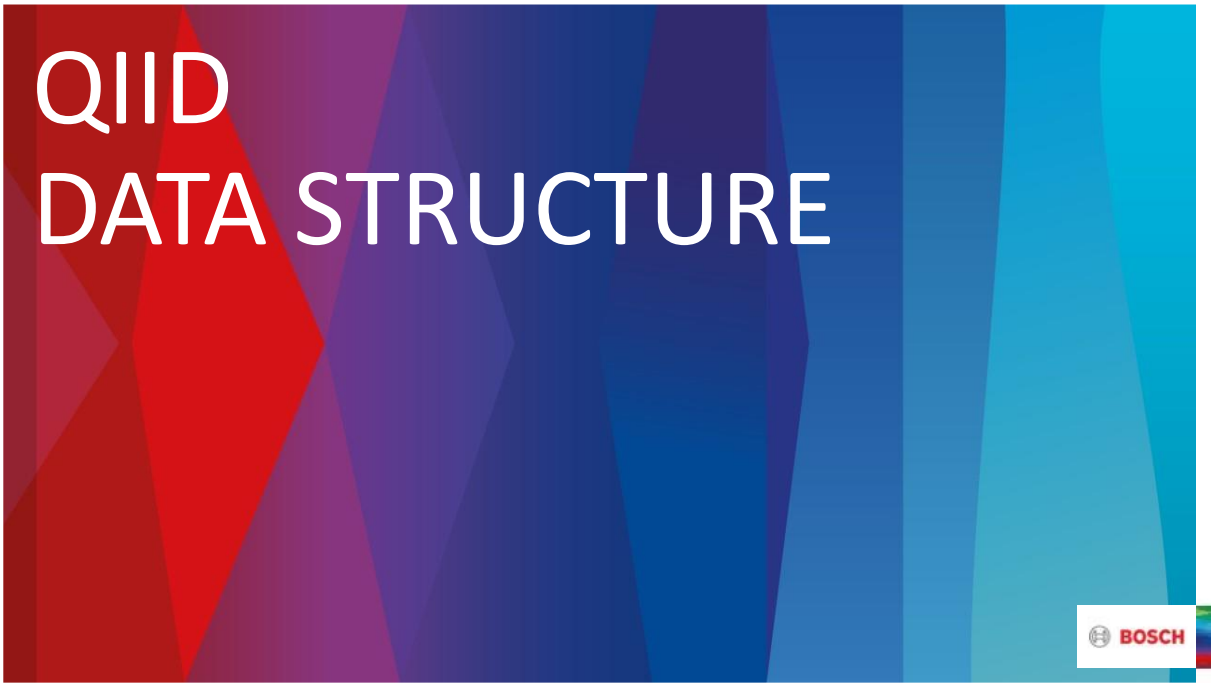
Action_FamaId	Product	Serial	Fail Line ID	Fail VTP Name	Fail Station ID	Misc	Tas_TasNo	Tas_TestTime	Action_FlawClassNam	Action_FlawText	Action_ErrorLocatio	Action_Par	Action_CauseDescription	Action_ActionText
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33888	2152	ASY70	ASY70_2152_2		ASY010213	44381,005	Processo	Voltar a Testar sem Reparar	Processo			Retest
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	28804	2152	FCT50	FCT50_0432		PTI50561.2	44381,008	S-Case	S-Case	17-S-Case		S-Case based on one click	Retest
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	28802	2152	FCT50	FCT50_0432		PTI50561.2	44381,007	S-Case	S-Case	17-S-Case		S-Case based on one click	Retest
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33863	2152	ASY70	ASY70_2152_1		ASY010244	44381,007	Foils FFC	Mal Montado	Foil			Repair part
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33863	2152	ASY70	ASY70_2152_1		ASY010254	44381,012	Foils FFC	Mal Montado	Foil			Repair part
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	3E+06	2152	ASY40	ASY40_2152_2		ASY0233020	44381,012	Aparafusamento	Componente em Falta	Parafuso			Repair part
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33863	2152	ASY70	ASY70_2152_2		ASY010213	44381,015	Processo	Voltar a Testar sem Reparar	Processo			Retest
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	36684	2152	RUN50	RUN50_0431		TEF413938.01	44381,023	Foils FPC	Trocada	Foil			Repair part
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	36644	2152	RWS05	RWS_82		TASV100	44381,031	Vidro	Hardware - Lascado	Vidro		zona f	Exchange part
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	36680	2152	FCT50	FCT50_0432		PTI50561.2	44381,031	S-Case	S-Case	17-S-Case		S-Case based on one click	Retest
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	34422	2152	ASY70	ASY70_2152_2		ASY010213	44381,032	Processo	Voltar a Testar sem Reparar	Processo			Retest
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33860	2152	ASY70	ASY70_2152_2		ASY010213	44381,037	S-Case	S-Case	17-S-Case		S-Case based on one click	Retest

Rejected Test Details

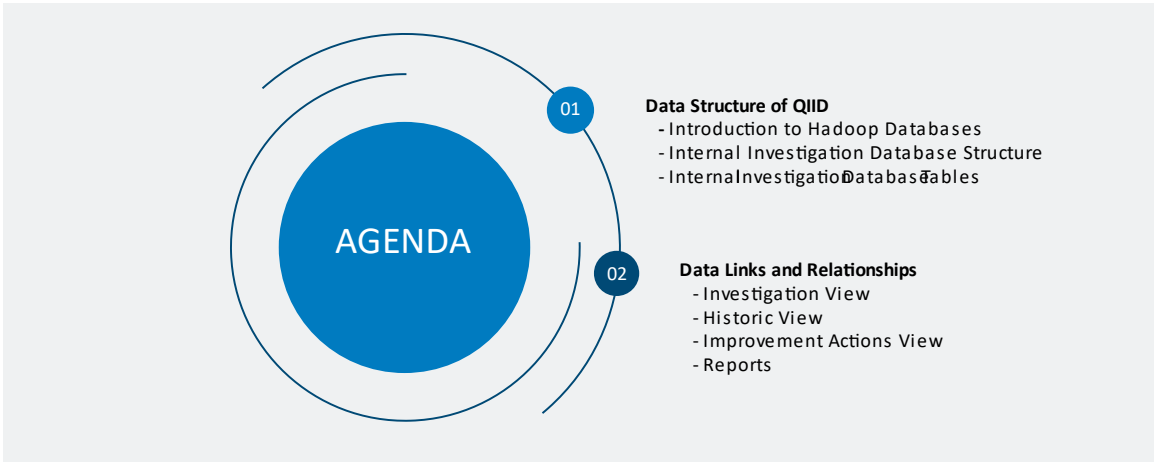
Action_FamaId	Product	Serial	Fail Line ID	Fail VTP Name	Fail Station ID	Misc	Tas_TasNo	Tas_Descript	Tas_Value	Tas_LowerTol	Tas_UpperTol	Tas_Unit	TestTime	Tas_TestTime
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33888	2152	ASY70	ASY70_2152_2		ASY010213	Foil1 D1	2,672	2,68	3,2	mm		44381,00541
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	28804	2152	FCT50	FCT50_0432		PTI50561.2	Check Uniform	37	40	100	%		44381,00755
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	28802	2152	FCT50	FCT50_0432		PTI50561.2	Check Uniform	39	40	100	%		44381,00683
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33863	2152	ASY70	ASY70_2152_1		ASY010244	Foil3 D2	2,732	2,62	2,75	mm		44381,00688
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33863	2152	ASY70	ASY70_2152_1		ASY010254	Foil4 D2	2,837	2,65	2,8	mm		44381,0119
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	3E+06	2152	ASY40	ASY40_2152_2		ASY0233020	Interrupcao m	1		2	-		44381,01234
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33863	2152	ASY70	ASY70_2152_2		ASY010213	Foil1 D1	2,673	2,68	3,2	mm		44381,01483
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	36684	2152	RUN50	RUN50_0431		TEF413938.01	Check the repl	CO			String		44381,02344
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	36644	2152	RWS05	RWS_82		TASV100	Registo visual	Registo visual					44381,03127
IS/BMW_35up_4.	2,64E+08	36680	2152	FCT50	FCT50_0432		PTI50561.2	Check Uniform	38	40	100	%		44381,03133
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	34422	2152	ASY70	ASY70_2152_2		ASY010213	Foil1 D1	2,673	2,68	3,2	mm		44381,03136
IS/BMW_35up_4.	8,61E+09	33860	2152	ASY70	ASY70_2152_2		ASY010213	Foil1 D1	2,677	2,68	3,2	mm		44381,03734

