

ANÁLISE E MELHORIA DE UM PROCESSO DE MONTAGEM DE UMA MÁQUINA FOTOGRAFICA NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

EUSÉBIO RICARDO FERREIRA GUEDES

novembro de 2022

ANÁLISE E MELHORIA DE UM PROCESSO DE MONTAGEM DE UMA MÁQUINA FOTOGRÁFICA NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

Eusébio Ricardo Ferreira Guedes

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

ANÁLISE E MELHORIA DE UM PROCESSO DE MONTAGEM DE UMA MÁQUINA FOTOGRÁFICA NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

Eusébio Ricardo Ferreira Guedes

1080454

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira.

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Inicialmente começo por agradecer ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e respetivos docentes pelas aptidões e conhecimentos que me transmitiram ao longo da minha formação académica.

Atribuo também um agradecimento especial ao meu orientador científico, Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira por todo o conhecimento transmitido, e toda a preocupação e incansável dedicação prestada ao longo deste período de trabalho.

Agradeço também à Leica Aparelhos Óticos de Precisão S.A. por criarem todas as condições que contribuíram para a concretização e sucesso deste trabalho. A todos os colaboradores que partilharam comigo o seu conhecimento e experiência, que de algum modo se disponibilizaram a ajudar, muito obrigado!

Também não quero deixar de agradecer aos meus pais, que me permitiram todo o início na minha formação académica, por todos os valores que me transmitiram, que fazem de mim aquilo que sou hoje. Obrigado, também ao meu irmão por toda a força e disponibilidade de sempre.

Por fim, não poderia de deixar de agradecer especialmente à base de todas as minhas conquistas, à minha família. À minha esposa Sylviane por todo o apoio, incentivo que me deu ao longo desta jornada, e à minha filha Matilde por toda a inspiração e motivação que me transmite diariamente.

página propositadamente em branco

RESUMO

Atualmente com a competitividade constante dos mercados, é cada vez mais imperativo na estratégia das empresas liderar nos avanços tecnológicos, estar na vanguarda dos grandes fluxos de capitais e ter os padrões qualidade ao mais alto nível, de forma que a pressão exercida sobre os preços pelos mercados e clientes não hipoteque a sua atividade. Dada esta complexidade, de uma forma transversal as empresas necessitam cada vez mais de simplificar e melhorar os seus fluxos e processos internos por forma a reter custos, aumentar cada vez mais os seus índices de qualidade e não desperdiçar tempo.

A presente dissertação foi desenvolvida em contexto industrial na empresa Leica Aparelhos Óticos de Precisão S.A., mais precisamente na secção de montagem, que se encontra inserida na área produtiva.

O projeto desenvolvido abrange o acompanhamento da produção da máquina fotográfica digital M, e incide na necessidade patente em melhorar a eficácia e eficiência de alguns dos seus processos, bem como o fluxo de materiais internos.

Este trabalho partiu pelo mapeamento e análise dos seus processos e pela qualificação e quantificação da performance dos mesmos. Consequentemente foram detetados vários problemas e oportunidades de melhoria. De forma a colmatar os desperdícios encontrados, propuseram-se algumas recomendações de melhoria sobre as adversidades constatadas.

Com a implementação de algumas propostas foi possível melhorar o rácio da atividade obtendo-se melhorias significativas nos rácios de qualidade com efeito direto na produtividade. Resultados esses derivados da redução de taxas de rejeição e de tempo de ciclo, despoletando um *lead time* mais baixo, e a redução dos custos relacionados com tempo e material gasto em retrabalho.

Entre os diversos problemas trabalhados foi possível eliminar 24% da rejeição do último trimestre de 2019 no cliente com a extinção de janelas de baionetas partidas, foi possível eliminar o problema das teclas em série que subsistia em 100% dos modelos especiais da camera M, podendo ser equivalente a 48177€ em custos de retrabalho e sucata caso não fosse resolvido. Com as propostas elaboradas para o sistema *RHS* foi possível reduzir ligeiramente a sua taxa de rejeição de um pico de 2.6% em maio 2020 para uma média 1,1% do mês seguinte até ao final de vida do produto em março do ano seguinte. No problema do E-Messer foi possível baixar de uma taxa de rejeição média de 19% no segundo trimestre de 2019 para 7% no quarto trimestre, o que em termos monetários se refletiu numa poupança de 2,09€ por cada E-Messer ajustado ou camera produzida.

PALAVRAS-CHAVE

Análise e melhoria de processos, Análise e melhoria de fluxos de material, Resolução de problemas, Redução de desperdícios, Ganhos em produtividade e qualidade.

página propositadamente em branco

ABSTRACT

With the constant competitiveness of the markets, it is increasingly imperative in the strategy of companies to lead in technological advances, to be at the forefront of large capital flows and to have quality standards at the highest level, so that the pressure exerted on prices by the markets and customers does not undermine their activity. Given this complexity, companies need to simplify and improve their internal flows and processes in order to retain costs, increase their quality indices and save time.

This dissertation was developed in an industrial context in the company Leica Aparelhos Óticos de Precisão S.A., more precisely in the assembly section, which is inserted in the production area.

The project developed covers the follow-up of the production of the digital camera M, and focuses on the need to improve the effectiveness and efficiency of some of its processes, and the flow of internal materials.

This work began with the mapping and analysis of its processes and the qualification and quantification of their performance. Consequently, several problems and opportunities for improvement were detected. In order to remedy the waste found, some recommendations for improvement were proposed concerning the adversities observed.

With the implementation of some proposals it was possible to improve the activity ratio, obtaining significant improvements in quality ratios with direct effect on productivity. These results were obtained by reducing rejection rates and cycle time, leading to a lower lead time, and reducing costs related to time and material spent on rework.

Among the various problems worked on, it was possible to eliminate 24% of the rejection in the last quarter of 2019 at the client with the extinction of broken bayonet windows, it was possible to eliminate the problem of buttons in series that persisted in 100% of the special models of the M camera, which could be equivalent to 48177€ in rework and scrap costs if it was not resolved. With the proposals drawn up for the RHS system it was possible to reduce its rejection rate from a peak of 2.6% in May 2020 to an average of 1.1% from the following month until the end of the product's life in March of the following year. For the E-Messer problem, it was possible to decrease from an average rejection rate of 19% in the second quarter of 2019 to 7% in the fourth quarter, which in monetary terms reflected in a saving of €2.09 for each E-Messer adjusted or camera produced.

KEYWORDS

Process analysis and improvement, Material flow analysis and improvement, Problem solving, Waste reduction, Gains in productivity and quality.

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento e pertinência do trabalho	1
1.2. Questão e objetivos do trabalho	2
1.3. Opções metodológicas	3
1.4. Apresentação da empresa	4
1.5. Estrutura do trabalho	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Análise e melhoria de Processos	7
2.2. Mapeamento de processo.....	10
2.2.1. Diagrama de Fluxo	10
2.3. Metodologias <i>Lean</i>	12
2.3.1. Diagrama de causa-efeito	13
2.3.2. Sistema produção híbridos Push/Pull (MRP/KANBAN).....	14
2.3.3. Sistema Kanban.....	15
2.3.4. Milk-run.....	18
2.4. Diagrama de árvore	18
2.5. DMAIC.....	19
2.6. Diagrama de Pareto.....	21
3. Análise e melhoria de um processo de montagem.....	23
3.1. Análise e Mapeamento dos processos de montagem em estudo	23
3.1.1. Processo de montagem da tampa de trás, <i>Rückschale montiert</i>	23
3.1.2. Processo de montagem do corpo principal, <i>Hauptkörper montiert</i>	25
3.2. Identificação dos problemas	28
3.2.1. Falha na disponibilidade atempada de materiais na linha de produção	29
3.2.2. Defeito de produção - Janela do aro da baioneta partida	30
3.2.3. Defeito de produção - movimento dos botões <i>LV</i> , <i>Play</i> e <i>Menu</i> incorretos.....	32
3.2.4. Defeito de produção – movimento do botão direcional inconstante nas quatro direções	33
3.2.5. Defeito de produção - falha do sensor responsável pela leitura das distâncias da placa RHS 35	
3.2.6. Defeito de produção - <i>E-Messer</i> não ajustável nas distâncias, excesso de contra folga e colisão entre o caixa de luz da máscara e a alavanca de comando do <i>E-Messer</i>	37
3.3. Apresentação de propostas de Soluções	40

3.3.1. Elaboração de um sistema de cartões ou contentores KANBAN nos armazéns intermédios de componentes	41
3.3.2. Modificação e realização de uma inspeção periódica à ferramenta	43
3.3.3. No curto prazo um retrabalho na peça plástico e no médio prazo a alteração ao design da peça maquinada.....	44
3.3.4. Mudança para uma cola igualmente apropriada, mas com um tempo de secagem mais reduzidos, bem como aplicação de um aparelho doseador de cola e definição da quantidade de aplicação ideal.....	45
3.3.5. No curto prazo encurtar tolerâncias em duas medidas que influenciam o funcionamento do sistema, no médio prazo a introdução de uma fase de ajustagem através de anilhas na ordem das décimas e centésimas de mm	46
3.3.6. Introdução de uma fase de maquinação e aplicação de uma anilha de ajuste na montagem	47
4. Conclusões e trabalho futuro.....	50
4.1. Principais contributos do trabalho	50
4.2. Valor acrescentado do trabalho para a indústria de máquinas fotográficas	51
4.3. Trabalho futuro	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
Apêndices	57
Apêndice A – Imagem alusiva à função de reconhecimento do tipo de objetiva que a camera faz, pelo reconhecimento do código preto e branco na baioneta da objetiva, através dos fotodíodos da placa BJ.....	57
Apêndice B – Dados trabalhados para a elaboração do diagrama de Pareto sobre os 10 defeitos mais representativos do 4º Trimestre de 2019 do posto de inspeção de entrada em Leica Wetzlar	58
Apêndice C – Cálculo relativo aos custos de sucata e retrabalho do defeito de produção – Janela do aro da baioneta partida	58
Apêndice D – Custos poupados com o problema dos movimentos dos botões LV, Play e Menu	59
Apêndice E – Gastos com o problema dos movimentos dos botões LV, Play e Menu	59
Apêndice F – Dados trabalhados para a elaboração do diagrama de Pareto sobre os 10 defeitos mais representativos na inspeção final da camera em Leica Portugal entre a semana 26 e 36 de 2022	60
Apêndice G – Gastos com o problema do movimento do botão direcional entre a semana 26 e semana 36	60
Apêndice H – Dados trabalhados para a elaboração do diagrama de Pareto sobre os 10 defeitos mais representativos na inspeção final do corpo principal montado entre outubro 2019 e junho 2020	61
Apêndice I – Gastos de mão de obra, com o problema da falha na leitura do sensor RHS entre outubro de 2019 e junho 2020	61
Apêndice J(a) – Leitura do sensor RHS OK	62

Apêndice J(b) – Leitura do sensor RHS NOK	62
Apêndice K – Dados trabalhados sobre a taxa de rejeição da falha de leitura da placa <i>RHS</i> , também conhecido por código da lente	63
Apêndice L – Gastos com retrabalho com o problema de ajuste do E-Messer ao longo do ano de 2020	64
Apêndice M – <i>Problem Report</i> colocado no Software de PLM Windchill.....	64
Apêndice N – Dados trabalhados para a elaboração de um Diagrama de Pareto de forma a representar os defeitos mais representativos na Ajustagem do E-Messer de final de maio 2020 até agosto 2020.....	64

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Investigação-ação (O’Leary, 2017)	3
Figura 2 - Leica Aparelhos Óticos de Precisão S.A.....	4
Figura 3 - Exemplo de diagrama de <i>Ishikawa</i>	14
Figura 4 - Ilustração de exemplo de sistema Kanban, Sistema de Produção Puxado.....	18
Figura 5 - Exemplo de árvore de produto	19
Figura 6 - Ciclo DMAIC.....	21
Figura 7 - Exemplo de Diagrama de Pareto (Frequência e Percentagem Acumulada)	22
Figura 8 - 1º e 2º nível da estrutura técnica de componentes do produto Leica M digital	23
Figura 9 - Componentes da tampa de trás - 2º e 3º nível da estrutura técnica do produto	24
Figura 10 - Fluxograma do processo de montagem da tampa de trás, <i>Rückschale montiert</i>	24
Figura 11 - Componentes da série de teclas - 3º e 4º nível da estrutura técnica do produto	24
Figura 12 - Fluxograma do processo de montagem da série de teclas, <i>Reihentaste</i>	24
Figura 13 - Componentes do botão direcional e de set - 3º e 4º nível da estrutura técnica do produto	25
Figura 14 - Fluxograma do processo de montagem do Botão direcional e SET	25
Figura 15 - Componentes do corpo principal - 2º e 3º nível da estrutura técnica do produto	25
Figura 16 - Fluxograma de montagem do corpo principal, <i>Hauptkörper montiert</i>	26
Figura 17 - Componentes do aro da baioneta - 3º e 4º nível da estrutura técnica do produto	26
Figura 18 - Fluxograma do processo de montagem do aro da baioneta, <i>Bajonettring montiert</i>	27
Figura 19 - Componentes do E-Messer - 3º e 4º nível da estrutura do produto	27
Figura 20 - Fluxograma do processo de montagem do E-Messer.....	28
Figura 21 - Indisponibilidade do pino de destravamento da baioneta contido no corpo principal (Figura 15)	30
Figura 22 - Janela do aro da baioneta partida.....	30
Figura 23 - Top 10 defeitos Leica M Digital na inspeção LCW 4º Trimestre 2019	31
Figura 24 - Mecanismo de medição aro da baioneta e mecanismo de medição da placa <i>BJ</i>	32
Figura 25 - Facetas nas arestas interiores da tecla	33
Figura 26 – Ilustração dos componentes do botão direcional de cruz	34
Figura 27 - Top 10 de frequência de defeitos na inspeção final camera M, entre sem. 26- sem.36.	34
Figura 28 - Distância entre sensor da placa RHS e Magnético inserido na alavanca da objetiva do E-Messer.....	35
Figura 29 - Top 10 frequências de defeitos na inspeção final do corpo principal montado (de outubro 2019 – junho 2020).	36
Figura 30 - Taxa de rejeição por semana - ajustagem do E-Messer (1º e 2º trimestre 2020)	38
Figura 31 - Frequências dos defeitos na Ajustagem do E-Messer de final de maio 2020 até agosto 2020.	39
Figura 32 - Alavanca de comando e caixa de luz no seu ponto máximo de aproximação.....	39
Figura 33 - Exemplo de cálculo de nº de cartões ou contentores de <i>Kanban</i> por item	42
Figura 34 – Exemplo de cartão de identificação de material gerido por <i>Kanban</i>	42
Figura 35 - Corpo principal, identificação da superfície de apoio da placa <i>BJ</i>	43
Figura 36 -Mecanismo de medição da placa <i>BJ</i> , alterado	43

Figura 37 - Zonas de retrabalho do pino plástico.....	44
Figura 38 - Tecla em corte com alteração 0,1mm em profundidade na zona dos raios.....	44
Figura 39 - Material e parâmetros utilizados no doseador de colas.....	45
Figura 40 - Anilha de ajuste para colocar sob a placa <i>RHS</i>	46
Figura 41 - Evolução da taxa de rejeição do defeito da falha de leitura na placa <i>RHS</i> de outubro 2019 até julho 2021	47
Figura 42 - Sugestão de correção para o empeno causado pelo desgaste do molde da carcaça do E-Messer	48
Figura 43- Taxa de rejeição/semana - ajustagem do E-Messer (ano 2020).....	48

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Revisão literária sobre análise e melhoria de processos.....	7
Tabela 2 - Lista Símbolos de Fluxograma	11
Tabela 3 - Descrição das etapas do ciclo DMAIC (Kiran, 2017b).....	19
Tabela 4 - Identificação e descrição dos problemas	29
Tabela 5 - Deslocação admissível para o posicionamento vertical do magnético	37
Tabela 6 - Deslocação admissível para o posicionamento vertical do sensor	37
Tabela 7 – Relação do retrabalho realizado por cada máquina ajustada no 1º e 2º trimestre (apêndice L).....	40
Tabela 8 - Apresentação de propostas de soluções.....	40
Tabela 9 - Variáveis para o cálculo do nº de cartões/ contentores <i>Kanban</i>	42
Tabela 10 - Análise de redução de custos.....	48
Tabela 11 - Estado de implementação das melhorias propostas	50

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

AG	Aktiengesellschaft
BJ	Bajonett
BOM	Bill of materials
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve and Control
E-Messer	Entfernungsmesser
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just-in-Time
LCP	Leica Portugal
LED	Light-Emitting Diode
LV	Live view
M	Messsucher
MRP	Manufacturing Resource Planning ou Material Requirements Planning
MSA	Measurement System Analysis
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
PCB	Printed Circuit Board
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PT	Portugal
R&D	Research and Development
RCA	Root Cause Analysis
RHS	Rollenhebelsensor
RS	Rückschale
S.A.	Sociedade Anónima
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers
SMED	Single Minute Exchange of Die
SPC	Statistical Process Control
TMP	Total Productive Maintenance
TPM	Total Productive Maintenance
TQM	Total Quality Management
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work-in-process
WLAN	Wireless Local Area Network

Lista de Símbolos

<i>mm</i>	milímetros	<i>metro</i>
<i>m</i>	metros	<i>metro</i>
€	Euros	<i>euro</i>

1. INTRODUÇÃO

No início deste capítulo encontra-se redigido o enquadramento e pertinência deste trabalho, sucedendo-se a questão e objetivos do mesmo. Por conseguinte são apresentadas as opções metodológicas, a apresentação da empresa e a estrutura do trabalho.

1.1. Enquadramento e pertinência do trabalho

Nos dias correntes, as constantes mudanças em todos os segmentos dos mercados e a crescente competitividade nos mesmos faz com que uma tomada de decisão errada seja sinónimo de comprometer diretamente a economia de uma organização. A pressão do sucesso despoletada pela evolução dos sistemas de informação, leva com que as organizações se tenham de tornar cada vez mais flexíveis para conseguir responder em tempo útil às necessidades dos seus clientes (Costa et al, 2017). Hoje mais do que nunca, ter os seus clientes satisfeitos é abraçar a sua rentabilidade futura (Taghizadegan, 2006). Exigências como inovação, maior variedade de produtos, melhor desempenho, mas acima de tudo um atendimento instantâneo com uma boa relação entre qualidade e preço são as diretrizes patentes em todos os mercados, o que leva cada vez mais empresas a ter necessidade em reduzir às suas margens de lucro e minimizar os seus custos de produção (Basu & Wright, 2008).

Com o tempo e a qualidade como medidas chave, o sucesso de qualquer empresa está dependente da sua capacidade de garantir o melhor nível de qualidade dos seus produtos ou serviços, ao menor custo. De uma forma mais evidente nos setores de indústria transformadora, as empresas precisam cada vez mais de encontrar novas formas para melhorar a sua produtividade, reduzir os tempos de passagem, baixar os seus tempos de ciclo de produção, e eliminar de uma forma transversal todos os desperdícios que influenciam direta e indiretamente o custo final do produto (Azizi, 2015).

Outros termos indissociáveis, ligados ao desempenho das organizações, são os conceitos de produtividade, eficácia e eficiência. A produtividade que se define pelo retorno que uma organização recebe do seu investimento, ou seja, trata-se da eficiência de uma empresa conseguir transformar as suas entradas em saídas (Ojha, 2014). A eficácia que consiste na relação entre as saídas produzidas, relativamente as saídas planeadas. E a eficiência que se entende pela quantidade que se conseguiu extrair na saída de uma operação ou processo, resultante de uma determinada entrada (Davis, P. & Pett, T, 2002). Estas também são medidas que condicionam diretamente o sucesso de qualquer organização.

O mesmo acontece no setor de fabricação de equipamentos de informática, equipamentos de comunicação e produtos eletrónicos e óticos, no qual a empresa *Leica*, tanto a nível nacional como internacional, se encontra inserido. Trata-se de um setor em que o elevado nível de exigência é transversal e composto por processos altamente especializados, que vão desde a conceção de produtos que incorporam circuitos integrados, até equipamentos opto-mecânicos de medição (Instituto Nacional de Estatística, 2007).

Dados nacionais recolhidos entre 2010 e 2016, relativos ao setor, comprovam que a evolução da produtividade aparente no trabalho, tem vindo a baixar, o que revela, no âmbito geral do setor, grande potencial de melhoria nesta área (Direção Geral das Atividades Económicas, 2020).

Embora a marca *Leica* com o seu portefólio de equipamentos fotográficos apenas represente 1% do mercado, trata-se de uma marca premium com um nível tecnológico muito exigente, que para fazer sucesso sustenta a sua estratégia na procura constante pela inovação e pela melhoria, bases bem assentes na conceção dos seus produtos, que por sua vez se destacam pelas suas características dispare, pela simplicidade e destreza funcional, boa durabilidade e um suporte técnico de excelência (Leica Rumors - M System, 2020).

Tratando-se a Leica Portugal de uma empresa que segue uma abordagem orientada por processos, e cujo principal negócio é maioritariamente constituído pelos processos de conceção dos seus produtos, é inegável o seu desafio diário na procura de uma produção mais flexível, mais eficaz, mais eficiente e com os menores custos.

Assim sendo, este trabalho partiu com a necessidade de melhorar o fluxo de produção de uma linha de montagem de máquinas fotográficas digitais, apelidadas por “Linha M-Digital”, procurando a empresa Leica Aparelhos Óticos de Precisão S.A, em atrair propostas que propiciem abater problemas de produção, atrasos na disponibilidade de seus materiais, bem como, melhorar a organização e eficiência nos processos e subprocessos agregados a linha de montagem, minimizando dessa forma atividades que não acrescentem valor e outros desperdícios inerentes a conceção do produto.

1.2. Questão e objetivos do trabalho

Uma vez apresentado o enquadramento sobre a temática, o presente trabalho tem como principal objetivo colmatar a indisponibilidade recorrente de materiais, eliminar problemas de produção e melhorar os processos produtivos na linha de montagem da máquina M digital.

Ao que se sucede os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a origem da indisponibilidade de materiais necessários para o bom funcionamento do fluxo produtivo da linha de montagem da máquina fotográfica *M*.
- Identificar os problemas da linha de montagem *M* e perceber existência de oportunidades de melhoria.
- Apresentar possíveis soluções que sejam exequíveis para os casos identificados como fragilidades na montagem.
- Implementar as soluções propostas para melhorar o fluxo produtivo na linha de montagem *M*.
- Verificar os resultados obtidos das alterações introduzidas na linha de montagem da máquina fotográfica.

1.3. Opções metodológicas

A opção metodológica utilizada para o presente trabalho de dissertação é apelidada por investigação-ação.

Segundo Coughlan & Coghlan (2002), esta metodologia caracteriza-se pela utilização de uma abordagem científica sistemática para estudar a resolução de questões sociais ou organizacionais. Tripp (2005), defende que esta metodologia consiste em “toda a tentativa continuada, sistemática e empiricamente fundamentada de aprimorar a prática”. De acordo com Lewin (citado por Williamson, 2018), que foi o primeiro autor a levantar este termo, a sistemática consiste numa abordagem de investigação mais aplicativa e detalhada face a existência de uma determinada problemática, abordando problemas reais de uma forma mais participativa e colaborativa, a fim de produzir ação e conhecimento de forma integrada. Explica ainda que em termos práticos esta metodologia se baseia na utilização de um processo cíclico (ver Figura 1) que se estende em quatro etapas que se sucedem sequencialmente em forma de espiral.

