



APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM ? A3 PROBLEM SOLVING

JULIANA CORREIA DA COSTA

novembro de 2020

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM – A3
*PROBLEM SOLVING***

Juliana Correia da Costa

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM UMA LINHA DE MONTAGEM – A3 *PROBLEM SOLVING*

Juliana Correia da Costa

Estudante n.º 1160350

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 Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá.

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

"Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode
começar agora e fazer um novo fim"

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

A conceção da presente dissertação e conseqüentemente o término da minha vida académica, só se tornou possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Em primeiro lugar, ao meu orientador Professor José Carlos Vieira de Sá pela constante motivação, disponibilidade e orientação durante a conceção deste projeto, que foram fundamentais para a criação deste.

À Leica Portugal e a todos os seus colaboradores, em particular ao meu orientador Eng.º Nuno Barros, pela oportunidade e excelente acolhimento que me proporcionaram, e por toda a ajuda prestada ao longo da realização deste estágio, salientando o Eng.º Ricardo Guedes, Eng.º Adriano Mendes e Eng.º Henrique.

Ao corpo docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto que me acompanhou ao longo destes cinco anos, e que me fez crescer enquanto pessoa e futura profissional.

Aos meus colegas de curso, por terem feito parte do meu percurso académico de cinco anos, sempre com um espírito de entreatajuda e companheirismo.

Aos meus pais, irmã e restante família pelo incentivo constante, apoio e carinho que foram imprescindíveis para que nunca desistisse do meu objetivo.

Aos meus amigos, por se terem cruzado na minha vida e que são essenciais na minha felicidade.

A todos aqueles que se cruzaram no meu percurso de escola, professores e colegas, que de alguma forma contribuíram para a definição do meu objetivo e concretização.

Um enorme obrigada a todos, pois de uma forma ou de outra contribuíram em grande parte para a pessoa em que hoje me tornei.

Por fim, não menos importante, a mim pela constante persistência, por sempre acreditar que sou capaz, mesmo com todos os contratemplos que surgem durante a vida.

página propositadamente em branco

RESUMO

A presente dissertação realizada no âmbito da unidade curricular de Projeto/Dissertação/Estágio, para conclusão do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, foi desenvolvida em contexto industrial na empresa Leica – Aparelhos Óticos de Precisão S.A. especificamente em uma linha de montagem de máquinas fotográficas analógicas, com o título “Aplicação de uma metodologia de resolução de problemas em uma linha de montagem”.

O principal objetivo deste projeto prendeu-se na identificação da metodologia de resolução de problemas mais adequada a ser aplicada numa linha de montagem, para a resolução das suas não-conformidades com a finalidade de aumentar a qualidade do produto, peças subjacentes e a otimizar o seu processo.

Com isto, realizou-se primeiramente uma investigação científica sobre metodologias de resolução de problemas com o intuito de encontrar o melhor e mais conveniente método a ser aplicado no desenvolvimento do projeto, por forma a resolver as adversidades em assunto. Desta retirou-se que o tema em investigação tem tomado uma crescente importância nos últimos 10 anos e que a metodologia de resolução de problemas ideal para o caso de estudo era o *A3 problem solving*.

Pela aplicação prática da metodologia A3 no processo de montagem da máquina fotográfica analógica, conseguiu-se eliminar o tempo de retrabalho diariamente desperdiçado em três não-conformidades relativas a especificações técnicas de componentes. Este valor, que representava uma percentagem de ocupação de cerca de 7,38% do tempo diariamente disponível para montagem da máquina, foi extinto pela adoção das ações corretivas. Consequentemente, a resolução destes possibilitou uma diminuição total de custos diários do processo de montagem da máquina fotográfica de cerca de 10,97€. Conseguida a eliminação total de operações de retrabalho apenas dos problemas abordados, torna-se possível, um aumento de produção semanal de cerca de duas máquinas.

Assim, o *A3 problem solving* permitiu a resolução consistente e objetiva das não-conformidades pretendidas, possibilitando o aumento da qualidade de três componentes da máquina fotográfica analógica, e por consequência do produto final, otimizando o processo pela eliminação de retrabalho e custos inerentes.

PALAVRAS-CHAVE

Metodologias de resolução de problemas, *A3 problem solving*, Seis sigma, Qualidade, Linha de Montagem

página propositadamente em branco

ABSTRACT

This dissertation carried out within the scope of the Project/Dissertation/Internship curricular unit, to complete the Master's Degree in Engineering and Industrial Management, was developed in an industrial context at Leica - Aparelhos Óticos de Precisão S.A. specifically in an analog camera assembly line, entitled "Application of a problem solving methodology on an assembly line".

The main objective of this project was to identify the most appropriate problem solving methodology to be applied to an assembly line, to solve its non-conformities in order to increase product quality, underlying parts and optimize its process.

With this, a scientific investigation was first carried out on problem solving methodologies in order to find the best and most convenient method to be applied in the development of the project, in order to solve the adversities in the subject. From this it was found that the topic under investigation has taken on increasing importance in the last 10 years and that the ideal problem solving methodology for the case study was A3 problem solving.

Due to the practical application of the A3 methodology in the assembly process of the analog camera, it was possible to eliminate the daily rework time wasted on three non-conformities related to technical specifications of components. This value, which represented a percentage of occupation of about 7,38% of the time available daily for camera assembly, was extinguished by the adoption of corrective actions. Consequently, the resolution of these made it possible to totally reduce the daily costs of the camera assembly process of about €10,97. Having achieved the total elimination of rework operations only from the problems addressed, it is possible an increase in weekly production of about two machines.

Thus, the A3 problem solving allowed the consistent and objective resolution of the intended non-conformities, enabling the increase in the quality of three components of the analog camera, and consequently of the final product, optimizing the process by eliminating rework and inherent costs.

KEYWORDS

Problem solving methodologies, A3 problem solving, Six sigma, Quality, Assembly line

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
LISTA DE SIGLAS.....	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento e pertinência	1
1.2. Questão e objetivos de investigação.....	2
1.3. Opções metodológicas	3
1.4. Apresentação da empresa.....	4
1.4.1. Leica em Portugal.....	4
1.4.2. Relação da Leica com a Qualidade.....	5
1.5. Estrutura do trabalho	6
2. ESTADO DE ARTE.....	9
2.1. O que é uma metodologia de resolução de problemas?	9
2.2. Atualidade e relevância do tema.....	10
2.3. Quais metodologias de resolução de problemas são citadas?	14
2.3.1. <i>A3 problem solving</i>	14
2.3.2. <i>DMAIC (define, measure, analyze, improve, control)</i>	15
2.3.3. <i>FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)</i>	18
2.3.4. <i>TRIZ (Theory of inventive problem solving)</i>	20
2.3.5. <i>QFD (Quality Function Deployment)</i>	22
2.3.6. <i>RCA (Root Cause Analysis)</i>	24
2.3.7. <i>PASS (Propose, Analyze, Solve, Sustain)</i>	26
2.3.8. <i>STARS (Store, Tag, Analyze, Resolve, Sustain)</i>	28
2.3.9. <i>Nalco</i>	29
2.3.10. <i>PSM (Problem Solving Methodologies)</i>	30
2.3.11. <i>CBR (Case Based Reasoning)</i>	31
2.3.12. <i>Metodologia 8D</i>	32
2.4. Análise dos resultados da investigação e das metodologias	32
3. CASO DE ESTUDO	37
3.1. Apresentação da linha de montagem e do produto	37
3.1.1. Mecanismos máquina fotográfica analógica	39
3.2. Estado inicial e problemática	40
4. MÉTODO E APLICAÇÃO	43
4.1. <i>A3 problem solving</i>	43
4.2. Aplicação do método.....	44

4.2.1. Título e Definição do problema.....	45
4.2.2. Quantificação da situação atual.....	47
4.2.3. Objetivos	48
4.2.4. Análise das causas.....	48
4.2.5. Propostas de melhoria e Plano de Ações.....	51
4.2.6. Plano de Verificação.....	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1. Apresentação de resultados.....	55
5.2. Discussão de resultados	56
6. CONCLUSÃO	59
6.1. Conclusões finais	59
6.2. Limitações e investigação futura.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
APÊNDICE A	67
APÊNDICE B	69
APÊNDICE C	71

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Instalações Leica Portugal (Leica, 2017)	4
Figura 2- Principais títulos de origem dos artigos (<i>Web of Science</i> , 2020)	13
Figura 3- ciclo DMAIC (<i>The lean six sigma model</i> , 2020)	16
Figura 4- Metodologia TRIZ (Shu Luing Nikalus et al., 2018).....	21
Figura 5- Casa da qualidade (Nunes, 2019).....	23
Figura 6- Metodologia RCA	26
Figura 7- Metodologia PASS, quatro etapas, oito procedimentos (Kim & Sung, 2018).....	27
Figura 8- Metodologia Nalco (Keiser & Blake, 1996)	29
Figura 9- Método CBR (Rojek, 2016).....	31
Figura 10- Máquina fotográfica analógica Leica modelo MP (Fisher, 2011).....	37
Figura 11- Visualização interior de uma máquina analógica	38
Figura 12- Mecanismo de auxílio de montagem do rolo de transporte do filme	38
Figura 13- Rolo de transporte do filme de uma máquina fotográfica analógica	39
Figura 14- Index de uma máquina fotográfica analógica.....	40
Figura 15- Estrutura de etapas de um relatório de resolução de problemas A3 com relação ao ciclo PDCA (Kotowska et al., 2017).....	44
Figura 16- Veio, carreto e parafuso.....	45
Figura 17- Problema carreto	46
Figura 18- Index à direita conforme, a contabilizar corretamente e à esquerda não-conforme, contabilização errada.....	46
Figura 19- Mola espiral corretamente engatada no anel de transporte	47
Figura 20- Veio conforme à esquerda e veio não-conforme (partido) à direita	47
Figura 21- Secção do desenho técnico do carreto, ângulo de 45°	49
Figura 22- Análise microscópica do carreto	50
Figura 23- Secção do desenho técnico do anel de transporte, ângulo de 10°	50
Figura 24- Entalhe do anel de transporte conforme (à esquerda) e não-conforme (à direita)	51
Figura 25- Retrabalho no entalhe do anel de transporte	52

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Contraste entre as Metodologias de resolução de problemas, as suas etapas e o ciclo PDCA.....	36
Tabela 2- Metodologias de resolução de problemas e a sua adequação	36
Tabela 3- Tempo de retrabalho diário despendido e seus custos	55

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Quantidade de artigos publicados por ano (<i>Web of Science, 2020</i>)	10
Gráfico 2- Quantidade de citações por ano (<i>Web of Science, 2020</i>).....	11
Gráfico 3- Quantidade de artigos publicados por autor (<i>Web of Science, 2020</i>).....	11
Gráfico 4- Quantidade de artigos publicados por área de pesquisa (<i>Web of Science, 2020</i>)	12
Gráfico 5- Quantidade de artigos publicados por país (<i>Web of Science, 2020</i>).....	12
Gráfico 6- Principais Instituições de origem das publicações (<i>Web of Science, 2020</i>)	13
Gráfico 7- Categorização dos artigos da pesquisa proveniente da plataforma online (<i>Web of Science, 2020</i>)	33
Gráfico 8- Categorização dos artigos para cada metodologia (<i>Web of Science, 2020</i>).....	33
Gráfico 9- Impacto dos problemas.....	41
Gráfico 10- Tempo diário despendido em retrabalho das três não-conformidades	55

página propositadamente em branco

LISTA DE SIGLAS

6Ms	Método, Matéria-prima, Mão-de-obra, Máquinas, Medição, Meio ambiente
8D	8 Disciplinas
CBR	<i>Case Based Reasoning</i>
CRs	Requisitos do Cliente
Det	Deteção
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
EUA	Estados Unidos da América
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
FQFD	<i>Fuzzy Quality Function Deployment</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	<i>International Organization of Standardization</i>
LSS	<i>Lean Seis Sigma</i>
MEGI	Mestrado Engenharia e Gestão Industrial
Ndm	Newton decímetro
Occ	Ocorrência
PASS	<i>Propose, Analyze, Solve, Sustain</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
PSM	<i>Problem Solving Methodologies</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
RCA	<i>Root Cause Analysis</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
Sev	Severidade
S.A	Sociedade Anónima
S.A.R.L	Sociedade Anónima de Responsabilidade Limitada
SMART	<i>Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Timely</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
STARS	<i>Store, Tag, Analyze, Resolve, Sustain</i>
TRs	Requisitos Técnicos
TRIZ	<i>Theory of Inventive Problem Solving</i>

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação surge no âmbito da unidade curricular de Projeto/Dissertação/Estágio, pertencente ao 2º ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial (MEGI) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), no ano letivo 2019/2020, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial. Para a realização desta foi desenvolvido um estágio curricular, no decorrer do ano de 2020, na empresa Leica – Aparelhos Óticos de Precisão S.A., uma multinacional com sede na Alemanha, dedicada à produção de artigos óticos de excelência, tais como máquinas fotográficas, objetivas, binóculos e miras.

A introdução à presente dissertação encontra-se estruturada em cinco partes. No primeiro capítulo exibe-se o enquadramento e pertinência do tema. Seguidamente enunciam-se a questão e objetivos de investigação. Pelo terceiro capítulo, expõem-se as opções metodológicas e o plano de investigação que são necessários para que os objetivos sejam alcançados. Posteriormente apresenta-se a empresa na qual o projeto vai ser realizado, salientando a relação com a temática do trabalho. Por último, apresenta-se a estrutura global da dissertação.

1.1. Enquadramento e pertinência

No mundo de hoje, as empresas e indústrias defrontam-se com um mercado cada vez mais exigente e competitivo, tendo que corresponder às necessidades do consumidor, que pretende um serviço/produto com qualidade superior a um preço igual ou inferior ao produto equiparável (Kumar et al., 2007; Machado, 2007). A criação de retorno sempre foi a principal motivação das organizações com fins lucrativos (Ng et al., 2017). No entanto, a pressão externa tem exigido a estas não apenas a serem orientadas pela contenção de custos, mas também pela qualidade (Mattox, 1996; Ng et al., 2017). Estudos e pesquisas em vários setores mostraram que a qualidade tem uma forte relação com a rentabilidade (C. Pinto et al., 2011). Para se manterem competitivas no mercado e fidelizarem os clientes no produto, as empresas devem estar atentas à melhoria contínua da qualidade, sendo essencial por isso, otimizar os processos, eliminando o máximo de desperdícios detetados (Ferreira et al., 2019; Ng et al., 2017; Sá et al., 2020). Assim, a melhoria contínua é uma estratégia de negócio importante para muitas organizações, incluindo as indústrias, organizações de serviços financeiros, serviços de saúde, organizações do setor público e do setor terciário (Sá et al., 2020). Em suma, atualmente o essencial objetivo destas, passa pelo aumento da produtividade, tentando suprimir todas as falhas internas do produto ou serviço, ampliando a qualidade e com o menor custo possível (Ferreira et al., 2019; Joaquim Delgado, 1997; Sá et al., 2020).

Segundo Juran (1991) qualidade quer dizer ausência de falhas, bem como um bom serviço ao cliente. Uma definição abrangente para isso é “adequação ao uso”. Defensor da mesma linha de pensamento, Crosby (1979) cria, no início dos anos 60, o conceito de “zero defeitos” com base no qual tudo podia ser bem feito à primeira vez. No final da década de 80, as organizações começam a investir em mecanismos e ferramentas que contribuem para a redução de desperdícios e permitem a otimização da conformidade dos seus produtos, tendo por finalidade o aumento da sua eficiência (Sá et al., 2020; G. Santos et al., 2019). O desenvolvimento e implementação de sistemas de gestão da qualidade e o uso de programas e ferramentas da qualidade são algumas das seleções mais empregues pelos gestores para aumentar a competitividade das suas organizações (Augusto De Oliveira et al., 2011; Bamford & Greatbanks, 2005). As ferramentas e metodologias são os

elementos utilizados para o desenvolvimento, medição, análise e melhoria da qualidade de produtos ou serviços nas empresas (Bamford & Greatbanks, 2005; Ferreira et al., 2019; Ng et al., 2017). Assim, permitem a identificação e resolução dos principais problemas organizacionais e, por este motivo, são importantes instrumentos de diferenciação organizacional (Alsaleh, 2007; Bamford & Greatbanks, 2005).

A resolução de problemas constitui uma parte importante da melhoria contínua, uma vez que a eliminação das causas raízes e a implementação de ações preventivas apoiam fortemente a busca pelo progresso e aperfeiçoamento (Appollis et al., 2020). Por esse motivo, uma estratégia pró-ativa para a resolução de problemas deve ser colocada em prática, seja para melhorar a qualidade do serviço prestado ou para reduzir os custos financeiros inerentes (Coimbra et al., 2016). Uma metodologia de resolução de problemas bem adaptada para lidar com problemas locais, ganhou destaque como um elemento fundamental nas estratégias das organizações para atender às exigências da qualidade (Romero et al., 2012). O método de resolução de problemas fundamenta-se numa sequência de fases, baseadas em factos, que possibilitam que todo o processo de planeamento, de decisão e de resolução do problema se realize consistentemente, garantido que este é de facto resolvido em vez de apenas disfarçado (J. P. Pinto, 2009; Tanco et al., 2009).

Assim, ergue-se a presente dissertação que tem por tema a aplicação de uma metodologia de resolução de problemas em uma linha de montagem na empresa Leica – Aparelhos Óticos de Precisão S.A.. Para a Leica, a questão “Qualidade” é imprescindível para o realce desta no mercado, uma vez que o seu *core business* é a conceção de produtos de alta qualidade (a apresentação e validação destas informações acerca da organização, podem ser verificadas no subcapítulo 1.4). Por esse motivo, para se manter competitiva no mercado e ser reconhecida pelos consumidores devido à singularidade dos seus produtos, a empresa está atenta à melhoria contínua da qualidade, requerendo otimizar os seus processos, eliminando o máximo de falhas internas do produto.

Daqui surge a problemática do projeto que se caracteriza pela quantidade de não-conformidades existentes tanto no decorrer, como no final do processo de montagem da máquina fotográfica analógica, que requerem de várias tarefas de inspeção final para aprovação do produto. A não-conformidade deste, resulta em retrabalho e peças descartadas numa fase muito avançada do processo, aumentando o valor destes dois indicadores. É assim requerido pela empresa que, com base na verificação de todas as operações da linha de montagem e identificação das anomalias se proponha a resolução destas. Por essa razão, o principal objetivo da dissertação passa pela identificação da metodologia de resolução de problemas mais adequada a ser aplicada numa linha de montagem, com a finalidade de aumentar a qualidade do produto, peças subjacentes e a otimizar o seu processo. Para a concretização do objetivo principal, é necessário primeiramente realizar uma investigação científica com o intuito de encontrar a melhor e mais conveniente metodologia de resolução de problemas a ser utilizada no desenvolvimento deste projeto.

1.2. Questão e objetivos de investigação

Partindo do tema do projeto e do enquadramento do mesmo, apresentado no subcapítulo anterior, este trabalho possui como intuito responder à seguinte questão de investigação: “Qual a melhor metodologia de resolução de problemas a aplicar em uma linha de montagem?”.

A esta questão de investigação está intrinsecamente relacionado o seguinte objetivo geral:

- Identificação da metodologia de resolução de problemas mais adequada a ser aplicada numa linha de montagem, para a resolução das suas não-conformidades com a finalidade de aumentar a qualidade do produto, peças subjacentes e a otimizar o seu processo.

Para o alcance do objetivo geral desta investigação, formularam-se os seguintes objetivos específicos:

- 1) Investigação científica sobre metodologias de resolução de problemas com o intuito de encontrar o melhor e mais conveniente método a ser empregue no desenvolvimento do projeto;
- 2) Análise da linha de montagem para conhecimento dos problemas existentes;
- 3) Constituição de um documento *excel* para definição e quantificação dos problemas detetados;
- 4) Composição de um diagrama de Pareto com objetivo de ordenar os defeitos por impacto, permitindo assim perceber quais os pontos fulcrais a atuar;
- 5) Resolução dos principais problemas encontrados, através do processo iterativo da metodologia selecionada, percebendo as suas causas e implementando ações corretivas sobre elas.

1.3. Opções metodológicas

Para o desenvolvimento do projeto é adotada uma metodologia de investigação que assenta na metodologia Investigação-Ação. Esta metodologia é um processo que procura juntar a ação e a reflexão, a teoria e a prática, de forma a alcançar soluções práticas para problemas reais numa empresa (Susman & Evered, 1978). Assim, para a elaboração do projeto segue-se as cinco etapas propostas por Susman e Evered (1978): diagnóstico do problema; planeamento da ação; ação; avaliação; e por fim, reflexão. Desta forma, o projeto é desenvolvido de uma forma cíclica entre momentos de reflexão e investigação com momentos de implementação das ações desenvolvidas.

Na primeira fase, a de diagnóstico do problema, identifica-se e analisa-se os processos em estudo (Susman & Evered, 1978). No caso em questão realiza-se uma análise à linha de montagem para o conhecimento dos problemas existentes. Para além disso, nesta fase também se procede à investigação científica sobre metodologias de resolução de problemas com o intuito de encontrar o melhor e mais conveniente método a ser aplicado no desenvolvimento do projeto.

Depois, na fase de planeamento, procede-se à constituição de um documento *excel* para definição e quantificação dos problemas detetados e seguidamente, à composição de um diagrama de Pareto com o objetivo de ordenar os defeitos por impacto, permitindo assim perceber quais os pontos fulcrais a atuar.

Pela fase da ação, são resolvidos os principais problemas encontrados, através do processo iterativo da metodologia selecionada, percebendo as suas causas e implementando ações corretivas sobre elas com a finalidade de aumentar a qualidade do produto, peças subjacentes e otimizar o seu processo.

Por fim, nas fases de avaliação e reflexão, retiram-se as conclusões. Verificam-se os valores obtidos em comparação com a situação inicial, para assim se poder avaliar as soluções e perceber se houve benefícios e quais as estratégias necessárias para a melhoria dos resultados (Susman & Evered, 1978).

Através do seguimento deste plano de investigação e concretização dos seus objetivos, qualquer organização pode aplicar o conjunto metodológico proposto com o intuito de resolver os defeitos/não-conformidades dos seus produtos ao longo da sua concretização, com a finalidade de aumentar a sua qualidade e a otimizar o seu processo.

1.4. Apresentação da empresa

Corria o ano de 1849 quando, em Wetzlar na Alemanha, a empresa hoje denominada de Leica que na altura era conhecida como um Instituto Ótico, inicia a produção de microscópios que se destacariam pela sua qualidade e precisão. Estava dado o primeiro passo para a criação de uma das empresas mais conceituadas e reconhecidas ao nível mundial pela qualidade, inovação e diferenciação dos seus produtos (Leica, 2017). A fevereiro de 1914, Leitz Camera é o verdadeiro nome da máquina fotográfica que veio revolucionar o mundo da fotografia. Com alguns equipamentos e filmes usados na fábrica onde trabalhava, o primeiro protótipo do que viria a ser uma das máquinas fotográficas mais desejadas foi criada: a Ur-Leica, a primeira máquina fotográfica portátil da história (Leica: Há 100 anos a fotografar o mundo - JPN, 2014).

1.4.1. Leica em Portugal

Em 1973, a fábrica de Portugal é criada enquanto «*extended Workbench*» da Ernst Leitz Wetzlar GmbH. Designada por Leitz Portugal – Aparelhos Óticos de Precisão, S.A.R.L. começa a trabalhar numas pequenas instalações em Vila Nova de Famalicão montando microscópios, que no final do seu primeiro ano laboral, contava com quase uma centena de trabalhadores (Leica, 2017). A 31 de março de 2013, à data de comemoração dos seus 40 anos, a Leica inaugura a nova unidade fabril, em Famalicão, representada na Figura 1. O crescimento da Leica S.A. em Famalicão, foi acontecendo na sequência do alargamento programado da gama de produtos: de uma produção inicial de algumas peças mecânicas e óticas, foi-se evoluindo até à produção e montagem de máquinas fotográficas, binóculos e outros artigos de observação, objetivas, miras e telescópios. Apesar da Leica ser conhecida como uma marca alemã, cerca de 90% da sua produção é feita em Portugal (Leica, 2017).



Figura 1- Instalações Leica Portugal (Leica, 2017)

Em Portugal, Famalicão, a empresa encontra-se dividida internamente em várias secções produtivas e não produtivas. As secções produtivas são três, a Mecânica, a Ótica e a Montagem.

Esta separação física é essencial devido às diferentes características do processo presente em cada uma delas, por isso, cada uma é gerida de forma praticamente independente em relação às restantes.

O setor da Mecânica, confeciona componentes metalomecânicos necessários aos produtos da marca, realizando também todo o trabalho de tratamento e acabamento superficial. No setor da Ótica são desenvolvidos trabalhos na área de produção de lentes e prismas, que são incorporados nos diferentes produtos da marca. Por fim, é no setor da Montagem, setor no qual o projeto a desenvolver está inserido, onde se dá a materialização do produto final. Aqui reúnem-se todos os componentes necessários para a obtenção do produto final que podem ser provenientes de quatro origens. Maioritariamente são originários das secções da Mecânica e da Ótica, mas também de fornecedores externos e da subsecção de Eletrónica. Esta subsecção está incorporada na secção de Montagem, devido ao facto de fornecer toda a sua produção (componentes eletrónicos e placas eletrónicas) diretamente à linha de montagem final. Por fim, após terminado o processo de montagem, o produto é enviado para a casa mãe do grupo, Leica Camera AG na Alemanha, para possíveis acabamentos.

Além destas três secções, existem outros departamentos, não produtivos, que têm um papel igualmente pertinente no sucesso produtivo da organização. O departamento de Logística, é responsável por elaborar o plano de produção em conjunto com a casa mãe, assim como também realiza todo o tipo de compras a fornecedores, quer sejam matérias-primas, consumíveis ou equipamentos. O departamento de Garantia da Qualidade (Entrada/Saída) efetua toda a verificação dos exigentes parâmetros de qualidade quer das matérias-primas oriundas de fornecedores externos, quer dos produtos finais. Por sua vez, a secção de Gestão da Qualidade qualifica os processos praticados ao longo da produção. O departamento da Ferramentaria é um setor de transformação com o objetivo de criar ferramentas necessárias às secções de produção. Um dos departamentos em maior crescimento e que representa o futuro da Leica Portugal no mercado é o Desenvolvimento, cujo objetivo é a conceção de novos produtos com base no *know how* adquirido na produção ao longo dos vários anos da existência da empresa.