Figura 43 - Potenciais visualizações de reports das investigações

APÊNDICE 3 – ESTRUTURA DE DADOS DO QIID



QIID
Data Structure



Internal | BrgP/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.
BOSCH

01 Data Structure of QIID

Introduction to Hadoop Databases



Repair Details Database

Database created with the purpose to support QIID application and contains all the details of the analysis of rejected units from production line. Additional, it contains generic information from the test that rejected the unit.



Test Details Database

Database previously created to support the needs from several dashboards implemented in Braga Plant. This database presents content related to the tests performed to the units that are produced (good or bad) in the production line.



Quantity Produced Details Database

Database created with the purpose to support QIID application and other dashboards implemented in Braga Plant. This database includes data regarding the number of packed products in PAK50 and PCKG processes in order to provide the quantity produced in the plant.

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Internal Investigation Database Structure

Complex Application Structure

QID application will have several types of defect to address with each splitting in individual and group investigations.



Flexible Data Tables

Every Data Table needs to be flexible to the complex application structure. Whether the investigation relate to a single defector several, the data tables needs to adapt.

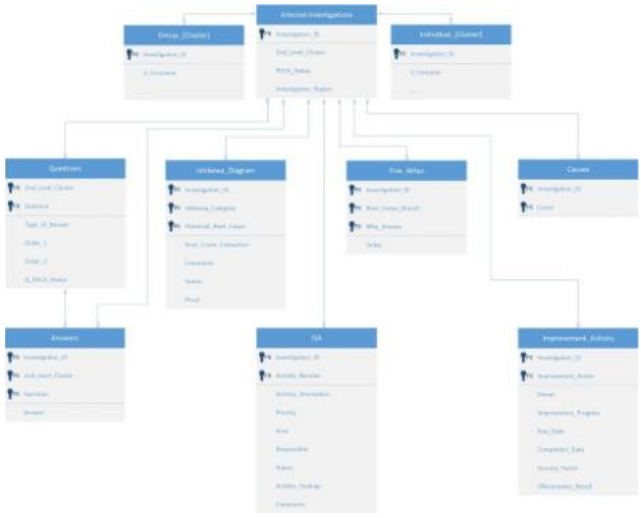


Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Internal Investigation Database Structure– Entity Relationship Diagram



© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Internal Investigation Database Tables



Internal Investigations Table

The data fields, defined in the table below, are intended to facilitate operations between the various databases and accommodate the ID of every investigation created.

Column	Functionality	Insertion
Investigation_ID	Differentiate between the various investigations	Automatic
2nd_Level_Cluster	Identify the type of defect associated with the investigation	Automatic
PDCA_Status	Provide in real time information about the investigation stage	Automatic
InvestigationReport	Provide a report in PDF format about the whole investigation	Automatic

© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Internal Investigation Database Structure



Group Cluster Table

The data fields described in the table below are necessary to identify any type of defect that has group investigation associated.

Column	Functionality	Insertion
G_Customer	Identify customer associated with investigation	Manual
G_Product	Identify product associated with investigation	Manual
Investigation_Source	Identify the source that raised the need for an investigation	Manual
VTP_Station	Identify the VTP Station involved in the investigation	Manual
Station	Identify the specific Station involved in the investigation	Manual
TAS_Number	Identify the number of the test to be targeted for investigation	Manual
TAS_Description	Identify the description of the test to be targeted for investigation	Manual
Investigation_Reason	Describe the reason for the creation of the investigation	Manual
Cases_Start_Date	Indicate when the cases to be investigated started	Manual

⚠ The removal and the addition of fields is a possibility in the development stage and it's dependent of every type of defect

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Internal Investigation Database Structure



Individual Cluster Table

The data fields described in the table below are necessary to identify any type of defect that has individual investigation associated.

Column	Functionality	Insertion
I_Customer	Identify customer associated with investigation	Automatic
I_Product	Identify product associated with investigation	Automatic
Part_Number	Indicate the Part Number of the defect	Automatic
Serial_Number	Indicate the Serial Number of the defect	Automatic
Fail_Date	Indicate when the defect was detected during the production	Automatic
Fail_Line	Identify the production line in which the defect has occured	Automatic
Fail_VTP_Station	Identify the VTP Station in which unit was reject	Automatic
Fail_Station	Identify the specific Station in which unit was reject	Automatic
Fail_TAS_Number	Identify the number of the test rejected during production	Automatic
Fail_TAS_Description	Identify the description of the test rejected during production	Automatic
...		

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Internal Investigation Database Structure



Individual Cluster Table

The data fields described in the table below are necessary to identify any type of defect that has individual investigation associated.

Column	Functionality	Insertion
...		
Type_of_PCB	Indicate which type of PCB was found with the defect	Automatic
Position	Indicate the position of the damaged component	Automatic
Pin Position	Indicate the pin position of the defect	Automatic
Misc	Miscellaneous field that repairers use for additional and useful information	Automatic
Photo	Provide a photo of the defect	Manual
Firewall	Identify the barries for detection of the defect at hand	Manual
MIS_Link	MIS Software link for a quick overview of the traceability of the unit	Automatic

⚠ The removal and the addition of fields is a possibility in the development stage and it is dependent of every type of defect

Internal | Bsgf/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Causes Database Structure



Causes Table

Data fields with all the causes of all type of investigations.

Column	Functionality	Insertion
Investigation_ID	Differentiate between the various investigations	Automatic
Cause	Identify the cause of the investigation	Manual
Ishikawa_M	Categorize the cause into an Ishikawa "M"	Manual

Internal | Bsgf/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Question Database Structure



Questions Table

Data table with the storage of all questions to be asked in the several sets and types of investigation.

Column	Functionality	Insertion
2nd_Level_Cluster	Identify the type of defect associated with the question	NA
Question	Indicate the question to be answered in the investigation	NA
Type_Of_Answer	Indicate which type of answer is required for the question	NA
Order_1	Define the order of questions at a first level	NA
Order_2	Define the order of questions at a second level	NA
Q_PDCA_Status	Indicate in which stage of investigationthe question needs to be answered.	NA

Internal | Bzg/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Question Database Structure



Answers Table

Data table with the answers for all questions of one specific investigation.