Segundo O’Leary (2017), cuja análise se baseia também em Lewin, o método inicia-se com a fase de levantamento de informação, i.e., observação e recolha de dados sobre o estado atual do problema em estudo. A segunda etapa consiste na reflexão direcionada para a análise dos problemas e potenciais oportunidades de melhoria, seguindo-se pelo passo que assenta no planeamento estratégico das ações que devem ser tomadas, acabando o primeiro ciclo com a fase de implementação, que incide na execução do plano de ações elaborado na etapa antecedente. Em suma, a metodologia de investigação-ação (Mourato et al., 2021; Oliveira et al., 2019) pode assim ser vista como uma abordagem de aprendizagem experimental cujo objetivo é refinar através da utilização de uma série de ciclos de melhoria contínua que convergem para uma melhor compreensão da situação e para otimizar as ações face aos problemas.

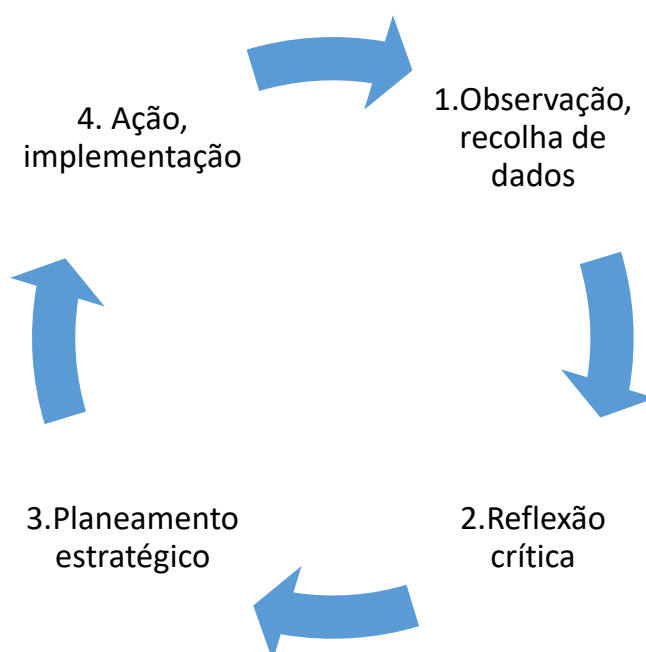


Figura 1 - Ciclo de Investigação-ação (O’Leary, 2017)

1.4. Apresentação da empresa

Com um lendário estatuto na construção de dispositivos óticos de observação de excelência, a marca “Leica” tem a sua área de negócio maioritariamente apoiada no desenvolvimento e produção de máquinas fotográficas e respetivas lentes, assim como de sistemas de observação de ótica desportiva. Produtos esses que a marca autointitula de produtos de segmento *premium* (Leica Camera AG, 2020). A “Leica Camera AG” é uma empresa sediada na cidade de *Wetzlar* na Alemanha, que tem desde 1973 uma filial em Vila Nova de Famalicão, no distrito de Braga, apelidada por Leica Aparelhos Óticos de Precisão S.A. (ver Figura 2). A fábrica portuguesa foi criada de forma a alargar a capacidade de produção da marca e representa no presente a maior sucursal produtiva do grupo. Atualmente, fruto da sequência do crescimento programado da sua gama de produtos, a área industrial de Famalicão conta com cerca de 900 funcionários e está dividida em três grandes secções produtivas: mecânica, ótica e montagem (Leica PT, 2020). A secção mecânica encontra-se dividida pela distinção dos seus processos, existindo uma área de maquinaria, com equipamentos de última geração, e uma área de tratamentos de superfícies constituída por polimento manual, anodização, cromagem e pintura (Leica PT – Secção Mecânica, 2020). A secção ótica tem a sua produção dividida pela área de ótica plana onde são produzidos prismas tanto para constituir binóculos como máquinas fotográficas, e a área de ótica esférica, onde são produzidas lentes que compõe as objetivas, os binóculos, os telescópios e as miras telescópicas (Leica PT – Secção Ótica, 2020). Também constituída por duas áreas, a secção de montagem é organizada por uma sala semi-limpa, onde existe uma pequena área de conceção de placas eletrónicas e inúmeras linhas de montagem manual de subcomponentes. A outra metade da secção de montagem consiste na sala limpa, composta maioritariamente por linhas de produto, também formadas por processos de montagem manuais e em sequência. Os principais produtos concebidos nas linhas de montagem incluem binóculos (modelos de observação simples e de caça desportiva), telescópios, máquinas fotográficas (modelos analógicos e digitais), objetivas M e miras telescópicas para caça desportiva (Leica PT – Secção Montagem, 2020). Ciente da sua responsabilidade é evidente que a *Leica* é uma empresa certificada pela Norma ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 (Leica PT – Sustentabilidade, 2020).



Figura 2 - Leica Aparelhos Óticos de Precisão S.A.

1.5. Estrutura do trabalho

Ao longo deste documento são abordados vários pontos relevantes cuja descrição se torna necessária para uma boa análise e compreensão de todo o trabalho. Posto isto, fez-se a distribuição do conteúdo por quatro capítulos.

O capítulo número um, descreve sucintamente o que foi desenvolvido, onde, de que maneira e em que circunstâncias se desenvolveu, referindo ainda os objetivos e a opção metodológica utilizada.

No segundo capítulo são apresentados os conceitos teóricos que serviram de base para o trabalho desenvolvido.

No terceiro capítulo encontra-se a apresentação parcelar do produto, com o mapeamento dos repetitivos processos, bem como a identificação e descrição dos problemas encontrados. Ainda neste capítulo encontram-se apresentadas as propostas de melhoria implementadas e por implementar, assim como os resultados obtidos.

No quarto capítulo é feita uma retrospectiva sobre o trabalho elaborado e apresentados os principais contributos do trabalho, o seu valor acrescentado para a indústria das máquinas fotográficas, assim como as propostas de trabalho para o futuro.

No final são apresentados as referências bibliográficas e os apêndices do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentro deste capítulo, para além de serem descritos diversos exemplos práticos de análise e melhoria de processos, também se apresentam descritos alguns conceitos sobre mapeamento e melhoria de processos, bem como são apresentadas diversas ferramentas ligadas à melhoria contínua.

2.1. Análise e melhoria de Processos

O conceito de melhoria contínua é uma prática amplamente utilizada no mundo do trabalho. A sua importância assenta essencialmente no progresso de produtos, serviços e os seus respetivos processos suporte. Por outras palavras a melhoria dos processos permite que uma empresa fortaleça o seu desempenho, exigência que é fulcral numa era digital em que a competitividade entre empresas é cada vez maior. Atualmente vive-se um ritmo constante de inovação tecnológica, fator que obriga as empresas a progredir constantemente na sua eficiência. Em termos aplicativos a melhoria contínua pode ser trabalhada através de inúmeras ferramentas e técnicas que se distinguem pelo seu modo de atuação.

Como é possível ver na Tabela 1 seguem-se alguns exemplos reais, em que a utilização de ferramentas de melhoria contínua possibilitou melhorar o desempenho de casos industriais. Outros exemplos estão descritos nos seguintes trabalhos: (Teixeira et al., 2021; Brito et al., 2020; Rodrigues et al., 2020; Alves et al., 2020; Azevedo et al., 2019)

Tabela 1 - Revisão literária sobre análise e melhoria de processos

Referências Bibliográficas	Resumo
(Oliveira et al., 2020)	Este trabalho foi desenvolvido numa fábrica de rádios para automóveis, em que o principal objetivo do projeto consistiu em melhorar a utilização dos recursos utilizados nas linhas de produção, eliminando os desperdícios encontrados, a fim de melhorar a utilização do espaço e aumentar a produtividade. Baseado em princípios <i>Lean</i> , mais especificamente através do método apelidado por <i>Action-Research</i> (diagnosticar o estado atual, planear as ações, implementar, avaliar as implementações e especificar a aprendizagem), o projeto realizado contribuiu para a libertação de 22% do espaço ocupado, uma redução de 38% no número de operadores, um aumento de produtividade de cerca de 50% em cada uma das linhas de produção, o que no total se refletiu num ganho de 125.300 u.m. anuais.
(Priya et al., 2020)	Este artigo apresenta um caso de estudo elaborado numa linha de montagem do setor automóvel, em <i>Chennai</i> (Índia), cujo objetivo consistiu na redução de processos sem valor acrescentado para o produto. A utilização de técnicas de melhoria contínua como <i>RCA (Root-Cause- Analysis)</i> e <i>DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control)</i> permitiu eliminar 12 tipos de defeito bem como 3 atividades que não acrescentavam valor, i.e., uma redução de 37,2% do total de defeitos e um total de 19 minutos em tempos de ciclo.

(Correia et al., 2018)	Este caso de estudo foi realizado na empresa <i>Bosch Security Systems</i>, em Ovar, com objetivo de ilustrar como o <i>VSM</i>, o <i>Lean Line Design</i> (LLD) e outras técnicas ligadas a metodologia <i>Lean</i> podem melhorar a qualidade e desempenho de uma linha de montagem manual complexa, reduzindo os desperdícios de produção e o <i>lead time</i>. Os resultados deste trabalho sustentam que as melhorias determinadas puderam aumentar a produtividade em aproximadamente 10% com a mesma mão de obra através de modificações executadas nos postos de trabalho.
(Deshkar et al., 2018)	Este artigo relata um trabalho de simulação com dados recolhidos no chão de fábrica de uma empresa de conceção de plásticos localizada em Nagpur, Índia. Com o principal objetivo de tornar a produção mais <i>Lean</i>, o presente trabalho, com o auxílio de ferramentas como o <i>VMS</i> (<i>Value Stream Mapping</i>) e a dos 7 desperdícios <i>Lean</i>, possibilitou simular uma poupança 19,6 minutos no tempo de ciclo, um incremento de produção de 28 para 50 unidades de produto, bem como a eliminação de 74,5% do tempo em tarefas que não acrescentam valor.
(Karam et al., 2018)	O seguinte artigo apresenta um trabalho realizado em ambiente industrial, numa linha de produção do segmento farmacêutico na Roménia, em que objetivo é definido pela necessidade em reduzir o tempo de <i>setup</i> de uma determinada linha de enchimento de produto em garrafas. A utilização de metodologias no chão de fábrica como <i>SMED</i> (<i>Single Minute Exchange of Die</i>) e <i>DMAIC</i> (<i>Define-Measure-Analyze-Improve-Control</i>) permitiu à empresa uma diminuição no tempo médio de <i>setup</i> de 25,3 horas para 17,8 horas, ou seja, uma redução de aproximadamente 30%.
(Barbosa et al., 2017)	Este trabalho foi realizado numa fábrica de pneus em Portugal apelidada por Continental Mabor, com o principal objetivo de melhorar o seu desempenho e o seu índice de qualidade do produto. Através da aplicação dos conceitos relacionados com metodologias <i>Six Sigma</i>, foram identificadas as variáveis que influenciam mais a qualidade da produção. A aplicação do ciclo <i>DMAIC</i> (<i>Define, Measure, Analyse, Improve and Control</i>) na análise do processo, possibilitou uma análise estruturada e a identificação de diferentes causas que afetavam negativamente o processo estudado e, consequentemente, permitiu a identificação de oportunidades de melhoria. Com as implementações tomadas neste projeto o número de não-conformidades foi reduzido, e consequentemente a taxa de qualidade aumentou em 41%, consequentemente o controlo e capacidade do processo
(Costa et al., 2017)	O seguinte estudo também foi realizado em ambiente industrial, na empresa chamada Continental Mabor, em que o principal objetivo consistiu em reduzir a quantidade de material não conforme no processo de extrusão, (responsável pela produção do piso e da parede lateral do pneu) cujo indicador de performance foi considerado abaixo da meta exigida. Para tal, utilizando-se a metodologia <i>Six Sigma</i>, mais especificamente o

	ciclo <i>DMAIC</i> , foi possível reduzir em 0,89% a quantidade de material não conforme, resultando numa poupança anual superior a 165 mil euros.
(Roriz et al., 2017)	Este trabalho foi realizado numa pequena empresa do setor de produção de caixas de papelão ondulado e caixas litográficas. Com o principal objetivo em melhorar a qualidade e o desempenho dos processos produtivos o presente trabalho tomou por base a aplicação dos princípios e ferramentas <i>TQM (Total Quality Management)</i> e <i>Lean Production</i> . A análise da situação inicial foi feita utilizando diagramas de causa-efeito, análise de <i>Pareto</i> , estudo dos tempos de preparação e indicadores de desempenho. Com a utilização da metodologia <i>SMED</i> , a técnica de <i>5S</i> e gestão visual, foi possível alcançar uma redução média de 47% no tempo de <i>setup</i> da secção de colagem que corresponde a 10.114 euros de poupança mensal.
(Rosa et al., 2017)	O trabalho descrito neste artigo foi desenvolvido na <i>Ficocables</i> , e incidiu em otimizar o processo de produção de cabos para os mecanismos de abertura de portas. Baseado na metodologia <i>PDCA</i> e através da utilização <i>VSM</i> , apelidado por mapeamento de fluxo de valor, este projeto gerou um aumento de produtividade de 41%, através de um único investimento, com um retorno esperado dentro de 4 meses. Posto isto, ainda foi possível resolver problemas na satisfação da procura dos clientes, bem como para evitar a compra de uma nova linha, o que significou uma enorme economia para a empresa.
(Nguyen & Do, 2016)	Este artigo apresenta o desenvolvimento de um trabalho elaborado numa empresa de componentes eletrónicos alemã. Com o principal objetivo de tornar a produção mais eficiente, o presente trabalho, com o auxílio de ferramentas como o <i>VMS (Value Stream Mapping)</i> possibilitou uma redução de 40% na mão de obra com o mesmo nível de produção, uma poupança de 30% na área útil e conseguiu reduzir o tempo médio de entrega de 7,5 dias para 3 dias.
(Choomlucksana et al., 2015)	Este artigo representa um caso de estudo elaborado numa empresa de estampagem de chapas metálicas tailandesa, em que o principal objetivo consistiu em ajudar a empresa a identificar áreas de oportunidade para redução de desperdícios e melhorar a eficiência dos seus processos produtivos. Para a sua elaboração foram utilizadas técnicas <i>Kaizen</i> bem como algumas ferramentas <i>Lean</i> tais como <i>5S</i> , controlo visual e <i>Poka Yoke</i> . A implementação destas metodologias resultou numa redução de 62,5% nos tempos de processamento de montagem, rebarbagem e polimento. Entre desperdícios foi ainda possível eliminar 66,53% de movimentos desnecessários.
(Pugna et al., 2015)	O presente artigo apresenta a implementação de uma solução numa empresa do setor automóvel na Roménia, cujo principal objetivo consistiu em melhorar a eficácia dos seus processos de montagem. Através de métodos estatísticos e a utilização da metodologia <i>DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve and Control)</i> no processo de cravação, foi possível rever a construção da ferramenta de cravação, e implementar um dispositivo anti

	erro, Poka-Yoke, o que por si só resultou numa redução aproximada de 40% dos defeitos. Consequentemente a troca de fornecedor resultou ainda numa redução de mais 30% dos defeitos.
(Venkataraman et al., 2014)	O trabalho descrito neste artigo foi desenvolvido numa fábrica do setor automóvel situada no sul da Índia, em que o principal objetivo consistiu em aumentar as vendas. Para tal foram utilizadas ferramentas baseadas no <i>Lean Manufacturing</i> de forma a melhorar a qualidade, reduzir o custo e melhorar os prazos de entrega. A implementação possibilitou uma redução do tempo de passagem na ordem dos 40%, uma redução da taxa de defeitos significativa, bem como uma melhoria quanto aos prazos de entrega.
(Naufal et al., 2012)	Este estudo apresenta o desenvolvimento do sistema <i>Kanban</i> numa empresa de produção local na Malásia. O objetivo consiste na implementação de ideologias que melhorem o sistema de produção. Para tal, destacou-se a implementação de um sistema <i>Kanban</i> bem como a prática do <i>Just In Time</i> , procurando assim reduzir em tempos de execução, minimizar <i>stocks</i> e otimizar áreas de armazenamento. Com a execução deste trabalho foi possível reduzir em 40% o <i>lead time</i> , entre 23-29% o <i>WIP (Work-in-progress)</i> bem como poupar 4% na área de armazenamento de produto acabado.
(Chan et al., 2005)	Este artigo apresenta o trabalho efetuado sobre uma empresa de semicondutores situada em Hong-Kong cujo principal objetivo consistiu em estudar a eficiência e em implementar o TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>) na área produtiva. Através da implementação da metodologia TPM foi possível incrementar a produtividade em 83%.

2.2. Mapeamento de processo

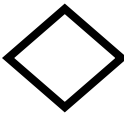
2.2.1. Diagrama de Fluxo

Um diagrama de fluxo, também conhecido por fluxograma, consiste numa representação gráfica em ordem sequencial de todas as etapas de um procedimento, i.e., de todas as fases que representam um determinado processo. No ponto de vista industrial um fluxograma representa o fluxo do produto ao longo das diferentes operações e equipamentos que lhe acrescentam valor, o que permite obter uma visão sobre todo o panorama do processo produtivo. Entre as sequências de ações podem ser incluídos diversos elementos, tais como materiais ou serviços que entram e saem de um processo, os respetivos tempos inerentes a cada uma das suas etapas ou até mesmo medições relacionadas. Esta ferramenta serve para ilustrar qualquer tipo de processo, quer seja de fabrico, administrativo ou mesmo planeamento de um projeto. Os fluxogramas são normalmente utilizados para documentar e analisar um processo de forma mais detalhada, possibilitando ter uma perceção visual quando se pretende explicar o seu funcionamento e se procura implementar melhorias. Este tipo de representação permite ter uma compreensão muito mais clara da sequência de procedimentos, facilitando assim identificar operações sem valor acrescentado. A construção de

um fluxograma é geralmente apresentada por uma sequência definida de símbolos, ligados por setas que dão vida a ordenação das etapas (ver Tabela 2).

Para criar um diagrama de fluxo é necessário começar por definir o seu início e o seu fim, passando-se depois por definir o nível de detalhe do processo que se pretende representar. O passo seguinte consiste na elaboração de uma representação ordenada de todas as atividades que têm lugar no processo. Por fim devem ser ligadas todas as atividades através de setas para que nenhuma fique desligada e para que se compreenda o fluxo, i.e., a sequência das operações ao longo do processo (Kiran, 2017a).

Tabela 2 - Lista Símbolos de Fluxograma

Símbolo	Descrição
	Atividade do Processo/ Operação
	Processo alternativo
	Decisão
	Dados de entrada ou de saída
	Início e Fim
	Documento
	Cartão
	Armazenamento de informação
	Sentido do fluxo

2.3. Metodologias *Lean*

Nos dias correntes, fruto das novas tecnologias e do desenvolvimento social, as pessoas estão mais instruídas e são mais perspicazes que nunca. Com as expectativas aumentadas pela publicidade e pelo marketing, os clientes conhecem bem as ofertas do mercado e em muitas das vezes a procura até os leva a esperar para conseguir melhores produtos ou serviços a um custo menor. A globalização e os avanços tecnológicos trouxeram às empresas igualdade em termos de acessibilidades, facto que alargou drasticamente o nível de exigência nas empresas, porque hoje mais do que nunca a fiabilidade, o nível de qualidade com uma boa relação de custo, são considerados como um dado adquirido. Empresas cujos negócios se consideram concorrentes tem as mesmas condições para poder contratar pessoas, para poderem comprar os mesmos materiais e até mesmo comprar as mesmas máquinas para implementar nos seus processos, contudo é inegável que os resultados dos seus negócios são sempre dependentes das suas metodologias e gestão. São os seus processos, os seus procedimentos, as suas políticas internas que juntamente com os projetos de melhoria contínua que ditam o sucesso do seu negócio (Sutari, 2015).

Entre empresas a luta pela sobrevivência, a pretensão de fazer subir cada vez mais a sua margem de lucro e a estratégia em prol da excelência operacional, passa sempre pela implementação de diferentes iniciativas de melhoria contínua, tais como as metodologias *Lean*. A filosofia *Lean* (*Lean Thinking*, *Lean Manufacturing* ou *Toyota Production System*) foi desenvolvida pelos japoneses em meados da década de 50, e é até hoje mundialmente utilizada quer por empresas do setor industrial, bem como das áreas ligadas a serviços (Leite & Vieira, 2015).

A metodologia japonesa assenta numa abordagem sistemática em prol da eliminação de baixos índices de qualidade e da redução de tempos através do melhoramento de processos, eliminando dessa forma atividades que não acrescentam valor, ou seja, atividades que o cliente não está disposto a pagar no ato de sua compra de um serviço ou produto (Sutari, 2015).

No contexto aplicativo, a metodologia é conhecida por seguir cinco princípios: identificar o cliente e especificar o valor, identificar e mapear o fluxo de valor, conformar o fluxo de valor (eliminando os desperdícios), responder a necessidade do cliente, e por último perseguir sempre a perfeição (Čiarnienė & Vienažindienė, 2012).

O termo “*Lean*” entra em inúmeros campos de ação e o seu significado estende-se entre diferentes ramos de atividades, podendo ser simultaneamente sinónimo de (Moore, 2007):

- ter um inventário reduzido, seja em forma de matéria-prima, em forma de material em curso de produção ou em forma de produto acabado;
- ter o mínimo de produtos não conformes ou sucata e o menor retrabalho possível;
- ter o mínimo de tempo desperdiçado quer por inatividade, quer por tempos de preparação ou por problemas de qualidade;
- gastar o mínimo em tempos de ciclo e em tempos de passagem entre processos;
- ter baixa variabilidade nos processos;
- ter o mínimo de custo associado por produto;
- ter um excelente desempenho no cumprimento dos prazos de entrega, na satisfação do cliente, em atingir lucros e em manter sempre o foco na melhoria contínua.

Quando se fala em metodologias de implementação de melhoria a denominação pode ser variada: TQM (*Total Quality Management*), *Six Sigma*, *Lean Sigma* ou *Operational Excellence*. Independentemente da metodologia é fundamental existir um entendimento claro, tanto das ferramentas ou técnicas propriamente ditas, bem como da adequação na sua utilização. Entre metodologias existem atualmente várias ferramentas que visam otimizar a produção, das quais merecem mais destaque pelo seu nível de utilização: o diagrama de causa-efeito, o sistema *Kanban*, o diagrama de árvore, o ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*), e a análise e diagrama de *Pareto* (Basu, 2008b).

2.3.1. Diagrama de causa-efeito

Também conhecido por diagrama *Ishikawa*, é uma das sete ferramentas básicas do TQM em que as suas apresentações de dados permitem de uma forma estruturada explorar a identificação de todas causas possíveis de um determinado efeito ou problema, criando uma visão integral e prevenindo assim que se continue a manifestar repetidamente.

Para elaborar um diagrama de causa-efeito, representado pela Figura 3, começa-se por anotar no centro direito de um quadro o efeito ou problema verificado. O passo seguinte consiste em desenhar uma caixa em torno da descrição e criar uma seta horizontal que se ligue ao centro da mesma. De seguida é necessário definir todas as categorias que hipoteticamente condigam com possíveis causas de maneira a ligá-las a seta horizontal em forma de ramos diagonais, orientados para o problema. As categorias devem ser apelidadas por títulos genéricos, industrialmente as mais utilizadas são conhecidas pelos 6M: método (processo), material (matéria-prima e respetivas especificações), máquina (tecnologia), medição (método de inspeção), mão-de-obra (aspecto físico e intelectual) e meio (ambiente envolvente). O passo seguinte consiste em ligar para cada uma das categorias definidas anteriormente uma lista de possíveis causas que possam ter criado o efeito ou problema, atendendo que as mesmas se podem repetir entre as diferentes categorias. Depois de ramificar as possíveis causas às categorias, pode ainda ser questionado o porquê sobre cada uma das causas, ligando-se as respetivas razões de cada causa, criando-se desta forma ramificações que mostram as relações causais (Kiran, 2017a).