Para além destes departamentos existem outros, que embora não se encontrem diretamente relacionados com o processo produtivo, são fulcrais ao funcionamento e sustentabilidade duma empresa desta dimensão organizacional.

1.4.2. Relação da Leica com a Qualidade

A marca Leica é conhecida mundialmente por apresentar produtos de qualidade soberba, quer da parte de construção mecânica e ótica como também de desempenho ótico. Como são produtos montados manualmente, têm um custo associado muito elevado e conseqüentemente representam apenas 1% do volume total de vendas de produtos fotográficos, sendo muito procurados por puristas e amantes de fotografia.

Desde sempre com uma grande preocupação pela Qualidade, objetivo primordial a prosseguir, a Leica, S.A. é uma empresa certificada desde março de 1997, cumprindo atualmente os requisitos da norma ISO 9001 (Leica, 2017). Para a Leica a qualidade dos seus produtos é algo imprescindível para o seu destaque mundial. Como prova disso tem-se os valores da empresa, tendo estes como título “Paixão e perfeição pela criação de imagens únicas”. A sua missão, demonstra exatamente o

foco que a empresa segue diariamente: “Baseado numa marca forte oferecemos soluções inovadoras “*Premium*” com qualidade indiscutível. Este é o fundamento da nossa herança para um futuro de sucesso e mundialmente ser sempre a primeira escolha para os nossos clientes” (Leica, 2017).

Para o contínuo prestígio da marca Leica, satisfazendo as elevadas expectativas dos seus clientes, qualquer colaborador desta empresa é motivado para seguir o objetivo crucial da mesma. Desde o primeiro momento em que este relaciona com a empresa, é fundamental que retenha a ideia de que se deve “fazer bem à primeira”. Procurando diariamente concorrer para o negócio desta empresa, na procura de uma melhoria contínua (Leica, 2017).

Segundo a Leica (2017) “A qualidade Leica é, por si só, uma classe — tanto no universo analógico quer nos modos de captura digital. Sistemas de alta qualidade, com controlos intuitivos, fornecem os melhores resultados de imagem e oferecem inigualável liberdade criativa. Desta forma, a Leica ajuda a transformar a visão numa realização pessoal criativa. As fotografias feitas com lentes Leica não só se destacam pela qualidade do seu contraste, resolução e reprodução pictórica, como também demonstram a qualidade dos produtos Leica relativas ao *design*, *performance*, e à capacidade de capturar o nosso mundo de forma natural.”

1.5. Estrutura do trabalho

A dissertação foi estruturada de forma lógica e sequencial de acordo com o progresso do trabalho desenvolvido durante a investigação e o estágio. Assim, o documento encontra-se dividido em seis capítulos: Introdução, Estado de arte, Caso de estudo, Método e Aplicação, Resultados e Discussão e por fim, Conclusão.

Na introdução exhibe-se o enquadramento e pertinência do tema, tal como se enunciam a questão e objetivos da investigação, expondo-se as opções metodológicas e o plano de investigação que são necessários para que os objetivos sejam alcançados. Apresenta-se também a empresa na qual o projeto se realiza.

O estado de arte é referente ao tema que surge da questão de investigação, no qual primeiramente se realiza uma análise por forma a entender a sua atualidade e relevância a nível mundial e posteriormente se dá a definição e apresentação do tema, para obtenção de resposta à questão de investigação.

O capítulo caso de estudo, apresenta-se a linha de montagem e o produto em que a investigação está inserida, como também é aqui fundamentada a problemática que a empresa apresenta através da análise do estado inicial da linha, e selecionadas as não-conformidades mais impactantes a serem resolvidas pela adoção da metodologia selecionada.

No capítulo método e aplicação é definida a metodologia utilizada com recurso a uma revisão bibliográfica e dá-se o processo de aplicação do método a cada problema abordado nesta dissertação, para a sua resolução.

Nos resultados e discussão são apresentados todos os resultados provenientes do projeto aquando da resolução das não-conformidades abordadas, como também é realizada a interpretação e discussão sobre o seu significado, apresentando a sua relevância para a questão da investigação e seu objetivo.

Por fim, na conclusão, apresentam-se todas as conclusões finais e resultados que decorreram do desenvolvimento desta dissertação. Para além disso, também são referidos todos os constrangimentos e limitações identificados ao longo do trabalho, bem como são dadas sugestões que podem ser abordadas para investigação futura.

2. ESTADO DE ARTE

Este capítulo, o estado de arte, surge com a conveniência de encontrar recursos que possibilitem a resposta à questão da investigação, “Qual a melhor metodologia de resolução de problemas a aplicar em uma linha de montagem?”. Por esse motivo, o capítulo prende-se no tema “Metodologias de resolução de problemas” com o objetivo de responder a três questões:

- O que é uma metodologia de resolução de problemas?
- Quais metodologias de resolução de problemas são citadas?
- Quais as melhores e mais utilizadas?

A partir desta investigação científica, pretende-se encontrar a melhor e mais conveniente metodologia de resolução de problemas a ser empregue no desenvolvimento deste projeto, por forma a resolver as adversidades em assunto.

Para tal, a plataforma/base de dados *online*, *web of science*, fornecedora de uma ampla coleção de citações multidisciplinares encontradas por exemplo em jornais e livros, é utilizada para a pesquisa (Clarivate, 2020). Assim, na página inicial desta são primitivamente definidos os seguintes pressupostos: Na secção “Selecione uma base de dados” é escolhido o campo “Todas as bases de dados”; dentro da “Pesquisa Básica” são definidas as palavras-chave ‘*problem solving methodology*’ e ‘*quality*’ ambos como “Tópico”; por fim, o “Tempo estipulado” apresenta o campo “Todos os anos (1900-2020)” por defeito. Desta pesquisa, a plataforma apresenta 4 807 resultados de publicações.

Dado a quantidade excessiva de resultados de artigos/documentos para analisar, decidiu-se alterar uma das palavras-chave da pesquisa. O tópico ‘*problem solving methodology*’ é colocado entre duas aspas (“”), para que a plataforma não apresente resultados de cada uma das palavras deste tópico, mas sim, como um todo. Daqui surgem 56 resultados de publicações que são analisados e apresentados neste capítulo, por forma a obter resposta às questões pretendidas (*Web of Science*, 2020).

O presente capítulo encontra-se dividido em quatro subcapítulos. No primeiro, 2.1, apresenta-se uma definição simples sobre o que é uma metodologia de resolução de problemas. No subcapítulo 2.2, com o auxílio de gráficos, realiza-se uma análise à quantidade de resultados provenientes da plataforma, categorizando-os por diferentes assuntos, com o objetivo de entender a sua atualidade e relevância a nível mundial. Pelo terceiro, 2.3, define-se cada uma das metodologias analisadas, expondo os seus objetivos, benefícios e limitações mencionadas pelos autores dos artigos, como também são exibidos alguns exemplos de casos de estudo. Por fim, no 2.4, após a interpretação de todas as metodologias de resolução de problemas encontradas, sintetizou-se as informações coletadas de modo a obter resposta à questão da investigação.

2.1. O que é uma metodologia de resolução de problemas?

Apesar da escassez de definições sobre o que é uma metodologia de resolução de problemas, existe uma simples e sucinta que define na sua integridade o tema em questão: Uma metodologia de resolução de problemas pode ser definida como um guia iterativo que expõe a um líder ou à equipa do projeto o que fazer para resolver ou diminuir o impacto, de um determinado problema (Tanco et al., 2009).

2.2. Atualidade e relevância do tema

A base de dados *web of science*, para além de fornecer informações e acesso a documentos do tema em investigação, ela provê também uma análise aos resultados da pesquisa onde retrata assuntos tais como: quantidade de citações por ano; quantidade de artigos publicados por ano; principais autores, etc. Neste subcapítulo, através de gráficos, realiza-se uma análise à quantidade de resultados provenientes da plataforma, categorizando-os por diferentes assuntos, com o objetivo de entender a sua atualidade e relevância a nível mundial.

Pela observação do gráfico seguinte, Gráfico 1, tem-se que o primeiro artigo que menciona o tema, metodologias de resolução de problemas, é referente ao ano 1994. Percebe-se também, que a partir do ano 2011, existe um aumento na quantidade de artigos publicados anualmente com este tema/tópico. O ano de 2017 foi até à atualidade o que representa o maior número de publicações, total de sete, que corresponde a 12,5% dos 56 resultados. No entanto o ano decorrente 2020, ainda não terminou e já conta com quatro publicações o que equivale a 7,1% do total dos resultados.

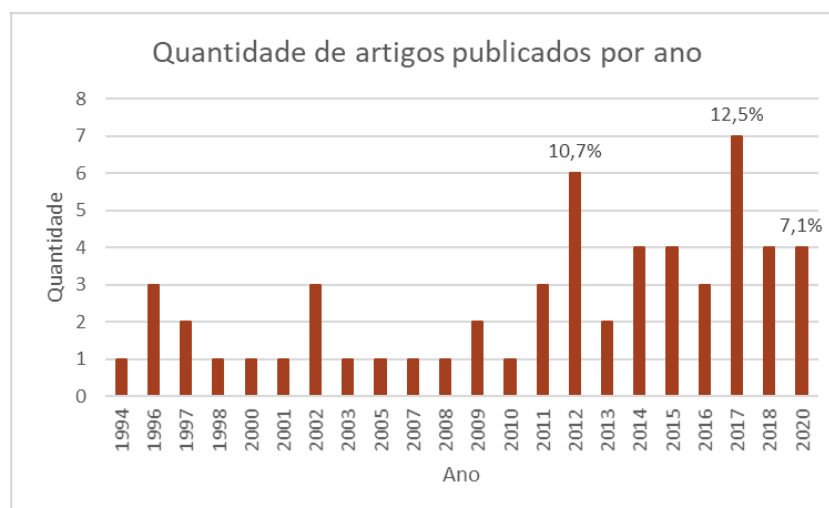
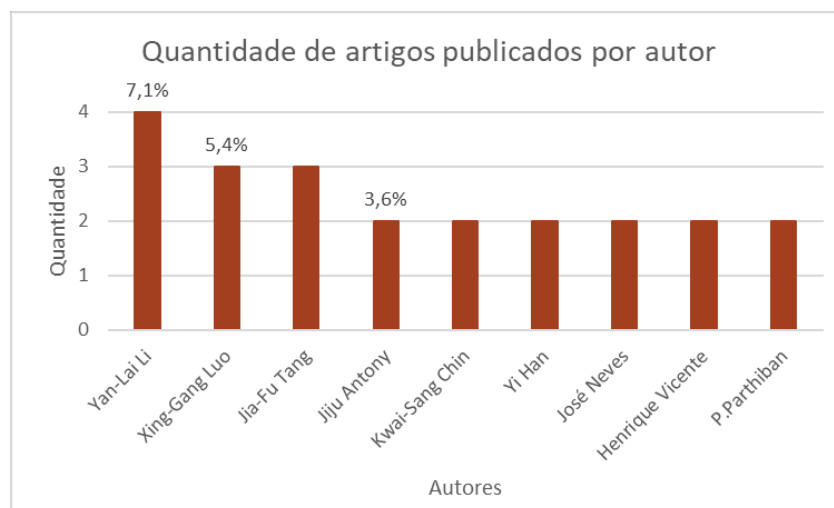


Gráfico 1- Quantidade de artigos publicados por ano (*Web of Science*, 2020)

No que diz respeito à quantidade de vezes que os artigos/documentos publicados foram citados por outros autores nos seus projetos, pelo Gráfico 2, repara-se que os valores são bastante superiores, perfazendo até então, um total de 461 citações. Denota-se novamente um crescimento, neste caso exponencial, a partir do ano de 2011. Só em 2020, ano atual ainda não terminado, os diversos artigos resultantes da pesquisa, no seu total, já foram citados 65 vezes.

Gráfico 2- Quantidade de citações por ano (*Web of Science, 2020*)

Quanto à quantidade de artigos publicados por autor, do Gráfico 3, retira-se que os principais autores são Yan-Lai Li com quatro e Xing-Gang Luo e Jia-Fu Tang com três, correspondendo a respetivamente 7,1% e 5,4% dos resultados. Estes são maioritariamente da República da China, no entanto, entre eles também se encontram autores portugueses, José Neves e Henrique Vicente com dois artigos publicados.

Gráfico 3- Quantidade de artigos publicados por autor (*Web of Science, 2020*)

Destes três gráficos acima mencionados, Gráfico 1, Gráfico 2 e Gráfico 3, pode-se retirar algumas conclusões. Primeiramente, que o tema em investigação tem tomado uma crescente importância nos últimos 10 anos. Em seguida, pelo número de artigos publicados em comparação à quantidade de vezes que estes foram citados repara-se que esta última é bastante superior. Daqui retira-se que muitos autores citam, mas poucos conhecem na integridade o tema em questão e escrevem sobre ele. É comprovado isso, também pelo facto de os artigos serem publicados no total por 267 autores, mas apenas nove destes escreveram sobre este tema, mais do que um artigo (*Web of Science, 2020*).

Relativamente às inúmeras áreas de pesquisa, sendo o total de 57, tem-se pela observação do Gráfico 4, apenas as 17 principais que publicam sobre o tema, devido à limitação de espaço do gráfico. A área da Engenharia representa 44,6% dos resultados, seguida pelo setor da Economia e

Negócios com 33,9%, Ciências da Computação com 28,6% e por fim, as áreas de Serviços de ciências da saúde e Instrumentação de Instrumentos com 25%. Repara-se que o mesmo artigo pode ser referente a várias áreas de pesquisa, daí a soma das percentagens apenas dos principais setores já ser superior a 100%.

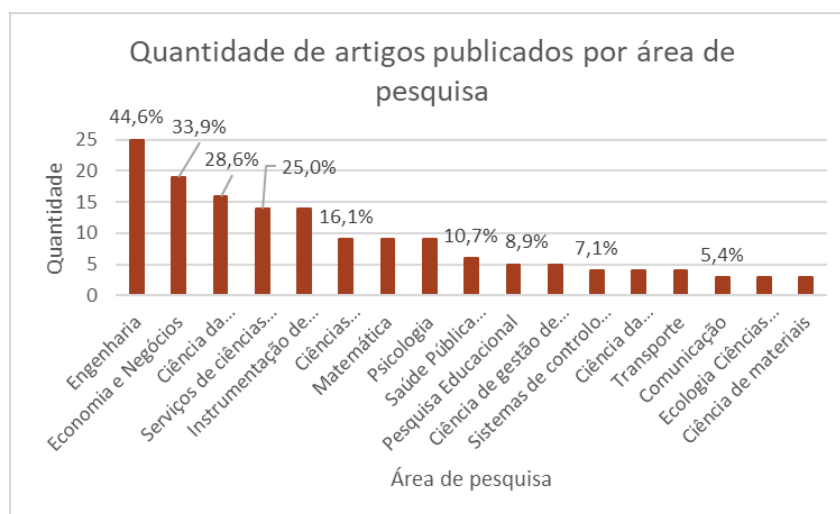


Gráfico 4- Quantidade de artigos publicados por área de pesquisa (*Web of Science*, 2020)

Sobre a quantidade de artigos publicados por país, pelo Gráfico 5, verifica-se que os Estados Unidos da América (EUA) detêm 32,1% dos resultados, o equivalente a 18 artigos, sendo expressivamente o país que mais publica sobre o tema. Seguidamente a este, encontra-se a República da China com cinco artigos correspondente a 8,9% dos resultados. Portugal encontra-se na terceira posição dos que mais publicam, juntamente com outros países, com três artigos o equivalente a 5,4% das publicações.

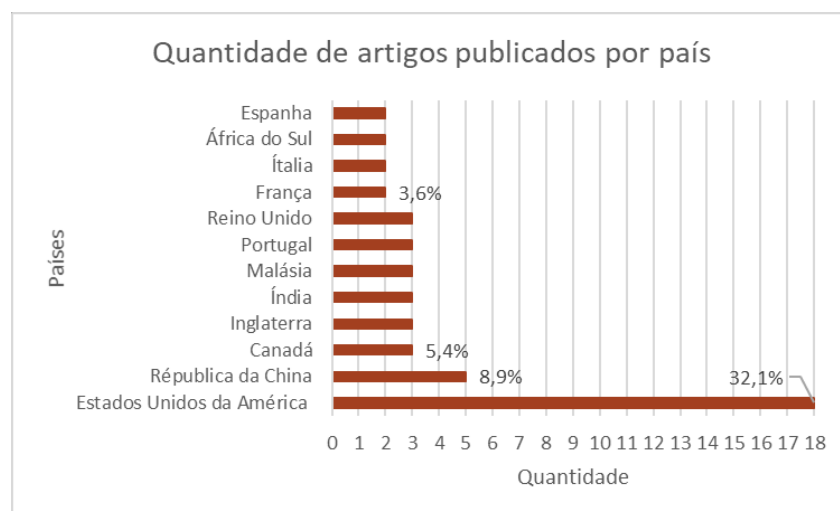


Gráfico 5- Quantidade de artigos publicados por país (*Web of Science*, 2020)

Na seguinte figura, Figura 2, são representados os principais títulos de origem dos artigos, que podem ser jornais, livros, conferências, etc. Dos inúmeros existentes, estes sete títulos, cada um com duas publicações, representam no seu conjunto, cerca de 25% das publicações (*Web of Science*, 2020).

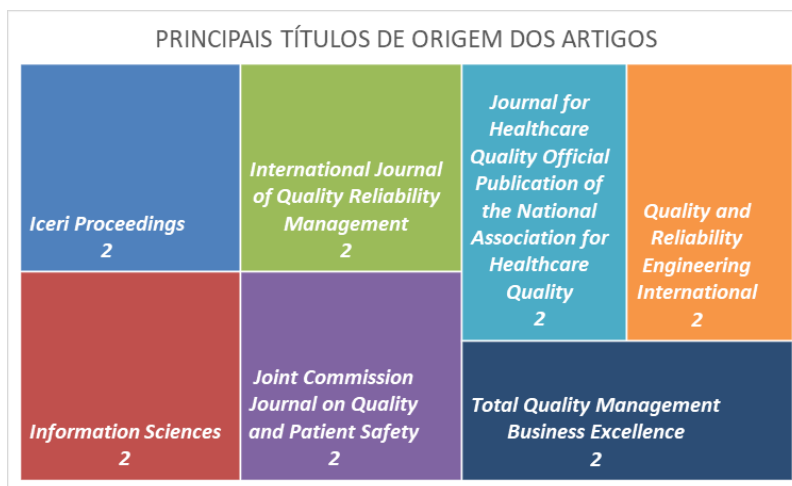


Figura 2- Principais títulos de origem dos artigos (*Web of Science*, 2020)

Em relação às instituições de origem das publicações, repara-se pela análise do Gráfico 6, que as duas principais Instituições são de nacionalidade chinesa, com três artigos publicados cada uma, correspondente a 5,4% das publicações. Seguidamente a estas, as instituições portuguesas, Universidade do Minho e Universidade de Évora, encontram-se na segunda posição das que mais publicam, juntamente com outras instituições estrangeiras, com dois artigos o equivalente a 3,6% das publicações. Repara-se que o mesmo artigo pode ser originário de várias instituições devido a parcerias entre os autores, daí a somatório das quantidades de artigos por universidades provenientes do mesmo país, ser superior ao número de artigos publicados por país.

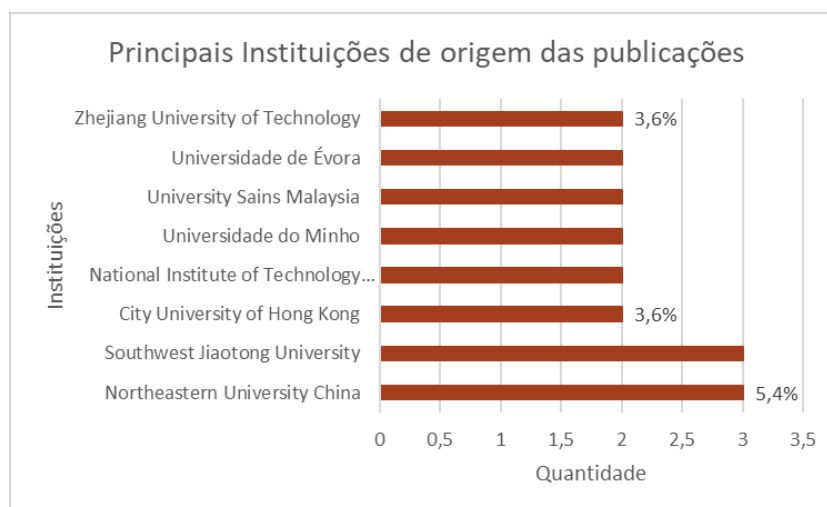


Gráfico 6- Principais Instituições de origem das publicações (*Web of Science*, 2020)

Por fim, pelo decorrer desta análise é possível retirar algumas conclusões gerais pertinentes, acerca dos 56 resultados de publicações. Primeiramente, constata-se que o tema em investigação tem tomado uma crescente importância nos últimos 10 anos. Percebe-se também, que muitos autores citam, mas poucos conhecem na integridade o tema em questão e escrevem sobre ele daí a quantidade de publicações anual ser bastante inferior à quantidade de citações. Em termos de nacionalidades, os EUA são expressivamente os que detêm a maior quantidade de publicações, seguidos pela República da China que para além disso, é o país que possui os autores e as instituições que mais publicam. De igual modo, Portugal encontra-se sempre entre os principais, nas diferentes categorias analisadas ao longo da investigação. Relativamente às principais áreas de

pesquisa, tem-se em destaque a da Engenharia, seguida pelas áreas de Economia e Negócios, as Ciências da Computação, as de Serviços de Ciências da Saúde e por fim, Instrumentação de Instrumentos.

2.3. Quais metodologias de resolução de problemas são citadas?

Desde a engenharia aos serviços de saúde as metodologias de resolução de problemas estão a ser aplicadas para a resolução de adversidades que comprometem o desempenho de processos, produtos ou serviços.

Do estudo realizado surgiram como metodologias de resolução de problemas, as seguintes:

- A3 *problem solving*;
- DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*);
- FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) ou análise modal de falhas e seus efeitos;
- TRIZ (*Theory of inventive problem solving*);
- QFD (*Quality Function Deployment*) ou desdobramento da função qualidade;
- RCA (*Root Cause Analysis*) ou análise de causa raiz;
- PASS (*Propose, Analyze, Solve, Sustain*);
- STARS (*Store, Tag, Analyze, Resolve, Sustain*);
- Nalco;
- PSM (*Problem Solving Methodologies*);
- CBR (*Case Based Reasoning*) ou raciocínio baseado em casos.

Cada uma das metodologias encontradas no decorrer da investigação, apresentam soluções e benefícios na sua aplicação, cumprindo o objetivo que definido para o caso de estudo em questão. Alguns autores também expuseram limitações aquando a sua aplicabilidade ou pesquisa. Nos subcapítulos seguintes, para cada uma das metodologias são expostos os conteúdos mencionados, como também é definida cada metodologia e exibidos exemplos de casos de estudo da sua aplicação.

2.3.1. A3 *problem solving*

O A3 *Problem Solving* é uma metodologia de resolução de problemas de uma página de tamanho A3, que tem fundamento nas quatro fases do ciclo PDCA, planejar (*plan*), executar (*do*), verificar (*check*) e agir (*act*) (Matthews, 2018). Este documento desenvolvido pela Toyota, possibilita a apresentação de factos de forma sucinta e acessível a qualquer observador (Matthews, 2018). A metodologia conduz o utilizador através de um sistema sequencial, com base científica, pelas seguintes fases: **Identificação** do tema; **definição** do problema; **quantificação** do estado atual; **objetivos**; **análise** das causas; **propostas** de melhoria; plano de **ações**; e por fim plano de **verificação** (Taylor et al., 2014).

Pelo A3 *problem solving* tem-se o exemplo de uma equipa do Lucile Packard Children's Hospital Stanford, hospital infantil, que pretendia melhorar a qualidade do seu serviço. Este grupo utilizou a metodologia com o objetivo de aumentar a comunicação entre os utentes e os médicos de cuidados primários (médicos de família), no momento da alta hospitalar, de forma a garantir uma transição segura para casa (Destino et al., 2017). Com a aplicação desta foi possível identificar as

causas raiz do problema e após a implementação das medidas de correção, nos oito meses seguintes, a comunicação foi em média 59,1% e melhorou progressivamente até 80%, atingindo assim a meta (Destino et al., 2017). Segundo Destino (2017), o uso específico da metodologia de melhoria *lean*, não é frequentemente utilizado ou descrito. No entanto, do seu estudo retira que o trabalho foi facilitado pela cuidadosa criação e socialização deste documento. Pelos seus resultados, este apoia a adoção da metodologia para resolução de problemas em outros locais de ambiente hospitalar.

Segundo Taylor (2014), o pensamento A3 é uma maneira eficaz de envolver todos os principais interessados para melhorar a qualidade, segurança e eficiência operacional. Qualquer funcionário é encorajado a liderar um A3: investigar o problema e o estado atual e trabalhar com as partes interessadas para desenvolver contramedidas. No entanto, do seu estudo, retirou que a adesão da equipa não é conquistada facilmente. Este é um processo de evolução lenta, à medida que mais funcionários adotam esta ferramenta simples que os habilita a melhorar o departamento para eles próprios e para os seus pacientes.

Pela pesquisa realizada retira-se que a metodologia em questão, foi utilizada para retratar problemas na área da saúde por forma a melhorar o desempenho dos seus processos.

2.3.2. DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*)

Concebido pela Motorola na década de 1980, Seis Sigma é considerado um dos desenvolvimentos de melhoria de processos e qualidade, mais importantes das últimas décadas (Garza-Reyes, 2015). Esta filosofia faz uso de uma metodologia estruturada e sistemática denominada de DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*), que ajuda a melhorar a qualidade do produto e reduzir as variações nos processos, permitindo às empresas melhorar continuamente a sua eficiência e desempenho (Ferreira et al., 2019; Kanji, 2008; Sá et al., 2020). Esta metodologia assemelha-se muito ao modelo de melhoria contínua de Deming, o ciclo PDCA (*plan, do, check, act*) (Garza-Reyes, 2015).