Column	Functionality	Insertion
Investigation_ID	Differentiate between the various investigations	Automatic
2nd_Level_Cluster	Identify the type of defect associated with the question	Automatic
Question	Indicate the question to be answered in the investigation	Automatic
Answer	Define the answer to a specific question	Manual

Internal | Bzg/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Improvement Actions Database Structure



Improvement Actions Table

Data fields with all the improvement actions of all type of investigations.

Column	Functionality	Insertion
Investigation_ID	Differentiate between the various investigations	Automatic
Improvement_Action	Identify the improvement action to be implemented	Manual
Owner	Indicate the responsible for a certain improvement action	Manual
Improvement_Progress	Define the progress of the improvement action based on the due and completion date	Automatic
Due_Date	Indicate the predicted date for the implementation of a certain improvement action	Manual
Completion_Date	Indicate the conclusion date for the implementation of a certain improvement action	Manual
Success_Factor	Identify the factor for the effectiveness success of a improvement action	Manual
Effectiveness_Result	Identify the result for the effectiveness success of a improvement action	Manual

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Ishikawa Diagram Database Structure



Ishikawa Diagram Table

Data table with all the potential root causes and its characteristics for an investigation.

Column	Functionality	Insertion
Investigation_ID	Differentiate between the various investigations	Automatic
Ishikawa_Category	Attribute to each potencial root cause na Ishikawa category	Manual
Potencial_Root_Cause	Describe the potencial root cause	Manual
Root_Cause_Evaluation	Evaluate whether it is really a potencial cause or not	Manual
Comments	Describe additional comments that may be needed to be added	Manual
Status	Indicates if the analysis of the potencial root cause is finished or not	Manual
Proof	Describes some evidence to prove the conclusions that may be drawn	Manual

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-07-05
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

01 Data Structure of QIID

Five Whys Database Structure



Five Whys Table

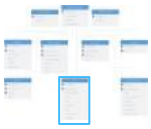
Data table with all the iterations on the 5Why Method to fin the root cause of an investigation

Column	Functionality	Insertion
Investigation_ID	Differentiate between the various investigations	Automatic
Root_Cause_Branch	Indicate to which brand the why input belongs	Manual
Why_Answer	Describe the answer to a certain why that was asked during the whole process	Manual
Order	Position the Why_Answer on a certain sequence	Manual

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.
BOSCH

01 Data Structure of QIID

Investigation Support Activities Database Structure



ISA Table

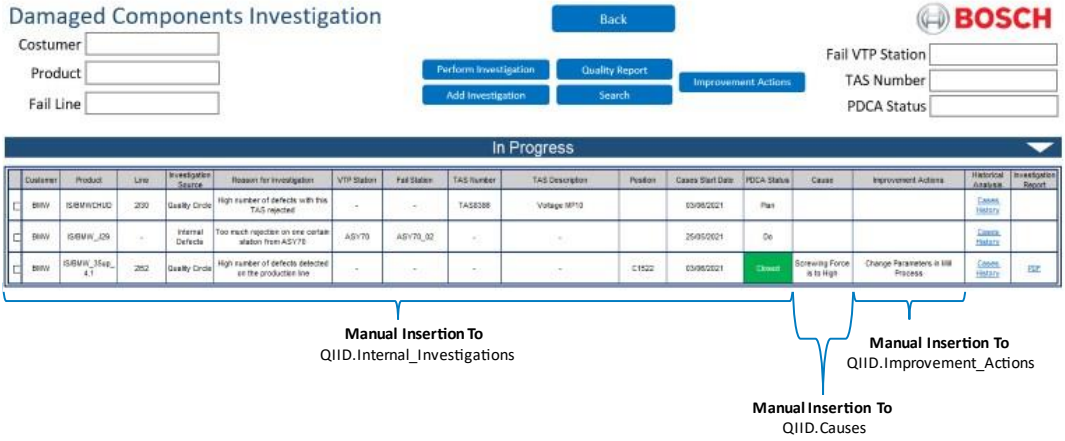
Data table with all the information regarding activities made to pursue the root cause of an problem/investigation.

Column	Functionality	Insertion
Investigation_ID	Differentiate between the various investigations	Automatic
Activity_Number	Differentiate between the various activities on an investigation	Automatic
Activity_Description	Describe the activity to perform	Manual
Priority	Indicate the priority of the activity to the investigation	Manual
Area	Indicate where the activity will be performed	Manual
Responsible	Indicate who is responsible for the activity	Manual
Status	Indicate the progress of completion of an activity	Manual
Activity_Findings	Describe the main conclusions of the activity and next steps	Manual
Comments	Describe additional comments that may be needed to point out	Manual

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.
BOSCH

02 Data Links and Relationships

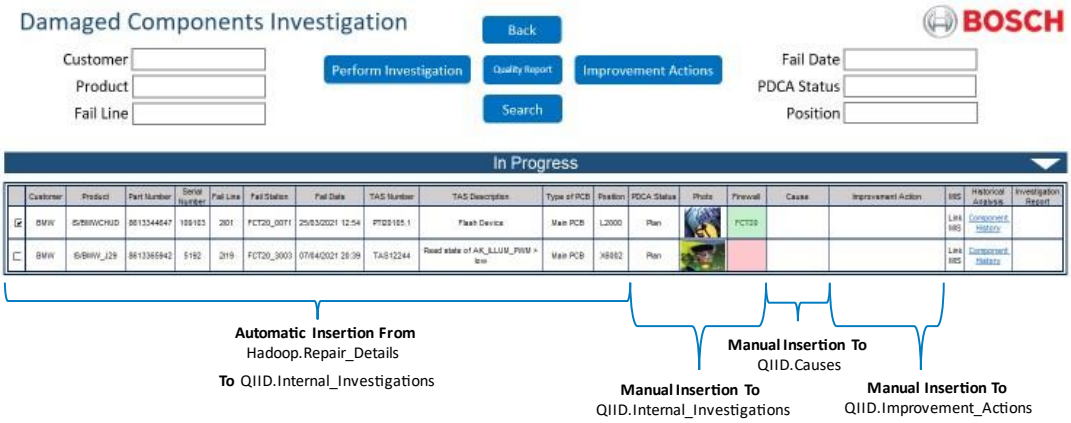
QIID – Group Investigations



Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

02 Data Links and Relationships

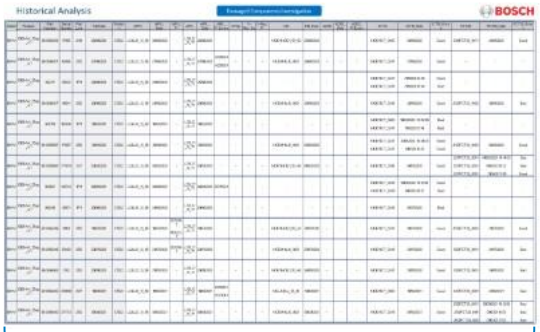
QIID –Individual Investigations



Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

02 Data Links and Relationships

QIID – Historical Data Analysis



Automatic View From Hadoop.Repair_Details & Hadoop.Test_Details



Automatic View From Hadoop.Repair_Details & Hadoop.Test_Details

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

02 Data Links and Relationships

QIID – Investigation Form



Automatic Insertion From Hadoop.Repair_Details & QIID.Individual_[Cluster] OR QIID.Group_[Cluster]