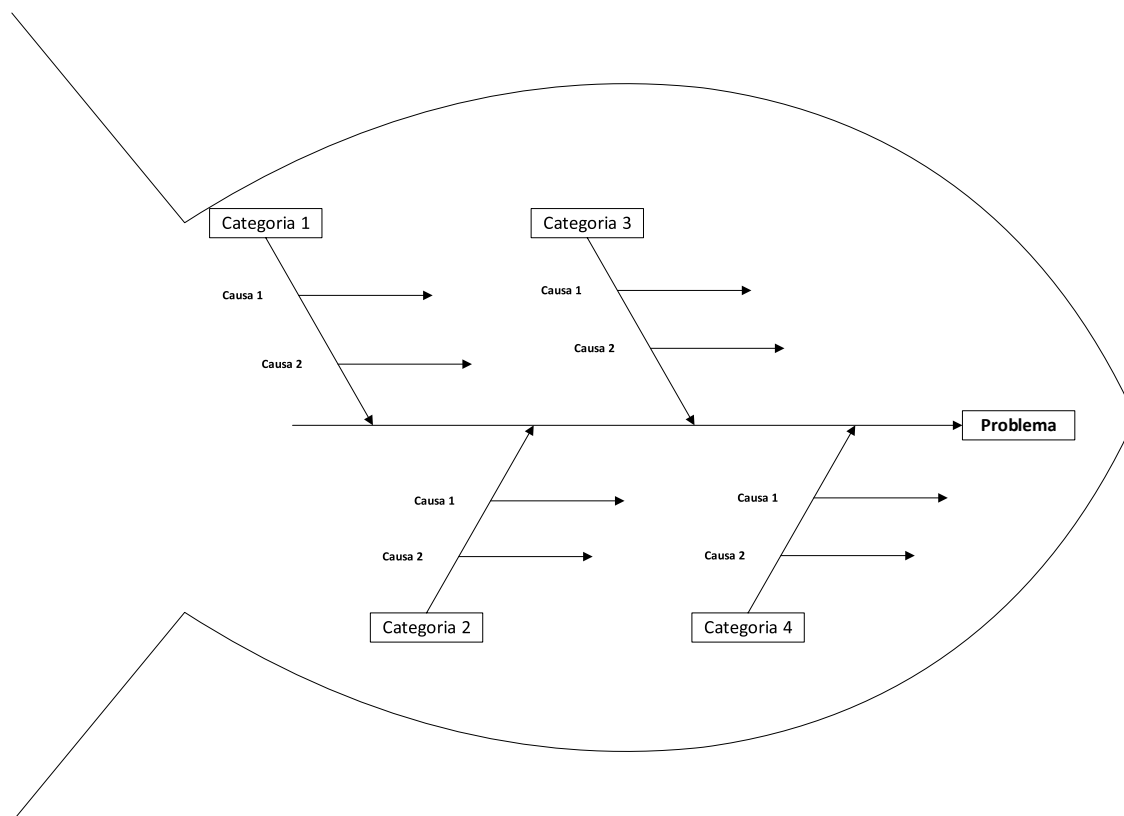


Figura 3 - Exemplo de diagrama de *Ishikawa*

2.3.2. Sistema produção híbridos Push/Pull (MRP/KANBAN)

Os termos *Push* que significa empurrar e *Pull*, puxar, são geralmente utilizados para caracterizar a lógica utilizada na gestão de fluxo de materiais, intitulados na literatura por sistemas de planeamento e controlo de processos de produção. Um sistema empurrado pode ser descrito como sistema vertical uma vez que as decisões de produção, assim dizendo, a disponibilidade dos produtos se baseia em previsões de procura, tornando-se imediatamente parte do planeamento para todas as fases de produção, procurando maximizar a utilização de equipamentos, dos postos de trabalho e empurrando o inventário para jusante de forma que o “processo cliente” esteja sempre abastecido. O sistema *Push* de fabrico tradicional predominantemente mais conhecido e utilizado é o *Manufacturing Resource Planning* ou *Material Requirements Planning* MRP, que consiste na calendarização da produção detalhada para cada peça, empurrando as peças programadas para a fase seguinte do processo, assumindo-as como necessárias. Esta característica permite ter quantidades consideráveis de inventário ao longo do processo, o que permite reduzir significativamente os prazos de entrega ao cliente, contudo, em contrapartida os excessos de *work-in-progress* (WIP) é muitas vezes suscetível a danificar e a desvalorizar, podendo traduzir-se dessa forma em consumo de capital impróprio (Cochran & Kaylani, 2008). O WIP engloba encomendas ou materiais cujos processos de produção estão à espera de serem terminados, que por sua vez já foram iniciados, mas que ainda estão incompletos e encomendas ou materiais completos que ainda se encontram em espera para serem movidos para a estação de trabalho jusante.

Um sistema puxado controla o fluxo de produção com base nas necessidades reais dos clientes, ou seja, procurando que cada posto de trabalho produza apenas o necessário para a próxima estação a jusante. Neste tipo de sistema cada estação pode ser vista de forma isolada em que a decisão de produzir é apenas despoletada quando a estação cliente retira um lote de produto acabado, gerando assim sinal de que é necessário repor. Muitas vezes esse sinal é representado por um cartão que é conhecido na literatura por *Kanban*. Concebido na metodologia *Lean*, o sistema de *Kanban* é o mais implementado para puxar peças entre fases de trabalho, mostrando-se muito eficaz na redução de *WIP* e em destacar problemas nos sistemas de produção. (Huang et al., 2014).

Por outro lado, não é um sistema cujo funcionamento se adeque em negócios com grande variação de procura, revelando-se muito pouco competitivo com tempos de resposta mais lentos o que poderá também provocar custos penalização por atraso (Ghrayeb et al., 2009).

Em suma tanto o sistema *Push* como o sistema *Pull* revelam aspetos positivos e negativos, o que faz com muitas vezes nem um ou nem outro se adeque de uma forma transversal nas organizações. Com a complexidade e exigência dos mercados são cada vez mais as empresas que procuram a integração de ambos os sistemas de forma a potenciar as vantagens de ambas as situações. Na literatura estes tipos de sistemas são designados por sistemas híbridos push/pull. Um exemplo é quando a matéria-prima é transformada em produtos semiacabados que são comuns a diversos produtos finais cujas encomendas são despoletadas por encomendas de clientes. Por outras palavras, nas primeiras operações a montante o fluxo destes materiais é gerido pelo sistema empurrado enquanto nas operações a jusante o fluxo de materiais é controlado pelo sistema puxado (Cochran & Kaylani, 2008). Este método permite que o sistema de controlo de produção mantenha um inventário mais baixo e ao mesmo tempo manter um bom nível de serviço.

2.3.3. Sistema Kanban

O *Kanban* funciona como um sistema de comunicação que integra todos os processos do chão de fábrica, ligando a procura do cliente a todo o fluxo de valor. Embora a produção seja uma série de processos que em sistemas *Push* são controlados pelo *MRP* relacionando-se verticalmente com o plano de produção, o sistema *Kanban* funciona como uma ordem de produção que segue as mercadorias e indica o que deve ser retirado em material desde o processo mais a jusante, saída direta para o cliente, até ao processo mais a montante de toda a sequência de produção, relacionando assim horizontalmente todos os centros de trabalho. Assim que um cliente encomenda um produto, uma ordem de trabalho é enviada para o processo de montagem, que por sua vez encomenda peças nos centros de conceção das mesmas, onde a partir da retirada das peças são pedidos novos materiais no fornecedor a montante, procedendo-se esta lógica em diante, lógica essa que é inversa no sistema *Push* que começa na aquisição de peças e se desloca para jusante. Num sistema *Pull* com *Kanban* o processo a jusante puxa do processo a montante apenas os materiais necessários nas quantidades necessárias e no momento necessário (ver Figura 4). Os materiais retirados dependem da fase do processo em que se encontram, podendo ser matéria-prima, partes, componentes ou subconjuntos e produto acabado. O chão de fábrica será sincronizado com o cliente onde só o processo mais a jusante precisa de saber sobre alterações de produção e quantidades, a restante produção responderá automaticamente a alterações à medida que os *Kanban* chegam a cada processo. Desta forma o *Kanban* é o sistema de sinalização que criará o ritmo no chão de fábrica, o ritmo da procura (*takt time*) do cliente.

Em termos funcionais para além de ordem de trabalho o sistema também permite eliminar a sobreprodução, uma vez que a produção só acontece quando sinalizada pelo processo a jusante e na quantidade requerida, e reforçar o chão de fábrica, promovendo a melhoria contínua com a eliminação de inventário em excesso, que por sua vez esconde problemas, e serve também como ferramenta de gestão visual, através da sua permanência junto das mercadorias até que o produto esteja concluído (Productivity Press Development Team, 2002).

No sentido literal da palavra *Kanban* traduz-se do japonês como cartão ou sinal, cartão ou sinal que é anexado ao inventário em processo. Existem dois tipos de *Kanbans* que também se derivam individualmente, os *Kanbans* de transporte e os *Kanbans* de produção. O primeiro tipo de *Kanban*, os *Kanbans* de transporte indicam quando as peças devem ser deslocadas entre processos, para além de identificar a peça e a quantidade os *Kanbans* de transporte também mostram de onde a peça vem e para onde ela vai. Entre este tipo de *Kanban* existem duas subcategorias, os *Kanbans* de fornecedor, que são os *Kanbans* que se alargam até aos fornecedores externos, e os *Kanbans in-factory* que são os utilizados entre os processos na fábrica que podem tomar o formato de uma caixa ou carrinho para facilitar o transporte de peças maiores. Os *Kanbans* de produção caracterizam-se por indicar instruções para operação. Entre os *Kanbans* de produção existem os de ordem de produção e os de sinal. Um *Kanban* de ordem de produção identifica o item a ser produzido e em que quantidade, neste âmbito servem para dar ordem a produzir as peças que foram retiradas, sendo utilizados em processos rotineiros que não requerem alterações. Os *Kanbans* de sinal são utilizados em casos onde é necessário mudar de processo numa determinada estação, quando é necessária uma troca na sequência de produção (Geha & Notarangelo, 2010):

Um cartão de *Kanban* inclui diversas informações, tais como (Monden, 1994):

1. o número de identificação do material.
2. a descrição com um desenho ou fotografia,
3. o processo de onde veio,
4. o processo para onde vai,
5. a quantidade do material.

Os cartões são ainda guardados em mangas de plástico de forma a estarem protegidos de sujidades e danos. Um cartão pode representar vários produtos num recipiente, bem como também pode corresponder a vários recipientes no caso de serem relativos a uma única ordem de produção. Os recipientes também podem ser de diversos tipos, tais como: paletes, caixas de diversos tamanhos, trays, carrinhos, ou até mesmo vagões de comboios logísticos. A sua utilização e implementação requer o cumprimento de regras permitindo que o seu funcionamento não seja comprometido. Para o seu correto funcionamento são 6 as regras que devem ser consideradas (Productivity Press Development Team, 2002):

1. Os processos a jusante é que puxam peças do processo montante e não vice-versa. Esta regra elimina os excessos de stock na medida em que transforma a ideia de fornecer em retirar. Assim só serão retiradas as quantidades que o *Kanban* indicar, assegurando que só será feito o que será vendido;
2. Os processos a montante produzem apenas a quantidade do produto que foi retirado pelo processo jusante e na sequência de *Kanbans* recebidos, evitando-se assim sobreprodução;

3. Apenas são transferidos produtos isentos de defeitos;
4. Os processos devem ser balanceados, a carga de trabalho deve ser uniformemente distribuída de forma que todos os equipamentos e trabalhadores possam estar prontos para produzir no momento e na quantidade necessária;
5. Os *Kanbans* têm de acompanhar sempre as peças de forma a certificar a necessidade das peças e assegurar o controlo visual;
6. Após implementado o sistema de *Kanbans*, o número de *Kanbans* deve ser diminuído gradualmente ao longo do tempo. Uma redução da quantidade de inventário no sistema de produção irá descobrir problemas escondidos pelos excessos de stock, despoletando dessa forma a melhoria contínua.

Relativamente à quantidade de *Kanbans* que deve ser utilizada, esta depende de alguns fatores. Para calcular o número de *Kanbans* pela Equação 1, é primeiro necessário compreender se os processos são operações padrão e repetidas. Adicionalmente, é necessário conhecer as necessidades (ver Equação 2), o número de contentores e a sua capacidade, o prazo de entrega, as margens de segurança e o tempo de transporte. No contexto de processos repetidos devem ser utilizadas as seguintes fórmulas de cálculo (Mukhopadhyay & Shanker, 2005):

$$N^{\circ} \text{ de Kanbans} = \frac{\text{Necessidade diária} \times (\text{tempo de passagem} + \text{margem de segurança})}{\text{Capacidade de contentor}}$$

Equação 1

$$\text{Necessidade diária} = \frac{\text{Necessidade mensal}}{\text{Dias úteis mensais}}$$

Equação 2

Legenda da equação:

- Tempo de passagem = Tempo de passagem de fabrico (tempo de processo + tempo de retenção) + tempo de reposição de *Kanban*.
- Margem de segurança: zero ou o menor número de dias possível.
- Capacidade do contentor: manter conteúdo dos contentores reduzidos, em vez disso aumentar o número de entregas.

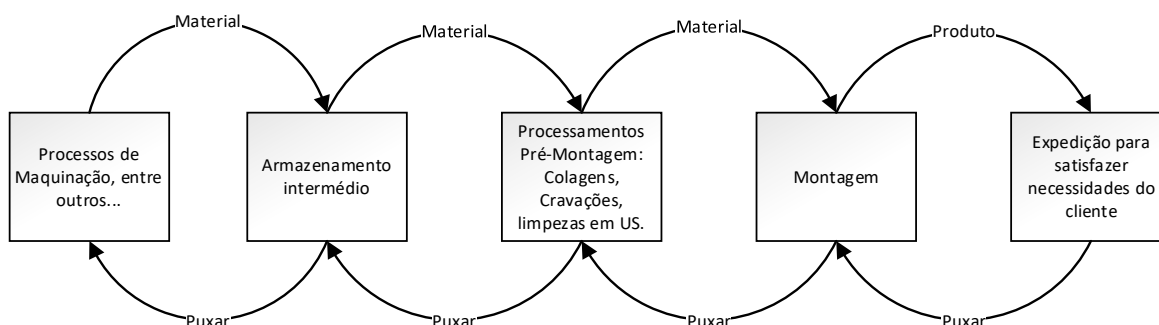


Figura 4 - Ilustração de exemplo de sistema Kanban, Sistema de Produção Puxado

2.3.4. Milk-run

Existem diversas formas de organizar movimentos logísticos, no entanto no momento de idealizar a sua conceção a mais forte das diretrizes aponta para a maximização da redução dos seus custos. Os sistemas conhecidos como Milk-run tiveram origem nos sistemas tradicionais de venda de leite, em que o distribuidor, com uma rota pré-definida, passava a porta dos seus clientes abastecendo-os de garrafas cheias e recolhendo as garrafas vazias. Este tipo de sistemas é preferencialmente utilizado em sistemas de produção *Lean* e assenta na ideia de que apenas o material que foi consumido é que é reabastecido. Assim, com um tamanho de lote definido este tipo de sistemas pode ser controlado através da utilização de cartões de *Kanban*. Na indústria automóvel este tipo de sistemas é maioritariamente operacionalizado por um comboio logístico, contudo em indústrias de manufatura de menor dimensão trata-se apenas de um carrinho manual que transporta o material necessitado da zona de inventário até a zona de consumo, executando um determinado itinerário por forma a abastecer diversas estações de trabalho dentro do mesmo período. Este tipo de sistemas permite assim reduzir tempos de transporte, tempos de espera e numa segunda instância excessos de inventário que possam existir para colmatar atrasos, revelando-se um forte contributo para tornar toda a gestão de abastecimentos mais eficientes (Gotthardt et al., 2019).

2.4. Diagrama de árvore

Também apelidado como diagrama de hierarquia, o diagrama de árvore (ver Figura 5) é uma ferramenta genérica que pode ser adaptada para uma ampla variedade de propósitos. Este diagrama caracteriza-se por começar com a representação de um determinado item que por sua vez se ramifica em dois ou mais, e assim sucessivamente criando-se ramificações hierárquicas de artigos. Desta forma este tipo de representação é utilizado para dividir categorias mais amplas em níveis mais detalhados, possibilitando assim desenvolver um pensamento que vai das generalidades até as suas especificidades (De Oliveira & Hu, 2018). Trata-se de um diagrama que é utilizado frequentemente para representar estruturas de produtos conhecidas em literatura por BOM (*Bill of materials*).

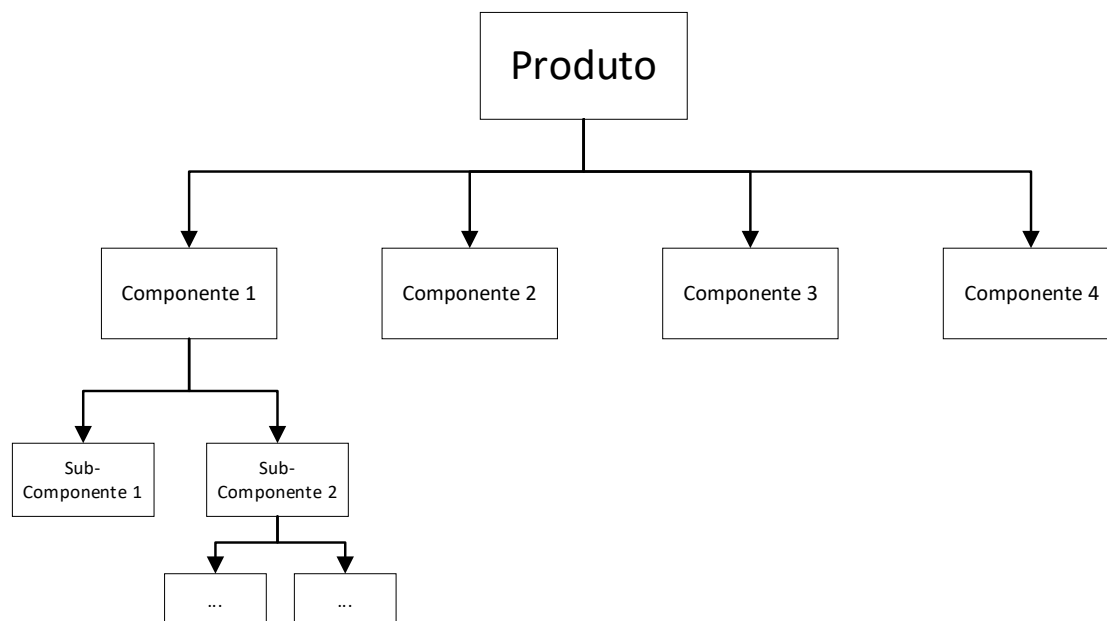


Figura 5 - Exemplo de árvore de produto

2.5. DMAIC

Ainda com base na análise feita ao fluxo de valor da linha de montagem da máquina *M*, conhecendo-se os principais potenciais pontos de melhoria, um exemplo de ferramenta *Lean* que poderá ser utilizada em prol da otimização, é o ciclo DMAIC apresentado na Figura 6. DMAIC é um acrônimo para as cinco fases interligadas de uma abordagem *Six Sigma* orientada para melhorar processos. Esta metodologia foi introduzida em 1980 pela Motorola com o intuito de seguir o ciclo de vida completo de determinado projeto. DMAIC, explicado de forma mais detalhada pela Tabela 3, significa definir corretamente o âmbito do processo, medir as suas características chaves, analisar e identificar as causas dos seus processos, implementar as otimizações e controlar a sustentabilidade do seu ganho (Basu, 2008a).

Tabela 3 - Descrição das etapas do ciclo DMAIC (Kiran, 2017b)

Definir	De forma mais descritiva a etapa de definir consiste na identificação e definição dos problemas, identificar os clientes e conhecer os seus requisitos de qualidade, definir os métodos a utilizar para recolher dados e definir os objetivos a alcançar com respetivo tempo limite.
Medir	A medição consiste na avaliação do desempenho do processo, que através de coleção de todos os dados relevantes irá servir de base para comparar com os resultados sortidos após as implementações, conseguindo-se assim objetivamente verificar a existência ou não de melhorias. Nesta fase é importante definir as métricas e os métodos adequados para recolher os dados. A obtenção de dados relevantes e substanciais é a base para o bom funcionamento da ferramenta. É neste ponto que são utilizadas técnicas como SIPOC, para compreender com mais detalhe o processo, e técnicas de

	recolha de dados, como por exemplo MSA, para assim verificar o nível de qualidade que o processo aufere.
Analisar	O objetivo desta etapa é identificar a causa, ou as causas, raiz do problema e selecionar o método para a sua eliminação. Nesta fase são identificadas várias potenciais causas através da utilização de métodos que o possibilitam, como por exemplo a análise de causa-efeito conhecido na literatura por diagrama de <i>Ishikawa</i> .
Implementar	Depois do desenvolvimento das soluções, o passo seguinte é implementar. O objetivo desta etapa consiste em identificar soluções parciais ou integrais para a resolução de um problema. Este passo é o que exige mais criatividade, e onde são experimentadas soluções de teste com auxílio a utilização do ciclo PDCA (<i>Plan Do Check Act</i>) e de ferramentas como a FMEA (Análise Modal de Falhas e Efeitos), que serve para evitar riscos que não são previstos nas soluções inicialmente apresentadas.
Controlar	É nesta fase que os dados serão comparados com a base adquirida na medição, conseguindo-se assim quantificar as melhorias implementadas. Neste passo o principal objetivo é monitorizar as melhorias e tomar as respetivas ações de forma a garantir a continuidade sustentável dos ganhos implementados.

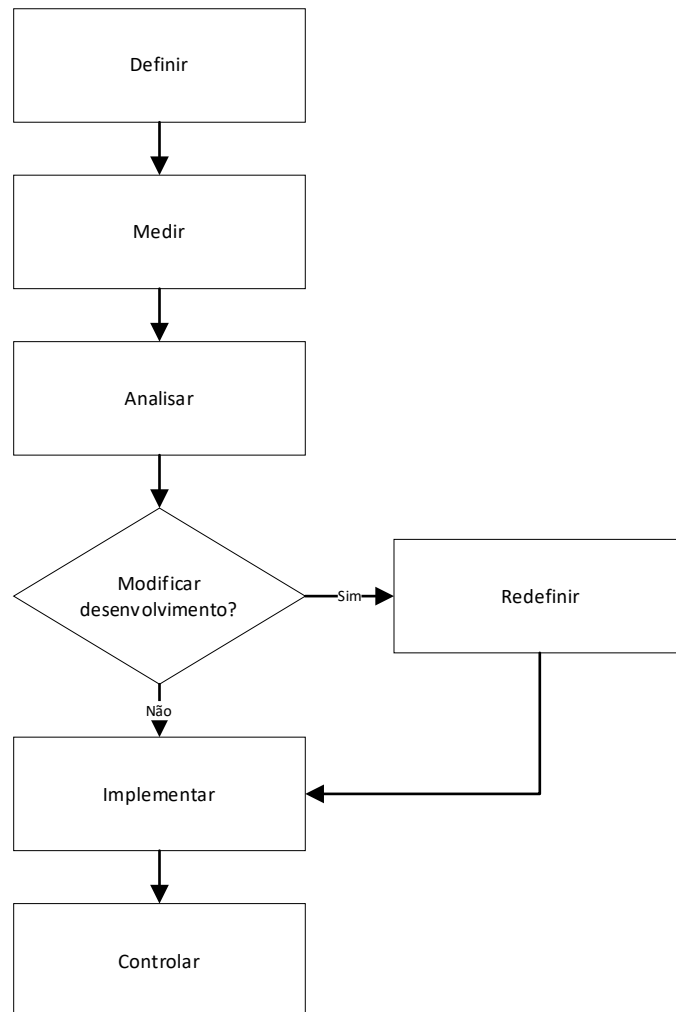


Figura 6 - Ciclo DMAIC

2.6. Diagrama de Pareto

A análise de Pareto consiste numa técnica estatística muito utilizada para tomadas de decisão. Baseada na identificação dos 20% das principais causas que devem ser trabalhadas para resolver 80% dos problemas, este princípio permite assim identificar qual dos produtos ou processos é que falham com mais frequência, dirigindo dessa forma um esforço muito mais direcionado. Esta ferramenta é usada em diversos setores, desde em análise de risco, em investigações sobre causas raiz, em análise de custos, na gestão da qualidade, na gestão de cadeias de abastecimento ou na simples definição de prioridades de trabalho.