DMAIC, definir (*define*), medir (*measure*), analisar (*analyze*), melhorar (*improve*) e controlar (*control*), indica de forma sequencial como utilizador deve tratar os problemas, fazendo uso de ferramentas de qualidade e estatísticas, para a resolução dos mesmos (Garza-Reyes, 2015). Em geral, o método cria um vínculo entre o uso eficaz da melhoria da qualidade e ferramentas estatísticas para atender aos desejos dos clientes (Kanji, 2008). Com base em fatos reais e científicos apresentados pela aplicação desta metodologia, o utilizador consegue facilmente tomar decisões e desenlaçar o problema em questão (Garza-Reyes, 2015). O seu nome é um acrónimo com fundamento nas suas fases: **definir** as principais questões; **medir** o processo antes das intervenções; **analisar** os dados iniciais para desenvolver uma análise da causa raiz; **melhorar** o processo do sistema por meio de intervenção; e, finalmente, a fase de **controlo**, onde os dados são recolhidos para avaliar o impacto da intervenção (Silich et al., 2012). A estrutura do DMAIC é o que muitos autores reconhecem como a principal característica que torna o seis sigma eficaz (Garza-Reyes, 2015). Com base nessas características, o seis sigma identifica e elimina a instabilidade, defeitos, erros ou falhas que podem afetar processos (Garza-Reyes, 2015).

Na figura seguinte, Figura 3, visualiza-se o ciclo da metodologia.

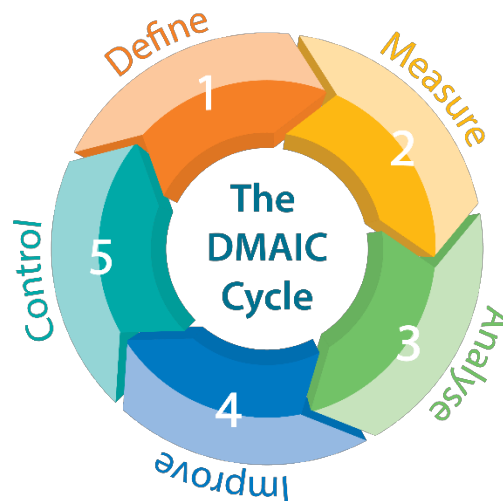


Figura 3- ciclo DMAIC (*The lean six sigma model*, 2020)

Seis sigma teve efeitos bastante benéficos para as ciências da qualidade e para os negócios que usaram as técnicas para melhorar a sua rentabilidade (Ouellette & Petrovich, 2002). Com origem na indústria, atualmente a filosofia, tem sido bastante empregue em processos de não fabricação (Kumar et al., 2007). Esta tem ganho ampla aplicabilidade, em setores de serviços (incluindo serviços financeiros), saúde, governo, organizações sem fins lucrativos e educação. É útil em organizações de pequeno e médio porte, bem como em grandes organizações (Antony et al., 2017). Nas organizações de serviços, surge como uma metodologia para reduzir o desperdício (em termos de tempo) e permitir que o processo se torne mais eficiente (Antony et al., 2017).

Do estudo desenvolvido, tem-se que vários autores apresentaram conclusões quanto à aplicabilidade da filosofia seis sigma e por consequência a metodologia DMAIC, para resolução de problemas nas mais diversas áreas. No setor da saúde, segundo Silich (2012) a utilização do processo seis sigma, é viável para implementar projetos de qualidade de cuidados relacionados à saúde, especialmente aqueles que são complexos. Watkins (2014) no seu estudo em um projeto de *lean* seis sigma (LSS) do Programa de Resultados de Saúde Social Comportamental do Instituto de Saúde Pública do Exército, apresenta que o LSS também pode ser usado para melhorar produtos baseados no conhecimento, essenciais para a vigilância da saúde pública. Conforme Alfaro (2020), os projetos *lean* seis sigma podem ajudar laboratórios de ciência forense identificar oportunidades de melhoria, não apenas na confiabilidade de resultados, mas também em relação à economia de tempo e custos. O seu projeto permitiu à unidade de saúde comprometer pessoal, eliminar o desperdício e a variação, e definir a base para a melhoria e inovação. O autor refere que o trabalho em equipa e a celebração de conquistas é crucial (Alfaro et al., 2020). Enquanto o *lean* se concentra mais na velocidade e na eliminação de desperdícios (eficiência), o seis sigma enfatiza a eficácia por meio da melhoria de processos e da variação e redução de defeitos (Sá et al., 2020). LSS integra os princípios *lean* para reduzir o desperdício, com ferramentas e técnicas do seis sigma para atingir variação zero (Sá et al., 2020).

Quanto ao setor da indústria transformadora, Santos (2012) utilizou a metodologia para resolver problemas em um projeto ergonômico. O autor afirma que a integração da ergonomia com as iniciativas *lean* seis sigma pode significar uma aplicação sistemática e eficiente voltada para o resultado, onde as decisões são tomadas por meio de uma visão participativa e os projetos são conduzidos com base na análise de dados. Do estudo retira que para além dos ganhos financeiros

apresentados, os problemas foram resolvidos de forma organizada (E. F. Santos & Lima, 2012). Kumar (2007), através de um caso de estudo em uma empresa líder de automação, que pretendia reduzir os defeitos de fundição, demonstrou como a introdução e implementação eficaz de um programa seis sigma nas organizações podem levar a um avanço na rentabilidade, trazendo consigo uma mudança cultural e ganhando a fidelidade do cliente. De acordo com Kumar (2007), seis sigma é mais eficaz quando uma organização já tem uma ideia firme de quais formas de produtos e serviços estão em alinhamento com os objetivos da organização e as expectativas dos clientes.

Um artigo sobre um caso de estudo em uma organização do setor de produtos de madeira, desenvolveu uma metodologia denominada de iLeanDMAIC, onde esta combina ferramentas *lean* com a DMAIC (Ferreira et al., 2019). Através da aplicação prática da metodologia, os autores conseguiram-na validar com sucesso e mostrar a sua eficácia no aumento a produção, permitindo às organizações resolverem problemas de forma mais fácil e precisa com a finalidade de melhorar o seu desempenho (Ferreira et al., 2019).

Um estudo no setor de serviços financeiros demonstrou que as aplicações do seis sigma neste setor estão a aumentar exponencialmente (Heckl et al., 2010). No entanto, cerca de 85% dos entrevistados, para obtenção de dados para este estudo, sentiram que o seis sigma pode ser muito útil para otimizar processos (Antony et al., 2017). Estes argumentam também que o LSS continuará a crescer e evoluir em todo o mundo por vários anos (Antony et al., 2017).

Por outro lado, muitos autores também expuseram algumas limitações ou particularidades sobre a filosofia em questão. O autor Ouellette (2002) menciona que o seis sigma é uma filosofia de gestão útil, mas não é um sistema de gestão abrangente. Muitos experientes das ciências da qualidade estão preocupados, pois o seis sigma é cada vez mais o único foco dos gestores, enquanto que as atividades do dia-a-dia sofrem negligência. Além disso, existem áreas que a filosofia nunca pretendeu abordar e que, se outros sistemas de gestão não estiverem presentes, farão com que o esforço do seis sigma fracasse mesmo quando implementado corretamente (Ouellette & Petrovich, 2002). Ter alta conformidade com os requisitos internos e externos do cliente apenas permite que uma empresa elimine reclamações, defeitos e erros. Isto não garante que um potencial cliente queira comprar (Ouellette & Petrovich, 2002). Uma empresa pode fechar portas quando esta se encontra focada apenas para eliminar a insatisfação do cliente, acabando assim, por perder posição competitiva no mercado (Ouellette & Petrovich, 2002). É opinião dos autores que o seis sigma cairá na obscuridade como outra moda que falhou em produzir o que foi prometido, a menos que a gestão diária seja reconhecida como um complemento necessário para alcançar e manter os níveis de qualidade, bem como os resultados finais (Ouellette & Petrovich, 2002).

De acordo com Kanji (2008), a abordagem seis sigma não oferece garantia de sucesso e a sua prática é dispendiosa. Muitas vezes torna-se difícil identificar o caminho específico que leva ao sucesso, e alguns projetos não saem conforme o esperado. Segundo o autor, a filosofia também é inadequada para resolver problemas relacionados com o sistema organizacional (Kanji, 2008).

Conforme Timans (2016), apesar da sua crescente popularidade, apenas um número limitado de estudos foi publicado sobre a implementação de *lean* seis sigma (LSS) em pequenas e médias empresas (PMEs). Em particular, foram relatadas poucas aplicações práticas da filosofia em Portugal (Marques & Matthé, 2017). Fonseca (2014) revela que seis sigma ainda é uma abordagem desconhecida para grande parte das pequenas e médias empresas (PME) em Portugal, mesmo para as PME de excelência. Por sua vez, Lopes (2011) explica que uma das razões pelo qual apenas um

pequeno número de empresas industriais portuguesas adotam o seis sigma é o facto da sua implementação ser mais exigente quando comparada com outras abordagens de melhoria da qualidade, exigindo mais investimento em formação e recursos.

Do estudo elaborado, esta filosofia, consequentemente a metodologia DMAIC, foi utilizada tanto para a otimização de processos na área da saúde como para resolução de problemas de qualidade de produtos na indústria de transformação.

2.3.3. FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*)

FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), análise de modo e efeito de falha foi introduzido pela primeira vez em 1949 (Ng et al., 2017). Segundo Pyzdek e Keller (2010) o FMEA é um esboço que avalia todas as falhas possíveis em um processo, a gravidade da sua ocorrência, a probabilidade de ocorrer, e a probabilidade de não ser detetada.

- **Gravidade:** Classifica o impacto do modo de falha no equipamento de processo, ambiente e operador. As classificações usadas são: “Crítica”, “Principal A”, “Principal B” e “Secundária”;
- **Ocorrência:** Classifica a frequência da causa do modo de falha. As classificações são compreendidas entre “Baixo” e “Muito alto”;
- **Deteção:** A deteção relaciona a probabilidade de detetar a causa do modo de falha. As classificações variam entre “Quase certo” a “Quase impossível”.

O produto desses componentes gera o número de prioridade de risco (RPN), conforme exibido na Equação 1. O RPN destaca o nível de risco que o modo de falha potencial mantém para o sistema, usando uma escala relativa de 1-10 para cada índice (Appollis et al., 2020). Maior risco potencial está associado a um RPN mais alto (Appollis et al., 2020). Através do RPN o utilizador identifica facilmente as partes do processo que requerem mudança, priorizando as que apresentam um nível de risco mais elevado (Ng et al., 2017).

$$RPN = Sev \times Occ \times Det \quad \text{Equação 1}$$

No decorrer da pesquisa científica, o FMEA foi excepcionalmente mencionado como uma metodologia de resolução de problemas. Apenas dois autores o mencionaram como tal, Appollis e Wc Ng. No entanto, nos dois casos de estudo exibidos, este foi sempre integrado com outras metodologias e ferramentas da qualidade, destacando os autores, que só assim o método traria proveito para a resolução de problemas.

Appollis (2020) apresenta um caso prático desenvolvido numa empresa sul-africana de fabricação de produtos químicos onde é aplicado o FMEA como base para a resolução de problemas durante as fases de implementação do controlo estatístico do processo (SPC). O processo de fabricação onde era usado um ácido misto como matéria prima apresentava uma grande variação natural de parâmetros e por isso tinha maior probabilidade de gerar material defeituoso. O objetivo final e geral destas ações de melhoria, é a satisfação do cliente usando as técnicas mais eficazes para garantir o processo mais eficiente e econômico. SPC é um conjunto de ferramentas estatísticas de resolução de problemas com o objetivo de alcançar e manter a estabilidade do processo e melhorar a sua capacidade, minimizando a variabilidade (Appollis et al., 2020). As estatísticas fornecem uma plataforma para avaliar o desempenho de um processo, estabelecendo uma medida associada de qualidade de um conjunto de dados e traduzindo isso em desempenho (Appollis et al., 2020). A

implementação efetiva do SPC requer o uso efetivo de gráficos de controle, o que só pode ser benéfico para uma organização se ela souber como reagir quando uma variação de causa atribuível for detetada (Appollis et al., 2020). Esse conhecimento pode ser documentado como um FMEA, que auxilia a equipa de operações durante a resolução de problemas. A análise de modos e efeitos de falha (FMEA) é uma ferramenta usada para documentar e antecipar a falha do processo, definir os modos de falha potencial de um processo, identificar possíveis desvios dos requisitos e propor ações corretivas. Portanto, é particularmente relevante quando ocorrem pontos fora de controle (Appollis et al., 2020).

De acordo com Appollis (2020), quando implementado corretamente, o SPC irá melhorar o processo, destacando o valor do FMEA quando corretamente preparado e estruturado, promovendo um apoio efetivo ao programa SPC. O SPC gera resultados positivos quando a causa da variação atribuível for removida, o que para o estudo foi possível com o uso do FMEA. Por esse motivo, o resultado apoia o uso do FMEA como uma ferramenta simples e eficaz ao implementar o SPC.

Segundo Ng (2017), a análise do efeito do modo de falha é uma das ferramentas de resolução de problemas mais eficazes e aceitas para a maioria das empresas no mundo. Esta é utilizada nas mais diversas áreas como a indústria, medicina, engenharia civil e indústria automotiva. No entanto, estudos têm mostrado que existem desvantagens que impedem a eficácia do FMEA para a melhoria contínua da qualidade desde o *design* do produto até a fabricação. Por esse motivo, o FMEA é integrado com outras ferramentas de resolução de problemas, como a metodologia de resolução de problemas inventiva (TRIZ), *Quality Function Deployment* (QFD), *Root Cause Analysis* (RCA) e as sete ferramentas básicas da qualidade. Além disso, essas integrações são capazes de aprimorar a análise de risco e a prevenção de falhas da FMEA.

Da sua pesquisa, Ng (2017) menciona três desvantagens desta ferramenta e sugere uma metodologia ou ferramenta a ser integrada por forma a combatê-las:

- 1ª Desvantagem: Os modos de falha ausentes prejudicam a eficiência da análise da falha no processo, durante a primeira etapa do FMEA. Numerosas ferramentas, como as sete ferramentas básicas da qualidade e a análise da causa raiz (RCA) são integradas ao FMEA para melhorar a análise de risco do FMEA. Estudos recentes integraram particularmente a RCA em FMEA para estabelecer uma forte base de conhecimento no processo de análise de risco (Ng et al., 2017).
- 2ª Desvantagem: O *brainstorming* é necessário para determinar os problemas, causas e soluções em FMEA e a avaliação de risco para os modos de falha. O *brainstorming* envolve um grupo de pessoas experientes e bem informadas, no entanto, eles podem enfrentar a inércia psicológica. A inércia psicológica significa a resistência à mudança, pois impede a mente humana de atingir todo o potencial, ela limita a inovação e a criatividade durante a resolução do problema (Ng et al., 2017). Portanto, TRIZ é útil na superação da inércia psicológica porque conduz o *brainstorming* sistemático pelo qual soluções genéricas serão fornecidas para os problemas. A metodologia de resolução de problemas inventiva (TRIZ) é uma metodologia que se baseia em lógica, dados e pesquisa sem o uso de intuição. Resultados de estudos mostram que esta é capaz de superar a limitação do *brainstorming*, que é altamente necessária na determinação dos problemas (Ng et al., 2017).

- 3º Desvantagem: O FMEA foi conduzido com base na perspectiva dos fabricantes, sem considerar a perspectiva dos clientes. A perspectiva dos clientes é importante na definição da qualidade dos produtos e serviços porque os clientes serão diretamente afetados por falhas. O *Quality Function Deployment* (QFD) é uma ferramenta sistemática de desenvolvimento de produtos que leva em consideração as necessidades ou requisitos do cliente. Isso pode evitar decisões precipitadas de melhoria da qualidade que causam falha no produto (Ng et al., 2017).

De acordo com Ng (2017), a integração do FMEA com as sete ferramentas básicas da qualidade não só aprimora a análise de falhas, como também auxilia na priorização das ações. Com base na sua pesquisa, o autor afirma que os estudos recentes focavam apenas na integração do diagrama de Ishikawa e gráfico de Pareto com o FMEA. Portanto, a integração do FMEA com outras ferramentas básicas da qualidade como folha de verificação, gráfico de controle, histograma, diagrama de dispersão ainda permanecem inexplorados. Do seu estudo retira-se que é necessário trabalho na melhoria do FMEA, no entanto esta ferramenta para resolução de problemas pode se tornar muito útil e eficaz em todos os setores, assim que as desvantagens sejam abordadas. Além disso, sugere que a integração das ferramentas TRIZ com FMEA são capazes de abordar todas as três desvantagens apresentadas do FMEA (Ng et al., 2017).

Os artigos apresentados pela plataforma *web of science*, com a aplicação do FMEA prendem-se na otimização de processos e produtos na indústria transformadora.

2.3.4. TRIZ (*Theory of inventive problem solving*)

TRIZ é uma sigla de origem russa que equivale a *Theory of Inventive Problem Solving* em inglês, e em português é denominada de Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (Shu Luing Nikalus et al., 2018). A metodologia de resolução de problemas foi introduzida por Genrich Altshuller em 1940, onde este criou os 40 princípios inventivos e 39 parâmetros para ajudar os inventores a derivar muitas soluções (Shu Luing Nikalus et al., 2018). Como o TRIZ é normalmente usado na fase de pesquisa e *design*, é frequentemente visto como uma ampla série de ferramentas para *designers* e inventores evitarem tentativas e erros durante os seus desenvolvimentos (Shu Luing Nikalus et al., 2018). Também foi descrito como uma metodologia sistemática que fornece uma abordagem lógica para o desenvolvimento da inovação e da criatividade, bem como para a resolução criativa de problemas (Arcidiacono & Bucciarelli, 2016). A aplicação da TRIZ na confiabilidade do processo pode desenvolver soluções novas e eficazes graças ao exame da contradição, às diferentes perspectivas e pontos de vista (Arcidiacono & Bucciarelli, 2016).

Segundo Shu Luing Nikalus (2018), a metodologia segue as seguintes fases sistemáticas:

- 1) **Definição do sistema de engenharia:** Um sistema de engenharia é composto por vários componentes que interagem entre si. Todos esses componentes são comumente reconhecidos como componentes do sistema.
- 2) **Análise da função:** A análise de funções analisa os contatos/interações entre dois ou mais sistemas/subsistemas. Essas interações são chamadas de funções.
- 3) **Análise da Cadeia de Causa e Efeito:** A Análise da cadeia de causa e efeito ajuda a identificar a(s) causa(s) raiz correta(s) em relação ao problema.

- 4) **Contradição Física:** Contradição física refere-se à existência de uma contradição em um sistema de engenharia envolvendo um único parâmetro (por exemplo, velocidade, peso, força, temperatura, comprimento, volume, etc.).
- 5) **Princípios de separação** (*BySeparation*) (espaço, tempo, relação, nível do sistema): Por separação, os princípios são comumente usados para gerar novas ideias, resolvendo alguns paradoxos-chave das inovações industriais. Nesta fase, são derivados os princípios inventivos específicos e as soluções específicas.

Na seguinte figura, Figura 4, verificam-se as etapas da metodologia, mencionadas acima.

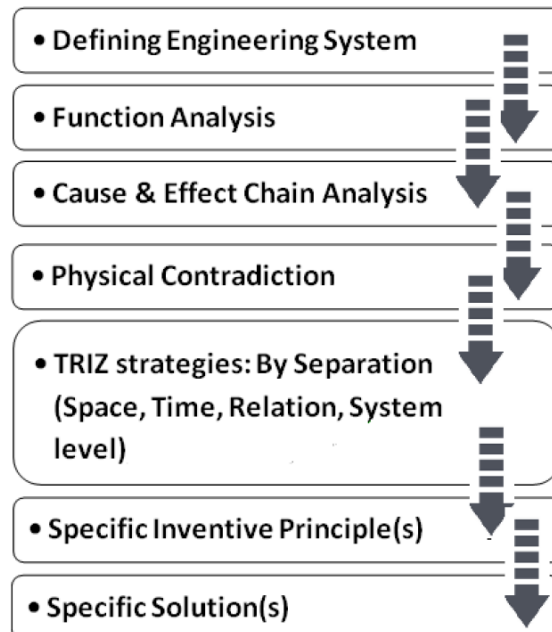


Figura 4- Metodologia TRIZ (Shu Luing Nikalus et al., 2018)

Em um caso de estudo publicado por Shu Luing Nikalus (2018), é aplicada a metodologia para realizar uma análise detalhada ao processo de controlo de qualidade da produção de luvas de látex onde o problema era caracterizado pelo facto do trabalhador de controlo de qualidade não ser capaz de se concentrar todo o tempo para detetar e descartar as luvas com vazamento durante o teste de sopro de ar. Após a aplicação do método retirou-se que a principal causa raiz era que o a falta de concentração tinha origem nas altas velocidades da linha de produção e outras distrações (Shu Luing Nikalus et al., 2018). Por forma a eliminar o problema, apresentou-se como solução, a monitorização das luvas manualmente por um verificador durante o teste de sopro de ar e o descarto instantâneo das que apresentem vazamento (Shu Luing Nikalus et al., 2018).

O problema foi resolvido através de uma solução de baixo custo, mas dentro do objetivo definido pelas várias restrições e sem tornar a linha de produção mais complexa. Portanto o autor conclui que TRIZ é uma metodologia sistemática e inovadora de resolução de problemas que pode ajudar os engenheiros a gerar ideias mais práticas que originem soluções elegantes e de baixo custo (Shu Luing Nikalus et al., 2018).

No seguinte caso prático descrito por Arcidiacono (2016), o TRIZ é utilizado na otimização da confiabilidade de processos contrariamente à comum adoção, na fase de pesquisa e desenvolvimento. O objetivo do estudo era eliminar as anomalias encontradas no processo produtivo de uma fábrica que produz embalagens de alumínio para alimentos e também projeta e

constrói moldes e outros equipamentos para a produção dessas embalagens. A adoção desta metodologia foi requerida pois anteriormente, a aplicação do FMEA com o objetivo de analisar a interação componente-produção não apresentou resultados significativos em termos de melhoria de confiabilidade (Arcidiacono & Bucciarelli, 2016).

Conforme Arcidiacono (2016), o TRIZ representa uma poderosa ferramenta para servir às indústrias na melhoria dos desempenhos dos ciclos produtivos, corrigindo as contradições presentes e projetando novos sistemas produtivos eficazes e confiáveis. Experiências como esta na indústria, tem colocado em evidência como a teoria pode ser considerada uma técnica de melhoria de confiabilidade e também de *design*. A metodologia tem assumindo cada vez mais importância devido à sua interdisciplinaridade e flexibilidade capaz de integrar seu modelo com outras ferramentas de resolução de problemas.

Uma das diferenças fundamentais entre as principais teorias de resolução de problemas e TRIZ é que este não evidencia a necessidade de gerar uma grande quantidade de ideias para se chegar à solução ótima (Arcidiacono & Bucciarelli, 2016). Alguns conceitos básicos do TRIZ, como idealidade, contradições e a abordagem de sistemas, podem ser totalmente aplicados a problemas e situações não técnicas. Por sua simplicidade, a adoção da metodologia pode ser uma ferramenta de solução poderosa para reduzir os problemas de fatores humanos. Além disso, pode ser aplicado por quem não tem, ou não adquiriu, um conhecimento profundo dos fatores humanos (Arcidiacono & Bucciarelli, 2016).

Os artigos apresentados com a aplicação do TRIZ, destacam-se pela aplicabilidade em processos produtivos na indústria.

2.3.5. QFD (Quality Function Deployment)

Originado no Japão no final da década de 60, o desdobramento da função de qualidade, QFD (*Quality function deployment*), é uma metodologia de planejamento e resolução de problemas usada para traduzir os requisitos do cliente (CRs) em requisitos técnicos (TRs) no desenvolvimento de novos produtos (Anand et al., 2014; Y. Li et al., 2010). O QFD é um sistema de qualidade abrangente que liga sistematicamente as necessidades do cliente a várias funções de negócios e processos organizacionais, como *marketing*, *design*, qualidade, produção, desenvolvimento, engenharia, vendas, etc., alinhando toda a empresa para atingir um objetivo comum (Anand et al., 2014). As empresas que direcionam os seus esforços para cumprir os CRs produzem produtos de alta qualidade, geram um maior grau de satisfação do cliente e obtêm um maior lucro. Todos esses benefícios são alcançados porque os conflitos internos são minimizados, os ciclos e custos do desenvolvimento são reduzidos e a competitividade da empresa no mercado global é aumentada (Y. L. Li et al., 2012).

O QFD geralmente utiliza quatro conjuntos de matrizes conhecidos como casa de qualidade (*house of quality*) para definir a relação entre os requisitos do cliente e as capacidades da empresa/produto e, subsequentemente, em características de peças, planos de processo e requisitos de produção (Y. L. Li et al., 2012). Uma "matriz de correlação" é definida como telhado, o que o cliente deseja em comparação com as características do produto como a parte principal, a avaliação do concorrente como a varanda, etc (Y. L. Li et al., 2012). A estrutura básica é uma tabela com os "O que?" nos rótulos à esquerda e os "Como?" na parte superior. O telhado é uma matriz diagonal de "Como x

Como" e o corpo da casa é uma matriz de "O que x Como". Ambas as matrizes são preenchidas com indicadores de se a interação do item específico é um forte positivo, um forte negativo ou algo entre os dois. Anexos adicionais do lado direito e inferior contêm os "Porquês?" (pesquisa de mercado, etc.) e os "Como". As classificações baseadas nos "Porquês?" e as correlações podem ser usadas para calcular as prioridades para os "Como?" (Y. L. Li et al., 2012).

Na figura seguinte, Figura 5, é apresentada a esquematização da casa da qualidade.