Automatic Insertion From QIID.Questions & **Manual Insertion To** QIID.Answers

Manual Insertion To QIID.Ishikawa_Diagram, QIID.ISA &QIID.Five_Whys

Manual Insertion To QIID.Causes

Manual Insertion To QIID.Improvement_Actions

Automatic Report From Hadoop.Repair_Details

Automatic Insertion From QIID.Questions & **Manual Insertion To** QIID.Answers

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

02 Data Links and Relationships

Reports – General View



Databases Needed for Report

Hadoop.Repair_Details

Haddop.Quantity_Details

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

02 Data Links and Relationships

Reports – Top's



Databases Needed for Report

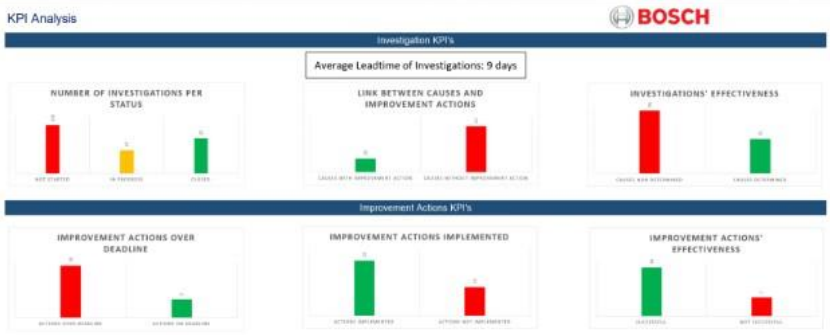
Hadoop.Repair_Details

Internal | BrgP/QMM6 | 2021-0705
© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

02 Data Links and Relationships

Reports – Investigation Analysis



Databases Needed for Report

QIID.Internal_Investigations

QIID.Causes

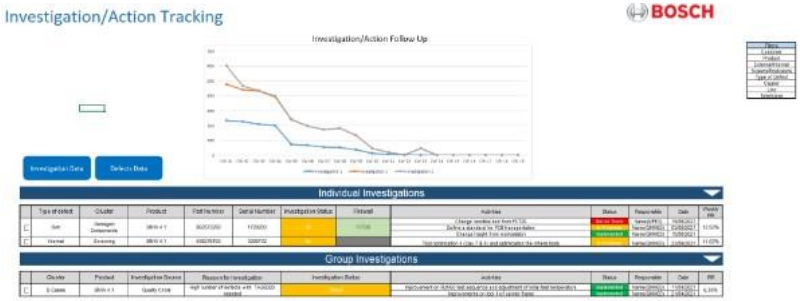
QIID.Improvement_Actions

© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

02 Data Links and Relationships

Reports – Investigation/Action Tracking



Databases Needed for Report

QIID.Internal_Investigations

QIID.Improvement_Actions

Hadoop.Repair_Details

Haddop.Quantity_Details

© Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. 2021. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

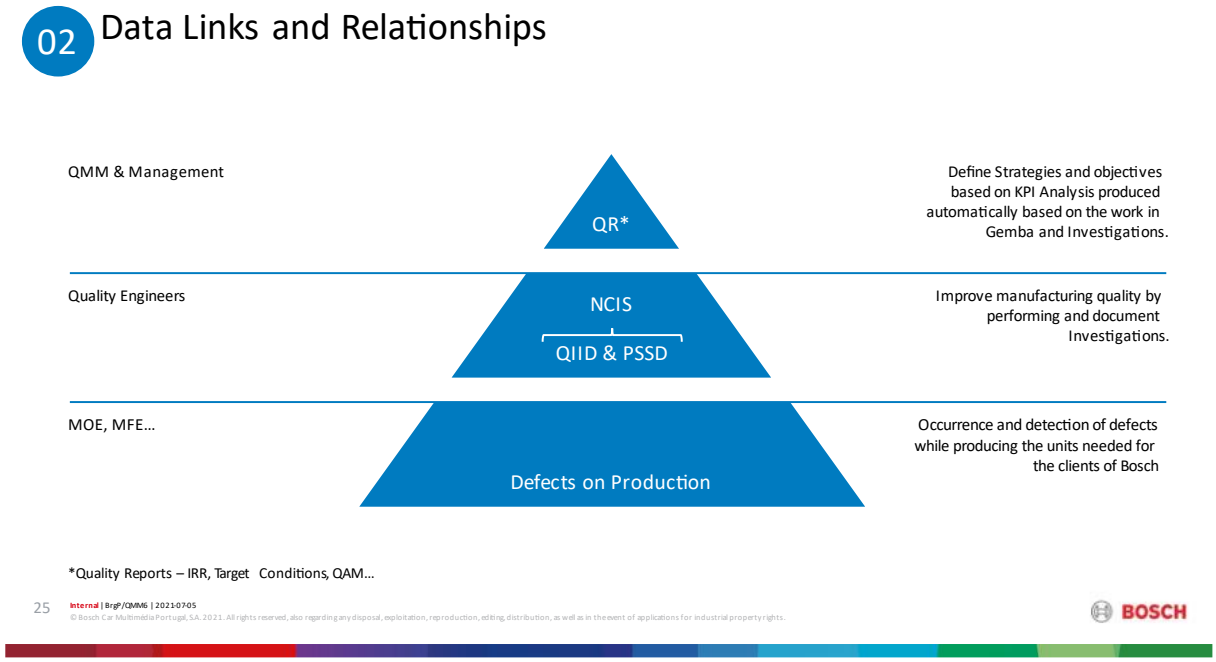


Figura 44 - Informações relativas à estrutura de dados do QIID

APÊNDICE 4 – PLANO DE DESENVOLVIMENTO DO QIID

[QIID] Quality Investigation for Internal Defects - Project Schedule

Project Start Date: 5/31/2021 (segunda-feira) | Display Week: 1
Project Lead: Carlos Lima (QMM-D)