Normalmente, este diagrama é representado por um gráfico de barras verticais, em que os dados se encontram organizados por ordem do que é mais significativo à esquerda até ao menos significativo à direita ao longo do eixo das abcissas (ver Figura 7).

Para criar um diagrama de Pareto é primeiro necessário começar por definir a sua finalidade, ou seja, decidir sobre as categorias em que os dados se irão agrupar. O passo seguinte consiste na escolha da unidade de medida que se pretende utilizar, que deve apropriar-se aos dados que se pretende estudar. Entre as mais utilizadas destacam-se: frequência, custo e tempo. Por conseguinte deve ser decidido o período que o gráfico deverá incluir para posteriormente iniciar o agrupamento

dos dados em valores viáveis. Uma vez separados os dados, é necessário calcular o subtotal das medidas para cada categoria, para que de seguida se defina a escala com base nos valores máximos e mínimos. O passo seguinte consiste em construir e etiquetar as barras, ordenando-as da categoria de valor mais alto para a de valor mais baixo, da esquerda para a direita. No caso de haver muitas categorias de medidas pequenas, estas devem ser agrupadas numa categoria apelidada por “Outros”. A etapa seguinte consiste no cálculo da percentagem relativa de cada categoria, que por sua vez será balizada pela construção de um eixo vertical direito com etiqueta em percentagem. A escala do eixo direito deve coincidir com o esquerdo. Por conseguinte devem ser calculadas as somas percentuais acumulativas de todas as categorias, adicionando-se os subtotais sucessivamente da maior até a menor, até que o último obtenha os 100%. Por fim deve ser desenhada uma linha em 80% que serve para separar as causas mais importantes à esquerda do cruzamento das menos importantes à sua direita (Kiran, 2017a).

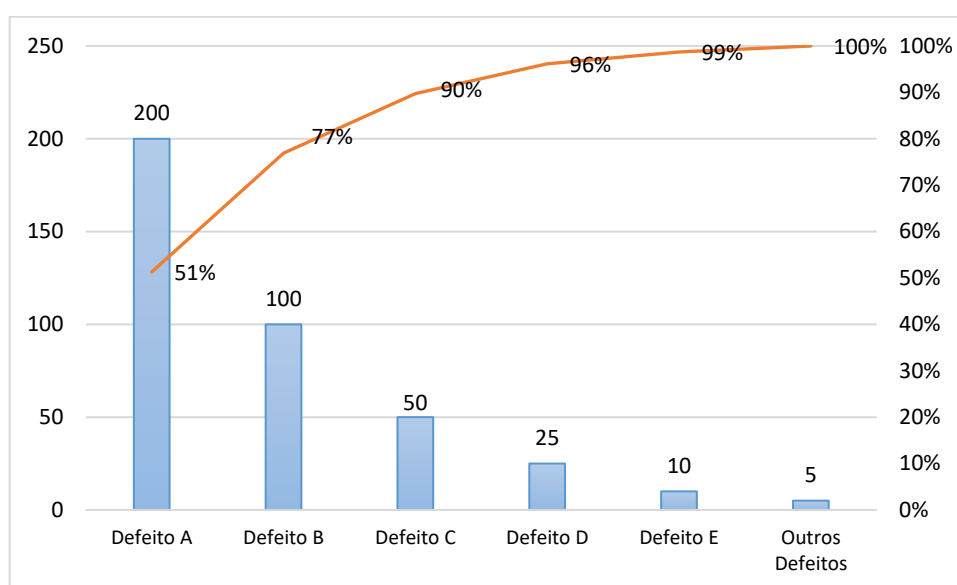


Figura 7 - Exemplo de Diagrama de Pareto (Frequência e Percentagem Acumulada)

3. ANÁLISE E MELHORIA DE UM PROCESSO DE MONTAGEM

Este capítulo incide essencialmente no estudo dos processos de montagem do produto “*máquina fotográfica M digital*” que em determinadas fases do seu processo de montagem revela uma maior falta de eficácia, causando assim perturbações no fluxo normal da produção. Este modelo de camera conta no seu portefólio com sete variantes padrão e setes variantes especiais que também foram tidas em conta na análise conseguinte. É de salientar que a análise sobre as constatações tomou início no quarto trimestre de 2019 e prolongou-se até ao terceiro trimestre de 2022. A primeira secção deste capítulo serve de contextualização para cada um dos problemas encontrados, sendo constituído pelos fluxogramas de cada processo anómalo e pela representação gráfica de cada nível da estrutura do produto onde se constata o problema. O segundo subcapítulo encontra-se subdividido em cada um dos problemas encontrados, apresentando-se para cada caso uma descrição detalhada e uma fundamentação qualitativa e quantitativa. O terceiro e último subcapítulo consiste na apresentação de propostas de soluções para cada problema encontrado.

3.1. Análise e Mapeamento dos processos de montagem em estudo

De forma introdutória encontra-se na Figura 8 a apresentação dos 4 grandes subcomponentes da máquina fotográfica “*Leica M Digital Estado final Portugal*”: a tampa de baixo, a tampa de trás, o “chapéu” e o corpo principal.

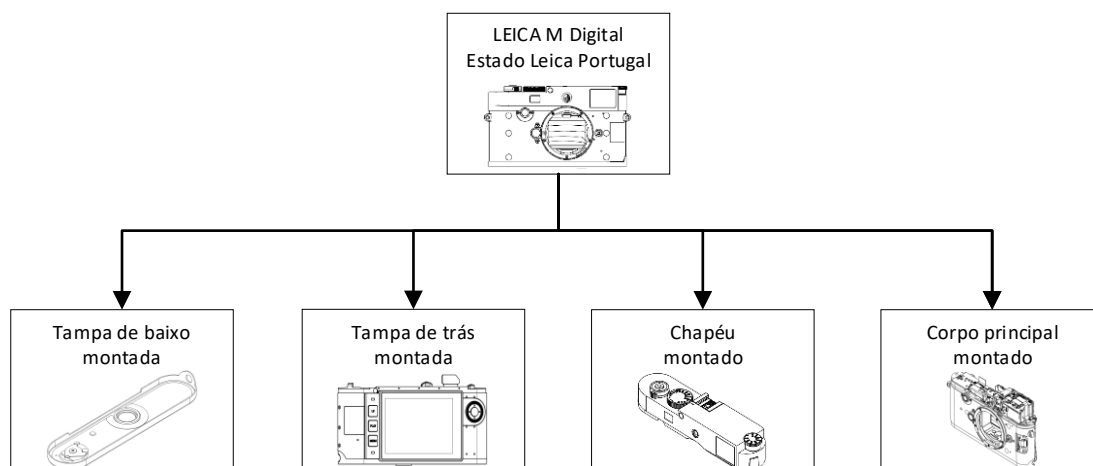


Figura 8 - 1º e 2º nível da estrutura técnica de componentes do produto Leica M digital

Dos 4 subcomponentes apresentados encontram-se de seguida, de forma mais detalhada, aqueles cujos processos e subprocessos foram analisados e trabalhados no âmbito deste projeto, a tampa de trás montada e corpo principal montado.

3.1.1. Processo de montagem da tampa de trás, *Rückschale montiert*

Entre as peças exibidas pela Figura 9, onde apenas se apresentam as peças da tampa de trás montada com maior valor, é importante destacar a série de teclas e botão de cruz que é um dos subconjuntos cuja análise de problema se apresenta no próximo subcapítulo deste trabalho.

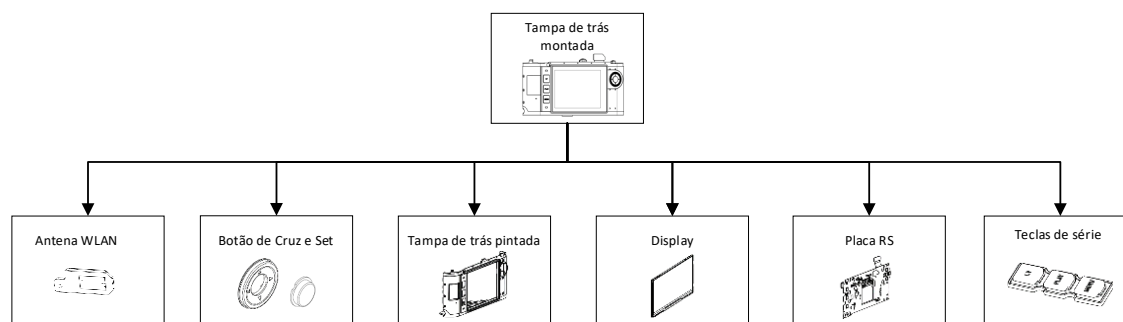


Figura 9 - Componentes da tampa de trás - 2º e 3º nível da estrutura técnica do produto

Na Figura 10 encontra-se parcialmente representado o fluxograma de montagem da tampa de trás, evidenciando-se a fase de montagem da série de teclas, do botão direcional/cruz, e a fase em que sua função é verificada.

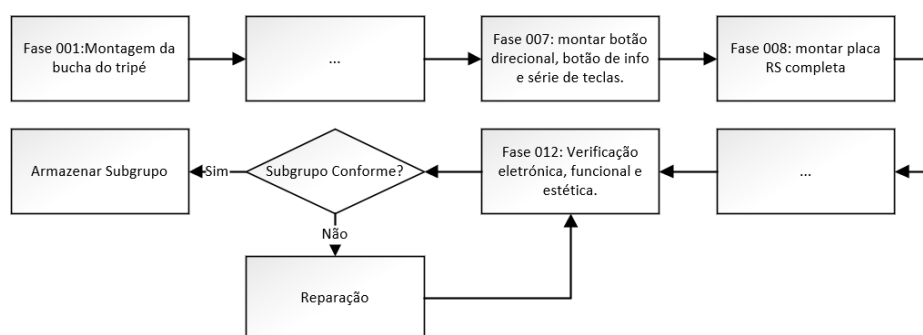


Figura 10 - Fluxograma do processo de montagem da tampa de trás, Rückschale montiert

De forma a pormenorizar o conjunto de teclas referido anteriormente, segue-se a sua composição representada pela Figura 11 e 12 o respetivo fluxograma do processo de montagem.

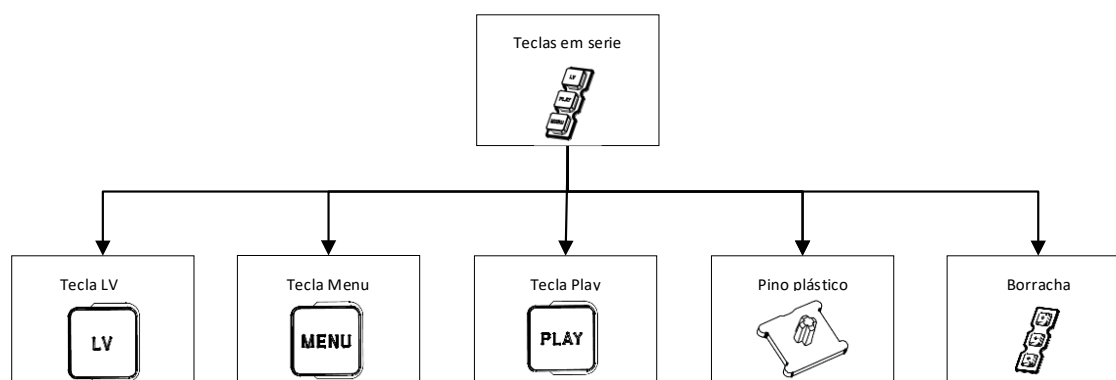


Figura 11 - Componentes da série de teclas - 3º e 4º nível da estrutura técnica do produto

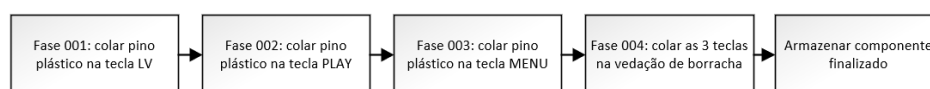


Figura 12 - Fluxograma do processo de montagem da série de teclas, Reihentaste

O mesmo tipo de representação segue-se ilustrado pelas Figura 13 e 14 relativamente ao botão set e botão direcional, i.e., apelidado pelo “botão de cruz”.

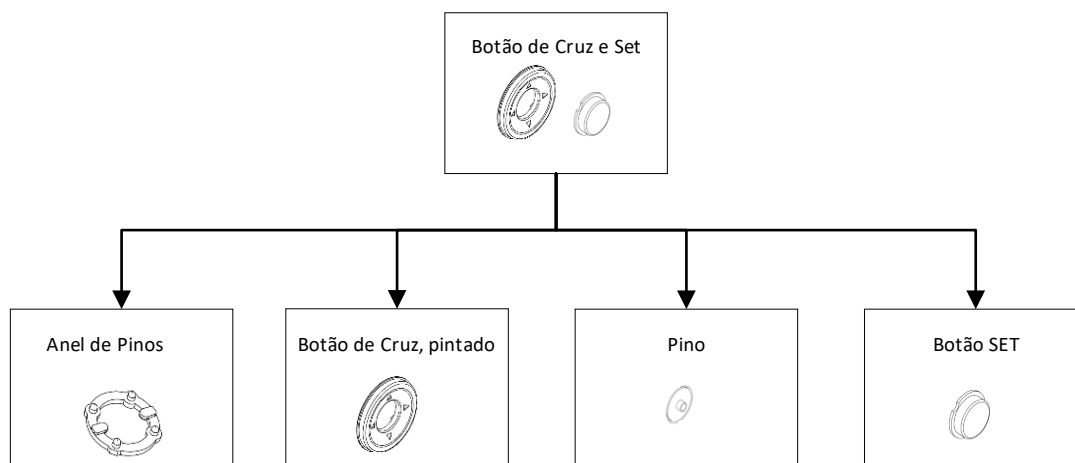


Figura 13 - Componentes do botão direcional e de set - 3º e 4º nível da estrutura técnica do produto

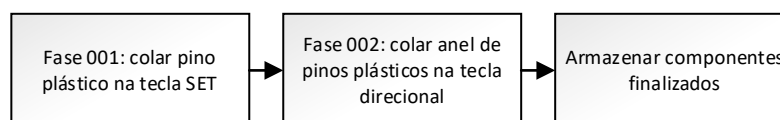


Figura 14 - Fluxograma do processo de montagem do Botão direcional e SET

3.1.2. Processo de montagem do corpo principal, *Hauptkörper montiert*

O corpo principal é, entre os quatro principais, o componente que tem maior valor acrescentado. Na Figura 15 encontram-se os componentes que merecem maior destaque: o exemplo do pino de destravamento, placa *RHS*, placa *BJ* e os subconjuntos *E-Messer* com a lente negativa, a máscara e o aro da baioneta, que à semelhança da série de teclas, também serão abordadas nos próximos subcapítulos.

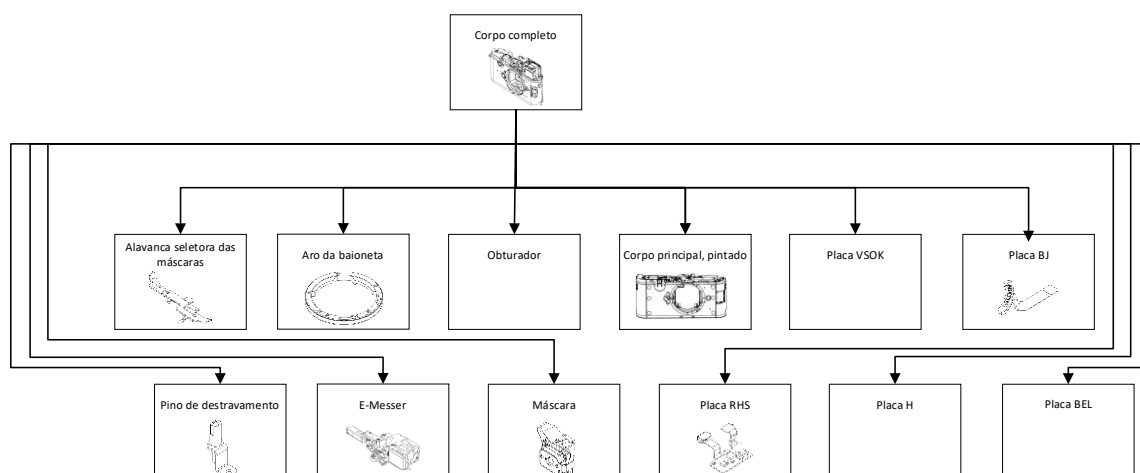


Figura 15 - Componentes do corpo principal - 2º e 3º nível da estrutura técnica do produto

Posto isso, segue-se na Figura 16 a apresentação parcial do fluxograma do processo de montagem do corpo principal, realçando-se a fase de montagem da placa *BJ*, do subconjunto aro da baioneta, da placa *RHS* e do subconjunto do *E-Messer* mais a respetiva ajustagem.

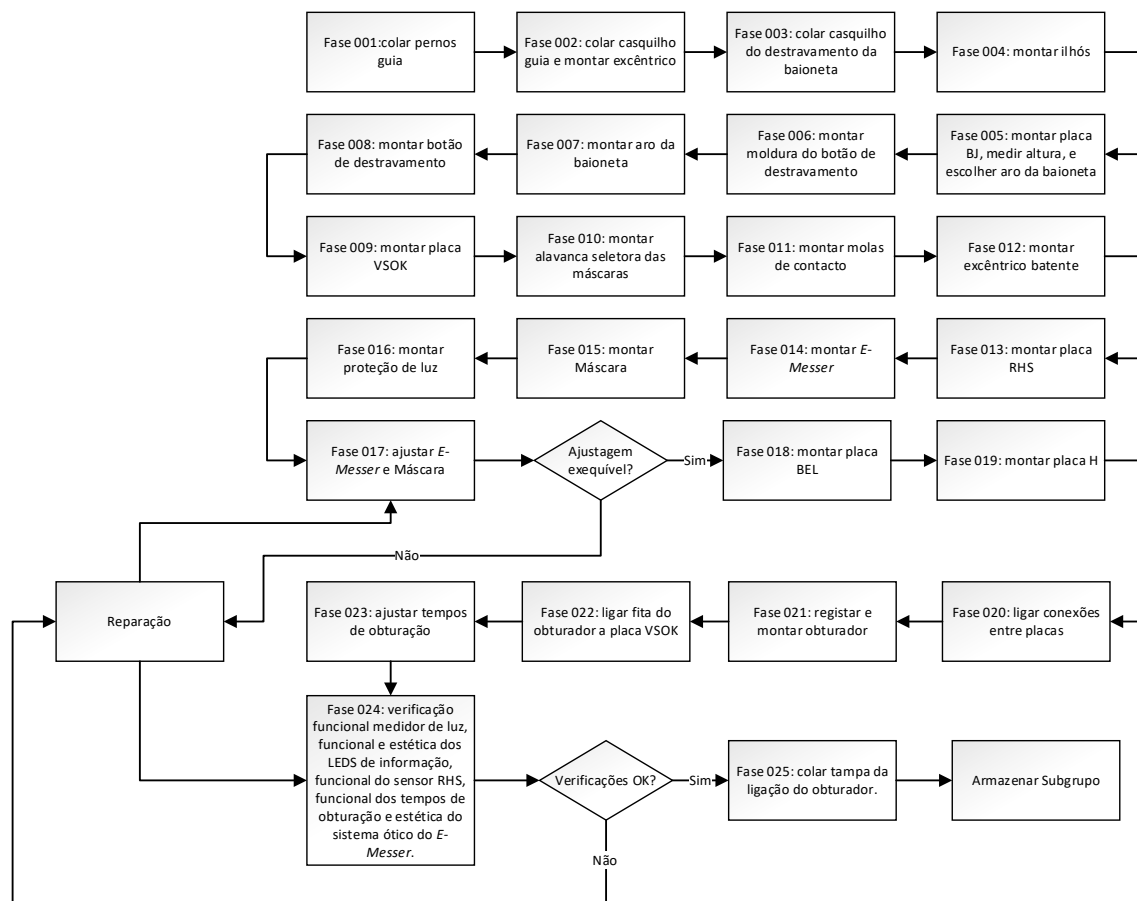


Figura 16 - Fluxograma de montagem do corpo principal, *Hauptkörper montiert*

Entre as Figuras 17 e 18, segue-se a estrutura de componentes do aro da baioneta e o respetivo fluxograma do processo de montagem.

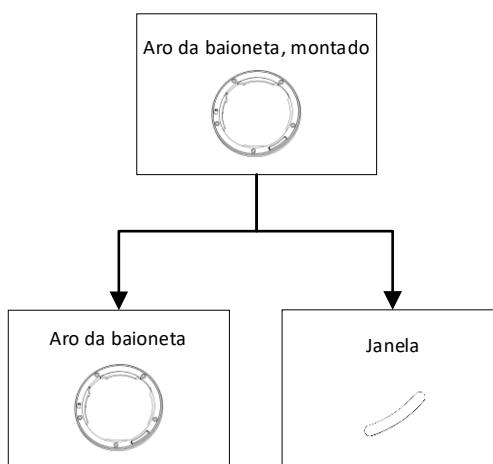


Figura 17 - Componentes do aro da baioneta - 3º e 4º nível da estrutura técnica do produto

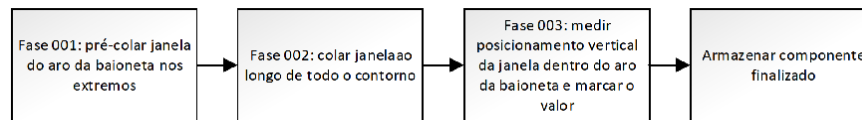


Figura 18 - Fluxograma do processo de montagem do aro da baioneta, *Bajonettring montiert*

Na Figura 19 encontra-se representado a estrutura de alguns dos componentes do *E-Messer* bem como na Figura 20 o seu respetivo fluxograma de montagem.