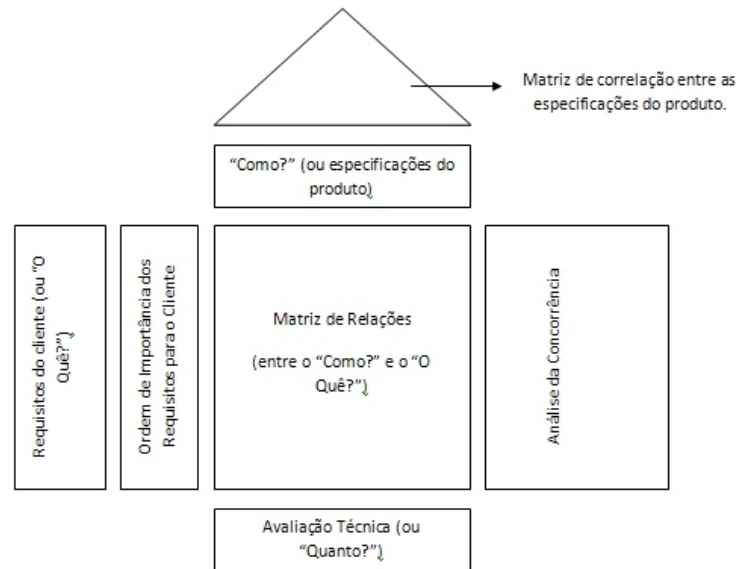


Figura 5- Casa da qualidade (Nunes, 2019)

O autor Li (2012) defende que a construção da casa da qualidade deve seguir as seguintes etapas:

- 1) Identificar o conjunto de requisitos do cliente (CRs).
- 2) Determinar as classificações finais de importância dos CRs.
- 3) Gerar o conjunto de requisitos técnicos.
- 4) Construir sistemas de decisão para estimar medidas de relações.
- 5) Núcleos relativos e reduções relativas dos sistemas de decisão.
- 6) Matrizes e funções dos sistemas de decisão.
- 7) Determinação das medidas de relações.

Em um grande número de estudos QFD, as medidas de relações são geralmente analisadas usando uma escala, que é extremamente simples, imprecisa e subjetiva. Por esse motivo, a escala abordada é incapaz de capturar e refletir a precisão das relações entre os requisitos do cliente e as capacidades da empresa/produto (Anand et al., 2014; Y. L. Li et al., 2012). Contraposto a isto, torna-se imprescindível o uso da regressão quantitativa ou lógica *Fuzzy* para investigar as medidas de correlação no QFD e assim, superar essa deficiência de alta subjetividade e baixa confiabilidade (Anand et al., 2014). O *Fuzzy* é um método de modelação multicritério para facilitar a tomada de decisões ao lidar com situações em que a quantidade de dados conhecidos é pequena e as correlações são vagas; onde os resultados podem ser não confiáveis ou inatingíveis devido à indisponibilidade de dados; ou porque a seleção da função de pertinência é difícil e afetada pela experiência subjetiva (Y. L. Li et al., 2012).

Podem ser aplicados vários métodos para combater esta questão, no entanto nos casos de estudo encontrados no decorrer da pesquisa, em que adotaram o QFD, o método de modelação multicritério *Fuzzy* foi utilizado.

Anand (2014) desenvolveu um estudo adotando a metodologia *Fuzzy Quality Function Deployment* (FQFD), baseada na interação dos dois métodos acima mencionados que tinha o objetivo de investigar os fatores tecnológicos, organizacionais e ambientais do *ecodesign* que influenciam a adoção da cadeia de abastecimento de reduzidos efeitos ambientais (*green supply chain management*). Este estudo abrangente de vários fatores, motivam as indústrias a transitar da cadeia de abastecimento convencional para uma cadeia de abastecimento ecologicamente correta, a fim de reduzir a pegada ambiental da organização (Anand et al., 2014). Com a ajuda do método aplicado a um ambiente de fabricação de automóveis na Índia, obteve-se o que fator mais importante para a implementação de uma cadeia de abastecimento de reduzidos efeitos ambientais nas indústrias de fabricação de automóveis indianas é a “Cooperação das Partes Interessadas” (Anand et al., 2014).

No estudo realizado por Li (2012), onde é desenvolvido o *design* para uma máquina de lavar de dois cilindros de forma económica e eficaz é utilizado o QFD. O estudo foi realizado com base em uma pesquisa de mercado e feedback de usuários selecionados para elaboração da casa da qualidade. Este exige que a abordagem proposta forneceu um meio rigoroso, fiável e sistemático de revelar o conhecimento à equipa de desenvolvimento do QFD e que a junção dos métodos identifica de forma eficaz e lógica o processo de estimativa das medidas de correlação (Y. L. Li et al., 2012). A equipa do QFD ficou perplexa com as informações adicionais que a abordagem forneceu, bem como com o seu potencial como um meio preciso de obter medidas de correlação. Esta afirmou que a abordagem proposta era fácil de implementar e que seus resultados eram surpreendentemente precisos. Assim, indicaram que estariam dispostos a usá-lo para desenvolver produtos futuros e garantir que os projetos fossem mais económicos (Y. L. Li et al., 2012). Uma desvantagem do método conjunto é a complexidade dos cálculos necessários. No entanto, essa desvantagem é superada quando o algoritmo de conjunto bruto é implementado recursivamente usando software computacional apropriado (Y. L. Li et al., 2012).

Pelos resultados da pesquisa realizada, o QFD surgiu na resolução de problemas na fase de conceção de produtos e também como uma ferramenta de tomada de decisões para a adoção de novos métodos a implementar em um processo. Ambas as vertentes apresentadas na área da indústria.

2.3.6. RCA (*Root Cause Analysis*)

Da investigação realizada, RCA (*Root cause analysis*) surgiu como uma metodologia de resolução de problemas aplicada a dois casos de estudo: resolução um problema em processos no setor da saúde e como metodologia base em uma empresa aeroespacial.

No primeiro caso este método de engenharia é utilizado para resolver problemas de prestação de serviços de saúde, concretamente em um caso específico sobre a retenção pós-operatória de esponjas cirúrgicas (Anderson & Watts, 2013). O caso surge com a necessidade de eliminar a retenção pós-operatória de esponjas cirúrgicas, onde o erro médico persiste nas salas de operação em todo o mundo e representa um inconveniente significativo para a segurança do paciente,

qualidade do atendimento, recursos financeiros e reputação do hospital e médico (Anderson & Watts, 2013). O fracasso de inúmeras soluções, de novos métodos de contagem de esponjas a esponjas marcadas com rádio, para realmente eliminar o evento na sala de cirurgia exige que o campo emergente da ciência da prestação de cuidados de saúde encontre maneiras inovadoras de abordar o problema. Por esse motivo, o método visa avaliar o problema e encontrar a melhor solução (Anderson & Watts, 2013).

Em um outro caso, uma grande empresa aeroespacial, identificou a metodologia de resolução de problemas como a metodologia base da empresa (Vantine et al., 2002). A empresa reconheceu a necessidade crescente de uma metodologia unificada de resolução de problemas para resolver questões operacionais, bem como um sistema único de arquivo de dados para acesso imediato às lições aprendidas em qualquer empresa. A entidade estudou, testou e avaliou as tecnologias disponíveis com os seguintes componentes em mente: precisão verificável; consistência; objetividade; confiabilidade e relevância, daí obteve o método RCA (Vantine et al., 2002).

Segundo o estudo de Anderson e Watts (2013), a metodologia segue-se em seis etapas seguintes, tal como se verifica na Figura 6:

- 1) **Identificação do problema e declaração de necessidade:** A partir de uma declaração do problema, desenvolve-se uma declaração de necessidade para identificar as entregas exatas, seja um produto ou uma ideia, para o cliente.
- 2) **Identificação de restrições e formação em especificações:** Para identificar as restrições, pesquisa-se o objetivo do problema, que deve incluir a identificação e análise de todas as tecnologias ou conceitos que surgiram anteriormente como soluções potenciais (conhecido como o estado atual). Também se formula especificações, que fornecem métricas para as quais qualquer solução alternativa é testada. Cada especificação é relevante apenas se puder ser quantificada de tal forma que possa ser testada. Atribui-se um peso a cada especificação com base na importância percebida (em relação umas às outras).
- 3) **Brainstorming e análise das alternativas:** Depois de definir o problema, identificar as maneiras pelas quais as soluções são restritas e desenvolver especificações com métricas para as quais uma solução pode ser testada, faz-se um *brainstorming* de soluções alternativas.
- 4) **Desenvolvimento e teste da alternativa escolhida:** Dedicar-se uma quantidade significativa de trabalho ao desenvolvimento da solução escolhida.
- 5) **Analisar alternativas em relação à declaração do problema:** Se a alternativa escolhida satisfizer as especificações e a declaração de necessidade, soluciona-se o problema e relata-se os resultados ao cliente.
- 6) **Repetir as alternativas até que o problema seja resolvido:** Se a alternativa escolhida não satisfizer as especificações e/ou a declaração de necessidade na primeira tentativa retorna-se ao *brainstorming* e seleciona-se a próxima melhor opção em termos de valores ponderados pela matriz.

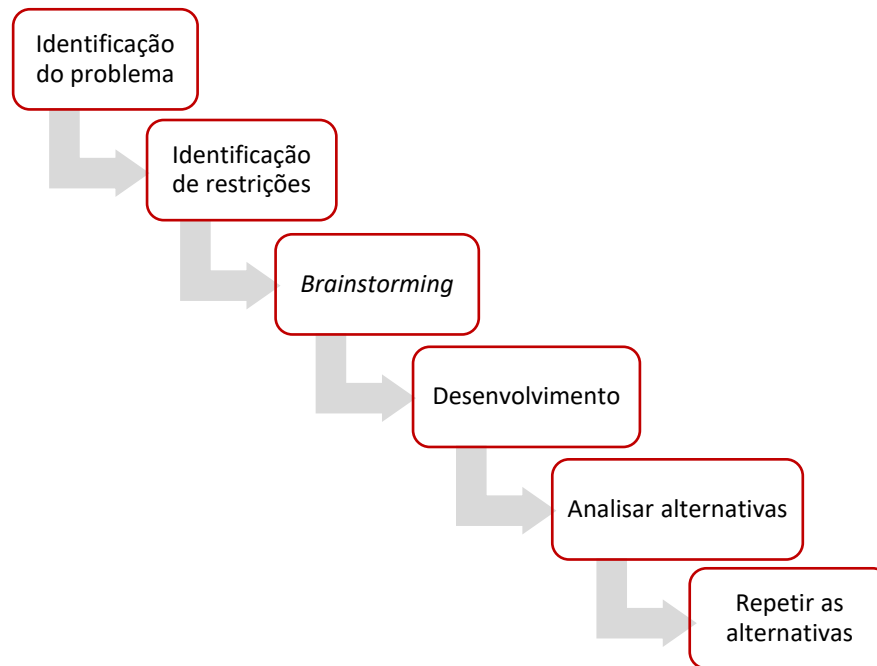


Figura 6- Metodologia RCA

Anderson e Watts (2013) afirmam que a metodologia de resolução de problemas de engenharia, conforme aplicada a problemas clínicos no seu estudo, é limitada por vários fatores. Primeiramente, os produtos e/ou processos médicos requerem um tempo considerável para passar da pesquisa e desenvolvimento de engenharia para a prática clínica. Esse tempo é o principal motivo pelo qual tantos problemas clínicos são submetidos a uma técnica de tentativa e erro de resolução de problemas, pois o clínico e o hospital podem avaliar rapidamente o resultado de uma solução, seja ela positiva ou negativa (Anderson & Watts, 2013).

O método de engenharia também pode ser limitado pela falta de conhecimento clínico por parte dos engenheiros consultores. O engenheiro deve formar uma relação de trabalho com os médicos para compreender melhor o objetivo do problema e avaliar as soluções potenciais (Anderson & Watts, 2013).

Finalmente, a consultoria de engenharia adiciona mais despesas iniciais ao problema. Os recursos necessários para desenvolver totalmente uma solução por meio da resolução iterativa de problemas e da produção de protótipos podem ser substanciais. Como alternativa, fazer pequenas mudanças na clínica ao longo do tempo por meio de tentativa e erro é barato, mas o custo aumenta com a persistência do problema na clínica (Anderson & Watts, 2013). Avaliar o custo da solução de problemas e definir o mercado para um eventual produto são etapas cruciais para a abordagem de engenharia, e essa avaliação deve justificar a necessidade de um desenvolvimento inicial completo de uma solução (Anderson & Watts, 2013).

2.3.7. PASS (*Propose, Analyze, Solve, Sustain*)

Kim (2018) apresenta uma nova metodologia de inovação de qualidade, nomeada como PASS (*Propose, Analyze, Solve, Sustain*). O objetivo desta metodologia é desenvolver técnicas de inovação de qualidade especializadas para as pequenas e médias empresas (PMEs), que representam a maioria das empresas coreanas. Estas que continham atividades de qualidade simplesmente para

eliminar defeitos na linha de produção, encontravam-se com dificuldades em utilizar as técnicas de inovação de qualidade amplamente reconhecidas, por exemplo, seis sigma e método o de produção Toyota, devido às limitações de recursos (finanças, mão de obra, etc.) (Kim & Sung, 2018). Desta contrariedade surgiu a PASS, uma metodologia para melhorar a competitividade de qualidade das PMEs, onde esta apoia o plano de negócios de longo prazo das mesmas, para atingir a satisfação total do cliente, resultando no aumento da participação de mercado e aumento da margem de lucro (Kim & Sung, 2018).

A metodologia, desenvolvida com base no conceito de 'Design de Experiência' e a técnica seis sigma, prossegue passo a passo através de quatro etapas e oito procedimentos detalhados, tal como se verifica na Figura 7. Em cada uma das etapas, as empresas abordam de forma flexível de acordo com o andamento do projeto, ferramentas da qualidade e técnicas (Kim & Sung, 2018).

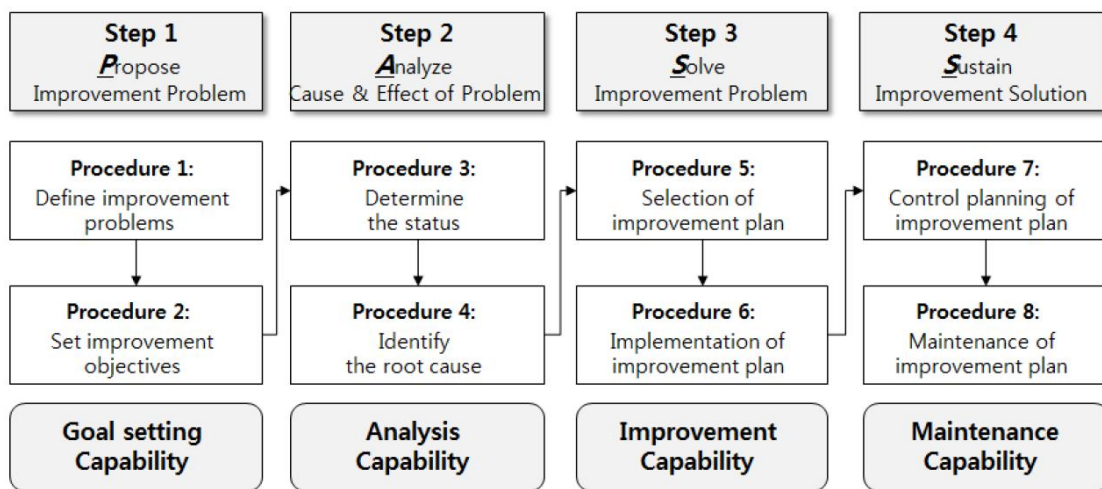


Figura 7- Metodologia PASS, quatro etapas, oito procedimentos (Kim & Sung, 2018)

- 1) **Proposta** (*Propose*) do problema a melhorar: **Definir** problema a melhorar; definir objetivos de melhoria.
- 2) **Analisar** (*Analyze*) a causa e o efeito do problema: Determinar o estado; **identificar a causa raiz**.
- 3) **Resolver** (*Solve*) o problema: Seleção do plano de melhoria; **implementação** do plano de melhoria.
- 4) **Sustentar** (*Sustain*) a solução: Controlar o plano de melhoria; **manutenção** do plano.

De acordo com uma pesquisa realizada às empresas, com o objetivo de avaliar o desempenho desta metodologia, tem-se que 97,6% dos entrevistados estavam muito satisfeitos com a sua situação geral com os projetos de apoio à inovação de qualidade (Kim & Sung, 2018).

Segundo Kim (2018), o método PASS pode ser usado de forma fácil e flexível de acordo com o nível da empresa que a utiliza. A metodologia contribui significativamente para a melhoria do desempenho da gestão, melhorou a qualidade e fortaleceu a competitividade das PMEs. No entanto o autor afirma que, é necessário o desenvolvimento e o apoio da metodologia PASS pois esta desempenhará um papel no apoio ao crescimento estável das PMEs coreanas, bem como da economia nacional, e servirá como uma oportunidade para criar mais empregos de qualidade (Kim & Sung, 2018). Por fim salienta que, compartilhar e divulgar atividades de PMEs por meio de conferências ou apresentações fortalece esse desenvolvimento (Kim & Sung, 2018).

2.3.8. STARS (*Store, Tag, Analyze, Resolve, Sustain*)

Conforme Charron-Latour (2017), DMAIC e 8D são exemplos de metodologias de resolução de problemas comumente utilizadas nas organizações, para melhorarem significativamente um processo, serviço ou produto. No entanto, elas exigem estruturas substanciais e pagamentos adiantados devido às principais medições, análises estatísticas, aprendizagem associada e ações de mudança de processo necessárias (Charron-Latour et al., 2017). Portanto, muitas organizações, principalmente pequenas e médias empresas, não têm recursos humanos e financeiros suficientes para implementá-las. Para enfrentar esses desafios, surgiu uma metodologia de melhoria operacional simples de cinco etapas denominada de STARS (*store, tag, analyze, resolve, sustain*) (Restrepo et al., 2015).

STARS é um processo simples de resolução de problemas que tem como objetivo dar aos funcionários de instituições de saúde a oportunidade de melhorar o seu trabalho diário (Restrepo et al., 2015). O método é destinado a funcionários de chão de fábrica e gestores da linha da frente. O perímetro de ação é um departamento ou zona dentro de uma organização e foi projetado para funcionar com uma equipa de 20 pessoas (Restrepo et al., 2015). Este conta com o apoio de duas ferramentas simples: uma mesa e cartas que aconselham ações de melhoria. Cada observação está associada a um cartão de registo e processamento, que possui cinco seções (que representam as etapas do processo) e é usado para investigar como a observação é tratada (Restrepo et al., 2015).

As fases da metodologia de resolução de problemas STARS seguem a seguinte ordem (Restrepo et al., 2015):

- 1) **Armazenar** (*Store*): O armazenamento permite que quem tem uma ideia a expresse e registre no formato adequado. Esse registo é chamado de cartão de melhoria e pode ser em papel ou em formato eletrónico. Cada cartão criado traduzirá as ideias de melhoria em ação. As etapas do ciclo de vida do cartão são as etapas do processo de melhoria contínua.
- 2) **Etiqueta** (*Tag*): Atribui o cartão a uma pessoa do suporte e potencialmente permite que a pessoa que envia a observação obtenha apoio interno para que a melhoria possa ser levada adiante.
- 3) **Analisar** (*Analyze*): A etapa de análise é centrada em descobrir a causa da observação. Esta análise deve ser tão completa quanto possível dentro de um tempo razoável.
- 4) **Resolver** (*Resolve*): A resolução é o coração da melhoria. Uma ação deve ser fácil de implementar.
- 5) **Manter** (*Sustain*): A etapa fecha o cartão de melhoria quando a ação é auditada e os efeitos desejados são produzidos. Um novo cartão será emitido para a mesma observação se a ação anterior falhou.

O método foi testado em parceria com o Centre Hospitalier de l'Université de Montréal, na unidade de medicina interna. Em um prazo de três meses, o método proposto apresentou um aumento de 68% nas ideias geradas por pessoa e por semana em comparação com o estudo de referência e o tempo médio para o encerramento das ações foi cerca de 41% melhor do que no caso de referência (Restrepo et al., 2015).

Os problemas recolhidos usando o método STARS cobriram vários aspetos de melhoria contínua: qualidade do serviço; custos; velocidade de execução e prevenção de infeções (Restrepo et al.,

2015). No entanto, algumas sugestões de melhorias eram complexas demais para a resolução através da metodologia, que está apropriada a lidar com problemas simples (Restrepo et al., 2015).

Embora o método STARS seja muito simples e fácil de implementar, pode ser difícil para os gestores executivos identificar claramente os objetivos operacionais, focar na qualidade do serviço e envolver os funcionários num processo estruturado de solução de problemas nas suas organizações (Restrepo et al., 2015).

Os sucessos apresentados no projeto têm apenas dimensão local: as iniciativas de melhoria foram limitadas a um departamento. A transição do objetivo local para o objetivo de toda a organização é um problema comum ao implementar métodos de melhoria contínua no setor de saúde. Os gestores devem provar que desejam investir em abordagens de melhoria porque acreditam que esta é uma resposta adequada à missão, valores e visão da organização, que deve incluir excelência e melhoria contínua (Restrepo et al., 2015).

2.3.9. Nalco

Nalco Chemical Company iniciou a sua jornada no processo de qualidade em 1986, adotando partes de várias filosofias. Entre elas estavam metodologias de resolução de problemas como o ciclo PDCA de Deming e a metodologia DMAIC de Juran (Keiser & Blake, 1996). Naquela altura, no ramo de P&D (pesquisa e desenvolvimento) o processo de qualidade era esporádico sendo necessária uma mudança para se tornar aplicável ao ramo. Assim, o processo de modificação seguiu sete etapas, como se comprova na Figura 8, consistindo em: **Definir** do problema; **planejar** a solução; **implementar uma solução rápida**; identificar as **causas raiz**; efetuar **ações de correção**; **avaliar a ação de correção**; e por fim, **manter** os ganhos (Keiser & Blake, 1996). Em cada etapa foram aplicadas ferramentas da qualidade, onde estas focaram a atenção para a causa raiz e orientaram as ações de correção (Keiser & Blake, 1996).

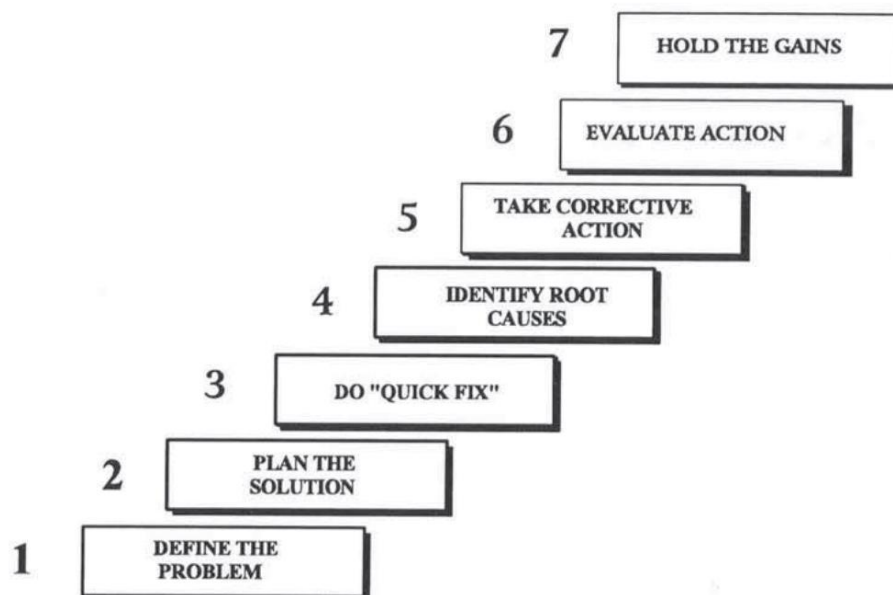


Figura 8- Metodologia Nalco (Keiser & Blake, 1996)

Como resultado o ramo de P&D, obteve um processo de melhoria da qualidade conduzido para "fazer bem à primeira" (Keiser & Blake, 1996). Com a adoção de princípios de qualidade e mudanças

no reconhecimento, medição e comunicação a Nalco aumentou a inovação e a satisfação da qualidade. Em conclusão, as soluções implementadas melhoraram a aplicação do processo de qualidade para a comunidade de P&D da Nalco, no entanto, este é um processo sem fim, e ainda há um longo caminho a percorrer para garantir que se mantêm os ganhos e se continua o caminho da melhoria (Keiser & Blake, 1996).

2.3.10. PSM (*Problem Solving Methodologies*)

A nova geração de organizações baseadas em redes desencadeou a manifestação de contextos mais complexos para a análise das estratégias das empresas (Romero et al., 2012). Como consequência, as metodologias de resolução de problemas (PSM) amplamente utilizadas na indústria e posicionadas até agora como um dos elementos-chave para alcançar esforços de melhoria contínua, são agora insuficientes para lidar com problemas e requisitos importantes e distribuídos neste novo paradigma (Romero et al., 2012). Romero (2012) define em seu estudo um PSM genérico, colaborativo e bem adaptado aos contextos da nova geração de organizações baseadas em rede (cadeias de abastecimentos). A metodologia proposta visa ser um guia para o aperfeiçoamento da gestão da qualidade e esforços de melhoria contínua ao nível da cadeia de abastecimento.

Segundo Romero (2012), uma metodologia de resolução de problemas é um processo genérico que pode ser compreendido a partir de uma abordagem simplificada com quatro fases: **Contexto, análise, solução e lição aprendida**. Metodologias para resolução de problemas como ciclo PDCA, a metodologia 8D e o seis sigma DMAIC podem ser expressas por estas quatro fases padrão que fornecem um raciocínio genérico, adaptável e implantável em uma ampla gama de contextos industriais (Romero et al., 2012).

A fase de Contexto da Metodologia visa limitar o problema, mantendo apenas as informações relevantes, contribuindo para a compreensão do problema e fornecendo evidências significativas para as outras fases de resolução. A metodologia proposta especifica um contexto de problema relevante através da realização de quatro fases: Formalização, filtração, constituição da equipa e reutilização (Romero et al., 2012). Na etapa de “Análise” o objetivo é realizar uma análise profunda do problema e das informações disponíveis da etapa anterior, para encontrar as causas raiz. A identificação dessas causas é um fator crítico dentro do domínio da qualidade, pois sua identificação é um meio para permitir a eliminação total dos problemas (Romero et al., 2012). Por último, na fase de “Solução e Lição Aprendida” define-se um plano de ação abordando as causas raiz e é partilhado por toda a cadeia o conhecimento retido desta implementação (Romero et al., 2012).

PSM foi posicionada como um estimulador chave para alcançar uma gestão de qualidade eficaz na cadeia de abastecimento (Romero et al., 2012). A metodologia aborda todos os aspetos técnicos e de colaboração das cadeias de abastecimento e trata da gestão do conhecimento em contextos distribuídos. Esta proposta contribui para o alcance dos objetivos de melhoria contínua da cadeia de abastecimento e promoveu a importância da exploração da mesma (Romero et al., 2012). O caso de estudo mostrou que as informações relacionadas à qualidade por meio dessa metodologia são muito úteis não apenas para aperfeiçoar os esforços futuros de qualidade na fase em série, mas também para permitir e melhorar a definição do sistema e a seleção de fornecedores durante o lançamento de novos produtos (Romero et al., 2012).