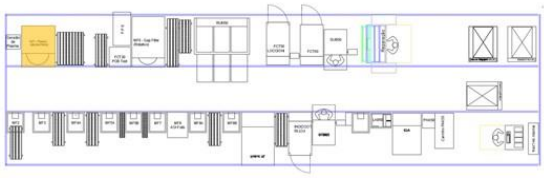
WBS	TASK	LEAD	START	END	DAYS	% DONE	WORK DAYS
1	**QIID Mock-Up**			-			-
1.1	Quality Department Needs Evaluation	QMM-P	seg 5/31/21	dom 6/06/21	7	100%	5
1.2	Project fit on Bosch Roadmap	QMM-P & QMM-D	seg 6/07/21	seg 7/12/21	36	85%	26
1.3	QIID Mock-Up Creation	QMM-P	seg 6/07/21	dom 7/04/21	28	100%	20
1.4	Quality Reports Mock-Up Creation	QMM-P	seg 6/07/21	dom 7/04/21	28	100%	20
1.5	Feedback and changes to Mock-Ups	QMM6, MOE12 & QMM-MQ	seg 7/05/21	dom 7/18/21	14	0%	10
2	**QIID Data Structure**			-			-
2.1	Collection of the necessary information to implement QIID	QMM-P	seg 6/07/21	qui 6/10/21	4	100%	4
2.2	Understand what views from production databases that can be usefull	QMM-P & QMM-D	sex 6/11/21	dom 6/20/21	10	100%	6
2.3	Creation of view for repairs done in the production line	MFD4	seg 6/21/21	dom 9/12/21	84	0%	60
2.4	Creation of view for quantities produced in the production line	MFD4	seg 6/21/21	dom 7/04/21	14	100%	10
2.5	Development of Entities and Relationships Diagram	QMM-P	seg 7/05/21	dom 7/11/21	7	100%	5
2.6	Data Tables generic content definition	QMM-P	seg 7/05/21	dom 7/11/21	7	100%	5
2.7	Definition fo relationships between QIID, Quality Reports and Production Databases Views	QMM-P	seg 7/05/21	dom 7/11/21	7	100%	5
3	**Quality Report Contruction**						
3.1	Creation of "General View" report	QMM-D	seg 9/13/21	dom 9/19/21	7	0%	5
3.2	Creation of "Tops" report	QMM-D	seg 9/20/21	dom 9/26/21	7	0%	5
3.3	Creation of "Problem/Action Tracking" report	QMM-D	seg 9/27/21	seg 9/26/22	365	0%	261
3.4	Creation of "Investigation KPIs" report	QMM-D	seg 9/27/21	seg 9/26/22	365	0%	261
4	**Module 1 - Damaged Components**			-			-
4.1	Definition of what type of defect to implement next	QMM-MQ & MOE12	seg 7/19/21	seg 7/19/21	1	0%	1
4.2	Creation of data fields list to include in Individual_Cluster and Group_Cluster data tables	QMM-MQ & MOE12	ter 7/20/21	dom 7/25/21	6	0%	4
4.3	Definition of content to include in Historic Analysis views from Individual and Group investigations	QMM-MQ & MOE12	seg 7/26/21	dom 8/01/21	7	0%	5
4.4	Creation of questions list to include in the investigation report	QMM-MQ & MOE12	seg 8/02/21	dom 8/08/21	7	0%	5
4.5	Identify connections between production databases and requirement list made by QEs	QMM-D	seg 8/09/21	dom 8/15/21	7		5
4.6	Contruction of new module within QIID	QMM-D	seg 8/16/21	dom 9/12/21	28		20
4.7	Feedback and changes to the module	QMM-D, QMM-MQ & MOE12	seg 9/13/21	dom 9/19/21	7		5
4.8	Formalize implementatoin of the new module	QMM-D, QMM-MQ & MOE12	seg 9/20/21	seg 9/20/21	1		1
5	**Module X - ...**			-			-
5.1	Definition of what type of defect to implement next	QMM-MQ & MOE12		-		0%	-
5.2	Creation of data fields list to include in Individual_Cluster and Group_Cluster data tables	QMM-MQ & MOE12		-		0%	-
5.3	Definition of content to include in Historic Analysis views from Individual and Group investigations	QMM-MQ & MOE12		-		0%	-
5.4	Creation of questions list to include in the investigation report	QMM-MQ & MOE12		-		0%	-
5.5	Identify connections between production databases and requirement list made by QEs	QMM-D		-		0%	-
5.6	Contruction of new module within QIID	QMM-D		-		0%	-
5.7	Feedback and changes to the module	QMM-D, QMM-MQ & MOE12		-		0%	-
5.8	Formalize implementatoin of the new module	QMM-D, QMM-MQ & MOE12		-		0%	-

Figura 45 - Gantt Chart para o desenvolvimento da aplicação WEB

ANEXO 1 – PROCESSO DE MANUFATURA DA MONTAGEM FINAL

BMW Gen 4.1
Assembly Process – WS1

- Plasma treat application on the Cover Glass and Reflectors

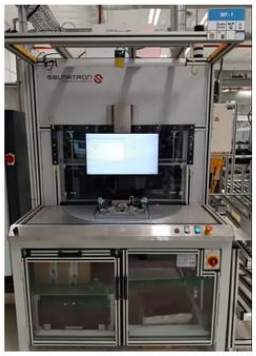




12,.3" Variant



10.25" Variant



Plasma Machine



Jig Cover Glass



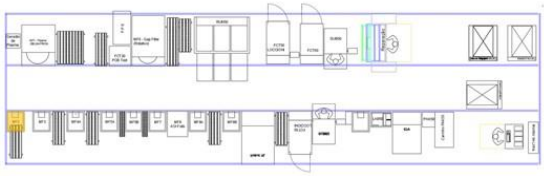
Jig Reflectors

© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

BMW Gen 4.1
Assembly Process – WS2

- Glue Adhesive Tapes on the Cover Glass





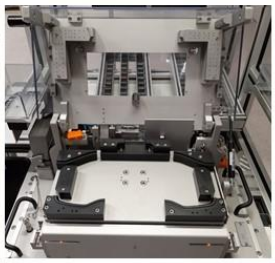
12,.3" Variant



10.25" Variant



ASY Station



Jig Adhesive Tape

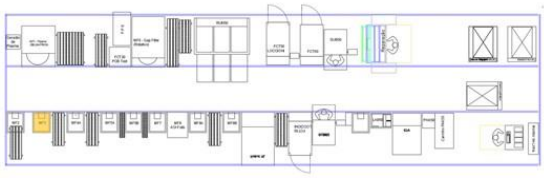
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – WS3

- Glue Reflectors on the Cover Glass





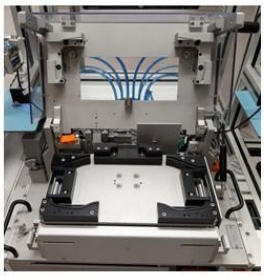
12,.3" Variant



10.25" Variant



ASY Station



Jig Reflectors

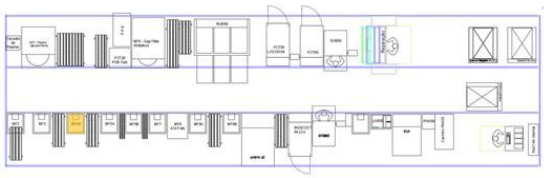
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

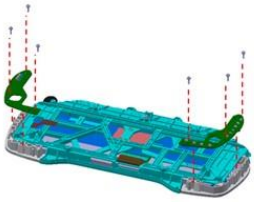
BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – WS4

- Connect Foil to Display
- Assembly of DFE PCB's to the Carrier Frame
- Automatic Screwing of the DFE PCB's to the Reflector





12,.3" Variant



10.25" Variant



Screwing Machine



Jig DFE PCB's

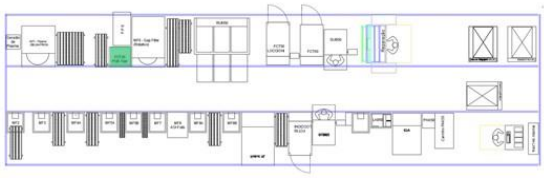
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