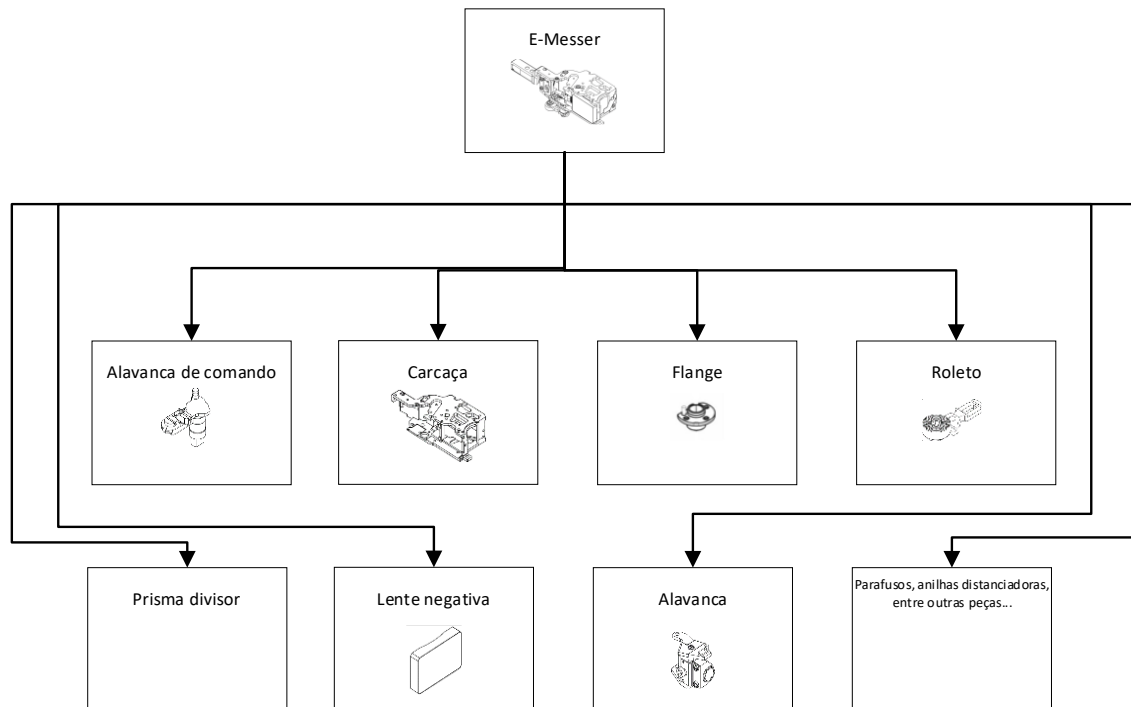


Figura 19 - Componentes do E-Messer - 3º e 4º nível da estrutura do produto

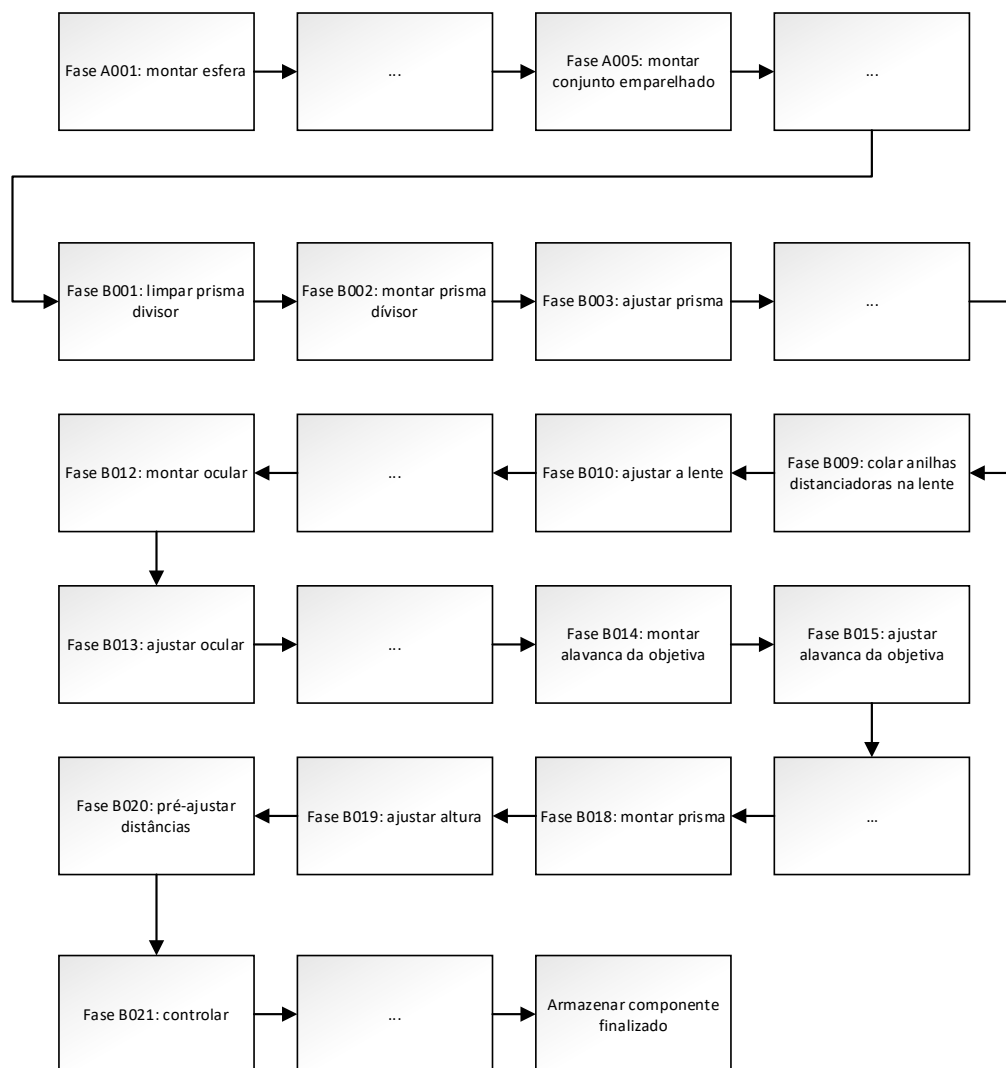


Figura 20 - Fluxograma do processo de montagem do E-Messer

3.2. Identificação dos problemas

Depois da contextualização através de apresentação de alguns dos processos e subprocessos de montagem do produto Camera M Digital passou-se então à identificação, descrição e fundamentação dos seis problemas cujo impacto perturbou o fluxo convencional de montagem da linha M Digital (ver Tabela 4). A escolha destes problemas baseou-se na indisponibilidade de determinados materiais e da falta de eficácia dos processos em que surgiram, pelo nível de rejeição despoletado e pelo tempo de retrabalho associado.

Tabela 4 - Identificação e descrição dos problemas

Processo	Descrição	Problemas
Gestão da produção	Planeamento da produção	Falha na disponibilidade atempada de materiais na linha de produção.
Construção e Industrialização	Design de ferramentas auxiliares a produção	Defeito de produção - Janela do Aro da baioneta partida.
		Defeito de produção - Movimento dos botões LV, Play e Menu incorretos.
		Defeito de produção - Movimento do botão direcional inconstante nas quatro direções.
	Design e industrialização do produto	Defeito de produção - falha do sensor responsável pela leitura das distâncias da placa RHS.
		Defeito de produção - E-Messer não ajustável nas distâncias, com excesso de contra folga e colisão entre o caixa de luz da máscara e a alavanca de comando do E-Messer.

3.2.1. Falha na disponibilidade atempada de materiais na linha de produção

A falta atempada de determinados materiais na linha de montagem é um incidente que acontece com alguma frequência da linha de montagem da máquina M digital. Atendendo que a linha de montagem trabalha a um determinado ritmo diário de produção (*Takt*), assumindo que seja com os tempos de passagem (*Lead time*) para cada item bem dimensionados, com um correto escalonamento do plano de produção e com os pontos de reabastecimento das encomendas para cada componente necessário bem definidos, não seria teoricamente espetável existir tal problema. A questão que se põe, é que com a disponibilidade de capacidade humana este tipo de falhas se pode refletir no comprometimento da produtividade, sinónimo de ineficiência, e no pior dos cenários na falha do cumprimento do plano de produção. Quanto à origem das peças, trata-se normalmente de material de fabrico interno, cuja indisponibilidade por muitas vezes é reflexo de problemas técnicos na produção dos artigos, e que por sua vez provocam o efeito de “bola de neve” nas fases posteriores da cadeia de produção, como por exemplo em falta de capacidade de mão-de-obra para recuperar esses atrasos. A falta de disponibilidade de material consiste maioritariamente em peças que compõe os subcomponentes de três dos quatro grandes grupos que compõe a Camera fotográfica M Digital como produto final LCP, ou seja, o corpo principal, a tampa de trás e o chapéu componentes que se encontram representados na Figura 8. Entre diversas peças que iniciam o seu fluxo de material a partir da entrada de mercadorias, e se transformam entre os diversos centros de trabalho das três grandes secções, o corpo principal pintado (ver Figura 15), o pino de destravamento (Figura 21), e a tampa de trás pintada (ver Figura 9) são exemplos de peças que tem um tempo de fabricação interno muito longo, e que podem passar por centros como o de maquinaria, polimento, pintura ou pré-montagem. Casos como estes em que um atraso numa das primeiras fases de processamento despoleta de forma imediata um efeito em cascata ao longo das fases seguintes, obriga em muitos casos a um replaneamento de forma que seja possível

recuperar o máximo tempo perdido possível, sem prejudicar o planeamento das necessidades de outro componente e sem que haja sobreposição de tarefas.

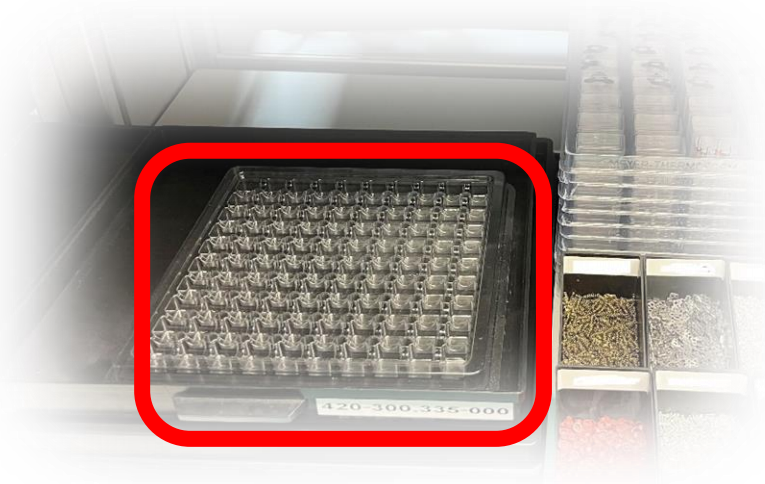


Figura 21 - Indisponibilidade do pino de destravamento da baioneta contido no corpo principal (Figura 15)

3.2.2. Defeito de produção - Janela do aro da baioneta partida

O problema constatado consistiu no aparecimento de diversas unidades do corpo principal em curso de produção de montagem com a janela da baioneta partida (Figura 22). A janela da baioneta serve para proteger a placa *BJ* cuja função é fazer o reconhecimento do tipo de objetiva quando acoplada ao corpo da camera fotográfica (ver apêndice A). Este defeito chegou a atingir uma quantidade de 131 unidades em *Leica Wetzlar*, o equivalente a 24% da rejeição do corpo principal no último trimestre de 2019 tal como pode ser visualizado pela Figura 23 (ver apêndice B).



Figura 22 - Janela do aro da baioneta partida

Sem apurar atrasos na produção, entre retrabalho e material sucata, este defeito representou um prejuízo de 3190€ (ver Apêndice C).

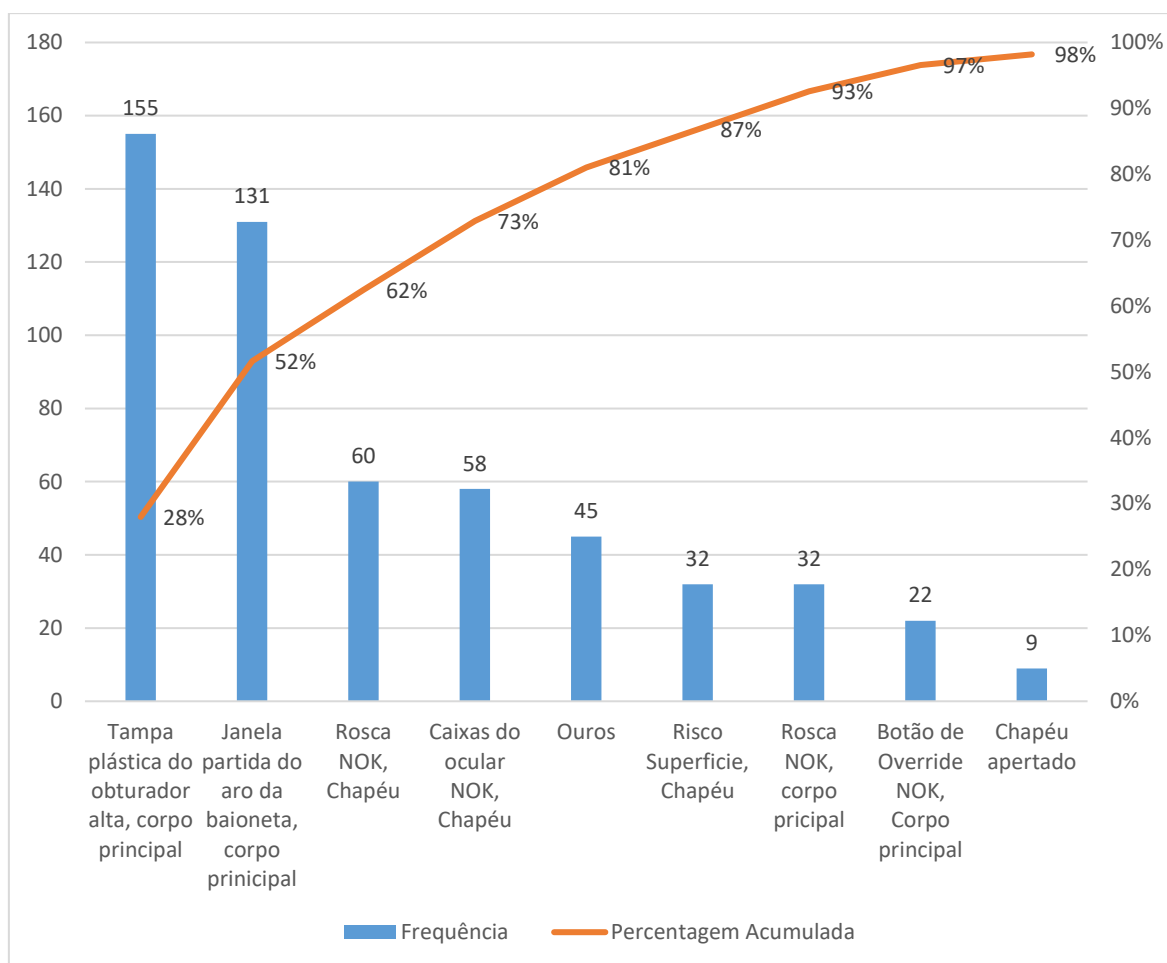


Figura 23 - Top 10 defeitos Leica M Digital na inspeção LCW 4º Trimestre 2019

A colagem desta janela ocorre nas fases 001 e 002 durante o processo de montagem da baioneta ilustrado pelo fluxograma da Figura 18, onde para além da colagem propriamente dita, se executa também uma medição do posicionamento vertical da janela dentro da caixa da baioneta, volume que serve para acomodar a placa *BJ*. A medição é feita com auxílio a uma ferramenta, que é composta por uma base e por um comparador (Figura 24, esquerda). Uma vez obtido o posicionamento da janela, é anotada a medida, na ordem das milésimas de mm, no lado interior da peça. No corpo principal a montagem da baioneta sucede-se na fase 007, depois do ajuste em altura da placa *BJ* (Figura 16). O ajuste vertical da placa *BJ* é feito com anilhas na ordem das centésimas de mm, e tal como na baioneta com o auxílio de uma ferramenta de medição (Figura 24, direita). O ajuste que deve ser feito em função das medidas das janelas das baionetas disponíveis, procurando posicionar a placa *BJ* para uma distância mínima 0,05mm (valor mínimo para evitar colisão) e

máxima de 0,15mm (valor máximo para garantir o funcionamento do sistema) em relação à janela da baioneta.



Figura 24 - Mecanismo de medição aro da baioneta e mecanismo de medição da placa *BJ*

De forma a procurar uma solução para este defeito foram estudados os desenhos técnicos e verificada a conformidade dimensional das peças influentes. Adicionalmente foi feita uma análise ao processo de montagem do subgrupo da baioneta, bem como ao processo de montagem do corpo principal, apresentados nos fluxogramas das Figura 18 e 16. Atendo ao facto de que surgiram janelas partida, dispersas por diversos postos na linha e não sempre no mesmo, foram verificados todos os passos em que a baioneta pudesse colidir com um equipamento de verificação ou ferramenta de montagem, bem como foram detalhadamente analisadas as ferramentas de medição anteriormente descritas. Com esta análise foi possível verificar que a ferramenta de medição da altura da placa eletrónica *BJ* continha duas falhas, uma de construção e outra relacionada com desgaste. Através de um microscópio de ampliação 8x foi detetável que os três patamares de apoio do mecanismo de medição (Figura 24, lado direito), que deveriam assentar por completo na superfície de apoio (superfície fresada) para baioneta no corpo principal, ultrapassavam essa mesma superfície, apoiando-se ligeiramente no patamar superior que advém da fundição.

Atendendo ao facto de que na teoria ambas as superfícies estariam no mesmo plano, e que o corpo principal na sua condição de fundição, ao longo do número de injeções, se tenha vindo a deformar de forma a agravar o problema na ordem das centésimas de mm, é de notar que este seja um defeito que não tenha surgido antes, e que dentro destas circunstâncias se venha a agravar com o tempo. Também de forma ampliada (32x), foi possível verificar algum desgaste na ponteira de medição do comparador que assenta no topo da placa *BJ*, tendo sido verificada uma diferença de cerca de 4 centésimas de mm quando trocada por uma nova.

3.2.3. Defeito de produção - movimento dos botões *LV*, *Play* e *Menu* incorretos

O presente defeito foi verificado na montagem do primeiro modelo de séries especiais da camera M digital, uma vez que o processo de montagem da série de teclas, existente na tampa de trás, é exclusivo pela diferença no material de base nestas derivantes do modelo M digital. Na produção destas variantes foram verificadas, ora mais acentuadas, ora menos acentuadas, diferenças entre os movimentos da tecla *Live View*, *Play* e *Menu*. Estes elementos de interação estão contidos à esquerda na tampa de trás, encontram-se verticalmente alinhados e apresentam a mesma geometria entre si, Figura 11. O seu clique é verificado manualmente, exercendo-se pressão no centro de cada tecla. O clique é considerado defeituoso se for inconstante ou tiver um efeito frouxo.

Este defeito surgiu coincidentemente com a montagem da primeira série especial, e aglomerou-se na fase de trabalho 012 do processo de montagem da tampa de trás ilustrado pelo fluxograma da Figura 10, em que para além da verificação funcional das teclas, via *software*, é também comparado o movimento e clique entre as mesmas.

Entre as sete variantes especiais do modelo com este tipo de teclas, este defeito representaria uma taxa de rejeição de 100%, que independentemente dos atrasos na produção, caso não tivesse sido detetado, se podia traduzir em cerca de 49363€ de prejuízo entre devoluções do cliente e retrabalho associado (ver apêndice D).

De forma a compreender a razão dessa diferença foi estudado tanto o processo de montagem do subgrupo das teclas (Figura 12), bem como as fases de trabalho 007 e 008 da montagem da tampa de trás (Figura 10), altura em que as teclas são incorporadas. Para tal, foram adicionalmente analisados os desenhos e verificada a conformidade dimensional das medidas de cada peça que influenciam o funcionamento deste sistema. Ao longo da análise da montagem do subgrupo das teclas, foi verificado com o auxílio de um microscópio de ampliação 16x que cada tecla na sua condição individual continha quatro facetas ao longo de cada contorno do raio 0,5mm, tal como ilustrado pelas setas vermelhas na Figura 25.

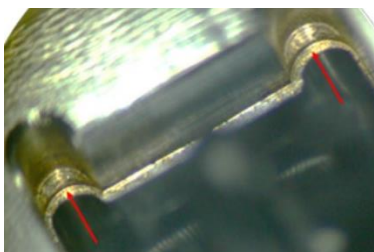


Figura 25 - Facetas nas arestas interiores da tecla

Esta descoberta levou à verificação da cota de $1,55 \pm 0,05$ mm, que delimita a profundidade da fresagem. A análise tridimensional possibilitou compreender que nas fases 001, 002 e 003 do processo de montagem das teclas ilustrado na Figura 12, a existência das facetas inviabilizava o posicionamento correto do pino plástico (Figura 11) no seu interior. Com a medição desta característica foi possível verificar que na zona das facetas a dimensão de $1,55 \pm 0,05$ mm se apresentava fora de tolerância com 1,39mm. Facto que levou a interpretação de que com as facetas o pino ficava colado com uma ligeira inclinação, não garantindo que estivesse verticalmente orientado para o micro interruptor da placa eletrónica RS da tampa de trás (Figura 9), provocando assim movimentos destintos entre teclas.

3.2.4. Defeito de produção – movimento do botão direcional inconstante nas quatro direções

O presente defeito foi identificado na inspeção final da máquina fotográfica (Figura 8) bem como na verificação final do subgrupo da tampa de trás (ver Figura 9). Tal como nas teclas de série o seu clique é verificado manualmente, exercendo-se pressão no centro de cada uma das quatro direções da tecla. O clique é considerado defeituoso se for inconstante, tiver um efeito frouxo ou uma sensibilidade ao toque desproporcional relativamente às restantes 3 direções, ver Figura 26.



Figura 26 – Ilustração dos componentes do botão direcional de cruz

Enquadrando-se no top 3 das rejeições entre a semana 26 e 36 do ano de 2022 com 21% (ver apêndice E) tratou-se de uma das maiores prioridades para eliminar, ver Figura 27. Embora o valor entre retrabalho e sucata ronde os 455€ entre as semanas referidas, ver apêndice D (atendendo que o 3º trimestre tem menos 3 semanas devido à paragem para férias), o prejuízo mais significativo refletiu-se em perdas de cadência na linha de produção, esforço que foi necessário compensar com trabalho suplementar.

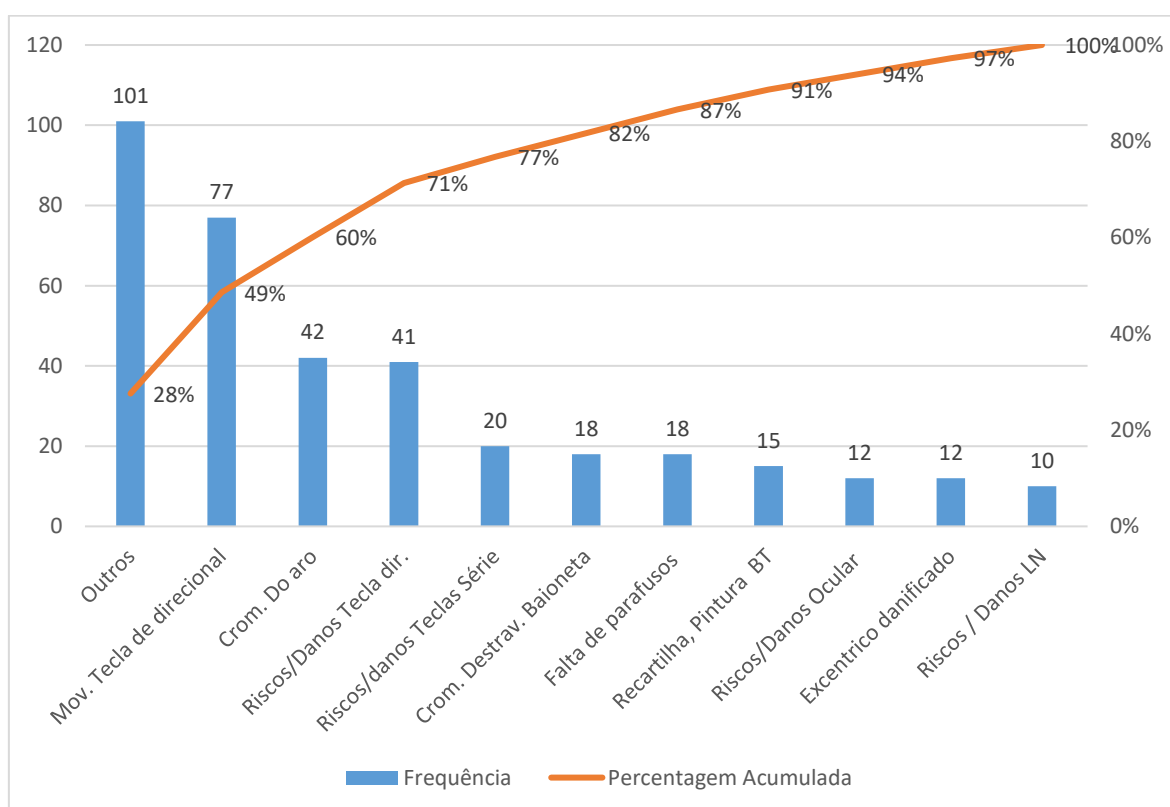


Figura 27 - Top 10 de frequência de defeitos na inspeção final camera M, entre sem. 26- sem.36.