2.3.11. CBR (*Case Based Reasoning*)

Case Based Reasoning (CBR) ou raciocínio baseado em casos, assenta-se recentemente como uma das tecnologias mais populares para o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento (Chun & Ko, 2020). A metodologia permite o tratamento de novos problemas através da reutilização/adaptação de conhecimentos adquiridos em experiências anteriores, nomeadamente quando casos semelhantes apresentam termos e soluções semelhantes (Coimbra et al., 2016). Possibilita assim, lidar com informações incompletas, contraditórias ou mesmo desconhecidas (Coimbra et al., 2016). O método é um processo iterativo, pois a solução deve ser testada e adaptada enquanto o resultado da aplicação dessa solução é inconclusivo (Coimbra et al., 2016).

Segundo Chun & Ko (2020), um ciclo CBR geral é descrito pelos quatro processos a seguir:

- 1) **Recuperar** o caso ou casos mais semelhantes.
- 2) **Reutilizar** as informações e conhecimentos nesse caso para resolver o problema.
- 3) **Rever** a solução proposta.
- 4) **Reter** as partes desta experiência que provavelmente serão úteis para a resolução de problemas futuros.

Na figura seguinte, Figura 9, surge uma representação visual do método.

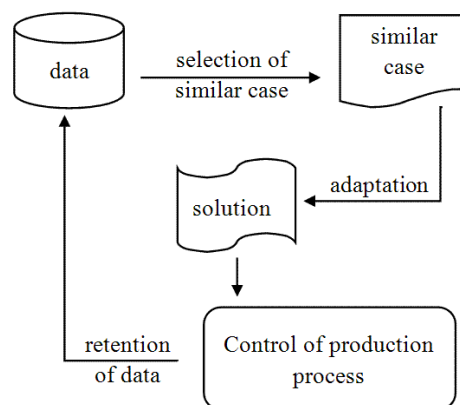


Figura 9- Método CBR (Rojek, 2016)

O raciocínio baseado em casos, pode resolver problemas reais nas mais diversas áreas. A área que mais utiliza a tecnologia é a saúde, no entanto o método é utilizado também no desenvolvimento de medicamentos, na educação, como modelo cognitivo para se entender o raciocínio e comportamento humanos (Abidi & Manickam, 2002; Chun & Ko, 2020). Além disso, é uma tecnologia extremamente simples de se usar para construir sistemas computacionais inteligentes (Abidi & Manickam, 2002).

De acordo com Coimbra (2016), apesar dos resultados promissores, os sistemas CBR atuais não são completos nem adaptáveis o suficiente para todos os domínios. Em alguns casos, o utilizador é obrigado a seguir o método de similaridade definido pelo sistema, mesmo que não se enquadre nas suas necessidades. Por outro lado, os sistemas CBR existentes também apresentam limitações relacionadas à capacidade de lidar com informações desconhecidas, incompletas e contraditórias. Por último, o método pode vir a destacar outros problemas que não detetados até então.

No artigo e caso de estudo desenvolvido por Coimbra (2016), o CBR é empregue para prever o período de tempo de internação de bebês prematuros em uma unidade hospitalar. O problema

enfrentado era que, o tempo de permanência do prematuro em serviço de neonatologia tornava-se cada vez mais preocupante, devido às condições de saúde da mãe e da criança e pelos escassos recursos próprios das unidades de saúde. O objetivo era melhorar a qualidade do serviço prestado ou reduzir os custos financeiros inerentes. Portanto, o trabalho concentrou-se no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão de diagnóstico em termos de uma agenda formal construída.

O CBR surgiu nos resultados da pesquisa, em artigos no setor da saúde, por forma a otimizar os seus processos.

2.3.12. Metodologia 8D

A metodologia 8D conhecida como as 8 disciplinas foi mencionado por vários autores desta pesquisa como uma metodologia de resolução de problemas, no entanto, este não foi abordado em nenhum dos casos de estudo. Conforme Charron-Latour (2017) e Romero (2012), 8D é uma metodologia de resolução de problemas frequentemente utilizada nas organizações, tal como o DMAIC, onde estas se assentam num ciclo genérico que contribui para a adaptabilidade e implementação numa ampla gama de contextos industriais, o ciclo PDCA.

Segundo Korenko (2013), esta metodologia segue as seguintes etapas: **Criação da equipa; descrição** do problema; **implementação de ações intermédias** de contenção; **definir e analisar causas raiz; determinação de ações corretivas** permanentes; **implementação e validação** das ações corretivas; **prevenir** a recorrência do problema; e por fim, **conclusão** do problema e **valorização da equipa**.

Appollis (2020) afirma que em relação ao FMEA, utilizado no seu caso de estudo, o 8D é uma abordagem mais aprofundada. Este método é aplicado na tentativa de remediar falhas e eliminar as suas causas após a ocorrência da não-conformidade. Em contraste, o FMEA é uma ferramenta de análise proativa que permite a definição e identificação de falhas potenciais conhecidas e suas causas. Portanto, o FMEA pode conter a causa raiz de uma possível falha, enquanto o 8D exige tempo para avaliar as possíveis causas.

2.4. Análise dos resultados da investigação e das metodologias

Após a interpretação de todas as metodologias de resolução de problemas encontradas, torna-se necessário sintetizar as informações coletadas. O presente subcapítulo tem por objetivo principal responder à questão: “Quais as melhores e mais utilizadas metodologias de resolução de problemas?” com o propósito de encontrar a melhor e mais conveniente metodologia de resolução de problemas a ser empregue no desenvolvimento deste projeto.

Pela análise dos resultados dos artigos da pesquisa, através do gráfico seguinte, Gráfico 7, tem-se que, 11% dos resultados exibidos pela plataforma online, *web of science*, são artigos sem possibilidade de acesso para consulta (*Web of Science*, 2020). Cerca de 23% dizem respeito a artigos que apresentam metodologias atemáticas, onde não eram envolvidas questões de qualidade, como por exemplo: no âmbito do ensino, a resolução de problemas matemáticos através de vídeos instrucionais; no sector da saúde, uma metodologia/ferramenta online que demonstra o avanço de doenças mundialmente (vigilância participativa), uma outra metodologia/processo para admissão de pacientes em um hospital público psiquiátrico, etc (*Web of Science*, 2020). Sendo assim, os 66% restantes, são referentes a artigos que expõem a definição ou aplicação prática de metodologias

de resolução de problemas de questões relacionadas com a qualidade de produtos, processos ou serviços (*Web of Science*, 2020).

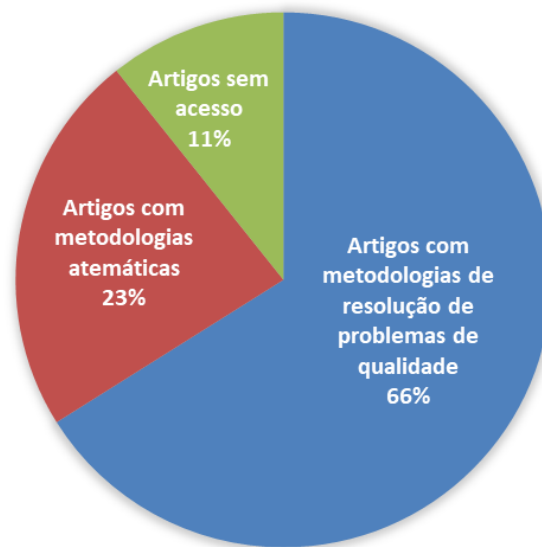


Gráfico 7- Categorização dos artigos da pesquisa proveniente da plataforma online (*Web of Science*, 2020)

Desses 66% de artigos estudados retirou-se que foram aplicadas nas mais diversas áreas, nomeadamente na saúde e na indústria transformadora, 11 metodologias de resolução de problemas (*Web of Science*, 2020). Pelo Gráfico 8, percebe-se que a metodologia mais utilizada pelos autores dos casos práticos detetados é sobretudo a DMAIC, com uma percentagem de 41%, seguido pelo QFD com 16%, e o FMEA e TRIZ com respetivamente 8% (*Web of Science*, 2020). Seguidamente a estes, encontram-se a RCA, o A3 e o CBR com 5% e por fim, os métodos PASS, STARS, Nalco e PSM com 3%, o equivalente a apenas um artigo apresentado por cada metodologia destas (*Web of Science*, 2020).

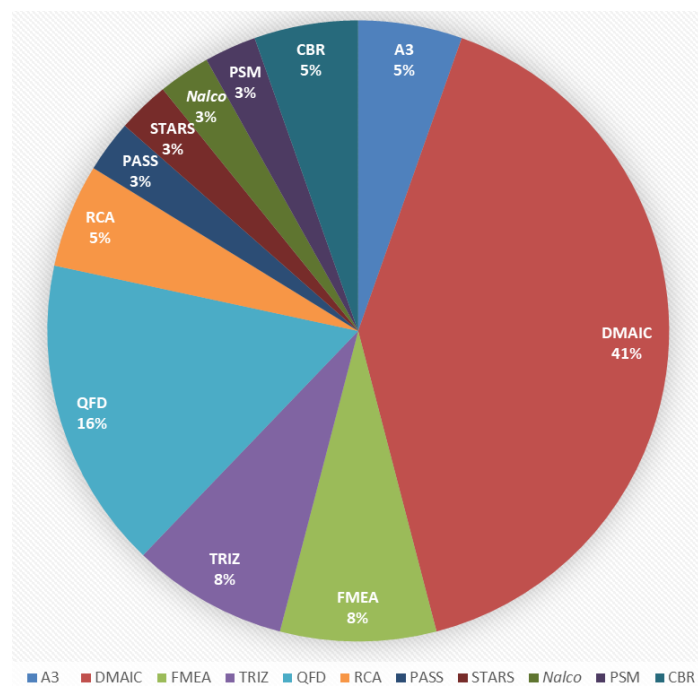


Gráfico 8- Categorização dos artigos para cada metodologia (*Web of Science*, 2020)

Apesar da metodologia DMAIC ser a mais utilizada para a resolução de problemas de questões de qualidade tanto para a otimização de processos na área da saúde como para resolução de problemas de qualidade de produtos em empresas de produção, pelo capítulo anterior, tem-se que vários autores referiram que esta era complexa e dispendiosa, levando assim à invenção e adaptação de outras metodologias, tais como a PASS e STARS (Charron-Latour et al., 2017; Kanji, 2008; Kim & Sung, 2018). Estas metodologias mencionadas, foram desenvolvidas e aplicadas por autores que citaram que a implementação de uma filosofia seis sigma, conseqüentemente a adoção da metodologia DMAIC, não era viável sobretudo para pequenas e médias empresas (PMEs) pois comparativamente a essas e outras metodologias existentes, esta exige um maior investimento em formação e recursos (Charron-Latour et al., 2017; Kim & Sung, 2018; Lopes et al., 2011; Timans et al., 2016). Silich (2012), narra que esta é especialmente usada para resolução de assuntos mais complexos e para entidades que tenham possibilidade de adotar a filosofia de melhoria de processos e qualidade, seis sigma, como uma abordagem base para a resolução de qualquer problema que surjam nas mesmas.

Relativamente ao QFD, ainda que esta tenha sido a segunda mais empregue nos casos práticos, ela é sobretudo focada na conceção de novos produtos atenta em traduzir os requisitos do cliente em requisitos técnicos do produto (Anand et al., 2014; Y. Li et al., 2010). Por resultado disso, esta deixa de ser aplicável para o projeto em questão, pois é mais adaptada a problemas de qualidade que surjam durante elaboração de novos produtos ou após reclamações de clientes, e não na resolução de problemas que se manifestem durante a montagem de um produto na linha de produção (Y. L. Li et al., 2012).

Em relação ao FMEA, a terceira mais aplicada (tal como o TRIZ), retira-se que esta não representa um processo iterativo para a resolução de um problema já existente, mas sim, uma ferramenta que evidencia possíveis anomalias que possam surgir em um processo, priorizando-as (Ng et al., 2017; Pyzdek & Keller, 2010). Por esse motivo, os autores que a aplicam em casos de estudo, apresentam inúmeras desvantagens nela, e a integram sempre com outras metodologias ou ferramentas para a resolução de problemas (Appollis et al., 2020; Ng et al., 2017). De acordo com Ng (2017), a integração da metodologia TRIZ com FMEA é capaz de abordar todas as desvantagens que o FMEA apresenta em relação a outras ferramentas, no entanto é necessário bastante trabalho na melhoria do FMEA para se tornar útil neste tema.

Por sua vez, o TRIZ apesar de ser uma metodologia sistemática, inovadora, simples e fácil de aplicar por quem não possui um conhecimento profundo dos fatores humanos, ela é frequentemente utilizada por *designers* e inventores, na fase de pesquisa e *design*, por forma a evitar erros durante o desenvolvimento de processos automatizados de produção (Arcidiacono & Bucciarelli, 2016; Shu Luing Nikalus et al., 2018). A aplicação da TRIZ pode desenvolver soluções práticas e de baixo custo para melhorar os desempenhos dos ciclos produtivos, corrigindo as contradições presentes e projetando novos sistemas produtivos eficazes e confiáveis (Arcidiacono & Bucciarelli, 2016; Shu Luing Nikalus et al., 2018). No entanto, os desafios solucionados por esta metodologia não são os requeridos no projeto em questão, uma vez neste caso, os problemas estão assentes na qualidade dos produtos/peças durante a montagem manual dos mesmos no artigo final e não em um processo automatizado ou na fase de pesquisa e desenvolvimento do mesmo.

Seguidamente ao TRIZ, encontram-se as metodologias RCA, CBR e A3. O CBR apresenta-se como uma metodologia para o tratamento de novos problemas através da reutilização e adaptação de

conhecimentos adquiridos em experiências anteriores, quando casos semelhantes apresentam termos e soluções semelhantes possibilitando assim, lidar com informações incompletas, contraditórias ou mesmo desconhecidas (Abidi & Manickam, 2002; Chun & Ko, 2020; Coimbra et al., 2016). Por esse motivo, esta metodologia não se enquadra na questão a resolver, pois não existe um histórico de casos de problemas semelhantes anteriormente detetados e resolvidos.

Por fim, restam as duas metodologias de resolução de problemas RCA e A3. Apesar de ambas apresentarem um processo iterativo de etapas que podem ser aplicadas ao problema do projeto em questão, a ferramenta/documento A3 que possibilita a apresentação de factos de forma sucinta e acessível a qualquer observador (não envolvido no projeto) ou utilizador, tem uma particularidade que a destaca em relação à RCA (Destino et al., 2017; Matthews, 2018). Esta particularidade prende-se pelo facto de tanto o A3 como a metodologia mais utilizada nos casos de estudo da investigação, o DMAIC, terem fundamento ou no caso deste último, semelhança, ao ciclo de melhoria contínua PDCA (*plan, do, check, act*) (Garza-Reyes, 2015; Matthews, 2018). Por esse motivo, o A3, conseqüentemente as suas etapas, assemelham-se à metodologia de resolução de problemas mais empregue nos casos de estudo encontrados. No entanto, o A3 é uma ferramenta mais simples, prática, de resolução rápida de problemas, comparativamente à DMAIC, como se vê pela análise acima realizada, neste capítulo, a esta metodologia (Destino et al., 2017; Taylor et al., 2014).

Das metodologias menos utilizadas, que foram definidas pelos autores dos artigos para a resolução particular de problemas nos seus casos de estudo, a PASS, STARS, Nalco e PSM tem-se que as primeiras duas (PASS, STARS) segundo os seus criadores, surgiram pela impossibilidade da adoção da metodologia DMAIC nas suas empresas devido à complexidade, dispendiosidade e investimento em formação e recursos (Charron-Latour et al., 2017; Kim & Sung, 2018). Por este motivo, as etapas destes dois métodos assemelham-se bastante à DMAIC. Por outro lado, as fases das ferramentas Nalco e PSM são também fundamentadas tanto na metodologia DMAIC como no ciclo PDCA (Keiser & Blake, 1996; Romero et al., 2012).

Do parágrafo acima descrito, pode-se retirar que estas quatro metodologias descritas apresentam semelhanças entre elas, devido ao comum fundamento de definição das suas etapas. Pela observação da Tabela 1, verifica-se que existem quatro etapas idênticas que se podem esclarecer como: **Definição** do problema; **Análise** da causa raiz; **Resolução** do problema através de ações corretivas e por fim, **Controlar**/manter a ação de correção. Disto retira-se que outra vantagem da ferramenta A3, é o facto de as etapas acima mencionadas fazerem parte desta, e para além delas a metodologia apresenta ainda mais quatro fases por forma a sustentar e a desdobrar as questões de um determinado problema, como se verifica na Tabela 1.

Concluindo assim, apesar de não ser o mais utilizado o A3 *problem solving* é uma metodologia de resolução de problemas, simples e completa que apresenta grandes vantagens em relação às demais metodologias encontradas na investigação para nomeadamente, a resolução de problemas não tão complexos quanto o DMAIC permite resolver (Silich et al., 2012). Pelos motivos mencionados, esta é a metodologia eleita para a resolução de problemas do presente projeto.

Tabela 1- Contraste entre as Metodologias de resolução de problemas, as suas etapas e o ciclo PDCA

	Ciclo PDCA	Etapas	Metodologias de resolução de problemas					
			A3	DMAIC	PASS	STARS	Nalco	PSM
Etapas	Planear	Identificação						
		Definição/Armazenar						
		Etiqueta						
		Quantificação/Medição						
		Planear						
		Implementar solução rápida						
		Objetivos						
		Analisar causas						
		Propôr						
	Executar	Resolver/Melhorar						
	Verificar e Atuar	Verificar/Controlar/Manter						
Lição aprendida								

Por forma a complementar todo este capítulo, tem-se a tabela seguinte, Tabela 2, onde esta resume os pontos essenciais de cada metodologia mencionada, que serviram de base para a escolha do método a adotar.

Tabela 2- Metodologias de resolução de problemas e a sua adequação

		Adequação
Metodologias de resolução de problemas	A3	Problemas simples e de resolução rápida e prática, apresentados sucintamente em uma folha A3
	DMAIC	Problemas complexos em organizações que pratiquem a filosofia seis sigma
	FMEA	Evidência possíveis anomalias de um processo, priorizando-as
	TRIZ	Problemas na fase da pesquisa e <i>design</i> por forma a evitar erros durante o desenvolvimento do processos de produção
	QFD	Problemas na concepção de novos produtos, atenta em traduzir requisitos dos clientes em requisitos técnicos do produto
	RCA	Problemas de qualidade do produto e produtividade do processo, enquanto controla as variações durante o processo de fabricação
	PASS	Desenvolvida com base no conceito de ' <i>Design</i> de Experiência' e a técnica seis sigma com o objetivo de criar técnicas de inovação de qualidade em PMEs coreanas
	STARS	Ferramenta simples destinada a funcionários de chão de fábrica e gestores da linha da frente, através de um cartão de registo
	Nalco	Destinada ao ramo de pesquisa e desenvolvimento para aumento da qualidade e inovação
	PSM	Problemas na cadeia de abastecimento, onde a sua resolução permite alcançar uma gestão de qualidade eficaz
	CBR	Resolução de problemas através da reutilização e adaptação de conhecimentos anteriores de casos semelhantes

3. CASO DE ESTUDO

Este capítulo é referente ao caso de estudo, onde se apresenta a linha de montagem e o produto em que a investigação está inserida, como também é aqui fundamentada a problemática que a empresa apresenta através da análise do estado inicial da linha, e selecionadas as não-conformidades mais impactantes a serem resolvidas pela adoção da metodologia selecionada.

3.1. Apresentação da linha de montagem e do produto

A presente dissertação incide-se na secção de montagem da empresa, local onde se dá a materialização do produto final, especificamente na linha de montagem da máquina fotográfica analógica tipo M (sendo atualmente a única categoria de máquinas analógicas produzida pela Leica). Na figura seguinte, Figura 10, é apresentada uma máquina fotográfica analógica tipo M, concretamente um dos modelos MP.



Figura 10- Máquina fotográfica analógica Leica modelo MP (Fisher, 2011)

Nesta linha de montagem é composta toda a parte mecânica do produto, através da montagem dos componentes intrínsecos a esta. Posteriormente, a máquina é enviada para a casa mãe do grupo, Leica Camera AG na Alemanha, para a composição da parte estética, ou seja, a colocação do chapéu, tampa e revestimento do corpo da máquina.

Este produto é essencialmente composto por componentes metálicos que trabalham entre si, de forma idêntica à do mecanismo de um relógio, sendo quase nula a existência de componentes eletrónicos. Por esse motivo, é essencial a conformidade dos seus componentes relativamente às especificações técnicas destes. Se a qualidade das características técnicas das peças empregues na máquina não for alta, a máquina não executa a sua função perfeitamente. A origem dos componentes para a sua conceção, está essencialmente na secção de Mecânica da empresa e em fornecedores externos. A seguinte figura, Figura 11, demonstra interiormente uma máquina fotográfica analógica concebida nesta linha de montagem, onde se visualiza o mecanismo desta.

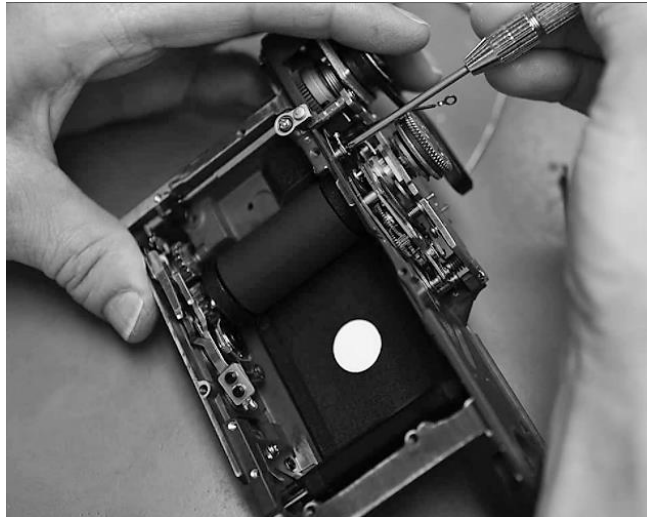


Figura 11- Visualização interior de uma máquina analógica

Esta linha de montagem, tal como todas as outras desta secção, é caracterizada pelo processo de montagem manual e sequencial dos produtos. Segundo a Leica (2017), “O processo de montagem manual e sequencial permite uma produção quase artesanal, mas nunca derivando dos padrões de qualidade e excelência que caracterizam a vasta gama de produtos Leica”. Os colaboradores que trabalham diariamente com este produto, referem que a sua conceção pode ser chamada de artesanal pois cada máquina montada é única e diferente de todas as outras. Os únicos mecanismos que fazem parte desta linha de montagem, são mecanismo de auxílio, ajustes de tolerâncias, afinações, como também calibres e ferramentas manuais, todos eles manuseados sem recurso a automação. Na Figura 12, tem-se um exemplo de um dos mecanismos de auxílio de montagem.



Figura 12- Mecanismo de auxílio de montagem do rolo de transporte do filme

O *layout* da linha de montagem é como o nome indica, definido em três linhas. A primeira é referente aos subgrupos de montagem de alguns mecanismos que necessitam de ser previamente executados antes de serem adicionados à máquina. Como é o caso do rolo de transporte do filme, mecanismo dos tempos, index, etc. A segunda linha representa as mesas de reparações, três postos de trabalho de montagem da máquina e as mesas de execução das cortinas da máquina fotográfica.

Por fim, na terceira linha inclui-se as mesas de montagem, que integram todos os mecanismos confeccionados nos subgrupos e as cortinas, na máquina que começou a ser montada nos postos de trabalho da segunda linha. No final desta linha encontra-se a inspeção final do produto, que aprova a máquina para ser enviada para o exterior. Os postos de trabalho são mencionados de mesas de trabalho, tal como se percebe, e seguem uma ordem sequencial de 1, a começar na linha dos subgrupos até 21 à inspeção final.

Contrariamente ao que a Leica previa, até aos dias de hoje, mesmo com as inovações face a máquinas fotográficas digitais ou câmaras de telemóveis, a produção e consequentemente procura de máquinas fotográficas analógicas nunca deixou de existir. Sendo cada vez mais procurada e valorizada, nomeadamente por amantes de fotografia e profissionais. Afirma-se frequentemente que as fotografias feitas com máquinas Leica são únicas e fundaram um novo estilo fotográfico: o *Leica Way* ou a fotografia Leica (*Leica: Há 100 anos a fotografar o mundo - JPN, 2014; Puts, 2011*).

Após a apresentação geral do produto e da linha de produção, como as fases de conceção deste e os mecanismos inerentes, são bastantes, complexos e apresentam centenas de componentes relacionados, decidiu-se explicar apenas uma parte de dois mecanismos da máquina fotográfica, que são essenciais para o entendimento do desenvolvimento posterior desta dissertação. Por isso surge o subcapítulo seguinte.

3.1.1. Mecanismos máquina fotográfica analógica

Nesta secção são explicados de uma forma simples e sucinta dois mecanismos da máquina fotográfica analógica que são tratados no projeto, para futura compreensão.

Rolo de transporte do filme

Em uma máquina fotográfica analógica o rolo de transporte do filme é responsável pelo deslocamento e guia do filme quando se arma a máquina, para futura pressão do botão de disparo e captação da fotografia. Na Figura 13, consegue-se ver o aspeto de um rolo de transporte do filme e a posição dele em relação ao corpo de uma máquina analógica.

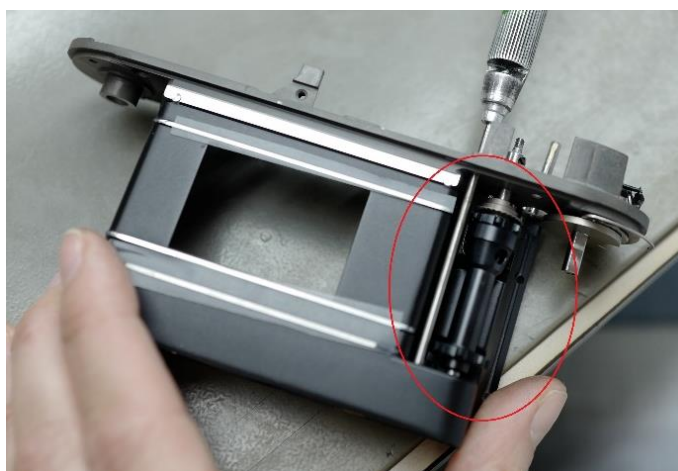


Figura 13- Rolo de transporte do filme de uma máquina fotográfica analógica

Index

O index é um conjunto de componentes previamente montados num subgrupo, onde este detém a função de acionar algumas partes da máquina analógica no momento de pressão do botão de disparo, ou seja, na captação de uma fotografia. Para além disso, tem a função de contabilizar o número de fotografias existentes no rolo de filme, que está inserido na máquina, e mostrar ao seu utilizador. A Figura 14, demonstra o mecanismo mencionado empregue na máquina fotográfica ainda em vias de fabrico.