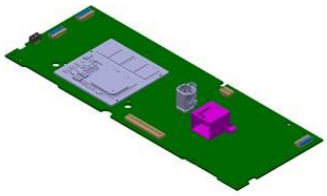
BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – FCT20

- Version Checking
- Power supplies
- Backlight function
- Under Voltage tests
- Programming
- Communication
- Sleep current
- Clock adjustment





12,.3” & 10,25” Variant



FCT20



Jig Main PCB

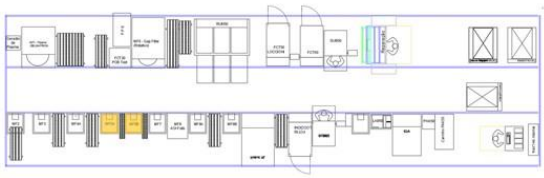
Internal | BrgP/MFE2-AS2 | 06-07-2020
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

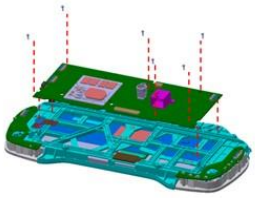
BOSCH

BMW Gen 4.1

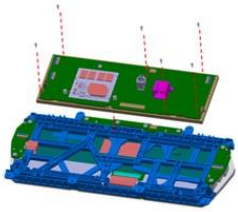
Assembly Process – WS5

- Assembly of Main PCB’s to the Carrier Frame
- Automatic Screwing of the Main PCB to the Carrier Frame
- Connect Display Foil’s to Main PCB

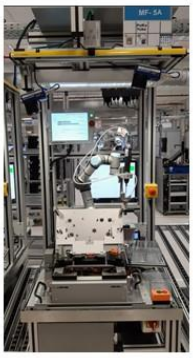




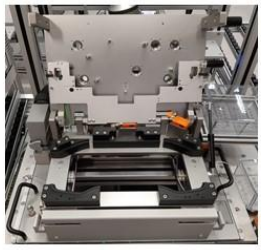
12,.3” Variant



10.25” Variant



Screwing Machine



Jig Main PCB

Internal | BrgP/MFE2-AS2 | 06-07-2020
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

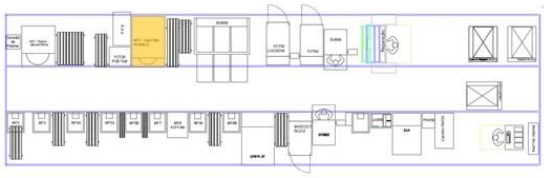
BOSCH

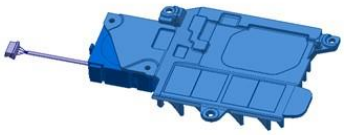
BMW Gen 4.1

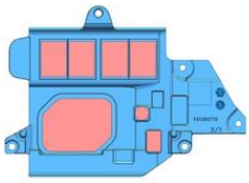
Assembly Process – WS6

- Gap Filler application on the Heatsink

(same part for both variants)







12,.3" & 10,25" Variant



Gap Filler Machine



Jig Heatsink

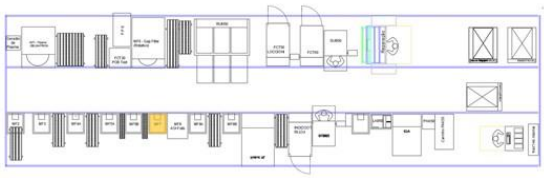
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

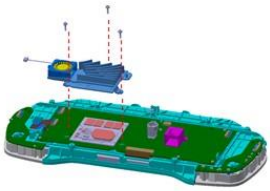
BOSCH

BMW Gen 4.1

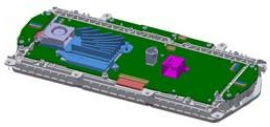
Assembly Process – WS7

- Assembly of Heatsink with Gap Filler to the Main PCB
- Automatic screwing of the Heatsink to the Carrier Frame





12,.3" Variant



10.25" Variant



Screwing Machine



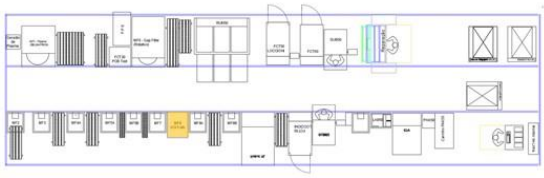
Jig Heatsink

© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

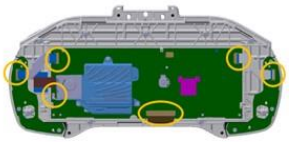
BOSCH

BMW Gen 4.1

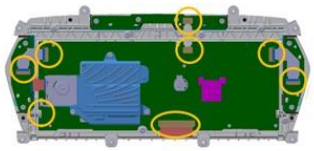
Assembly Process – WS8



- Foil & Fan - Connections / Inspections:
  - Display Main PCB – x1
  - DFE PCB to Main PCB – x4 (x6 10,25" variant)
  - Fan



12,.3" Variant



10.25" Variant



AOI Station



Jig Foils Inspection

© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

BMW Gen 4.1

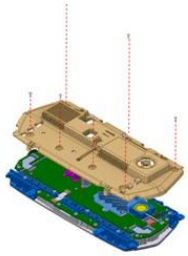
Assembly Process – WS9



- Assembly of System Carrier
- Automatic Screwing of the System Carrier



12,.3" Variant



10.25" Variant



Screwing Machine



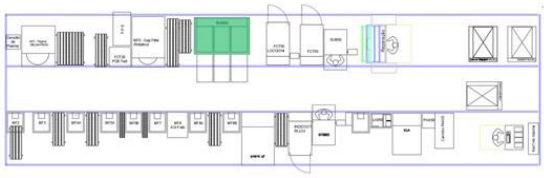
Jig System Carrier

© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – RUN50



- Check SW Versions
- Current Measure
- Checksum Flash on CSS µController
- RAM test
- Standby Current
- Keep device on for 30 minutes minimum to stabilize the display temperature.







RUN50



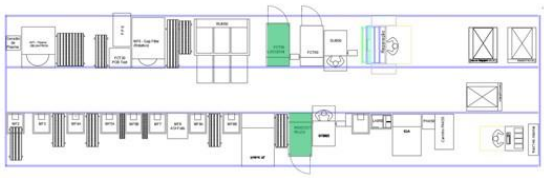
Jig RUN50

© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – FCT50



- White point measure and adjust if necessary.
- Contrast measurement
- Brightness adjustments.
- Gamma measurement
- White/Black Uniformity
- Black Mura
- Active Area Test and adjustment







FCT50



Jig FCT50

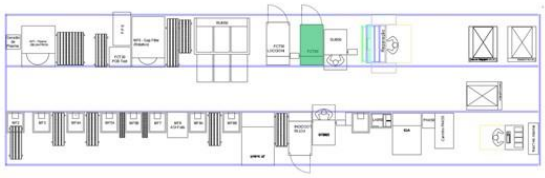
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – FCT60

- Symbol Color Checking
- LED Brightness adjustments.
- Light sensor adjustment.
- APIX testing
- Ethernet testing
- FAN testing









FCT60



Jig FCT60

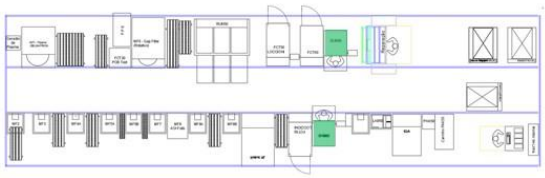
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

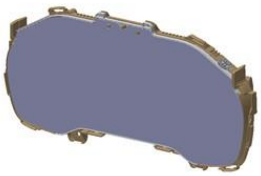
BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – SUB50

- Visual check of: scratches, snaps, screws, shake test.
- Software version check.
- Human impression of overall image and symbols quality.
- Write BMW Logistic Data
- RGB / Black / White image test.
- Active Area Test
- Check HUD Power Supply.
- Check DTC
- Security fuses JTAG
- Lock device.