De modo a compreender a razão do problema foi analisado tanto o processo de montagem do subgrupo do botão de cruz, bem como as fases de trabalho 007 e 008 da montagem da tampa de trás (Figura 10), fases essas em que é montado o botão direcional juntamente com o de SET. Para tal, foram adicionalmente analisados os desenhos e verificada a conformidade dimensional das

medidas de cada peça que influenciam o funcionamento deste sistema. Ao longo da análise da montagem verificou-se que a colagem do anel de pinos do botão direcional Fase 002 (Figura 14) não acontecia uniformemente ao longo das 4 posições de clique do anel, soltando-se aleatoriamente com mais ou menos numa área entre pinos. Posto isto um dos pontos que sobressaiu na análise foi que a aplicação da cola era doseada pelo operador, sem qualquer auxílio a um equipamento, o que possibilitava uma aplicação variável a longo do dia de produção. Outro aspeto que se evidenciou foi o tempo pouco constante de cura que a cola necessitava no processo, que se revelou mais uma evidência de um processo pouco controlado.

3.2.5. Defeito de produção - falha do sensor responsável pela leitura das distâncias da placa RHS

O problema contatado foi notado com um aumento da taxa de rejeição na fase de verificação do funcionamento da placa *RHS* no corpo principal montado, apresentada na fase 024 pelo fluxograma da Figura 16. Este defeito consiste na falha de leitura do sensor de distância da placa eletrónica *RHS*, inserida no corpo principal (Figura 15), cujo funcionamento está relacionado com o posicionamento magnético (diretamente acima da placa, ver Figura 28) que se encontra acoplado na alavanca da objetiva do *E-Messer* (Figura 19).

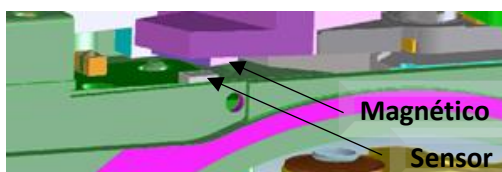


Figura 28 - Distância entre sensor da placa RHS e Magnético inserido na alavanca da objetiva do E-Messer

Este defeito reflete com 59 unidades cerca de 21% dos defeitos no corpo principal (Figura 29 e apêndice H), que por sua vez representam aproximadamente 1524 € de prejuízo com retrabalho (ver Apêndice I). Embora o valor monetário possa não impressionar o prejuízo refletiu-se em trabalho suplementar, esforço esse que foi necessário de forma a compensar as perdas.

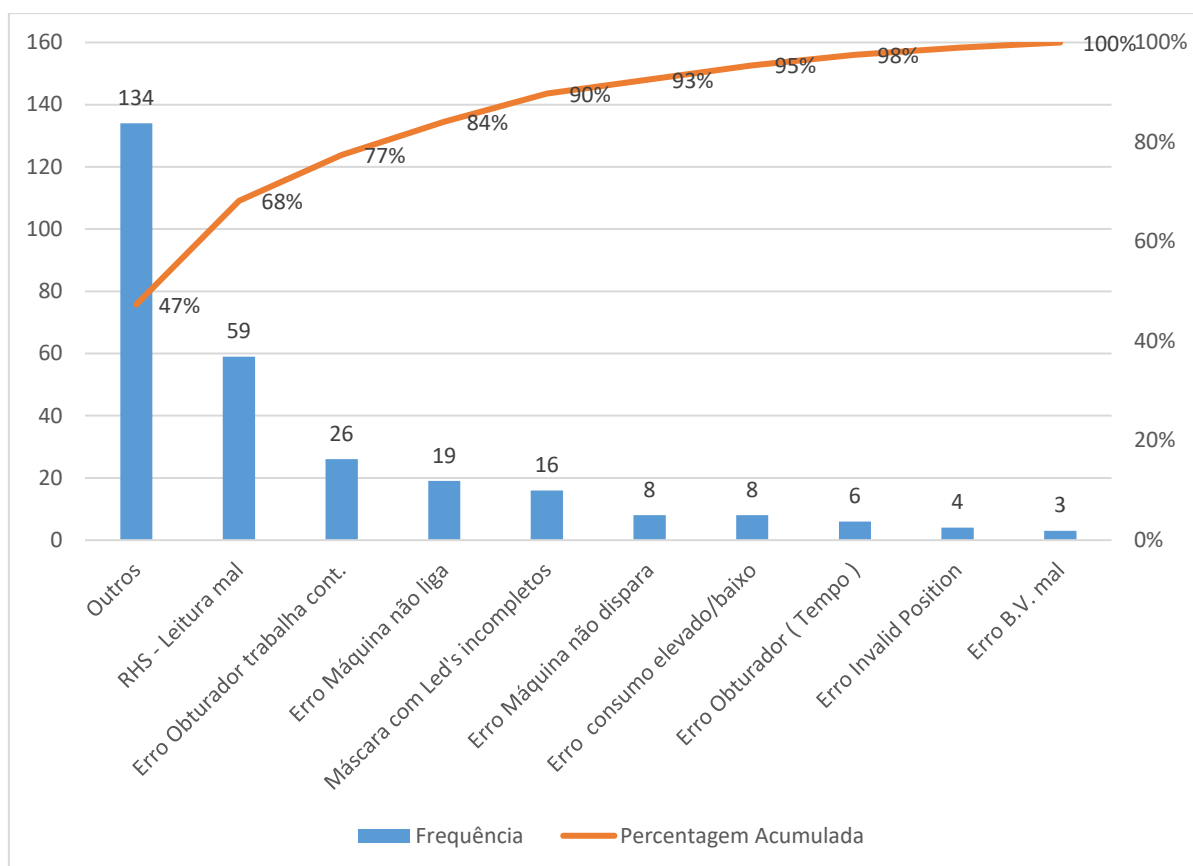


Figura 29 - Top 10 frequências de defeitos na inspeção final do corpo principal montado (de outubro 2019 – junho 2020).

Este sensor transmite a informação ao sistema da câmara sobre distância focal escolhida pelo utilizador através do anel da objetiva. O erro em causa dá-se na fase de trabalho 024 do processo de montagem do corpo principal, ilustrado pelo fluxograma da Figura 16, onde é testado o posicionamento dos sistema opto-mecânico do E-Messer para as distâncias de 0,7m e “infinito” através do acoplamento de uma objetiva de teste que simula estas posições. Através de uma interface entre câmara e *software* de computador é testado para ambas as distâncias se o sensor recebe um valor de campo magnético que se balize dentro de um intervalo esperado. Quando isso não acontece, significa que a distância mínima necessária entre o *E-Messer* e a placa RHS está comprometida (ver Apêndice J). O âmbito de funcionamento do sensor em causa é de uma distância de $1\text{mm} \pm 0,2\text{mm}$, o que significa que para este sistema funcionar dentro da normalidade o magnético nunca poderá estar a mais de 1,2mm de distância do sensor, nem a menos de 0,8mm. A posição do sensor é definida pela sua própria espessura, pela espessura da *PCB* em que se encontra soldado, e pela superfície de apoio do corpo principal que é uma característica que advém no processo de fundição do mesmo.

Tal como no sensor, o posicionamento vertical do magnético resulta da sua própria espessura, de duas características dimensionais do corpo da câmara (duas dimensões maquinadas diretamente relacionadas entre si, que por sua vez são resultantes de uma referência de fundição), duas dimensões características da alavanca da objetiva (peça pertencente ao *E-Messer*), e de outras duas características dimensionais da própria estrutura que sustenta todas os componentes do *E-Messer*,

a carcaça. Atendendo a distância nominal entre magnético e sensor, foi feita uma análise com os desenhos técnicos sobre a conformidade das peças cujas medidas são influentes, bem como um estudo sobre o somatório de tolerâncias de todas as peças individuais que influenciam o funcionamento deste sistema, projetando assim o cenário mais desfavorável para o funcionamento do mesmo (Tabela 5 e 6).

Tabela 5 - Deslocação admissível para o posicionamento vertical do magnético

Peça e Tolerância	Desvio possível
Magnético (Cota: $1 \pm 0,05\text{mm}$)	$\uparrow 0,05\text{mm}$
Corpo principal, segunda fase de maquinação (Cota: $25,8 \pm 0,05\text{mm}$) + Aplicação do furo que serve de referência para o mecanismo de fixação da peça (referência "0" para dimensão de 25,8mm anteriormente descrita) $\begin{matrix} \oplus & \varnothing 0,1 & A & B & C \end{matrix}$	$\uparrow 0,15\text{mm}$
Alavanca da objetiva (Cota: $0,45 \pm 0,05\text{mm}$) + (Cota: $0,21 \pm 0,05\text{mm}$)	$\uparrow 0,1\text{mm}$
Carcaça do E-Messer (Cota: $16,85 \pm 0,03\text{mm}$) + (Cota: $2,35 \pm 0,05\text{mm}$)	$\uparrow 0,08\text{mm}$
Somatório	$\uparrow 0,38\text{mm}$

Tabela 6 - Deslocação admissível para o posicionamento vertical do sensor

Peça e Tolerância	Desvio possível
Corpo principal fundido (nível 5 da lista técnica), característica de fundição (zona de apoio para a placa RHS) $\begin{matrix} \oplus & \varnothing 0,1 & A & B & C \end{matrix}$	$\downarrow 0,10\text{mm}$
Placa RHS (Cota: $0,546 \pm 0,05\text{mm}$)	$\downarrow 0,05\text{mm}$
Sensor (Cota: $0,6 \pm 0,03\text{mm}$)	$\downarrow 0,03\text{mm}$
Somatório	$\downarrow 0,18\text{mm}$

Analisando o somatório das tolerâncias, no pior cenário, é de notar pela Tabela 5 e 6 que é possível que o magnético adote uma posição de 0,38mm deslocado verticalmente da posição nominal para cima e o sensor até 0,18mm para baixo, o que atendendo ao âmbito de funcionamento do sensor inviabiliza o funcionamento correto do sistema.

3.2.6. Defeito de produção - *E-Messer* não ajustável nas distâncias, excesso de contra folga e colisão entre o caixa de luz da máscara e a alavanca de comando do *E-Messer*

O problema encontrado surgiu com o aumento da taxa de rejeição verificado na fase 017 (ajustagem do *E-messer*) apresentada pela Figura 16 no fluxograma de montagem do corpo principal. Nesta fase de trabalho é feita toda a ajustagem opto mecânica do sistema *E-Messer* de forma que a camera final esteja calibrada nas diversas posições de focagem, i.e., em todas as distâncias de focagem. Ao longo deste processo são ajustadas várias posições do sistema opto mecânico (infinito, 10m, 7.5m, 5m, 2m, 1m, 0.7m) bem como o posicionamento da máscara através da manipulação de excêntricos, isto para que o sistema esteja alinhado com a curva de distâncias das respectivas objetivas M.

Devido à complexidade deste sistema opto-mecânico, o processo de ajustagem nunca foi isento de rejeição na ajustagem das distâncias, contudo é de notar que em final de maio, semana 23, houve um incremento acentuado de casos não ajustáveis e com excesso de contra folga (ver Figura 30).

Adicionalmente no último passo da fase de ajustagem, em que deve ser revisto um movimento ascendente e descendente uniforme da máscara ao longo das posições de ajuste, despoletou especial atenção devido a um fenómeno em que a máscara não exercia um movimento uniforme ao longo da sua movimentação descendente. Com esta evidência, foi também detetado que de uma forma genérica tanto o posicionamento da máscara como a ajustagem das distâncias se estavam a revelar mais exigentes, ou seja, requeriam mais tempo para ajustar por parte dos operadores.

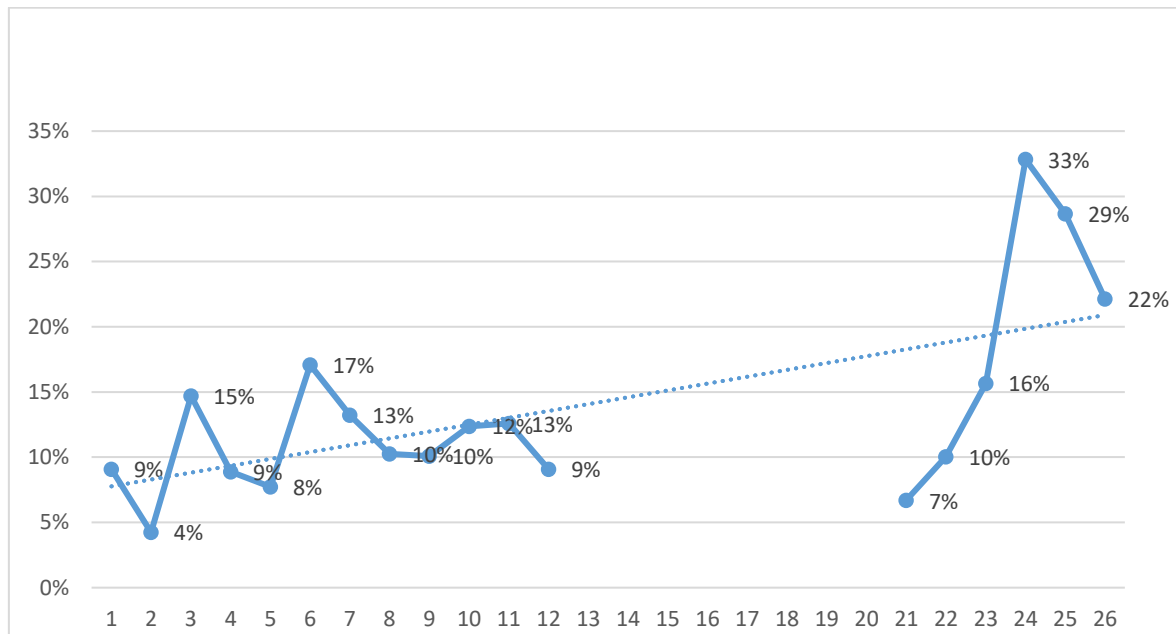


Figura 30 - Taxa de rejeição por semana - ajustagem do E-Messer (1º e 2º trimestre 2020)

Relativamente à frequência de cada defeito foi possível detetar que no período de maio de 2020 até agosto 2020 (ver Figura 31) os defeitos mais representativos na ajustagem do *E-Messer* estavam relacionados com a ajustagem das distâncias e com a contra-folga do sistema de distâncias, representando no total 68% dos defeitos (ver apêndice N). É de ressaltar que no gráfico apresentado acima a interrupção da semana 13 até à 20 derivou de uma paragem de produção relacionada com o *lay-off* obrigatório devido à doença Covid-19.

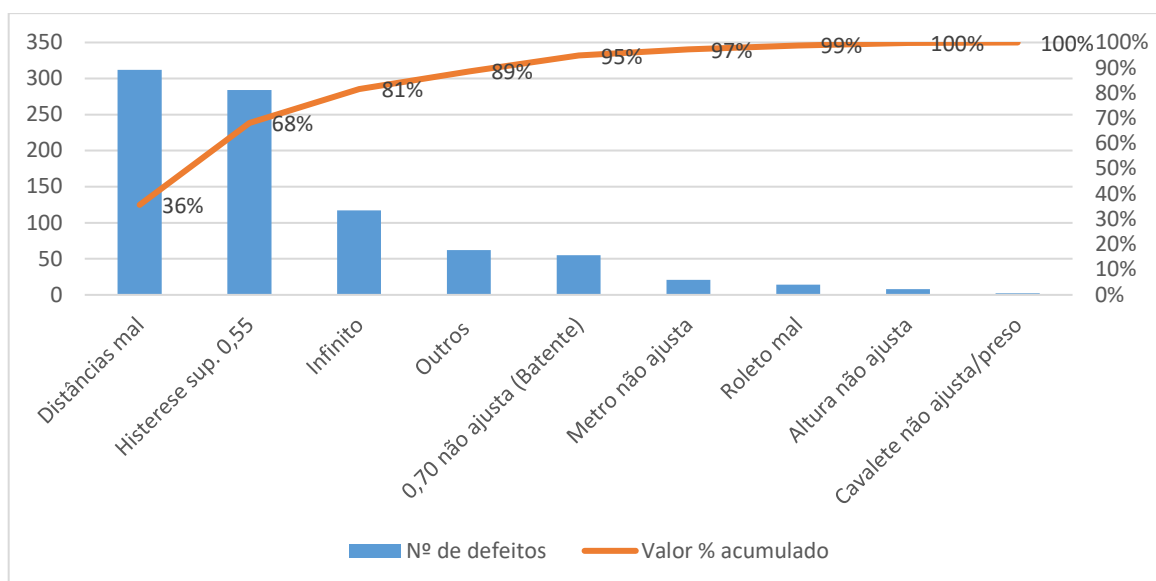


Figura 31 - Frequências dos defeitos na Ajustagem do E-Messer de final de maio 2020 até agosto 2020.

Por forma a analisar o sucedido, foi através de um teste de observação funcional do sistema do *E-Messer* e máscara, num microscópio de ampliação 32x, fora do equipamento de ajustagem, que foi possível detetar que a máscara se encontrava muito perto do excêntrico da alavanca de comando, chegando ao ponto de em alguns casos se dar uma pequena colisão entre a caixa de luz, componente da própria máscara, e a alavanca de comando, componente do *E-Messer*, quando nas distâncias mais curtas do sistema opto mecânico estes dois componentes atingiam o máximo da sua aproximação (Figura 32).

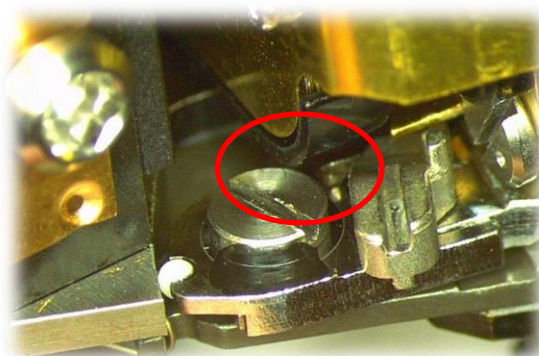


Figura 32 - Alavanca de comando e caixa de luz no seu ponto máximo de aproximação

Como é possível de ver na Figura 30, estes defeitos chegaram a representar uma taxa de rejeição na ordem dos 33% na semana 24, sinónimo de 4740,75€ de custos em retrabalho no 2º trimestre (ver Tabela 7). Adicionalmente criaram graves dificuldades para manter o ritmo de produção, sendo necessário numa primeira fase de desconhecimento da causa, replicar a fase de ajustagem do *E-Messer* em mais 2 postos de trabalho, i.e., em mais 2 pessoas num turno suplementar.

Tabela 7 – Relação do retrabalho realizado por cada máquina ajustada no 1º e 2º trimestre (apêndice L)

	Total de máquinas não ajustáveis	Taxa de Rejeição média	Custos com Retrabalho	Total de máquinas bem ajustadas	Custo de retrabalho por cada máquina ajustada
1º Trimestre	270	11%	3307,50 €	2154	1,54 €
2º Trimestre	387	19%	4740,75 €	1544	3,07 €

Para compreender o motivo dessa diferença foi analisado tanto o processo de montagem da máscara representada na Figura 16, bem como o processo de montagem do *E-Messer* representado pelo fluxograma da Figura 20. Para tal analisaram-se os desenhos dos respetivos componentes relacionados e analisou-se a respetiva conformidade dimensional das medidas influentes.

Na análise dimensional da carcacinha do *E-Messer*, representada na Figura 19, foi verificado que a dimensão de 18,4mm se encontrava em alguns casos, em algumas posições do seu plano, sempre junto à zona de apoio da Flange (Figura 19), 0,3mm abaixo do valor nominal, medida que influencia indiretamente o posicionamento vertical da alavanca de comando. Com uma exigência de planidade de 0.1mm constatou-se a existência de peças fora de especificação. Esta descoberta levou a análise tridimensional do sistema, o que possibilitou verificar que na pior dos cenários haveria 0.1mm de espaço entre caixa de luz e alavanca de comando. Este facto levou a interpretação que com a alavanca de comando verticalmente mais subida a colisão pudesse acontecer.

3.3. Apresentação de propostas de Soluções

O presente capítulo consiste fundamentalmente na apresentação de propostas de solução (Tabela 8) com o objetivo direcionado para a resolução dos problemas fundamentados e descritos no capítulo anterior. A apresentação das propostas encontra-se assim subdivididas pelos subcapítulos que se seguem. Entre propostas apresentam-se algumas em que primeiramente é definida uma medida de contenção para atenuar o problema no imediato e, por conseguinte, uma proposta de mitigação de forma a resolver o problema no futuro.

Tabela 8 - Apresentação de propostas de soluções

Processo desenvolvido	Problemas	Proposta de melhoria
Gestão de produção	Falha na disponibilidade atempada de materiais na linha de produção	Elaboração de um sistema de cartões ou contentores KANBAN nos armazéns intermédios de componentes.

Construção e Industrialização	Defeito de produção - janela da baioneta partida.	Modificação e realização de uma inspeção periódica à ferramenta.
	Defeito de produção - movimento dos botões LV (Live View), PLAY e MENU incorretos	No curto prazo um retrabalho na peça plástico e no médio prazo a alteração ao design da peça maquinada.
	Defeito de produção - movimento do botão direcional inconstante nas quatro direções.	Mudança para uma cola igualmente apropriada, mas com um tempo de secagem mais reduzidos, bem como aplicação de um aparelho doseador de cola e definição da quantidade de aplicação ideal.
	Defeito de produção - falha de leitura do sensor RHS.	No curto prazo encurtar tolerâncias em duas medidas que influenciam o funcionamento do sistema, no médio prazo a introdução de uma fase de ajustagem através de anilhas na ordem das décimas e centésimas de mm.
	Defeito de produção - E-Messer não ajustável nas distâncias, com excesso de contra folga e colisão entre o caixa de luz da máscara e a alavanca de comando do E-Messer.	Introdução de uma fase de maquinação e aplicação de uma anilha de ajuste na montagem.