Figura 14- Index de uma máquina fotográfica analógica

3.2. Estado inicial e problemática

Como referido no capítulo 1.1, a problemática deste projeto caracteriza-se pela quantidade de não-conformidades existentes no processo de montagem da máquina fotográfica analógica, que resultam em retrabalho e peças descartadas numa fase muito avançada deste. Por esse motivo, é requerido pela empresa que se proponha a resolução destas anomalias com a finalidade de aumentar a qualidade do produto, peças subjacentes e a otimizar o seu processo, eliminando o máximo de falhas internas.

Após a interpretação da problemática e definidos os objetivos da investigação iniciou-se a análise do processo da linha de montagem para conhecimento da situação atual e das não-conformidades inerentes a esta. Com base nos conhecimentos dos colaboradores e do responsável da linha, experientes na conceção deste produto há vários anos, retratou-se todo o tipo de problemas/defeitos que existiam ao longo da montagem nos diferentes postos de trabalho. Esta abordagem para a fundamentação das anomalias sucedeu-se, pois, a linha não provia de nenhum histórico de problemas que servisse de guia para o conhecimento destes e definição do seu impacto. Para além disso, os indicadores de desempenho que poderiam servir de referência para a definição do estado inicial do processo, tais como produtividade, tempo de ciclo da tarefa, percentagem de sucata e retrabalho, não espelhavam o que verdadeiramente acontecia. Isto ocorria pois a linha provia de bastante retrabalho realizado aos componentes, devido a diferenças de especificações em relação aos desenhos técnicos, que não era documentado outrora, caracterizando-se atualmente de quase artesanal devido a esse retrabalho e com uma produção

baixa. Por esse motivo, estes indicadores não poderiam ser utilizados para a explicação do estado inicial. Sendo assim, os conhecimentos dos experientes no produto foram essenciais para a quantificação da problemática.

Com isto, constitui-se um documento em *excel*, onde neste foi produzida uma tabela com informações que descrevem detalhadamente as não-conformidades expostas. Cada problema retratado apresenta as seguintes informações: nº posto de trabalho; nº problema; tipo de problema (defeito dimensional do componente, retrabalho ou defeito superficial do componente); referência da instrução de trabalho; descrição da instrução de trabalho; referências dos componentes (que constituem o defeito); descrição do problema; possíveis causas; tarefa realizada (por forma a combater instantaneamente a não-conformidade); o fornecedor dos componentes; local onde é detetado (para anomalias que podem ser detetadas nas fases seguintes à sua montagem); frequência do problema e por fim, tempo de retrabalho.

Pela substancial quantidade de defeitos/retrabalho existentes na linha de montagem, decidiu-se retratar e debruçar sobre aqueles que apresentavam maior impacto durante a produção diária de seis máquinas fotográficas analógicas. Esta seleção foi realizada pela adoção da ferramenta da qualidade, diagrama de Pareto, previamente construído com base na frequência média dos problemas que apareciam ao longo de 8 horas de trabalho, relativamente ao início do mês de março de 2020. No gráfico seguinte, Gráfico 9, é apresentado um diagrama de Pareto, que exhibe a frequência de todas as não-conformidades detetadas.

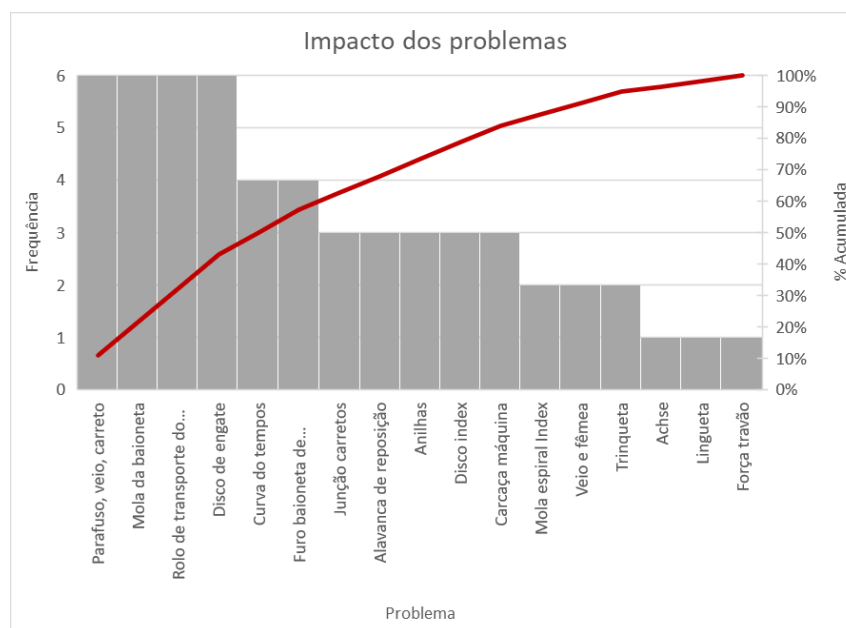


Gráfico 9- Impacto dos problemas

Como se verifica no gráfico acima, cerca de 50% dos problemas advêm dos primeiros cinco, onde estes apresentam frequências iguais ou superiores a quatro máquinas fotográficas. Apesar dessas cinco anomalias deterem o maior teor de impacto, não foi possível a sua abordagem devido à situação epidémica atual. O facto da empresa, tal como muitas outras organizações, entrarem em sistema *lay-off*, limitou o tempo e a disponibilidade da equipa, não permitindo assim, o acompanhamento e resolução dos problemas que se pretendiam com base no diagrama de Pareto. Por esse motivo, foram abordadas e resolvidas pela adoção da metodologia de resolução de problemas selecionada, estas três não-conformidades: o “Parafuso, veio, carroto” com frequência

de seis; a “Mola espiral do index” com frequência de duas e por fim, o “Veio e a fêmea” com frequência de duas.

No capítulo seguinte é exposta a resolução destas não-conformidades, pela aplicação da metodologia selecionada com o propósito em aumentar a qualidade do produto, e assim diminuir as quantidades de peças não-conforme e os tempos de retrabalho diários, que por consequência otimizam o processo.

4. MÉTODO E APLICAÇÃO

No presente capítulo é definida a metodologia utilizada, *A3 problem solving*, com recurso a uma revisão bibliográfica e dá-se o processo de aplicação do método a cada problema abordado nesta dissertação, para a sua resolução.

4.1. *A3 problem solving*

O *A3 problem solving* é uma metodologia de resolução de problemas desenvolvido pela Toyota baseada nas quatro fases do ciclo PDCA (Bassuk & Washington, 2013; Kotowska et al., 2017; Sobek II & Smalley, 2008). O ciclo PDCA, planear (*plan*), executar (*do*), verificar (*check*) e agir (*act*) foi desenvolvido por W. A. Shewhart nos anos 30, em que o conceito advém da necessidade de resolver os problemas de uma forma estruturada para garantir a eficácia da solução. Contudo, foi W.E. Deming que difundiu o conceito no Japão na década de 50 (Bassuk & Washington, 2013). Segundo Sobek II e Smalley (2008), o ciclo PDCA é fundamental para a Toyota permitindo estudar um problema ou uma oportunidade de forma eficaz, apresentando um modelo lógico e simples onde é essencial eliminar a reincidência dos problemas pelo processo de padronização e, assim fomentar a busca de melhoria contínua.

Em suma, o PDCA segue as regras de um método científico (Sobek II & Smalley, 2008):

- Planear: desenvolver uma hipótese para experimentação;
- Executar: conduzir a experiência;
- Verificar: recolher dados;
- Atuar: interpretar os resultados e padronizar os novos processos ou soluções assinaladas como satisfatórias.

Originalmente desenvolvido em papel A3, o maior tamanho possível para uma máquina de fax, o relatório de resolução de problemas A3, documenta completamente um determinado processo em um lado de uma folha de papel (Bassuk & Washington, 2013; Kotowska et al., 2017). Segundo Matthews (2018), o relatório A3 permite uma abordagem metódica para resolução de problemas, possibilitando a apresentação ou *reporting* de factos de forma sucinta.

O formulário dispõem de um lado esquerdo e direito, que possui sete seções. Estas encontram-se listadas abaixo e ilustradas na Figura 15. As linhas de aprovação, no cabeçalho, onde constam o nome dos responsáveis, os participantes e a data, são fornecidas para aprovação quando os lados esquerdo e direito forem finalizados sequencialmente (Bassuk & Washington, 2013). Quanto ao título, este poderá ser mencionado no cabeçalho juntamente com as informações de aprovação, como no corpo do relatório fazendo assim parte das etapas deste. O título deve ser claro, focado e independente (Bassuk & Washington, 2013; Kotowska et al., 2017).

Segundo Sobek II e Smalley (2008) e Kotowska (2017) as etapas do relatório A3 são as seguintes:

- 1) **Definição do Problema** (*Description of the situation*) - Detalhes que não podem ser descritos na quantificação da condição atual e métricas úteis podem ser incluídas nesta seção.
- 2) **Quantificação da condição atual** (*Current conditions*) - Um desenho que transmita uma compreensão completa da situação atual é essencial para perceber quais melhorias podem ser necessárias.

- 3) **Objetivo** (*Goals/Measures*) - Uma declaração quantitativa da situação futura desejada, que formará a base. Essa afirmação é a hipótese do experimento. As metas neste contexto precisam de ser SMART (específicas, mensuráveis, atingíveis, relevantes e oportunas).
- 4) **Análise da causa raiz** (*Analysis*) - Quando a discrepância entre o estado atual e o estado desejado é conhecida, as relações de causa e efeito devem ser encontradas para identificar sua causa. Esta secção pode acomodar uma análise dos “Cinco Porquês” ou um diagrama espinha de peixe, “Diagrama de Ishikawa”. Essas duas opções dão ao autor flexibilidade de escolha, dependendo da complexidade do problema.
- 5) **Propostas de Melhoria** (*Remedial measures*) - Listagem das atividades específicas destinadas a atingir a situação-alvo. O diálogo com as pessoas envolvidas no problema constitui uma boa preparação. Deve-se apresentar algumas ideias para a solução, a todos os interessados, perguntando sobre as suas opiniões e, em seguida, selecionar a melhor solução possível. Para além disso, também se verifica quais das medidas corretivas possíveis realmente podem ser utilizadas na prática.
- 6) **Plano de ações** (*Plan*) - Uma lista de quais ações devem ser realizadas, por quem e quando para atingir a meta e quais mecanismos serão utilizados para monitorizar sua implementação.
- 7) **Plano de verificação** (*Further actions*) - Esta secção contém uma descrição de um plano de verificação e os resultados do plano. Nesta secção deve ser dada resposta à seguinte pergunta: “Os objetivos correspondem aos resultados finais?”. Deve-se garantir que o processo é bem desenvolvido e funcione o tempo todo de acordo com as premissas. Toda a equipa deve ser informada sobre as possíveis soluções para problemas potenciais.

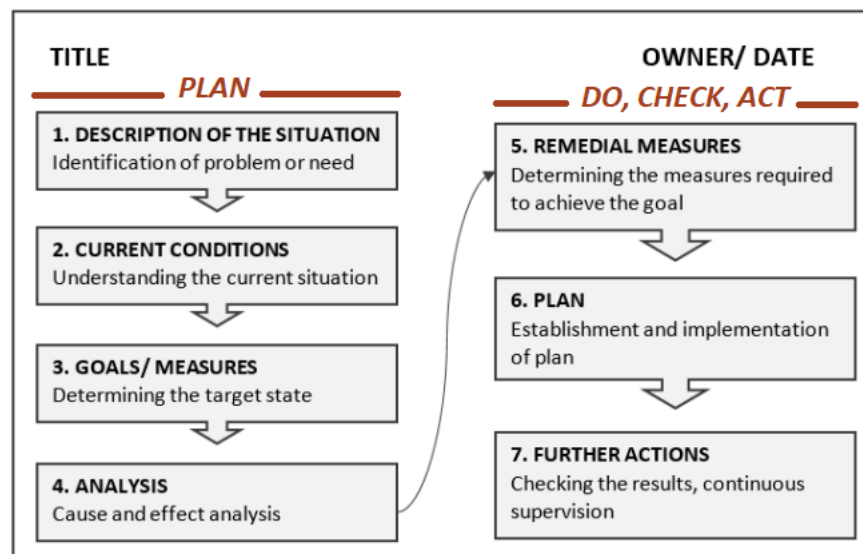


Figura 15- Estrutura de etapas de um relatório de resolução de problemas A3 com relação ao ciclo PDCA (Kotowska et al., 2017)

4.2. Aplicação do método

Nesta parte e conseqüentemente nos subcapítulos seguintes, apresenta-se a aplicação prática do método ao caso de estudo. Cada subcapítulo representa uma fase da metodologia A3, onde em cada uma delas é demonstrado o conteúdo de cada problema. Decidiu-se estruturar deste modo por forma a complementar a escrita ao longo do relatório, no entanto, em anexo segue-se o

documento A3 para cada problema tratado. No APÊNDICE A o relatório A3 para o problema 1, no APÊNDICE B para o problema 2 e por fim, no APÊNDICE C para o 3.

A equipa de trabalho é constituída por três elementos: o autor da dissertação e conseqüentemente do desenvolvimento do A3; um representante da qualidade; e um representante da engenharia do produto. Ao autor da dissertação pertence a função de analisar, selecionar e definir em um documento *excel*, as não-conformidades encontradas na linha de montagem, como se verifica no capítulo 3.2, e a constituição dos documentos A3 durante a fase de resolução dos problemas tratados. Aos restantes responsáveis, o da qualidade e o da engenharia incumbiu a função da análise, estudo e testes aos componentes por forma a entender a causa raiz do problema e dissolvê-la.

4.2.1. Título e Definição do problema

O título/tema de cada problema é definido como título de separação entre os conteúdos deles em cada subcapítulo. O problema 1 denomina-se de “Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme”, o problema 2 de “Deslocamento da mola espiral no index” e por fim, o problema 3 “Veio quebra ao ser apertado à fêmea”.

Problema 1 – Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme

Detetado no posto de trabalho nº6, onde é montado manualmente uma parte do conjunto de componentes do rolo de transporte do filme, este caracteriza-se pelo facto do parafuso não prender o conjunto de veio e carreto. Todos estes componentes provêm de fornecedores externos à empresa. Na seguinte figura, Figura 16, tem-se o retrato dos componentes mencionados.



Figura 16- Veio, carreto e parafuso

É requerido que este fixe o conjunto ao ser apertado com recurso à chave de fendas, e o que acontece é que o conjunto fica solto e o parafuso não entra na totalidade na cavidade pretendida. Na figura seguinte, Figura 17, percebe-se visualmente o problema descrito.



Figura 17- Problema carreto

Problema 2 – Deslocamento da mola espiral no index

Na mesa de trabalho nº16, é empregue o index no corpo da máquina, na instrução de trabalho “montar eixo de acionamento”. O problema sucedido neste é reconhecido pelo facto do contador de fotografias não contabilizar corretamente os disparos da máquina quando esta é submetida a testes. Na figura seguinte, Figura 18, tem-se o exemplo visual de um index à direita a contabilizar corretamente e à esquerda erradamente.

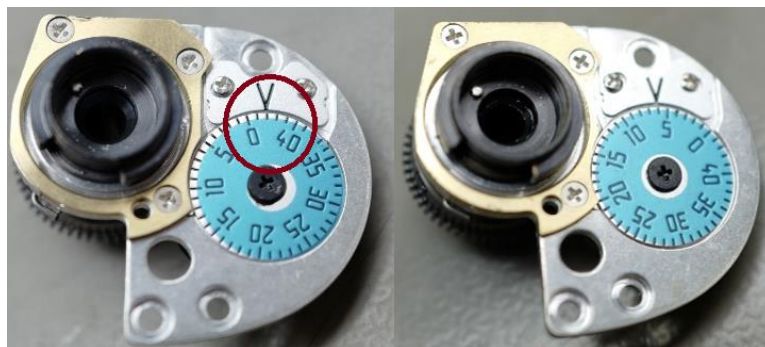


Figura 18- Index à direita conforme, a contabilizar corretamente e à esquerda não-conforme, contabilização errada

Este problema tem origem no conjunto de mola espiral e anel de transporte, provenientes de fornecedores externos, que são aplicados no index. Entre estes componentes existe algum defeito que provoca o desengate da mola espiral no anel de transporte. Pela figura seguinte, Figura 19, percebe-se a posição que é requerida à mola em relação ao anel, para que o index trabalhe corretamente. Quando a mola sai do engate, o index deixa de contabilizar corretamente os disparos da máquina. É de salientar que este problema tanto pode ocorrer no posto de trabalho em questão, onde é adicionado à máquina fotográfica, como nos postos de trabalho seguintes, ou até mesmo na inspeção final do produto quando é submetido a testes, aumentando assim, o tempo de retrabalho.

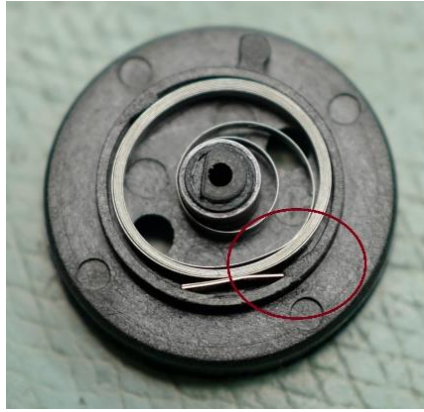


Figura 19- Mola espiral corretamente engatada no anel de transporte

Problema 3 – Veio quebra ao ser apertado à fêmea

Na execução da instrução de trabalho “montar batente duplo”, na mesa nº17 é detetada uma anomalia que tem origem no componente veio, que é mencionado no problema 1. Por esse motivo, mais uma vez o conjunto que faz parte do rolo de transporte do filme encontra-se com não-conformidades. O veio aplicado à máquina fotográfica numa fase anterior da sua montagem, quebra-se ao ser apertado à fêmea com recurso a à chave TOR dinamométrica nº16. A Figura 20 apresenta à esquerda um veio conforme e a fêmea e à direita um veio quebrado (não conforme).



Figura 20- Veio conforme à esquerda e veio não-conforme (partido) à direita

4.2.2. Quantificação da situação atual

A quantificação da situação atual tem por base as frequências médias dos problemas que apareciam ao longo de 8 horas de trabalho na conceção da produção diária. Pelo diagrama de Pareto, Gráfico 9, do subcapítulo 3.2, tem-se esquematização dessas frequências para cada problema retratado. No relatório de A3, para cada problema, esta secção provém do diagrama de Pareto mencionado, e de gráficos circulares que resumem as informações que são aqui expostas em texto. Para observação dos gráficos, consultar, APÊNDICE A, APÊNDICE B, APÊNDICE C, para respetivamente, problema 1, problema 2 e problema 3.

Problema 1 – Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme

O facto deste acontecimento dar-se todas as vezes que um conjunto é encaixado na máquina, apresentando uma frequência de seis em seis produtos montados diários, requer que haja uma medida instantânea a realizar no momento da sua montagem. Por esse motivo, é aplicada mais

força que o normal para apertar bem o conjunto, com recurso à chave de fendas. Como consequência isso pode estragar a caixa do furo no veio, a caixa do carroto como também a rosca do parafuso, o que levará à conceção de peças não-conformes. Este retrabalho, de maior força de aperto, tem uma duração média de 4,8 segundos. Com base na sua frequência e tempo de retrabalho por componente, tem-se que cerca de 28,8 segundos (0,48 minutos) por dia de trabalho eram dispensados a retrabalhar esta anomalia, correspondendo a uma percentagem de 0,1%.

Problema 2 – Deslocamento da mola espiral no index

Sempre que este problema se sucede, todo o conjunto do index é retirado da máquina fotográfica e é substituído. Este retrabalho de troca de index tem um tempo de procedimento em média de 720 segundos (12 minutos). Posteriormente, o index não-conforme é enviado para o subgrupo da sua montagem. Aqui este, é desmontado e é substituída a peça não-conforme por uma conforme para que seja possível o aproveitamento dos outros componentes que fazem parte do conjunto. Por cada seis máquinas montadas diariamente, em cerca de duas delas é detetado este problema. Dado a sua frequência e tempo de retrabalho, tem-se que cerca de 24 minutos por dia de trabalho eram dedicados na resolução desta não-conformidade, correspondendo a uma percentagem de 5%.

Problema 3 – Veio quebra ao ser apertado à fêmea

Quando o problema ocorre, a máquina é enviada para o posto de trabalho nº6, onde anteriormente se colocou o veio na mesma, e aqui é substituído. Nesta mesa desmonta-se o conjunto de componentes intrínsecos a este e volta-se a montar o conjunto. O componente deixa de ser conforme sem possibilidade de reparação e reutilização, por sua vez, a fêmea é reutilizada. Este contratempo surge com uma frequência de duas em seis máquinas de montagem diária com um tempo de retrabalho em média de 118,8 segundos para desmontagem do veio e 208,8 segundos para nova montagem perfazendo um total de 5 minutos e 28 segundos. Com base na sua frequência e tempo de retrabalho, tem-se que cerca de 11 minutos por dia de trabalho, eram dedicados à resolução desta não-conformidade, correspondendo a uma percentagem de 2,28%.

4.2.3. Objetivos

Dado a não existência de indicadores de desempenho atualizados na linha de montagem, não é possível calcular uma meta a atingir com base nestes. Por esse motivo, o objetivo comum entre os problemas é simples de perceber, resumindo-se pela eliminação de 100% do tempo total utilizado por dia para reparações destes problemas e consequentemente as quantidades de peças não-conformes descartadas.

4.2.4. Análise das causas

Posteriormente à identificação dos problemas e antes da definição de propostas de melhoria na tentativa de corrigir a situação atual, é fundamental entender a causa do problema. Para tal, realizou-se um diagrama de causa-efeito para cada problema abordado. Este diagrama também designado por diagrama de Ishikawa (em homenagem ao seu criador, Kaoru Ishikawa) e igualmente conhecido por diagrama espinha-de-peixe ou diagrama 6M's: Método, Matéria-prima, Mão-de-obra, Máquinas, Medição e Meio ambiente, é uma ferramenta de análise, normalmente usada em

processo de *brainstorming* para a examinação das possíveis causas de um efeito (por exemplo: um problema, defeito, acidente ou uma forma de desperdício) (J. P. Pinto, 2009).

A execução deste só se tornou possível com base nos conhecimentos, tanto dos colaboradores e representante de linha como da equipa de qualidade e engenharia. Neste capítulo são apontadas as possíveis causas em formato de texto, no entanto nos apêndices correspondentes a cada problema, é apresentada a esquematização do diagrama.

Problema 1 – Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme

- **Mão-de-obra:** Ato de aperto do parafuso mal efetuado.
- **Método:** Posição dos componentes ao realizar o aperto.
- **Máquinas/Equipamentos:** Ponta da chave de fendas mais larga que a fenda do parafuso.
- **Material:** Grau de escareamento do furo do parafuso; grau de escareamento do furo do carreto; largura do furo no veio.

Com isto, analisaram-se todas as causas retratadas acima e percebeu-se que a causa do problema estava nas dimensões dos componentes, ou seja, na causa raiz “Material”. Pela documentação de desenhos técnicos existentes para cada componente e pela análise dos mesmos, realizada pela equipa de engenharia e qualidade, percebeu-se através de instrumentos de medição tais como, paquímetro e microscópio, que o grau/ângulo de escareamento do carreto encontrava-se fora de especificação. Na figura abaixo, Figura 21, encontra-se assinalado numa amostra do desenho técnico do componente, o ângulo de especificação requerido.

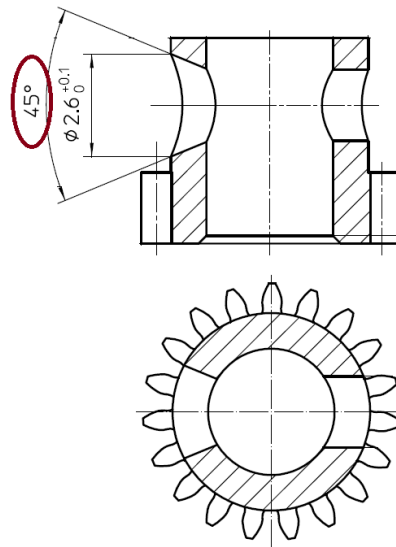


Figura 21- Secção do desenho técnico do carreto, ângulo de 45°

Pelas medições realizadas pela equipa, este tinha cerca de 40 graus, quando era requerido que estivesse conforme o desenho técnico, 45 graus. A Figura 22 exhibe detalhadamente o defeito do carreto, onde aqui se verifica que o material do componente passa as linhas de abertura de escareamento de 45 graus, sendo esta a causa do problema retratado. Como esta não-conformidade estava presente em todos os componentes dos lotes, recentemente enviados pelo fornecedor, o ângulo de escareamento deste não se encontrava em concordância com o do componente parafuso. Por esse motivo, o parafuso não conseguia ser apertado na sua totalidade, sendo assim, forçado.

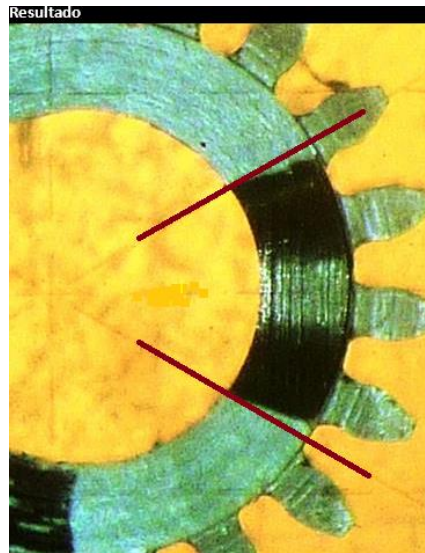


Figura 22- Análise microscópica do carreto

Problema 2 – Deslocamento da mola espiral no index

- **Mão-de-obra:** Má colocação da mola espiral no anel de transporte.
- **Método:** Ponto T de soldadura da mola espiral causa pressão e faz esta escapar do engate, este “T” pode ser verificado na Figura 19.
- **Máquinas/Equipamentos:** Equipamento de auxílio da tarefa encontra-se não-conforme.
- **Material:** Dureza da mola superior ou inferior à especificação (se tiver dureza superior escapa do engate, se for inferior perde a força ou parte); entalhe no anel de transporte que suporta a mola é mais pequeno que o especificado no desenho técnico.