SUB50



Jig SUB50

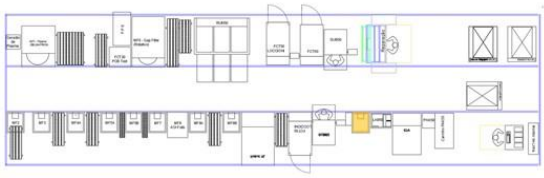
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

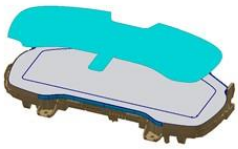
BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – WS11

- Assembly of protective foil on the Glass





12,.3" Variant



10.25" Variant



ASY Station



Jig Protective Foil

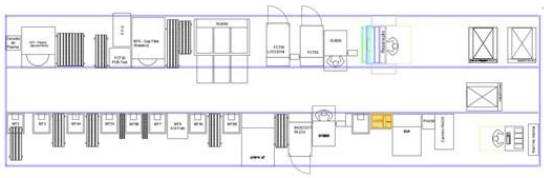
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

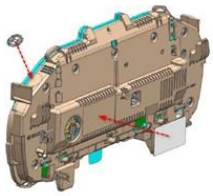
BOSCH

BMW Gen 4.1

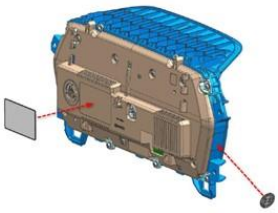
Assembly Process – LAB50

- Assembly of Customer and Security Labels





12,.3" Variant



10.25" Variant



LAB50



Jig Labelling

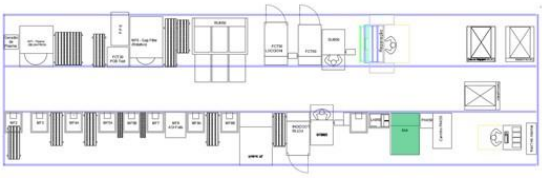
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

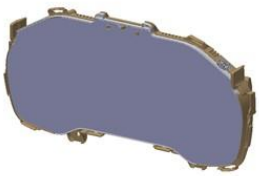
BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – AOI50

- End of line inspection

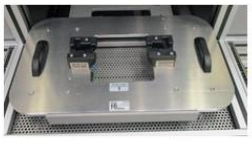








AOI50



Jig AOI50

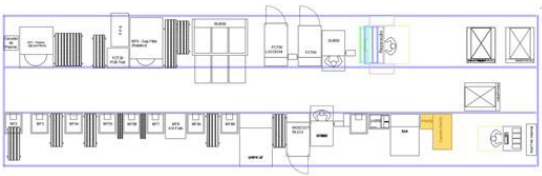
© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