3.3.1. Elaboração de um sistema de cartões ou contentores KANBAN nos armazéns intermédios de componentes

A proposta de solução para este problema consiste numa primeira instância na criação de um sistema de *Kanban* para gerir o abastecimento das peças que passam por outros processos internos na fábrica, e cuja disponibilidade se tem revelado mais crítica na linha de montagem. Uma vez definida a lista de peças, analisou-se as variáveis da Tabela 9, i.e., a capacidade de cada contentor que transporta cada item, o tempo de ciclo do mesmo, tempo de espera após surgir a necessidade, o tempo do lote a aguardar a iniciação do processo, o tempo de movimentação para cada referência, as suas necessidades diárias, e definiu-se um stock de segurança em 10% do produto entre tempo de passagem e a necessidade diária por forma a calcular através da Equação 3 o número de cartões/ contentores de *Kanban* necessários (ver Figura 33).

$$K = \frac{(D * L + SS)}{Q}$$

Equação 3

Tabela 9 - Variáveis para o cálculo do nº de cartões/ contentores *Kanban*

Variável	Descrição
K	nº de cartões ou contentores <i>Kanban</i>
D	necessidade de materiais por unidade de tempo
L	Tempo de passagem (Tempo de ciclo + Tempo de espera após surgir a necessidade+ Tempo de espera do processo + Tempo de movimentação de materiais)
Q	capacidade do contentor
SS	stock de segurança (por norma 10% ou menos de $D*L$)

Posto isto fez-se uma proposta de *layout* para os cartões de identificação (ver exemplo na Figura 34) que irão acompanhar os contentores de materiais e sugeriu-se à gestão de operações da empresa que as necessidades diárias dos materiais em lista fossem abastecidas em “*milk-run*” sempre que houvesse contentores de materiais vazios nos postos de trabalho.

	Material/Submontagem	Capacidade do contentor	Tempo de passagem				L(dias)	D (unidades/dia)	ss (unidades)	K (cartões ou contentores)
			Tempo de ciclo	Tempo de espera após entrada de necessidade	Espera do lote espera do processo	Tempo de movimento				
420-400.300-006	Corpo principal, pintado	22					5	50	25	13
420-240.355-000	Parafuso excêntrico	100					2	50	10	2
420-300.250-000	Janela do ocular, encastrada	20					2	50	10	6
420-300.321-000	Aro da baioneta, colado	100					1	50	5	1
420-300.335-000	Perno de destravamento, cravado	50					5	50	25	6
420-400.308-000	Casa da pilha com placa PWR	20					3	50	15	9
420-400.330-000	Bloqueio da bateria, cravado	100					5	50	25	3
420-300.336-000	Botão de destravamento	100	0,2	1	4	0,5	5,7	50	29	4

Figura 33 - Exemplo de cálculo de nº de cartões ou contentores de *Kanban* por item

 KANBAN MONTAGEM CAMERA	
Referência do Material	<u>420-300.336-000</u>
Nome do Material	Botão de destravamento
Linha de Produção	Corpo M
Fase de Processo	Fase 008
Lugar de Depósito	MD - 08
Centro de Trabalho	M6000
Centro de Custo	63205
Tipo de reservatório	Caixa Preta 5x3
Quantidade	100 Pç
Número do Reservatório	1 de 4
Local de armazenamento	0079

Figura 34 – Exemplo de cartão de identificação de material gerido por *Kanban*

3.3.2. Modificação e realização de uma inspeção periódica à ferramenta

A proposta de solução para o problema da janela da baioneta partida consistiu em modificar o mecanismo de medição para a altura da placa *BJ* de forma a garantir que este não se apoiasse na superfície do corpo principal que advém da fase de fundição, garantindo assim que apoie exatamente na mesma superfície que serve de apoio para o ajuste em altura da placa *BJ* (ver Figura 35).

Para tal, foram alterados os três patamares de apoio, acrescentando-lhes uma faceta de 0,5mm a 45° (ver Figura 36), evitando assim o contacto do mecanismo, não pretendido, com a superfície de fundição do corpo principal.

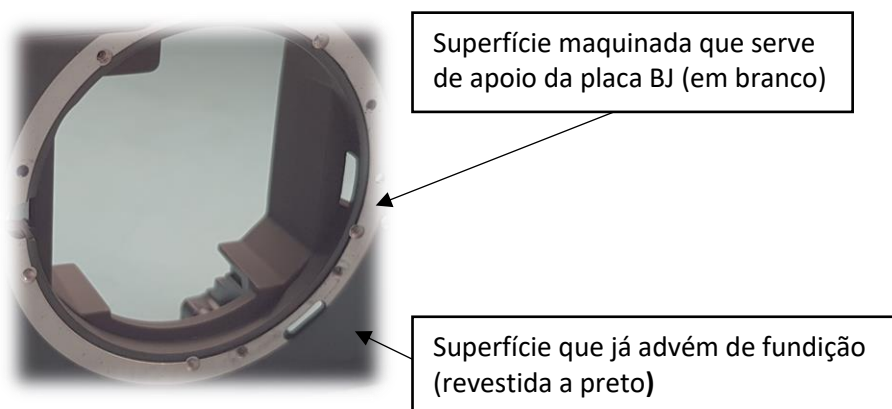


Figura 35 - Corpo principal, identificação da superfície de apoio da placa BJ

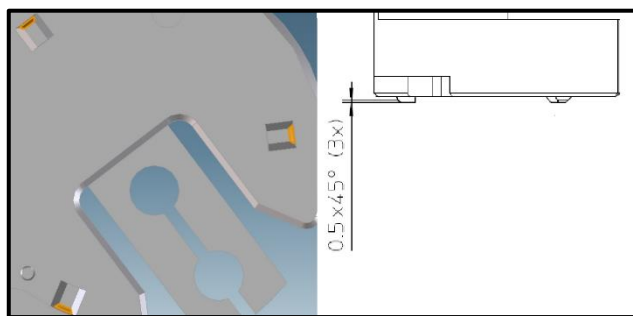


Figura 36 -Mecanismo de medição da placa BJ, alterado

Adicionalmente foi também alterada a ponteira de medição do comparador por uma nova e para precaver alterações futuras o mecanismo passou a ser sujeito a uma inspeção periódica trimestral. A combinação destas medidas possibilitou até à data a eliminação deste defeito.

3.3.3. No curto prazo um retrabalho na peça plástico e no médio prazo a alteração ao design da peça maquinada

Como proposta de primeiro instante foram criadas quatro facetas ao longo das arestas em raio 0,5mm do pino plástico conforme ilustrado na Figura 37. Esta medida, que na prática foi executada, permitiu evitar uma paragem de produção da variante especial da *M* e possibilitou eliminar a rejeição associada a este defeito no posto de inspeção representado pela fase 12 no fluxograma da Figura 10.

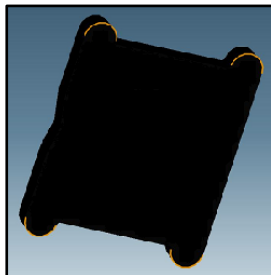


Figura 37 - Zonas de retrabalho do pino plástico

Como esta medida implicou um retrabalho associado de cerca 0,75 minutos por tampa de trás, foi reportado o problema da peça ao fornecedor, que revelou mediante as suas condições e o desenho da peça ter dificuldades em recriar a aresta no botão na zona de colisão com o pino. Para tal, foi sugerido ao departamento de construção (*R&D*) e posteriormente ao fornecedor que seria possível baixar em altura a faceta, alongando a fresagem dos quatro raios em 0,1mm de profundidade (Figura 38), evitando assim que a pino plástico colida com as facetas do botão, mas preservando a sua superfície de apoio central, característica fulcral para o movimento de clique.

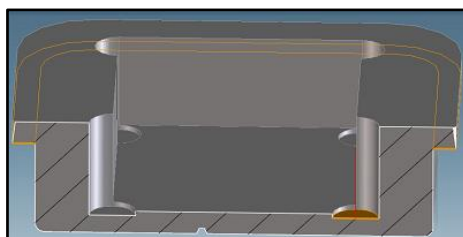


Figura 38 - Tecla em corte com alteração 0,1mm em profundidade na zona dos raios

3.3.4. Mudança para uma cola igualmente apropriada, mas com um tempo de secagem mais reduzidos, bem como aplicação de um aparelho doseador de cola e definição da quantidade de aplicação ideal

Para fazer face a este problema a proposta prende-se numa primeira fase pela alteração da cola (*Loctite 480*) por uma cola de características similares face aos materiais em causa (Alumínio e *Abs*) mas com um melhor desempenho no que diz respeito à rapidez da colagem, *Loctite 406*. O segundo passo da proposta consiste na utilização de um aparelho doseador de cola de forma a regular a quantidade aplicada no processo. Após alguns ensaios com a nova cola, com os parâmetros de aplicação na sua grande parte balizados por uma aplicação semelhante, que, no entanto, diferiram ligeiramente na quantidade de cola, moderada pelo tamanho da agulha, pela pressão, vácuo e tempo de dispensação aplicados no doseador, chegou-se a um resultado satisfatório com um bico de agulha de cor lavanda (tamanho mais pequeno disponível na empresa), uma pressão de 4kg/m^2 , 1kg/m^2 de vácuo, durante 1s de dispensação (Figura 39).

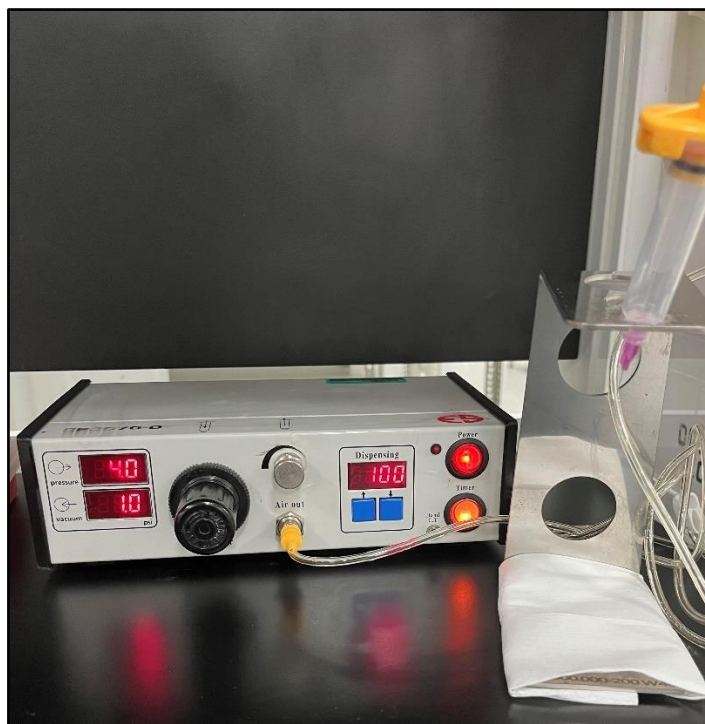


Figura 39 - Material e parâmetros utilizados no doseador de colas

Após os ensaios positivos procedeu-se ao relatório do problema na base de dados do sistema de gestão de informação da construção do produto (*software Product Lifecycle Management Windchill*), e disponibilizou-se alguns exemplares de peças para serem sujeitas a testes ambientais e de fadiga, garantindo assim a durabilidade do produto face a esta alteração proposta (ver Apêndice M).

3.3.5. No curto prazo encurtar tolerâncias em duas medidas que influenciam o funcionamento do sistema, no médio prazo a introdução de uma fase de ajustagem através de anilhas na ordem das décimas e centésimas de mm

Para colmatar o problema de forma imediata, sugeriu-se numa primeira fase uma redução da tolerância de $\pm 0,05\text{mm}$ em duas medidas do sistema anteriormente apresentado. No corpo principal, na fase da 2ª maquinação, encurtar a dimensão de $25,8\text{mm} \pm 0,05\text{mm}$ (Tabela 5) para $25,8\text{mm} - 0,05\text{mm}$, e o mesmo para a dimensão de $2,35\text{mm} \pm 0,05\text{mm}$ (Tabela 5) da carcaça do *E-Messer* maquinado, reduzindo também nesta medida a tolerância para $-0,05\text{mm}$.

Tratando-se esta primeira de uma solução menos viável a longo prazo, pelo esforço suplementar que exige da secção de maquinação, propôs-se ao departamento *R&D* a construção e incorporação no produto de duas anilhas de ajuste, uma de $0,05\text{mm}$ e uma de $0,1\text{mm}$. Assim, com uma fase de medição para ambas as peças, seria possível calcular a distância vertical entre magnético e placa *RHS*, conseguindo-se assim regular através da colocação de uma das anilhas, a altura da placa *RHS* (Figura 40). Para que tal fosse industrializável, seria necessário construir dois mecanismos de medição, um que possibilitasse medir a distância vertical entre o sensor e o apoio mais próximo para o *E-Messer* no corpo principal, e o outro para medir a distância vertical entre o magnético e a superfície do *E-Messer* mais próxima que apoia no corpo.

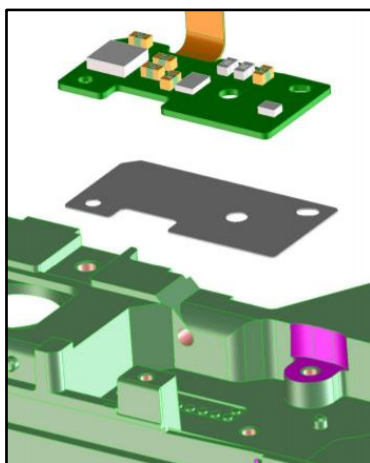


Figura 40 - Anilha de ajuste para colocar sob a placa *RHS*

Com a implementação da primeira proposta de solução, a mais imediata, foi possível observar uma atenuação muito ligeira do problema logo a partir de junho (ver Figura 41), contudo não eliminou o defeito por inteiro, permanecendo com uma taxa de rejeição média de 1,1% até ao final de vida de produto, que aconteceu entre maio e julho de 2021 (ver apêndice K). Atendendo a este facto, embora a proposta de alteração construtiva sobre as anilhas e mecanismo de medição tenha disso feita, como o produto já se encontrava perto do fim de vida, o resultado da decisão recaiu por uma não implementação sobre o produto. Contudo foi considerada como uma proposta positiva atendendo que foi uma lição aprendida para o modelo seguinte. De notar que a subida abrupta do defeito no mês de abril se deveu ao consumo mais aveludado de peças reprocessadas que se foram arrastando até ao *end of life*. A taxa nula no mês de abril 2020 foi resultado do *lay-off* devido à doença infecciosa *Covid-19*.

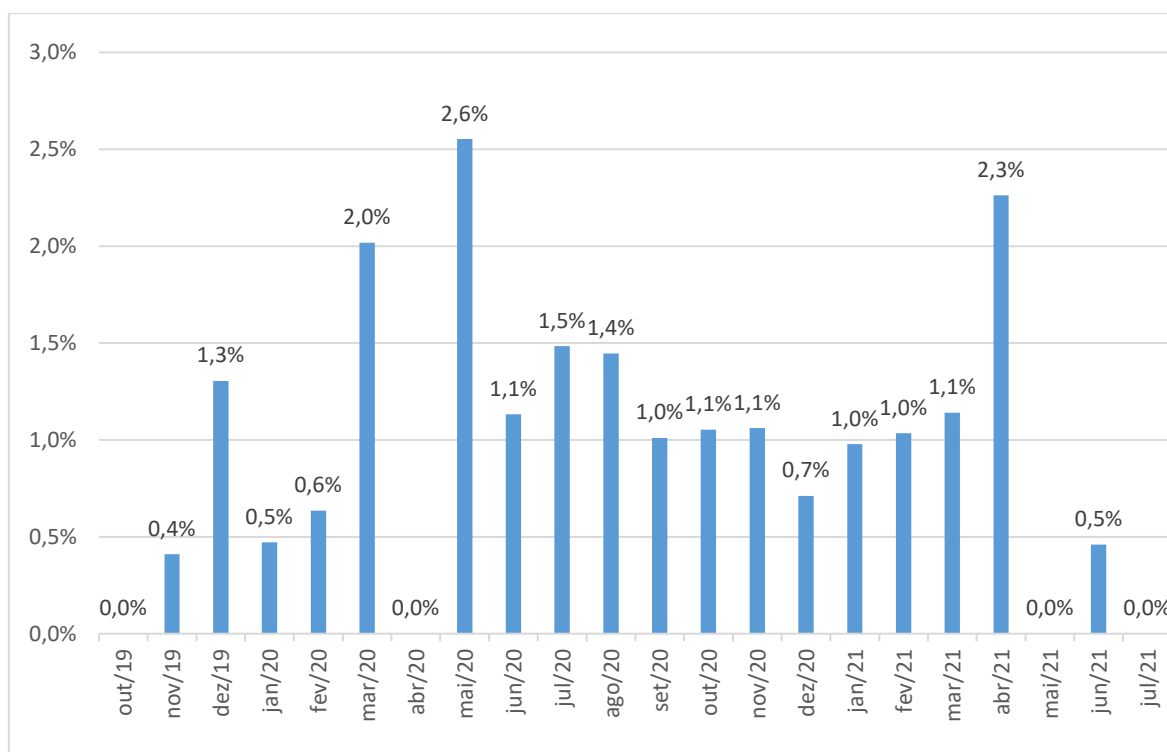


Figura 41 - Evolução da taxa de rejeição do defeito da falha de leitura na placa *RHS* de outubro 2019 até julho 2021

3.3.6. Introdução de uma fase de maquinação e aplicação de uma anilha de ajuste na montagem

Numa primeira fase sugeriu-se a revisão e seleção de todas as carcaças de E-Messer nos diversos pontos de *stock* e ao longo de todas as estações de trabalho do seu processo produtivo, de forma que as “piores” peças primeiramente não fossem utilizadas, conseguindo-se assim numa primeira instância diminuir a taxa de rejeição aumentando a quantidade de E-Messer ajustáveis.

Para mitigar o problema investigou-se a viabilidade de o corrigir na origem, atendendo que se trata de uma medida concebida na fase de fundição da carcaça do E-Messer, e que será muito difícil de reparar o molde sem gerar inúmeros ensaios e custos acrescidos para a empresa (número de ciclos do molde ultrapassado), sugeriu-se ao departamento *R&D* um redimensionamento da superfície empenada, de forma a que através de uma retificação em diâmetro na segunda fase de maquinação da carcaça do E-Messer e a utilização de uma anilha de 0.1mm (ver Figura 42) fosse assim possível restabelecer a medida desejada para que em função a inclinação do sistema mecânico não acontecesse.

É de salientar que a referida proposta de alteração foi posteriormente implementada pelo departamento de industrialização visto que se traduzia num acréscimo no processo de maquinação insignificativo e na incorporação de uma anilha cujo preço ronda os 0,03€.

Com esta implementação foi de notar que partir da semana 35 os efeitos na taxa de rejeição da ajustagem do E-Messer começaram a descer drasticamente (Figura 43).

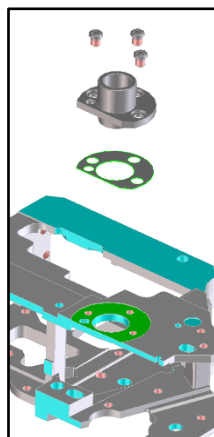


Figura 42 -Sugestão de correção para o empeno causado pelo desgaste do molde da carcaça do E-Messer

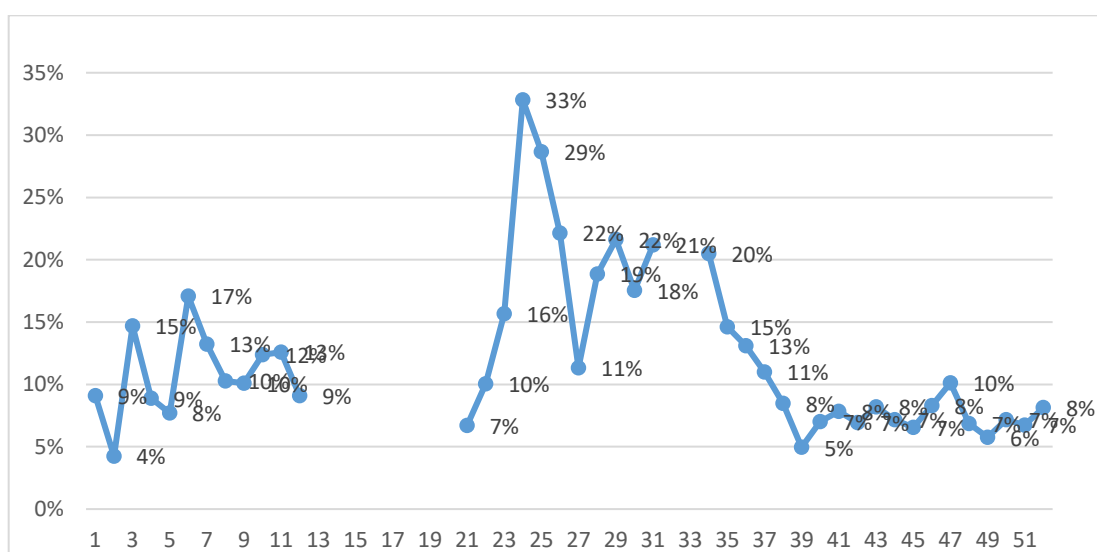


Figura 43- Taxa de rejeição/semana - ajustagem do E-Messer (ano 2020)

Em termos de custos é de notar uma descida do custo de retrabalho por cada máquina ajustada, que diminui de 2,72€ no 2º trimestre para 0,86€ no 4º trimestre, i.e. 315% (ver Tabela 10).

Tabela 10 - Análise de redução de custos

	Total de máquinas não ajustáveis	Taxa de Rejeição média	Custos com Retrabalho	Total de máquinas bem ajustadas	Custo de retrabalho por cada máquina ajustada
1º Trimestre	270	11%	3307,50 €	2154	1,54 €
2º Trimestre	387	19%	4740,75 €	1544	3,07 €
3º Trimestre	645	15%	7901,25 €	3801	2,08 €
4º Trimestre	390	7%	4777,50 €	4896	0,98 €

4. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O presente trabalho, realizado em contexto industrial, surge no âmbito da dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, elaborado na empresa do setor de transformação Leica Aparelhos Óticos S.A. na freguesia de Lousado no concelho de Vila Nova de Famalicão.

4.1. Principais contributos do trabalho

A realização deste projeto obteve como principais contributos:

- Proposta de elaboração de um sistema de cartões ou contentores KANBAN nos armazéns intermédios de componentes.
- Modificação da ferramenta de trabalho e implementação de uma inspeção periódica à mesma.
- Retrabalho realizado numa peça plástico a curto prazo e alteração ao design de uma peça maquinada a médio prazo.
- Proposta de alteração da cola, para uma com melhor desempenho no que diz respeito à rapidez da colagem. Implementação da utilização de um aparelho doseador de cola de forma a regular a quantidade cola aplicada no processo.
- Alteração imediata da redução da tolerância de duas medidas influentes do sistema de funcionamento *RHS*, e posterior proposta de introdução de uma fase de ajuste através de anilhas na ordem das décimas e centésimas de mm.
- Introdução de uma fase de maquinação e de aplicação de uma anilha de ajuste para montagem.

Na Tabela 11, estão descritos os atuais estados de implementação dos contributos anteriormente descritos.

Tabela 11 - Estado de implementação das melhorias propostas

Principais contributos	Estado de implementação
Elaboração de um sistema de cartões ou contentores <i>KANBAN</i> nos armazéns intermédios de componentes.	Implementação em fase de desenvolvimento. Numa primeira fase de desenvolvimento engloba 25% das peças que consiste nas mais críticas, desconsiderando anilhas, parafusos e pernos. Interessa ainda reavaliar o LT de cada referência de forma a ser possível criar o número de contentores <i>Kanban</i> calculados.
Modificação da ferramenta. Implementação de uma inspeção periódica à ferramenta.	Ambas as propostas estão 100% implementadas. Permitiu eliminar 24% de rejeição, retendo este defeito em 3190€ de prejuízo de retrabalho e material sucato, desconsiderando transportes e atrasos produtivos.