Após isto, afastadas as causas da “Mão-de-obra” e “Máquinas/Equipamentos”, foram analisados microscopicamente os dois componentes pela equipa. Daí descobriu-se que a principal causa da não-conformidade era o facto do entalhe, no anel de transporte, que segura a mola encontrar-se com um ângulo menor do que o especificado no desenho técnico. Pela verificação da Figura 23, uma amostra do desenho técnico do componente anel de transporte, tem-se que o ângulo deveria ser de 10 graus.

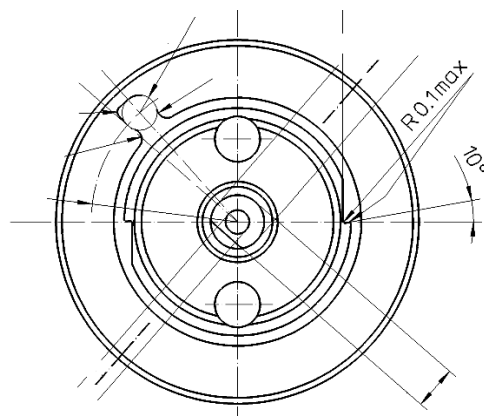


Figura 23- Secção do desenho técnico do anel de transporte, ângulo de 10°

Com isto, a mola espiral escapava e o index perdia a força para contabilizar os disparos da máquina fotográfica. Na figura seguinte, Figura 24, tem-se à esquerda o anel de transporte com o ângulo de entalhe conforme o desenho técnico, e à direita com um ângulo inferior (não-conforme).

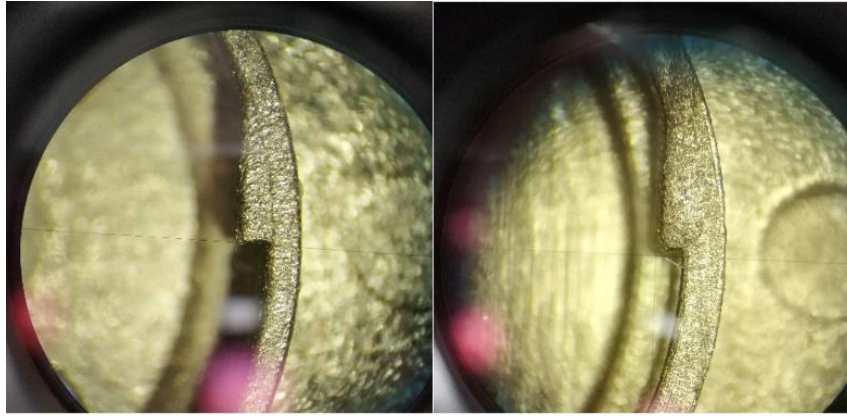


Figura 24- Entalhe do anel de transporte conforme (à esquerda) e não-conforme (à direita)

Problema 3 – Veio quebra ao ser apertado à fêmea

- **Mão-de-obra:** Ato de aperto mal efetuado.
- **Método:** Posição dos componentes ao realizar o aperto.
- **Máquinas/Equipamentos:** Equipamento de auxílio da tarefa encontra-se não-conforme.
- **Material:** Dureza do veio inferior à especificação.

A partir deste, estudaram-se as possíveis causas do acontecimento e entendeu-se que a origem dele só poderia estar no tópico “Máquinas/Equipamentos” ou “Material”. Com a análise destes dois tópicos percebeu-se que ambos se encontram diretamente relacionados à não-conformidade.

Relativamente ao tópico “Máquinas/Equipamentos” tem-se que a chave TOR dinamo-métrica nº16 utilizada para realizar o aperto entre os dois componentes, pode estar afinada para uma força entre 4 e 5 Ndm (Newton decímetro), segundo instruções de trabalho. Atualmente, essa chave estava afinada para o seu valor máximo, sendo ele de 5Ndm. Esta circunstância juntamente com o facto da dureza do veio se encontrar atualmente inferior à especificação na documentação, segundo testes de controlo que foram realizados no departamento de Qualidade, causam a quebra do veio durante a tarefa.

4.2.5. Propostas de melhoria e Plano de Ações

Definidas as causas raiz dos problemas, a equipa de engenharia e qualidade começou a trabalhar sobre as ações a desenvolver e a implementar com o objetivo de eliminar os efeitos negativos que estes apresentam na linha de montagem. Neste subcapítulo, são apresentadas as propostas de soluções/contenções para cada anomalia encontrada no processo como também o seu plano de ações. Decidiu-se juntar estas duas etapas no relatório por forma, a complementar melhor a explicação. No entanto, nos apêndices, nos documentos A3 para cada não-conformidade, encontra-se separados.

Problema 1 – Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme

Dado o facto desta anomalia já possuir uma ação instantânea realizada pelo colaborador no momento da sua montagem, para conseguir atingir o objetivo de produção diária, foi pensada a solução permanente deste problema.

Por esse motivo, a equipa de engenharia e qualidade abordou o departamento de Qualidade para este reportar a não-conformidade ao fornecedor. Como se verifica acima no capítulo de análise das

causas, 4.2.4, a causa desencadeadora do problema está nas dimensões do componente carreto. Posteriormente, ao consentimento do fornecedor, os lotes de componentes com esta característica fora de especificação, foram enviados para este. Assim, o fornecedor repôs o *stock* com componentes conforme o desenho técnico e após a sua recepção o tempo de retrabalho que era realizado diariamente em todos os conjuntos deste tipo, deixou de existir.

Problema 2 – Deslocamento da mola espiral no index

Dado a frequência desta não-conformidade, decidiu-se realizar uma medida instantânea ao problema. Assim, foi realizado um retrabalho, pelo representante da engenharia do produto, à característica estrutural do entalhe no anel de transporte por forma a dar resposta à necessidade de produção diária sem correr o risco de criar componentes não-conformes ou retrabalho de substituição deste. Para isso, com recurso a materiais de corte em um subgrupo, foi realizado um rasgo no entalhe onde a mola espiral se sustenta no anel de transporte, com a dimensão de espessura igual à da mola. Na seguinte figura, Figura 25, está assinalado o retrabalho realizado ao anel de transporte e como é posicionada a mola no local após isto.



Figura 25- Retrabalho no entalhe do anel de transporte

Com esta melhoria conseguiu-se eliminar a frequência desta anomalia, deixando assim de acontecer. No entanto, não sendo esta a solução do problema, pois realizava-se um retrabalho à peça que deveria entrar na empresa conforme as especificações do desenho técnico, este foi exposto ao departamento de Qualidade.

Após o departamento ter comunicado o defeito ao fornecedor, este analisou a peça retornadas nas suas instalações e confirmou as diferenças existentes entre o real e o desenho técnico. Por esse motivo, o *stock* foi repostado com componentes conformes e a linha de montagem deixou de realizar qualquer tipo de retrabalho relacionados com estes dois componentes.

Problema 3 – Veio quebra ao ser apertado à fêmea

Após a análise das causas raiz deste problema, percebeu-se que a sua origem advinha da relação entre duas causas. Primeiramente, como medida de contenção da anomalia que ocorria diariamente e era alvo de retrabalho demorado e complicado, o responsável de linha decidiu alterar/afinar o valor de força da chave de TOR dinamométrica nº16, do seu valor máximo de 5 Ndm para o mínimo de 4 Ndm. Após esta alteração percebeu-se que os veios deixaram de quebrar, sendo o problema eliminado por completo.

No entanto, pela análise realizada no departamento de Garantia de Qualidade houve alteração a nível de dureza do material em relação a lotes anteriores e às especificações do componente, por

esse motivo foi reportada ao fornecedor a situação. Por motivos de força maior, o *stock* não foi repostado por este, no entanto, decidiu-se comunicar a não-conformidade ao departamento de Mecânica e aqui foi realizado o recozimento dos componentes existentes na empresa, obtendo assim uma maior dureza do material. Com isto, o retrabalho realizado na linha de montagem deixaram de se efetuar.

4.2.6. Plano de Verificação

Sempre que surge uma não-conformidade relativamente a características técnicas dos componentes provenientes de fornecedores externos, o departamento de Garantia de Qualidade, neste caso da Entrada, é abordado. Este, posteriormente, entende a anomalia ou realiza testes que sejam necessários à compreensão do que se sucede. O departamento também tem a responsabilidade de analisar as peças oriundas dos fornecedores no momento de entrada da na empresa validando a sua conformidade, antes da colocação destes nas linhas de produção. Tal como se verifica no capítulo, 1.4.1 na apresentação da empresa e dos seus departamentos.

Por esse motivo, quando é detetada uma nova não-conformidade em alguma característica técnica de um componente, essa característica é adicionada ao plano de controlo desse mesmo componente. Assim, sempre que no futuro lotes das peças: carreto, veio e anel de transporte, entrem na empresa, a característica técnica que causou problemas na montagem será analisada na inspeção da receção para prevenção. Ou seja, no carreto será analisado o ângulo/grau de escareamento de 45° do seu furo, no veio a sua dureza e por fim no anel de transporte o ângulo do entalhe de 10°.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados todos os resultados provenientes do projeto aquando da resolução das não-conformidades abordadas, como também é realizada a interpretação e discussão sobre o seu significado, apresentando a sua relevância para a questão da investigação e seu objetivo.

5.1. Apresentação de resultados

Com a resolução das três anomalias que foram retratadas pela aplicação da metodologia de resolução de problemas, A3, obteve-se uma diminuição significativa do tempo diariamente despendido em retrabalho no processo de montagem da máquina fotográfica analógica. Com base na frequência e tempo médio de retrabalho por cada ocorrência das não-conformidades, percebeu-se que, das 8 horas de trabalho disponíveis por dia (480 minutos), cerca de 35 minutos eram utilizados para reparação destas, por forma a dar resposta ao objetivo diário de seis máquinas. Este valor, que representava uma percentagem de ocupação de cerca de 7,38% do tempo diariamente disponível para montagem da máquina, foi extinto pela adoção das ações corretivas. Pelo gráfico seguinte, Gráfico 10, tem-se a esquematização desses valores.



Gráfico 10- Tempo diário despendido em retrabalho das três não-conformidades

A resolução destes problemas possibilitou uma redução total de custos diários do processo de montagem da máquina fotográfica de cerca de 10,97€, sendo deste total, 0,15€, 7,44€ e 3,39€ respetivamente referentes ao problema 1, 2 e 3. A seguinte tabela, Tabela 3, representa de forma integrada a exibição de todos os dados acima mencionados.

Tabela 3- Tempo de retrabalho diário despendido e seus custos

Problemas	Frequência	Tempo de retrabalho/cada ocorrência (segundos)	Tempo retrabalho total diário (segundos)	Tempo retrabalho total diário (minutos)	Custo
Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme	6	4,8	28,8	0,48	0,15 €
Deslocamento da mola espiral no index	2	720	1440	24	7,44 €
Veio quebra ao ser apertado à fêmea	2	327,6	655,2	10,92	3,39 €
Total			2124	35,4	10,97 €

Conseguida a eliminação total de operações de retrabalho apenas dos problemas abordados, torna-se possível, um aumento de produção diária de 0,44 máquinas, ou seja, cerca de meia máquina, e semanalmente de 2,22, isto é, cerca de duas máquinas. Dado o facto da procura por esta máquina fotográfica estar em constante aumento, a empresa tem como objetivo satisfazê-la. Percebe-se então, que a eliminação das anomalias no processo apresentam *inputs* bastante positivos, pois com os mesmos recursos e no mesmo tempo de laboração consegue-se aumentar a produção diária desta.

5.2. Discussão de resultados

Com o objetivo de encontrar a metodologia de resolução de problemas ideal a ser aplicada para o tratamento de não-conformidades em uma linha de montagem, surgiu a investigação científica, de onde se destacou o *A3 problem solving*.

Apesar da metodologia DMAIC ter-se distinguido como a mais utilizada para a resolução de problemas de questões de qualidade, tem-se que vários autores referiram que esta era complexa, dispendiosa e não era viável sobretudo para pequenas e médias empresas (PMEs), pois comparativamente a outras metodologias existentes, esta exige um maior investimento em formação e recursos (Charron-Latour et al., 2017; Kim & Sung, 2018; Lopes et al., 2011; Timans et al., 2016). Silich (2012), narra que esta é especialmente usada para resolução de assuntos mais complexos e para entidades que tenham possibilidade de adotar a filosofia de melhoria de processos e qualidade, seis sigma, como uma abordagem base para a resolução de qualquer problema que surjam nas mesmas.

Ainda que o *A3 problem solving* não tenha sido a mais utilizada, apresentou-se como uma metodologia idêntica mas mais simples, prática e de resolução rápida de problemas, comparativamente ao DMAIC para resolução de anomalias não tão complexas quanto este permite solucionar (Destino et al., 2017; Silich et al., 2012; Taylor et al., 2014). Para além disso, o *A3 problem solving* assente no ciclo PDCA, evidenciou-se como um método mais completo em relação às demais metodologias semelhantes e com o mesmo desígnio, devido ao facto das suas etapas integrarem todas as fases propostas por estas e também, apresentar ainda mais quatro fases por forma a sustentar e a desdobrar as questões de um determinado problema. Essas metodologias análogas ao A3, foram abordadas por autores devido à impossibilidade da adoção do DMAIC nas suas organizações, e por esse motivo têm fundamento ou semelhanças nas etapas desta (Keiser & Blake, 1996; Romero et al., 2012).

Pela interpretação da investigação científica, e posterior aplicação prática da metodologia A3 no processo de montagem da máquina fotográfica analógica, conseguiu-se eliminar o tempo de retrabalho diariamente desperdiçado em três não-conformidades relativas a especificações técnicas de componentes. Este valor, que representava uma percentagem de ocupação de cerca de 7,38% do tempo diariamente disponível para montagem da máquina, foi extinto pela adoção das ações corretivas. Consequentemente, a resolução destes possibilitou uma diminuição total de custos diários do processo de montagem da máquina fotográfica de cerca de 10,97€. Conseguida a eliminação total de operações de retrabalho apenas dos problemas abordados, torna-se possível, um aumento de produção semanal de cerca de duas máquinas.

Com isto, tem-se que o objetivo principal da dissertação foi alcançado pois, adotando a metodologia de resolução de problemas ideal, segundo a investigação científica realizada, tornou-se possível o aumento da qualidade de três componentes da máquina fotográfica analógica, e por consequência do produto final, otimizando o processo pela eliminação de retrabalho e custos inerentes.

Remetendo à questão da investigação, que se prendia na resposta à interrogação “Qual a melhor metodologia de resolução de problemas a aplicar em uma linha de montagem?”, tem-se que dos métodos apresentados pela pesquisa científica, o *A3 problem solving* surgiu como o mais pertinente ao caso em questão, e quando a sua aplicação percebeu-se que permitiu a resolução consistente e objetiva das não-conformidades pretendidas, possibilitando o alcance da finalidade/objetivo principal do projeto.

6. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas todas as conclusões finais e resultados que decorreram do desenvolvimento desta dissertação. Para além disso, também são referidos todos os constrangimentos e limitações identificados ao longo do trabalho, bem como são dadas sugestões que podem ser abordadas para investigação futura.

6.1. Conclusões finais

A presente dissertação que tinha por objetivo a identificação da metodologia de resolução de problemas mais adequada a ser aplicada numa linha de montagem de uma máquina fotográfica analógica, com a finalidade de aumentar a qualidade do produto, peças subjacentes e a otimizar o seu processo, apresentou resultados positivos aquando o seu desenvolvimento.

Pela investigação científica, primeiramente realizada, com o intuito de encontrar a melhor e mais conveniente metodologia de resolução de problemas a ser utilizada no desenvolvimento deste projeto, obteve-se através da base de dados *online web of science*, 56 publicações de artigos, aquando a pesquisa dos tópicos “Metodologias de resolução de problemas” e “Qualidade”. Após a categorização dos resultados apresentados por esta, com a finalidade de entender a sua atualidade e relevância a nível mundial, percebeu-se que o tema em investigação tem tomado uma crescente importância nos últimos 10 anos. A quantidade de vezes que os artigos publicados foram citados por outros autores nos seus projetos, foi exponencial a partir do ano de 2011, sendo o ano atual 2020, o que apresenta maior número de citações, com um valor de 65 até ao mês presente. Pela quantidade de vezes que estes foram citados comparativamente ao número de artigos publicados reparou-se que este último é bastante inferior. Daqui retirou-se que muitos autores citam, mas poucos conhecem na integridade o tema em questão e escrevem sobre ele. É comprovado isso, também pelo facto de os artigos serem publicados no total por 267 autores, mas apenas nove destes escreveram sobre este tema, mais do que um artigo. Em termos de nacionalidades, os EUA são expressivamente os que detêm a maior quantidade de publicações, seguidos pela República da China que para além disso, é o país que possui os autores e as instituições que mais publicam. De igual modo, Portugal encontra-se sempre entre os principais, nas diferentes categorias analisadas na investigação. Relativamente às principais áreas de pesquisa, tem-se em destaque a da Engenharia, seguida pelas áreas de Economia e Negócios, as Ciências da Computação, as de Serviços de Ciências da Saúde e por fim, Instrumentação de Instrumentos.

Do estudo realizado retirou-se que foram aplicadas nas mais diversas áreas, nomeadamente na saúde e na indústria transformadora, 11 metodologias de resolução de problemas. A metodologia mais utilizada pelos autores dos casos práticos analisados foi sobretudo a DMAIC, com uma percentagem de 41%, seguido pelo QFD com 16%, e o FMEA e TRIZ com respetivamente 8%. Seguidamente a estes, encontraram-se a RCA, o A3 e o CBR com 5% e por fim, os métodos PASS, STARS, Nalco e PSM com 3%, o equivalente a apenas um artigo apresentado por cada metodologia destas.

Apesar da metodologia DMAIC ter-se distinguido como a mais utilizada para a resolução de problemas de questões de qualidade, tem-se que vários autores referiram que esta era complexa, dispendiosa e não era viável sobretudo para pequenas e médias empresas (PMEs), pois

comparativamente a outras metodologias existentes, esta exige um maior investimento em formação e recursos (Charron-Latour et al., 2017; Kim & Sung, 2018; Lopes et al., 2011; Timans et al., 2016). Silich (2012), narra que esta é especialmente usada para resolução de assuntos mais complexos e para entidades que tenham possibilidade de adotar a filosofia de melhoria de processos e qualidade, seis sigma, como uma abordagem base para a resolução de qualquer problema que surjam nas mesmas.

Ainda que o *A3 problem solving* não tenha sido a mais utilizada, apresentou-se como uma metodologia idêntica mas mais simples, prática e de resolução rápida de problemas, comparativamente ao DMAIC para resolução de anomalias não tão complexas quanto este permite solucionar (Destino et al., 2017; Silich et al., 2012; Taylor et al., 2014). Para além disso, o *A3 problem solving* assente no ciclo PDCA, evidenciou-se como um método mais completo em relação às demais metodologias semelhantes e com o mesmo desígnio, devido ao facto das suas etapas integrarem todas as fases propostas por estas e também, apresentar ainda mais quatro fases por forma a sustentar e a desdobrar as questões de um determinado problema. Essas metodologias análogas ao A3, foram abordadas por autores devido à impossibilidade da adoção do DMAIC nas suas organizações, e por esse motivo têm fundamento ou semelhanças nas etapas desta (Keiser & Blake, 1996; Romero et al., 2012).

Após a interpretação da melhor metodologia a ser aplicada no processo de montagem e o conhecimento das não-conformidades inerentes a este, compôs-se um diagrama de Pareto com objetivo de ordenar os defeitos por impacto, permitindo perceber quais os principais problemas a resolver. Deste percebeu-se que 50% dos problemas advinham dos primeiros cinco, onde estes apresentam frequências iguais ou superiores a quatro máquinas fotográficas. No entanto, não foi possível a abordagem destes devido à situação epidémica atual que limitou o tempo e a disponibilidade da equipa, não permitindo assim, o acompanhamento e resolução dos problemas que se pretendiam com base neste diagrama. Por esse motivo, foram abordadas e resolvidas pela adoção da metodologia de resolução de problemas selecionada, estas três não-conformidades: o “Parafuso, veio, carroto” com frequência de seis; a “Mola espiral do index” com frequência de duas e por fim, o “Veio e a fêmea” com frequência de duas.

Pela aplicação da metodologia A3 no processo de montagem da máquina fotográfica analógica, percebeu-se que as causas raiz de todas as não-conformidades abordadas estavam nas especificações técnicas de componentes, e por isso após analisados e reportados os problemas aos fornecedores, estes repuseram o produto conforme as especificações técnicas. O mesmo não se aplicou ao terceiro problema, denominado de “Veio e a fêmea”, no entanto, este foi direcionado para o departamento de Mecânica onde se realiza o seu recozimento, por forma a garantir a qualidade do componente.

Com a adoção das ações corretivas, conseguiu-se eliminar os 35 minutos de tempo de retrabalho desperdiçado nas três não-conformidades, que representava uma percentagem de ocupação de cerca de 7,38% do tempo diariamente disponível para montagem da máquina. Consequentemente, a resolução destes possibilitou uma diminuição total de custos diários do processo de montagem da máquina fotográfica de cerca de 10,97€. Conseguida a eliminação total de operações de retrabalho apenas dos problemas abordados, torna-se possível, um aumento de produção semanal de cerca de duas máquinas.

Com isto, tem-se que o objetivo principal da dissertação foi alcançado pois, adotando a metodologia de resolução de problemas ideal, segundo a investigação científica realizada, tornou-se possível o aumento da qualidade de três componentes da máquina fotográfica analógica, e por consequência do produto final, otimizando o processo pela eliminação de retrabalho e custos inerentes. Remetendo à questão da investigação, que se prendia na resposta à interrogação “Qual a melhor metodologia de resolução de problemas a aplicar em uma linha de montagem?”, tem-se que dos métodos apresentados pela pesquisa científica, o *A3 problem solving* surgiu como o mais pertinente ao caso em questão, e aquando a sua aplicação percebeu-se que permitiu a resolução consistente e objetiva das não-conformidades pretendidas, possibilitando o alcance da finalidade/objetivo principal do projeto.

6.2. Limitações e investigação futura

Durante a conceção da dissertação foram sentidas algumas limitações que colocaram em causa a validade desta e o alcance de um dos objetivos específicos.

Uma das limitações sentidas foi o facto de a linha de montagem da máquina analógica não prover de nenhum histórico de problemas, que servisse de guia para o conhecimento destes e definição do seu impacto. Para além disso, os indicadores de desempenho que poderiam servir de referência para a definição do estado inicial do processo, tais como produtividade, tempo de ciclo da tarefa, percentagem de sucata e retrabalho, não espelhavam o que verdadeiramente acontecia. Isto ocorria pois a linha provia de bastante retrabalho realizado aos componentes, devido a diferenças de especificações em relação aos desenhos técnicos, que não era documentado outrora, caracterizando-se atualmente de quase artesanal devido a esse retrabalho. Por esse motivo, estes indicadores não puderam ser utilizados para a quantificação do estado inicial. Sendo assim, os conhecimentos dos experientes no produto, foram essenciais para a quantificação da problemática e retratamento de todo o tipo de problemas/defeitos que existiam ao longo da montagem nos diferentes postos de trabalho.

Por esse motivo, sugere-se primeiramente, uma ação de melhoria e atualização do estado atual da linha de forma detalhada, que permita perceber o seu desempenho real e posteriormente dissolver falhas no processo. Por outro lado, a adoção de uma base de dados/*software* de registo de defeitos que pudessem surgir ao longo de cada dia de trabalho, seria essencial para a perceção e quantificação do impacto que as não-conformidades têm no processo. Isto permitiria perceber quais os pontos fulcrais a atuar e resolver.

Relativamente ao objetivo específico que pretendia a composição de um diagrama de Pareto, com o intuito de perceber os problemas com maior impacto e assim atuar sobre estes, não foi válido pois a atuação do projeto não permitiu incidir nestes. Face à pandemia mundial covid-19, o facto da empresa, tal como muitas outras organizações, entrarem em sistema *lay-off*, limitou o tempo e a disponibilidade da equipa, não permitindo o acompanhamento e resolução dos problemas que se pretendiam. Para além disso, a comunicação entre empresa e fornecedores externos foram limitados devido à descoordenação de tempo de laboração.