BMW Gen 4.1

Assembly Process – PAK50

- Packaging







PAK50

© Robert Bosch GmbH 2016. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

BOSCH

Figura 46 - Processo de manufatura da montagem final

ANEXO 2 – *FLOWCHART* DA INSERÇÃO AUTOMÁTICA

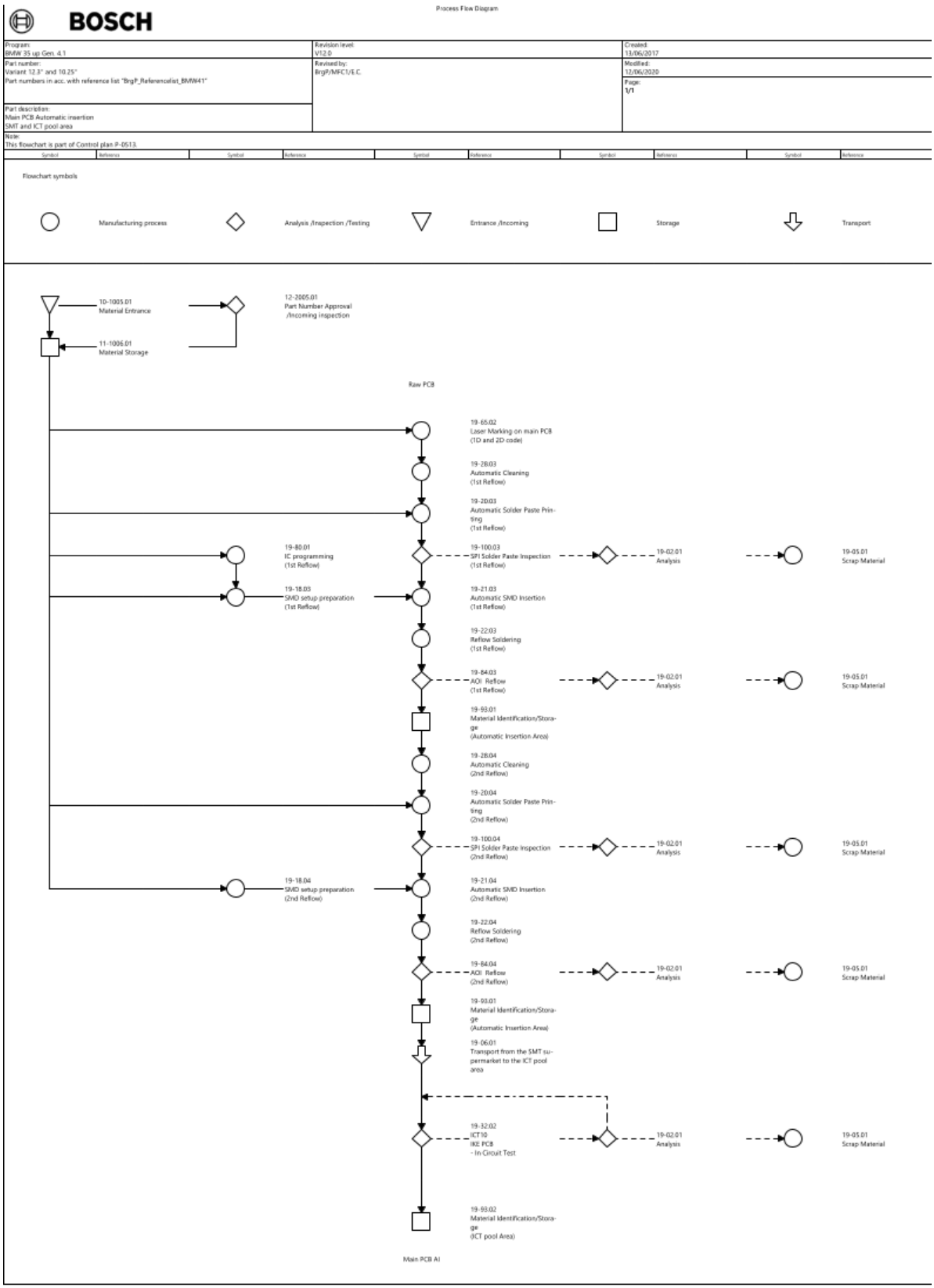
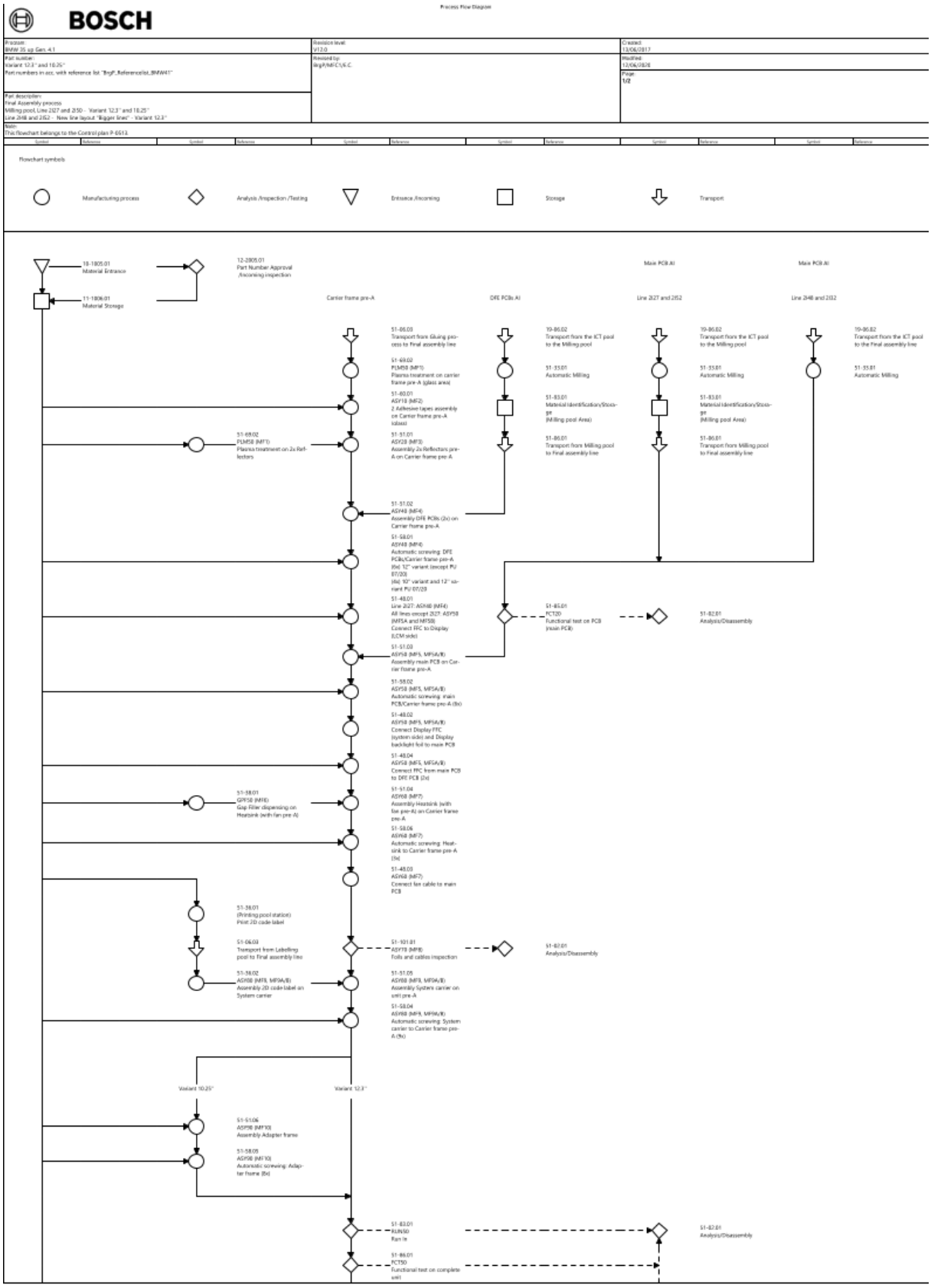
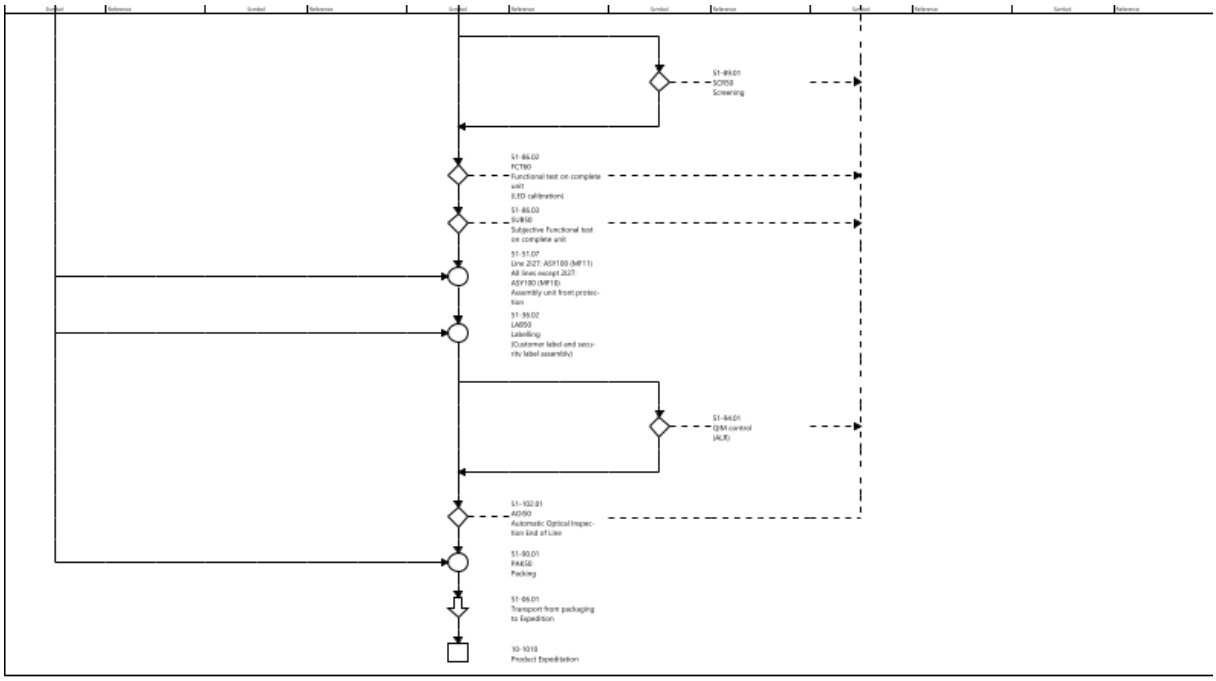


Figura 47 - Flowchart da inserção automática

ANEXO 3 – *FLOWCHART* DA MONTAGEM FINAL



Internal, © Robert Bosch GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties.'



Internal, © Robert Bosch GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties.'

Figura 48 - Flowchart da Montagem automática