Curto prazo, retrabalho na peça plástico. Médio prazo, alteração ao design da peça maquinada.	100% implementado. Este defeito de conceção foi detetado atempadamente, contudo representaria uma taxa de rejeição de 100% entre as séries especiais com este tipo de teclas podendo-se facilmente traduzir num prejuízo perto 49363€, estancando num retrabalho temporário com um custo apenas de 1186€ (Apêndice E).
Proposta de alteração da cola, para uma com melhor desempenho no que diz respeito à rapidez da colagem. Implementar a utilização de um aparelho doseador de cola de forma a regular a quantidade cola aplicada no processo.	Fase de ensaios terminada. Proposta aceite. Em fase de implementação.
Redução da tolerância em duas medidas influentes do sistema <i>RHS</i> , e introdução de uma fase de ajuste através de anilhas na ordem das décimas e centésimas de mm.	Redução das tolerâncias nas cotas de $25,8\text{mm} \pm 0,05\text{mm}$ e $2,35\text{mm} \pm 0,05\text{mm}$ para $-0,05\text{mm}$ implementada a 100%. De notar uma redução ligeira na sua taxa de rejeição de um pico de 2.6% em maio 2020 para uma média 1,1% do mês seguinte até ao final de vida do produto, em março do ano seguinte. Embora a proposta de implementação construtiva tenha disso feita, como o produto já se encontrava perto do fim de vida, optou-se apenas por considerar a aprendizagem para o modelo seguinte.
Introdução de uma fase de maquinação e aplicação de uma anilha de ajuste.	Implementação 100% executada. Taxa de rejeição baixou de um pico de 33% para uma média de 8% de setembro a dezembro. Esta alteração permitiu baixar de um custo de retrabalho por máquina produzida de 3,07€ para um valor de 0,98€, i.e., uma melhoria de 315%.

4.2. Valor acrescentado do trabalho para a indústria de máquinas fotográficas

A adoção das ferramentas utilizadas neste projeto, possibilitam gerar ganhos na redução de roturas de stocks e mostraram que foi possível baixar taxas de rejeição, que se refletem na diminuição de material de sucata e na diminuição de retrabalho realizado, o que conduz para uma melhor produtividade e uma redução de custos relativos às ineficiências de produção.

Este trabalho revela assim ainda mais a importância da utilização deste tipo de ferramentas em empresas cujos produtos são de uma enorme complexidade, como é o caso da Leica.

4.3. Trabalho futuro

As metodologias utilizadas passam a evidenciar que a análise crítica de toda a organização, documentação o procedimento implementado pode trazer ganhos significativos. Assim sendo é de esperar que este tipo de trabalho seja estendido ao maior número linhas de produto, de forma a identificar o maior número de procedimentos que sejam pouco eficazes ou menos eficientes, estendendo-se assim o nível de qualidade dos processos em toda a empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

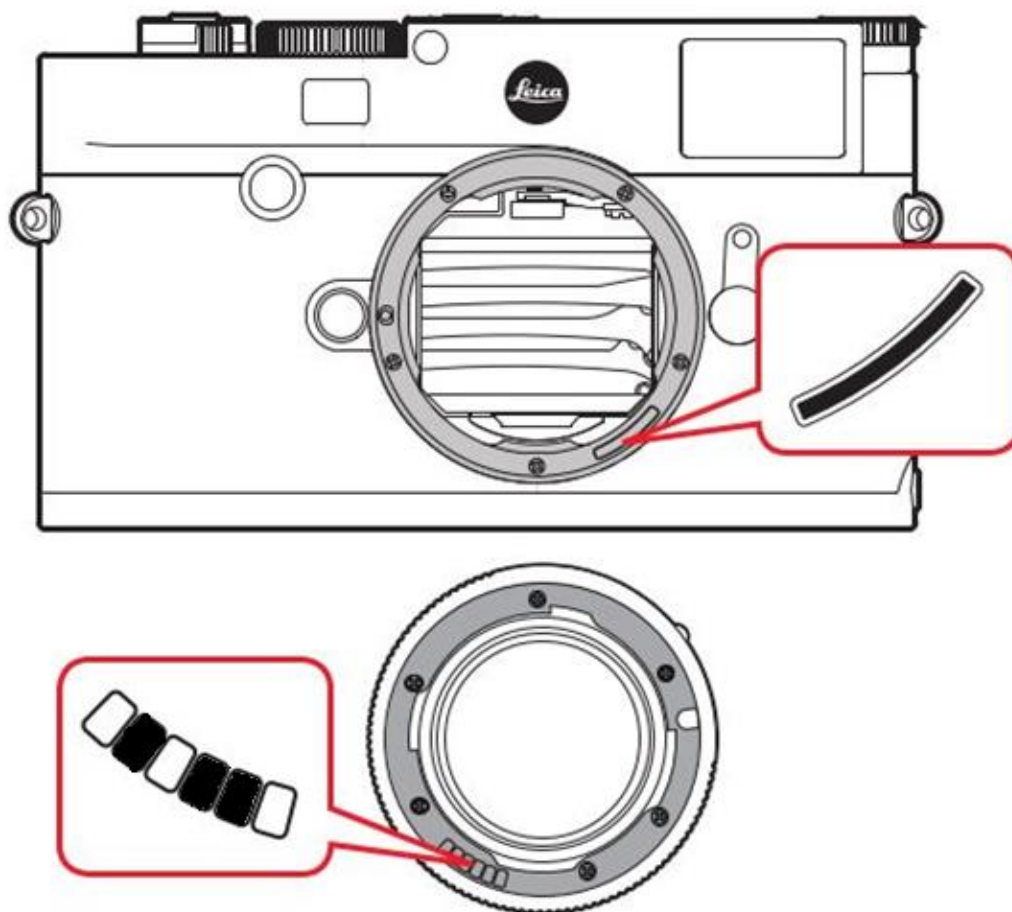
- Alves, D., Ferreira, L. P., Pereira, T., Sá, J. C., Silva, F. J., & Fernandes, N. O. (2020). Analysis and improvement of the packaging sector of an industrial company. *Procedia Manufacturing*, 51, 1327-1331.
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of production line in the automotive industry through lean philosophy. *Procedia Manufacturing*, 41, 1023-1030.
- Azizi, A. (2015). Designing a future value stream mapping to reduce lead time using SMED-A case study. *Procedia Manufacturing*, 2, 153-158.
- Barbosa, B., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., & Campilho, R. D. S. G. (2017). Solving quality problems in tyre production preparation process: a practical approach. *Procedia Manufacturing*, 11, 1239-1246.
- Basu, R. (2008a). Quantitative techniques. In *Implementing Six Sigma and Lean* (pp. 153–194).
- Basu, R. (2008b). Tools for Improvement. In *Implementing Six Sigma and Lean* (pp. 112-132).
- Basu, Ron, & Wright, J. N. (2008). Lean and agile supply chain. In *Total Supply Chain Management* (pp. 199–228).
- Brito, M., Vale, M., Leão, J., Ferreira, L. P., Silva, F. J., & Gonçalves, M. A. (2020). Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company. *Procedia Manufacturing*, 51, 613-619.
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International journal of production economics*, 95(1), 71-94.
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the productivity of sheet metal stamping subassembly area using the application of lean manufacturing principles. *Procedia Manufacturing*, 2, 102-107.
- Čiarnienė, R., & Vienažindienė, M. (2012). Lean manufacturing: theory and practice. *Economics and management*, 17(2), 726-732.
- Cochran, J. K., & Kaylani, H. A. (2008). Optimal design of a hybrid push/pull serial manufacturing system with multiple part types. *International Journal of Production Research*, 46(4), 949-965.
- Correia, D., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Pereira, T., & Ferreira, L. P. (2018). Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 17, 663-671.
- Costa, T., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia manufacturing*, 13, 1104-1111.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International journal of operations & production management*.
- Davis, P. S., & Pett, T. L. (2002). Measuring organizational efficiency and effectiveness. *Journal of management research*, 2(2), 87.
- Deshkar, A., Kamle, S., Giri, J., & Korde, V. (2018). Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 7668-7677.
- De Oliveira, A. L., & Hu, O. R. T. (2019). *Gerenciamento do Ciclo da Qualidade: Como gerir a*

- qualidade do produto—da concepção ao pós-venda*. Alta Books Editora.
- Direção Geral das Atividades Económicas. (2020, February 2). Ficha Tecido Empresarial - Equipamentos informáticos, comunicações, eletrónicos e óticos. <http://www.dgae.gov.pt/gestao-de-ficheiros-externos-dgae-ano-2017/ficha-tecido-empresarial-industrias-de-equipamento-eletrico-e-eletronico-pdf.aspx>.
- Geha, R., & Notarangelo, R. (2010). *JIT Implementation Manual -- The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing: Volume 3 -- Flow Manufacturing -- Multi-Process Operations and Kanban (2nd ed.)*. Productivity Press.
- Ghrayeb, O., Phojanamongkolkij, N., & Tan, B. A. (2009). A hybrid push/pull system in assemble-to-order manufacturing environment. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(4), 379-387.
- Gotthardt, S., Hulla, M., Eder, M., Karre, H., & Ramsauer, C. (2019). Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line. *Procedia Manufacturing*, 31, 175-179.
- Huang, C. L., Li, R. K., Tsai, C. H., Chung, Y. C., & Shih, C. H. (2014). A comparative study of pull and push production methods for supply chain resilience. *International Journal of Operations and Logistics Management*, 3(1), 1-15.
- Instituto Nacional de Estatística. (2007). Classificação Portuguesa da Actividade Económica Rev.3. https://www.ine.pt/ine_novidades/semin/cae/CAE_REV_3.pdf
- Karam, A. A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886-892.
- Kiran, D. R. (2017a). Seven Traditional Tools of TQM. *Total Quality Management*, 271–290.
- Kiran, D. R. (2017b). Six Sigma. In *Total Quality Management* (pp. 347–361).
- Leica Camera AG. (2020, January 19). The Leica Camera AG - About the Company. <https://en.leica-camera.com/Company/About-Leica-Camera-AG>
- Leica PT. (2020, January 19). Uma história de sucesso. <https://leica.pt/leica-uma-cronologia-de-sucesso/>
- Leica PT - Secção Mecânica. (2020, January 19). *Secção Mecânica*. <https://leica.pt/mecanica/>
- Leica PT - Secção Montagem. (2020, January 19). *Secção Montagem*. <https://leica.pt/montagem/>
- Leica PT - Secção Ótica. (2020, January 19). *Secção Ótica*. <https://leica.pt/optica/>
- Leica PT - Sustentabilidade. (2020, February 5). *SUSTENTABILIDADE*. <https://leica.pt/sustentabilidade/>
- Leica Rumors - M System. (2020, February 3). Leica M system: business analysis and virtual communities. <https://leicarumors.com/2017/11/18/leica-m-system-business-analysis-and-virtual-communities.aspx/>
- Leite, H. D. R., & Vieira, G. E. (2015). Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge. *Production*, 25, 529-541.
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J.C., Silva, F.J.G., Dieguez, T. and Tjahjono, B. (2021), "Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 70 No. 7, pp. 1930-1951.
- Monden, Y. (1994). Adaptable Kanban System Maintains Just-In-Time Production. In *Toyota Production System* (pp. 15-35). Springer, Boston, MA.
- Moore, R. (2007). 7-Lean manufacturing. *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools*, Moore, R.(ed.) Butterworth-Heinemann: Burlington, 135-158.

- Mukhopadhyay*, S. K., & Shanker, S. (2005). Kanban implementation at a tyre manufacturing plant: a case study. *Production Planning & Control*, 16(5), 488-499.
- Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N., & Hayati, N. (2012). Development of Kanban system at local manufacturing company in Malaysia—case study. *Procedia Engineering*, 41, 1721-1726.
- Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016). Re-engineering assembly line with lean techniques. *Procedia CIRP*, 40, 590-595.
- O’Leary, Z. (2017). *The Essential Guide to Doing Your Research Project* (3rd Editio). SAGE Publications Ltd.
- Oliveira, M. S., Moreira, H. D. A., Alves, A. C., & Ferreira, L. P. (2019). Using lean thinking principles to reduce wastes in reconfiguration of car radio final assembly lines. *Procedia Manufacturing*, 41, 803-810.
- Ojha, S. K. (2014). Management of Productivity. *Management*, 1(2).
- Priya, S. K., Jayakumar, V., & Kumar, S. S. (2020). Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line. *Materials Today: Proceedings*, 22, 948-958.
- Pugna, A., Negrea, R., & Miclea, S. (2016). Using Six Sigma methodology to improve the assembly process in an automotive company. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 221, 308-316.
- Productivity Press Development Team (2002). *Kanban for the Shopfloor* (1st ed.). Productivity Press.
- Rodrigues, J., Sá, J. C., Silva, F. J., Ferreira, L. P., Jimenez, G., & Santos, G. (2020). A rapid improvement process through “quick-win” lean tools: A case study. *Systems*, 8(4), 55.
- Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of lean production principles and tools for quality improvement of production processes in a carton company. *Procedia manufacturing*, 11, 1069-1076.
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035-1042.
- Sutari, O. (2015). Process improvement using lean principles on the manufacturing of wind turbine components—a case study. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5), 3429-3437.
- Taghizadegan, S. (2006). Introduction to essentials of lean six sigma (6 [sigma]) strategies: Lean six sigma: Six sigma quality with lean speed. *Essentials of Lean Six Sigma*, 1(1), 1-6.
- Teixeira, P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Santos, G., & Fontoura, P. (2021). Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model. *Journal of Cleaner Production*, 322, 129047.
- Tripp, D. (2005). Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e pesquisa*, 31, 443-466.
- Venkataraman, K., Ramnath, B. V., Kumar, V. M., & Elanchezhian, C. (2014). Application of value stream mapping for reduction of cycle time in a machining process. *Procedia Materials Science*, 6, 1187-1196.
- Williamson, K. (2018). Action research - Theory and practice. In *Research Methods* (pp. 209–224). Elsevier Ltd.

APÊNDICES

Apêndice A – Imagem alusiva à função de reconhecimento do tipo de objetiva que a camera faz, pelo reconhecimento do código preto e branco na baioneta da objetiva, através dos fotodíodos da placa BJ



Apêndice B – Dados trabalhados para a elaboração do diagrama de Pareto sobre os 10 defeitos mais representativos do 4º Trimestre de 2019 do posto de inspeção de entrada em Leica Wetzlar

4º Trimestre de 2019			
Tipo de Defeito	Frequencia	Acomulado	Percentagem
Tampa plástica do obturador alta, corpo principal	155	155	28%
Janela partida do aro da baioneta, corpo principal	131	286	52%
Rosca NOK, Chapéu	60	346	62%
Caixas do ocular NOK, Chapéu	58	404	73%
Ouros	45	449	81%
Risco Superfície, Chapéu	32	481	87%
Rosca NOK, corpo principal	32	513	93%
Botão de Override NOK, Corpo principal	22	535	97%
Chapéu apertado	9	544	98%
Chapéu, def cosmético	5	549	99%
Chapéu, desengate do ISO	5	554	100%

Apêndice C – Cálculo relativo aos custos de sucata e retrabalho do defeito de produção – Janela do aro da baioneta partida

Custos em Material e Mão de Obra Relacionados com o Problema	Tarifa (M/O)	
	0,35 € /min	
Fases:	Tempo(min)	Custo/min
Desmontar Camera	4,77	1,67 €
Demontar Aro do Corpo	1	0,35 €
Remover Janela Partida	3	1,05 €
Limpar Aro de excessos de cola	5	1,75 €
Lavar aro	1	0,35 €
Colar Nova Janela	4,7	1,65 €
Ajustar placa BJ e Montar Aro	2,09	0,73 €
Ajustagem W6	25	8,75 €
Montar Camera	12,88	4,51 €
Total (MO)		20,80 €
Sucatar Janela Partida		3,55 €
Total (Material)		3,55 €
Unidades		131
Custos Totais		3 190,37 €

Apêndice D – Custos poupados com o problema dos movimentos dos botões LV, Play e Menu

Custos em Material e Mão de Obra Poupada	Tarifa	
	0,35 € /min	
Fases:	Tempo(min)	Custo/min
Desmontar Camera	4,77	1,67 €
Desmontar Ruck	3,69	1,29 €
Desmontar Teclas	1	0,35 €
Desmontar Tecla 3x	3	1,05 €
Limpar Cola	9	3,15 €
Montar Teclas	3	1,05 €
Montar Ruck	6,79	2,38 €
Montar Camera	12,88	4,51 €
Total (MO)		15,45 €
Sucatar Pinos Plásticos Danificados por desmontar (caso pior 3x)		1,38 €
Total (Material)		1,38 €
Unidades		2933
Custos Totais		49 363,27 €

Apêndice E – Gastos com o problema dos movimentos dos botões LV, Play e Menu

Custos em Material e Mão de Obra Gasto	Tarifa	
	0,35 € /min	
Fases:	Tempo(min)	Custo/min
Retrabalho executado nos Pinos plásticos	0,75	0,79 €
Total (MO)		0,79 €
Unidades		1506
Custos Totais		1 185,98 €

Apêndice F – Dados trabalhados para a elaboração do diagrama de pareto sobre os 10 defeitos mais representativos na inspeção final da camera em Leica Portugal entre a semana 26 e 36 de 2022

CW26-CW36 2022			
Tipo Defeito	Frequencia	Freq. Acum	Acum %
Outros	101	101	28%
Mov. Tecla de direcional	77	178	49%
Crom. Do aro	42	220	60%
Riscos/Danos Tecla dir.	41	261	71%
Riscos/danos Teclas Série	20	281	77%
Crom. Destrav. Baioneta	18	299	82%
Falta de parafusos	18	317	87%
Recartilha, Pintura BT	15	332	91%
Riscos/Danos Ocular	12	344	94%
Excentrico danificado	12	356	97%
Riscos / Danos LN	10	366	100%

Apêndice G – Gastos com o problema do movimento do botão direcional entre a semana 26 e semana 36

Custos em Material e Mão de Obra Relacionados com o Problema	Tarifa	
	0,35 € /min	
Fases:	Tempo(min)	Custo/min
Verificação do Erro	3	1,05 €
Desmontar Ruck	1	0,35 €
Desmontar Teclas	1	0,35 €
Limpar Cola	3	1,05 €
Montar Teclas	0,5	0,18 €
Montar Ruck	2	0,70 €
Repetir Fase Verificação	6	2,10 €
Total (MO)		5,78 €
Sucatar Anel de pinos Danificado		0,13 €
Total (Material)		0,13 €
Custos Totais		454,75 €

Apêndice H – Dados trabalhados para a elaboração do diagrama de Pareto sobre os 10 defeitos mais representativos na inspeção final do corpo principal montado entre outubro 2019 e junho 2020

Top 10 frequências de defeitos na inspeção final do corpo principal montado (de outubro 2019 – junho 2020).			
Tipo de defeito	Frequência	Freq. Acum	Acum%
Outros	134	134	47%
RHS - Leitura mal	59	193	68%
Erro Obturador trabalha cont.	26	219	77%
Erro Máquina não liga	19	238	84%
Máscara com Led's incompletos	16	254	90%
Erro Máquina não dispara	8	262	93%
Erro consumo elevado/baixo	8	270	95%
Erro Obturador (Tempo)	6	276	98%
Erro Invalid Position	4	280	99%
Erro B.V. mal	3	283	100%

Apêndice I – Gastos de mão de obra, com o problema da falha na leitura do sensor RHS entre outubro de 2019 e junho 2020

Custos em Material e Mão de Obra Relacionados com o Problema	Tarifa	
	0,35 € /min	
Fases:	Tempo(min)	Custo/min
Desmontar até ao E-Messer	10,32	3,61 €
Voltar a montar até a fase da verificação	48,35	16,92 €
Desmontar E-Messer	2	0,70 €
Retrabalhar E-Messer	3	1,05 €
Voltar a montar e Ajustar	10,13	3,55 €
Total (MO)		25,83 €
Custos Totais		1 523,97 €

Apêndice J(a) – Leitura do sensor RHS OK

The screenshot shows the 'Lens and Display Test' window with the following data:

Check Lenscode and Focus Lever Sensor			
Check A side	101010 11	686	Adjust A side
Check B side	010101 01	211	Adjust B side

A yellow arrow points from the 'Adjust A side' button to the text 'Diferença 475'. On the right, there is a 'Disconnect from COM9' button.

Apêndice J(b) – Leitura do sensor RHS NOK

The screenshot shows the 'Lens and Display Test' window with the following data:

Check Lenscode and Focus Lever Sensor			
Check A side	101010 11	657	Adjust A side
Check B side	010101 01	234	Adjust B side

A yellow arrow points from the 'Adjust A side' button to the text 'Diferença 423'. On the right, there is a 'Disconnect from COM9' button.

Apêndice K – Dados trabalhados sobre a taxa de rejeição da falha de leitura da placa RHS, também conhecido por código da lente

Mês-Ano	Frequencia do defeito do Código da lente	Nº Total de Items no Posto de Insecção	Tx do Defeito	Obs.
out/19	0	510	0,0%	
nov/19	2	488	0,4%	
dez/19	6	460	1,3%	
jan/20	4	850	0,5%	
fev/20	5	787	0,6%	
mar/20	11	545	2,0%	
abr/20	0	0	#DIV/0!	Layoff COVID
mai/20	17	666	2,6%	
jun/20	6	530	1,1%	
jul/20	30	2022	1,5%	
ago/20	9	622	1,4%	2 Semanas Férias
set/20	16	1584	1,0%	
out/20	18	1710	1,1%	
nov/20	18	1696	1,1%	
dez/20	11	1547	0,7%	
jan/21	14	1430	1,0%	
fev/21	11	1063	1,0%	
mar/21	16	1402	1,1%	
abr/21	14	619	2,3%	
mai/21	0	295	0,0%	
jun/21	3	652	0,5%	
jul/21	0	31	0,0%	Fim de Vida do
ago/21	0	0	#DIV/0!	Modelo entrada de
set/21	0	0	#DIV/0!	Novo

Apêndice L – Gastos com retrabalho com o problema de ajuste do E-Messer ao longo do ano de 2020

Custo/min	0,35				
Tempo de Rep. (min)	10				
Tempo de Ajust.	25				
	Total de máquinas não Ajustáveis	Taxa de Rejeição	Custo com Retrabalho	Total de máquinas bem ajustadas	Custo de retrabalho por cada máquina produzida
1º Trimestre	270	11%	3 307,50 €	2154	1,54 €
2º Trimestre	387	19%	4 740,75 €	1544	3,07 €
3º Trimestre	645	15%	7 901,25 €	3801	2,08 €
4º Trimestre	390	7%	4 777,50 €	4896	0,98 €

Apêndice M – Problem Report colocado no Software de PLM Windchill

Attributes	
Title of the PR:	M11: Kreuztasle: Klebung Distanzring 420-400.132-000 (Ändern des Klebstoffes)
Category:	Quality Improvement
Description:	Der aktuell verwendete Klebstoff Loctite 480 hat eine zu lange Aushärtzeit und die Klebkraft ist zu Anfang nicht hoch genug. Durch leichte Verbiegung des Teiles 420-400.132-020 Distanzring kann sich die Klebung lösen. Daher soll der Klebstoff geändert werden zu Loctite 406. Erste Klebversuche zeigen eine bessere Haftung.

Apêndice N – Dados trabalhados para a elaboração de um Diagrama de Pareto de forma a representar os defeitos mais representativos na Ajustagem do E-Messer de final de maio 2020 até agosto 2020

Defeitos mais representativos na Ajustagem do E-Messer de final de maio 2020 até agosto 2020.			
Descrição	Frequência	Valor % acumulado	Tx
Distâncias mal	312	36%	36%
Histerese sup. 0,55	284	68%	32%
Infinito	117	81%	13%
Outros	62	89%	7%
0,70 não ajusta (Batente)	55	95%	6%
Metro não ajusta	21	97%	2%
Roletto mal	14	99%	2%
Altura não ajusta	8	100%	1%
Cavelete não ajusta/preso	2	100%	0%
Aro mal/apertado/fora medida	0	100%	0%
	875		