Assim, recomenda-se uma futura investigação onde se aborda e resolve esses problemas que apresentam maior impacto, e posteriormente os problemas seguintes a estes continuamente melhorando a qualidade do produto e a otimização do processo tal como a empresa pretende.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

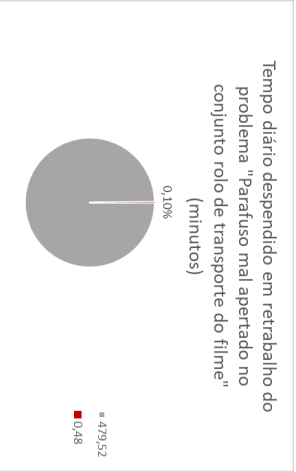
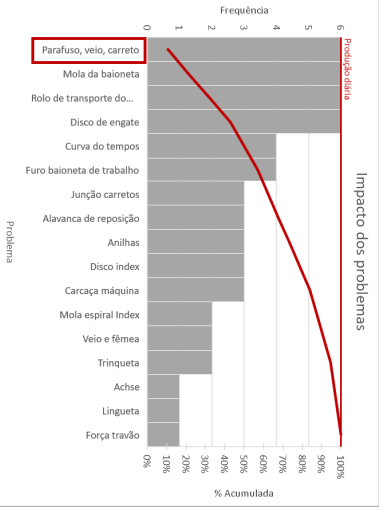
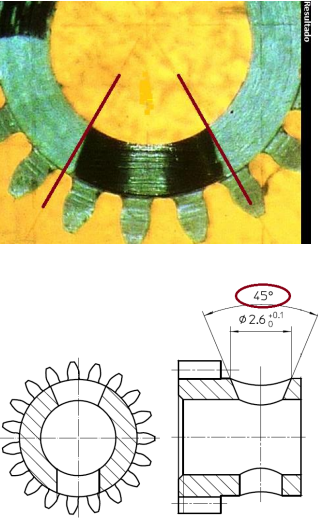
- Abidi, S. S. R., & Manickam, S. (2002). Leveraging XML-based electronic medical records to extract experiential clinical knowledge: An automated approach to generate cases for medical case-based reasoning systems. *International Journal of Medical Informatics*, 68(1–3), 187–203. [https://doi.org/10.1016/S1386-5056\(02\)00076-X](https://doi.org/10.1016/S1386-5056(02)00076-X)
- Alfaro, C. R., Madrigal, G. B., & Hernández, M. C. (2020). Improving forensic processes performance: A Lean Six Sigma approach. *Forensic Science International: Synergy*, 2, 90–94. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2020.02.001>
- Alsaleh, N. . (2007). Application of quality tools by the Saudi food industry. *The TQM Magazine*, 19(2), 150–161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/09544780710729999>
- Anand, K. R., Ramalingaiah, & Parthiban, P. (2014). Fuzzy quantitative approach to prioritize green factors in supply chain. *Applied Mechanics and Materials*, 592–594, 2645–2653. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.592-594.2645>
- Anderson, D. E., & Watts, B. V. (2013). Application of an engineering problem-solving methodology to address persistent problems in patient safety: A case study on retained surgical sponges after surgery. *Journal of Patient Safety*, 9(3), 134–139. <https://doi.org/10.1097/PTS.0b013e3182831d9a>
- Antony, J., Snee, R., & Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: Yesterday, Today, and Tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2016-0035>
- Appollis, L. M., van Dyk, W. A., & Matope, S. (2020). Using failure modes and effects analysis as a problem-solving guideline when implementing spc in a south african chemical manufacturing company. *South African Journal of Industrial Engineering*, 31(1), 157–169. <https://doi.org/10.7166/31-1-2294>
- Arcidiacono, G., & Bucciarelli, L. (2016). TRIZ: Engineering Methodologies to Improve the Process Reliability. *Quality and Reliability Engineering International*, 32(7), 2537–2547. <https://doi.org/10.1002/qre.1955>
- Augusto De Oliveira, J., De Nadae, J., José De Oliveira, O., & Salgado, H. (2011). *Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo*. 4, 708–723. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000044>
- Bamford, D. R., & Greatbanks, R. W. (2005). The use of quality management tools and techniques: A study of application in everyday situations. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22(4), 376–392. <https://doi.org/10.1108/02656710510591219>
- Bassuk, J. A., & Washington, I. M. (2013). The a3 problem solving report: a 10-step scientific method to execute performance improvements in an academic research vivarium. *PLoS one*, 8(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076833>
- Charron-Latour, J., Bassetto, S., & Pourmonet, H. (2017). STARS: the implementation of a Computer-Aided Employee Suggestion Management System to operationalize a continuous improvement process. *Cognition, Technology and Work*, 19(1), 179–190. <https://doi.org/10.1007/s10111-016-0401-3>
- Chun, S. H., & Ko, Y. W. (2020). Geometric case based reasoning for stock market prediction. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su12177124>
- Clarivate. (2020). *web of science: summary of coverage*.

- <https://clarivate.libguides.com/webofscienceplatform/coverage>
- Coimbra, A., Vicente, H., Abelha, A., Santos, M. F., Machado, J., Neves, J., & Neves, J. (2016). Prediction of Length of Hospital Stay in Preterm Infants a Case-Based Reasoning View. *Springer international Publishing Switzerland, January*, 231–241. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39630-9_10
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is free : the art of making quality certain*. McGraw-Hill.
- Destino, L. A., Dixit, A., Pantaleoni, J. L., Wood, M. S., Pageler, N. M., Kim, J., & Platchek, T. S. (2017). Improving communication with primary care physicians at the time of hospital discharge. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 43(2), 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.cjcp.2016.11.005>
- Ferreira, C., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Lopes, M. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2019). ILeanDMAIC - A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*, 41, 1095–1102. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.038>
- Fisher, O. (2011). *Leica MP chrome 1958*. <https://35mmx.com/leica-mp-chrome-1958>
- Fonseca, L., Leite, D., & Lima, V. (2014). Six sigma methodologies: Implementation and impacts on Portuguese small and medium companies (SMEs). *International Journal for Quality Research*, 8(4), 583–594.
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Green lean and the need for Six Sigma. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(3), 226–248. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2014-0010>
- Heckl, D., Moormann, J., & Rosemann, M. (2010). Uptake and success factors of Six Sigma in the financial services industry. *Business Process Management Journal*, 16(3), 436–472. <https://doi.org/10.1108/14637151011049449>
- Joaquim Delgado. (1997). *Sensibilização para a importância da Qualidade no mercado actual*. https://www.researchgate.net/publication/277118983_Sensibilizacao_para_a_importancia_da_Qualidade_no_mercado_actual
- Juran, J.M. ; Gryna, F. . (1991). *Controlo da Qualidade - handbook - conceitos, políticas e a filosofia da qualidade* (Makron / McGraw-Hill (Ed.)).
- Kanji, G. K. (2008). Reality check of Six Sigma for Business Excellence. *Total Quality Management and Business Excellence*, 19(6), 575–582. <https://doi.org/10.1080/14783360802024333>
- Keiser, B. A., & Blake, N. R. (1996). How Nalco revitalized its quality process for R&D. *Research Technology Management*, 39(3), 23–29. <https://doi.org/10.1080/08956308.1996.11671060>
- Kim, J. K., & Sung, Y. (2018). *Development of Standard Method for Quality Innovation to Strengthen Global Competitiveness and Create Management Performance of Small and Medium-sized Manufacturing Firms*. 46(4), 843–862.
- Korenko, M., Krocko, V., Zitnák, M., Foldesiová, D., Adamik, M., & Álló, S. (2013). Application 8D method for problems solving. *Faculty of Engineering*, 330–339. <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Kotowska, J., Burduk, A., & Jagodziński, M. (2017). Problem management in production processes with the use of A3 Report. *Economics and Management Innovations (ICEMI)*, 1(1), 313–315. <https://doi.org/10.26480/icemi.01.2017.313.315>
- Kumar, M., Antony, J., & N.Madu, C. (2007). Winning Customer Loyalty in an Automotive Company through Six Sigma: a Case Study. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(7 Novembro 2006), 849–866. <https://doi.org/10.1002/qre.840>
- Leica: Há 100 anos a fotografar o mundo - JPN*. (2014). <https://jpn.up.pt/2014/05/01/leica-ha->

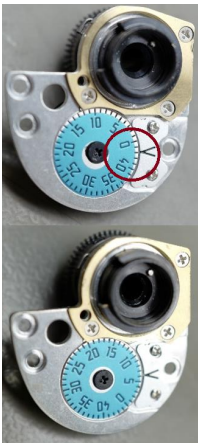
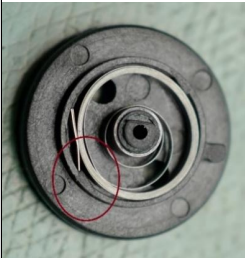
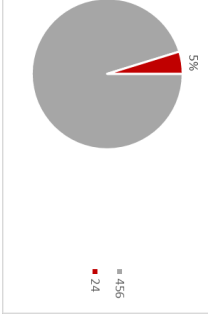
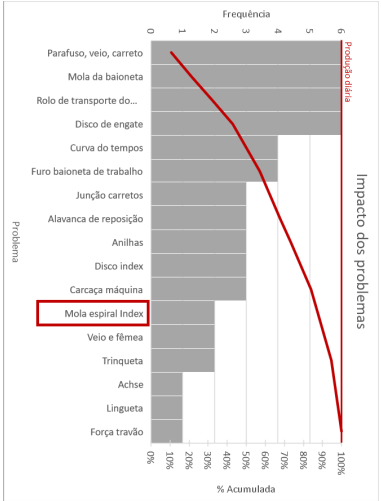
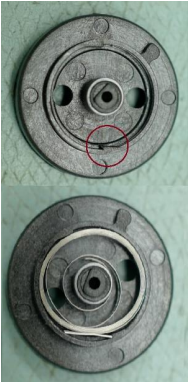
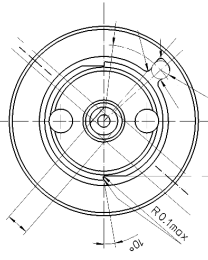
- 100-anos-a-fotografar-o-mundo/
Leica. (2017). *Leica | Leica Portugal*. <https://leica.pt/>
- Li, Y. L., Chin, K. S., Tang, J. F., Han, Y., & Luo, X. G. (2012). A rough set approach for estimating correlation measures in quality function deployment. *Information Sciences*, *189*, 126–142. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.12.002>
- Li, Y., Tang, J., Luo, X., Yao, J., & Xu, J. (2010). A quantitative methodology for acquiring engineering characteristics in PPHOQ. *Expert Systems with Applications*, *37*(1), 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.006>
- Lopes, I. S., Nunes, E. P., Sousa, S. D., & Esteves, D. (2011). Quality improvement practices adopted by industrial companies in Portugal. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, WCE 2011, 1*, 696–701.
- Machado, V. C. (2007). *8º CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECANICA PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO MAGRA*.
- Marques, P. A. de A., & Matthé, R. (2017). Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *34*(2), 307–330. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2015-0086>
- Matthews, D. (2018). *The A3 workbook: unlock your problem-solving mind*. <https://content.taylorfrancis.com/books/download?dac=C2009-0-19393-7&isbn=9781439834909&format=googlePreviewPdf>
- Mattox, W. (1996). Productive quality - In an AM/FM map conversion environment. *AM-FM-International Annual Conference XIX - Thriving in an Age Of Competition*, *323*(329), 24–27.
- Ng, W. C., Teh, S. Y., Low, H. C., & Teoh, P. C. (2017). The integration of FMEA with other problem solving tools: A review of enhancement opportunities. *Journal of Physics: Conference Series*, *890*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/890/1/012139>
- Nunes, L. (2019). *QFD (Quality Function Deployment): o que é e para que serve?* <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/qfd>
- Ouellette, S. M., & Petrovich, M. V. (2002). Daily management and Six Sigma: Maximizing your returns. *ASQ Annual Quality Congress Proceedings*, 33–45.
- Pinto, C., Pinto, A. L., & Castro Pinto, J. (2011). *The importance of quality management systems certification in Portugal*.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras* (Lidel (Ed.); 6º).
- Puts, E. (2011). *Leica Compendium - the company, the cameras, the lenses* (R. Inprint.lv (Ed.)).
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2010). *The Six Sigma handbook* (McGraw-Hil).
- Restrepo, D., Charron-Latour, J., Pourmonet, H., & Bassetto, S. (2015). Seizing opportunities for change at the operational level. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, *29*(3), 253–266. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/IJHCQA-02-2015-0022>
- Rojek, G. (2016). *CBR methodology implementation for support of the manufacturing process control*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/CBR-methodology-implementation-for-support-of-the-manufacturing-process-control_fig3_304401871
- Romero, J. C., Coudert, T., Geneste, L., & De Valroger, A. (2012). *Collaborative Methodology for Supply Chain Quality Management: Framework and Integration With Strategic Decision Processes in Product Development*. *september*, 13–14.
- Sá, J. C., Vaz, S., Carvalho, O., Lima, V., Morgado, L., Fonseca, L., Doiro, M., & Santos, G. (2020). A

- model of integration ISO 9001 with Lean six sigma and main benefits achieved. *Total Quality Management & Business Excellence*, 0(0), 1–25.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1829969>
- Santos, E. F., & Lima, C. R. C. (2012). DMAICR in an ergonomic risks analysis. *Work*, 41(SUPPL.1), 1632–1638. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0364-1632>
- Santos, G., Gomes, S., Braga, V., Braga, A., Lima, V., Teixeira, P., & Sá, J. C. (2019). Value creation through quality and innovation – a case study on Portugal. *TQM Journal*, 31(6), 928–947.
<https://doi.org/10.1108/TQM-12-2018-0223>
- Shu Luing Nikalus, S., Guat, G. T., Yip, M. W., & Tai, S. C. (2018). Systematic Innovation for Manufacturing Quality Improvement. *MATEC Web of Conferences*, 221, 1–4.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201822102005>
- Silich, S. J., Wetz, R. V., Riebling, N., Coleman, C., Khoueiry, G., Abi Rafeh, N., Bagon, E., & Szerszen, A. (2012). Using Six Sigma methodology to reduce patient transfer times from floor to critical-care beds. *Journal for healthcare quality : official publication of the National Association for Healthcare Quality*, 34(1), 44–54. <https://doi.org/10.1111/j.1945-1474.2011.00184.x>
- Sobek II, D., & Smalley, A. (2008). *Understanding A3 Thinking: a critical component of Toyota's PDCA management* (P. Press (Ed.); CRC Press). <https://doi.org/10.4324/9781439814055>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Em Source: Administrative Science Quarterly* (Vol. 23, Número 4).
<https://www.jstor.org/stable/2392581>
- Tanco, M., Viles, E., Ilzarbe, L., & Alvarez, M. J. (2009). Implementation of Design of Experiments projects in industry. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 25, 478–505.
<https://doi.org/10.1002/asmb.779>
- Taylor, K. B., Chera, B. S., & Mazur, L. M. (2014). A Case Study of the Use of A3 Thinking in Radiation Oncology. *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*Physics*, 90(1), S750. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2014.05.2179>
- The lean six sigma model*. (2020). Lean Six sigma Training.
<https://www.leansixsigmatraining.ie/the-lean-six-sigma-model/>
- Timans, W., Ahaus, K., van Solingen, R., Kumar, M., & Antony, J. (2016). Implementation of continuous improvement based on Lean Six Sigma in small- and medium-sized enterprises. *Total Quality Management and Business Excellence*, 27(3–4), 309–324.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2014.980140>
- Vantine, W., D., P., Benfield, K., Pritts, D., & Ballard, K. (2002). Evaluating and incorporating new age software technology for identifying systemic root causes. *European Space Agency*, 11–14.
- Watkins, E. Y., Kemeter, D. M., Spiess, A., Corrigan, E., Kateley, K., Wills, J. V., Mancha, B. E., Nichols, J., & Bell, A. M. (2014). Performance excellence: using Lean Six Sigma tools to improve the US Army behavioral health surveillance process, boost team morale, and maximize value to customers and stakeholders. *U.S. Army Medical Department journal*, p91-95.
- Web of Science*. (2020).
https://apps.webofknowledge.com/Search.do?product=UA&SID=F6vdGV1QnRiw3OfJH7r&search_mode=GeneralSearch&prID=87da24b0-173a-4803-950c-9d3e05e4d7c8


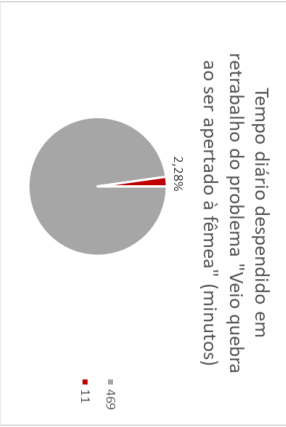
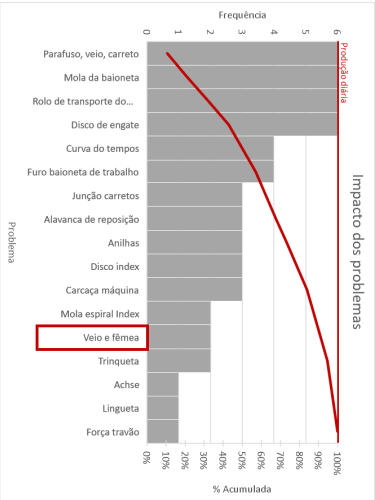
APÊNDICE A

<p>1 – TEMA: Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme</p>	<p>5 – ANÁLISE DAS CAUSAS:</p>
<p>2 – DEFINIÇÃO DO PROBLEMA:</p> <p>No posto de trabalho n56, onde é montado manualmente uma parte do conjunto de componentes do rolo de transporte do filme: o parafuso não prende o conjunto de veio e carreto. É requerido que este fixe o conjunto ao ser apertado com recurso à chave de fendas, e o que acontece é que o conjunto fica solto e o parafuso não entra na totalidade na cavidade pretendida.</p>	<p>MATERIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grau de escareamento do furo do parafuso - Grau de escareamento do furo do carreto - Largura do furo no veio <p>MÃO-DE-OBRA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ato de aperto do parafuso mal efetuado <p>MÉTODO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posição dos componentes ao realizar o aperto <p>MEIO AMBIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Porta da chave de fendas mais larga que a fenda do parafuso <p>Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme</p>
<p>3 – QUANTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL:</p> <p>Tempo diário despendido em retrabalho do problema "Parafuso mal apertado no conjunto rolo de transporte do filme" (minutos)</p>  <p>■ = 479,52 ■ 0,48</p> 	<p>6 – PROPOSTAS DE MELHORIA:</p> <p>Alterar o grau/ângulo de escareamento do carreto de 40°, conforme a análise de um componente não-conforme, para o especificado conforme o desenho técnico, 45°.</p> 
<p>4 – OBJETIVOS:</p> <p>Eliminação em 100% do tempo total utilizado por dia em retrabalho deste tipo e da possibilidade de gerar peças não-conformes.</p>	<p>7 – PLANO DE AÇÕES:</p> <p>Quê? Redamação e reposição de componentes conformes, por parte do fornecedor</p> <p>Quem? Departamento da Qualidade</p> <p>Quando? Março</p> <p>8 – PLANO DE VERIFICAÇÃO:</p> <p>Adicionar a confirmação da conformidade desta característica técnica ao plano de controlo deste componente, na inspeção da receção do departamento de Garantia da Qualidade.</p>

APÊNDICE B

<p>1 – TEMA: Deslocamento da mola espiral no index</p> <p>2 – DEFINIÇÃO DO PROBLEMA: Na mesa de trabalho nº16, onde é empregue o index no corpo da máquina, o contador de fotografias não contabiliza corretamente os disparos da máquina quando esta é submetida a testes. Na primeira imagem, dos dois index, à esquerda encontra-se o conforme, e à direita o não-conforme. Este problema tem origem no conjunto de mola espiral e anel de transporte, onde entre estes componentes existe algum defeito que provoca o desengate da mola espiral no anel de transporte. Quando a mola sai do engate, o index deixa de contabilizar corretamente os disparos da máquina.</p>  	<p>5 – ANÁLISE DAS CAUSAS:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">MATERIAL</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">MÃO-DE-OBRA</div> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Dureza da mola superior ou inferior à especificação - Entalhe no anel de transporte que suporta a mola é mais pequeno que o especificado no desenho técnico - Má colocação da mola espiral no anel de transporte <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">MEIO AMBIENTE</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">MÁQUINAS</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">MÉTODO</div> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Equipamento de auxílio da tarefa encontrar-se não-conforme - Ponto T de soldadura da mola espiral causa pressão e faz esta escapar do engate <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: fit-content;">Deslocamento da mola espiral</div> </div>																																													
<p>3 – QUANTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL:</p>	<p>6 – PROPOSTAS DE MELHORIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medida instantânea de contensão: retrabalho, pelo representante da engenharia do produto, à característica estrutural do entalhe no anel de transporte. Com recurso a materiais de corte em um subgrupo, realiza-se um rasgo no entalhe onde a mola espiral se sustenta no anel de transporte, com a dimensão de espessura igual à da mola. Verificado na primeira imagem à esquerda. • Alterar o ângulo do entalhe, para o especificado conforme o desenho técnico, 10°. 																																													
<p>Tempo diário despendido em retrabalho do problema "Deslocamento da mola espiral no Index" (minutos)</p>  <p># 456 24</p>  <p>Impacto dos problemas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Problema</th> <th>Frequência</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Parafuso, veio, carreto</td><td>1</td></tr> <tr><td>Mola da baioneta</td><td>1</td></tr> <tr><td>Rolo de transporte do...</td><td>1</td></tr> <tr><td>Disco de engate</td><td>1</td></tr> <tr><td>Curva do tempos</td><td>1</td></tr> <tr><td>Furo baioneta de trabalho</td><td>1</td></tr> <tr><td>Junção carretos</td><td>1</td></tr> <tr><td>Alavanca de reposição</td><td>1</td></tr> <tr><td>Anilhas</td><td>1</td></tr> <tr><td>Disco index</td><td>1</td></tr> <tr><td>Carcaça máquina</td><td>1</td></tr> <tr><td>Mola espiral Index</td><td>6</td></tr> <tr><td>Veio e fêmea</td><td>1</td></tr> <tr><td>Trinqueta</td><td>1</td></tr> <tr><td>Achse</td><td>1</td></tr> <tr><td>Lingueta</td><td>1</td></tr> <tr><td>Força travão</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Problema	Frequência	Parafuso, veio, carreto	1	Mola da baioneta	1	Rolo de transporte do...	1	Disco de engate	1	Curva do tempos	1	Furo baioneta de trabalho	1	Junção carretos	1	Alavanca de reposição	1	Anilhas	1	Disco index	1	Carcaça máquina	1	Mola espiral Index	6	Veio e fêmea	1	Trinqueta	1	Achse	1	Lingueta	1	Força travão	1	<p>7 – PLANO DE AÇÕES:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Quê?</th> <th>Quem?</th> <th>Quando?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Retrabalho ao entalhe do anel de transporte</td> <td>Equipa da engenharia</td> <td>Março</td> </tr> <tr> <td>Reclamação e reposição de componentes conformes (correção do ângulo 10°), por parte do fornecedor</td> <td>Departamento da Qualidade</td> <td>Março</td> </tr> </tbody> </table>  	Quê?	Quem?	Quando?	Retrabalho ao entalhe do anel de transporte	Equipa da engenharia	Março	Reclamação e reposição de componentes conformes (correção do ângulo 10°), por parte do fornecedor	Departamento da Qualidade	Março
Problema	Frequência																																													
Parafuso, veio, carreto	1																																													
Mola da baioneta	1																																													
Rolo de transporte do...	1																																													
Disco de engate	1																																													
Curva do tempos	1																																													
Furo baioneta de trabalho	1																																													
Junção carretos	1																																													
Alavanca de reposição	1																																													
Anilhas	1																																													
Disco index	1																																													
Carcaça máquina	1																																													
Mola espiral Index	6																																													
Veio e fêmea	1																																													
Trinqueta	1																																													
Achse	1																																													
Lingueta	1																																													
Força travão	1																																													
Quê?	Quem?	Quando?																																												
Retrabalho ao entalhe do anel de transporte	Equipa da engenharia	Março																																												
Reclamação e reposição de componentes conformes (correção do ângulo 10°), por parte do fornecedor	Departamento da Qualidade	Março																																												
<p>4 – OBJETIVOS: Eliminação em 100% do tempo total utilizado por dia em retrabalho deste tipo e da possibilidade de gerar peças não-conformes.</p>	<p>8 – PLANO DE VERIFICAÇÃO: Adicionar a confirmação da conformidade desta característica técnica ao plano de controlo deste componente, na inspeção da receção do departamento de Garantia da Qualidade.</p>																																													

APÊNDICE C

<p>1 – TEMA: Veio quebra ao ser apertado à fêmea</p>	<p>5 – ANÁLISE DAS CAUSAS:</p>												
<p>2 – DEFINIÇÃO DO PROBLEMA: Na mesa nº17 é detetada uma anomalia que tem origem no componente veio. O veio aplicado à máquina fotográfica numa fase anterior da sua montagem, quebra-se ao ser apertado à fêmea com recurso à chave TOR dinamométrica nº16.</p> 	<p>MATERIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dureza do veio inferior à especificação <p>MÃO-DE-OBRA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ato de aperto mal efetuado <p>MÁQUINAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipamento de auxílio da tarefa encontra-se não-conforme <p>MÉTODO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posição dos componentes ao realizar o aperto <p>Veio quebra ao ser apertado à fêmea</p> <p>MEIO AMBIENTE</p> <p>Nota: As causas assinaladas a cor são as causas do problema, descoberta após análises realizadas pela equipa de engenharia, qualidade e Departamento de Garantia da Qualidade.</p>												
<p>3 – QUANTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL:</p> <p>Tempo diário despendido em retrabalho do problema "Veio quebra ao ser apertado à fêmea" (minutos)</p>  	<p>6 – PROPOSTAS DE MELHORIA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medida Instantânea de contenção: afinar o valor de força da chave TOR dinamométrica nº16 utilizada para realizar o aperto entre os dois componentes, do seu valor máximo de 5Ndm para o seu valor mínimo de 4 Ndm. • Recozimento dos componentes existentes na empresa, na secção de Mecânica para obtenção de maior dureza no material. • Substituição dos componentes não-conforme por componentes conforme as especificações técnicas, por parte do fornecedor. <p>7 – PLANO DE AÇÕES:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Quê?</th> <th>Quem?</th> <th>Quando?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Afinar o valor de força da chave TOR dinamométrica</td> <td>Responsável da linha de montagem da máquina analógica</td> <td>Março</td> </tr> <tr> <td>Reclamação do defeito ao fornecedor</td> <td>Departamento da Qualidade</td> <td>Março</td> </tr> <tr> <td>Recozimento dos componentes na secção de Mecânica</td> <td>Secção de Mecânica</td> <td>Maio</td> </tr> </tbody> </table> <p>8 – PLANO DE VERIFICAÇÃO: Adicionar a confirmação da conformidade desta característica técnica ao plano de controlo deste componente, na inspeção da receção do departamento de Garantia da Qualidade.</p>	Quê?	Quem?	Quando?	Afinar o valor de força da chave TOR dinamométrica	Responsável da linha de montagem da máquina analógica	Março	Reclamação do defeito ao fornecedor	Departamento da Qualidade	Março	Recozimento dos componentes na secção de Mecânica	Secção de Mecânica	Maio
Quê?	Quem?	Quando?											
Afinar o valor de força da chave TOR dinamométrica	Responsável da linha de montagem da máquina analógica	Março											
Reclamação do defeito ao fornecedor	Departamento da Qualidade	Março											
Recozimento dos componentes na secção de Mecânica	Secção de Mecânica	Maio											
<p>4 – OBJETIVOS: Eliminação em 100% do tempo total utilizado por dia em retrabalho deste tipo e da existência de peças não-conformes.</p>													