



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Sara Felismina Barroca

**UMA ABORDAGEM DMAIC PARA A REDUÇÃO  
DE DEFEITOS NA FABRICAÇÃO DE LUVAS:  
CASO DE ESTUDO**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial  
orientada pelo Professor Doutor Cristóvão Silva e apresentada no  
Departamento de Engenharia Mecânica da faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade de Coimbra.**

julho de 2022





• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Uma abordagem DMAIC para a redução de defeitos na fabricação de luvas: Caso de estudo**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

## **A DMAIC approach to reduce defects in glove manufacturing: Case study**

Autor

**Sara Felismina Barroca**

Orientadores

**Professor Doutor Cristóvão Silva**

**Engenheiro Manuel Pires**

Júri

Presidente	<b>Professor Doutor Telmo Pinto</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra <b>Professor Doutor Luís Miguel Ferreira</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	<b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	<b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

---

**Ansell**  
PORTUGAL

Ansell Portugal

Coimbra, julho, 2022



“Nothing in life is to be feared, it is only to be understood.  
Now is the time to understand more, so that we may fear less.”

*Marie Curie*

Aos meus.



## **Agradecimentos**

Não podia deixar de agradecer a todos que me apoiaram e acompanharam durante a realização deste projeto e do meu percurso académico.

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família por todo o apoio e por sempre acreditarem em mim. Aos meus pais que sempre estiveram presentes nos bons e nos maus momentos e foram sem dúvida o meu grande pilar.

À Ansell pela oportunidade e em especial ao meu orientador da empresa, o Engenheiro Manuel Pires, por todos os ensinamentos e conselhos partilhados que me permitiu realizar o trabalho aqui apresentado e pela total disponibilidade demonstrada. Um grande obrigado ao José Ferreira, José Álvaro, Carla Granjeio e ao Nuno Quaresma pela forma que me receberam e integraram na equipa. Também por toda a disponibilidade, ajuda e por todos os bons momentos partilhados.

Ao professor Doutor Cristóvão Silva pelo acompanhamento, disponibilidade e conhecimento transmitido.

Por último, não podia deixar de agradecer ao Francisco, às Cachopas e à Ana pela amizade, pelo apoio e pela força dada que me fizeram ser capaz de cumprir os meus objetivos.

A todos, um grande obrigado!

## Resumo

A Ansell Portugal identificou um problema no processo produtivo de um tipo de luvas têxteis de proteção individual que produzem. O problema identificado relaciona-se com uma das tarefas que é realizada na zona da costura da fábrica, a tarefa de cortar linhas soltas das luvas. Foi entendido pela empresa que esta tarefa não acrescentava valor e que deveria ser considerada como retrabalho visto que, era possível otimizar o processo, diminuindo o número de linhas soltas das luvas à saída das máquinas de tricotar.

O objetivo da presente dissertação é diminuir em 80% a quantidade de luvas com linhas soltas, ou seja, a quantidade de luvas que necessitam de ser retrabalhadas. Para tal, é aplicada a metodologia DMAIC e são apresentadas ao longo do relatório as 5 fases do ciclo.

Como resultado foi conseguido provar, com as oportunidades de melhoria testadas, que era possível diminuir em 89,65% o número de linhas soltas das luvas sendo, assim, possível eliminar a tarefa de cortar linhas na costura transferindo essa tarefa para os operadores da tricotagem. Foi, da mesma forma, conseguido testar que era possível um aumento de 315,11% do FPY, uma diminuição de 53% da quantidade de luvas com defeitos e um aumento de 12,81% da produção.

Com o aumento obtido na produção foram testadas mais oportunidades para otimizar o processo e foi concluído que era possível eliminar, também, a tarefa de orlar na costura. Para fazer esta alteração é necessário adquirir 12 máquinas de tricotar novas. Embora o investimento seja considerável, a empresa consegue um ganho anual de 103 474,70 € o que leva a um *payback* de 1,46 anos. Como consequência torna-se viável fazer esta alteração e serão libertados operadores na área da costura.

**Palavras-chave:** *Lean, Six Sigma, Melhoria Continua, DMAIC.*



## Abstract

Ansell Portugal identified a problem in the production process of a type of textile gloves they produce. The problem identified relates to one of the tasks that is carried out in the sewing area of the factory, the task of cutting loose threads from the gloves. It was understood by the company that this task did not add value and that it should be considered as rework since it was possible to optimize the process, reducing the number of loose threads.

The main goal of this dissertation is to reduce by 80% the number of gloves with loose threads, in other words, the number of gloves that need to be reworked. To this end, the DMAIC methodology is applied, and the 5 phases of the cycle are presented throughout the report.

As a result, it was viable to prove, with the opportunities tested, that it was possible to reduce the number of loose threads on gloves by 89.65%, thus eliminating the task of cutting loose threads, transferring this task to the knitting operators. It was also possible to test that a 315.11% increase in FPY is achievable, also as, a 53% decrease in the number of defective gloves and a 12.81% increase in production.

With the increase obtained in production, more opportunities were tested to optimize the process and it was concluded that it was also possible to eliminate the task of sewing hemming. However, to make this change it is necessary to purchase 12 new knitting machines. Although the investment is considerable, the company achieves an annual gain of €103,474.70, which leads to a payback of 1.46 years. Consequently, it becomes feasible to make this change and operators in the sewing area can be freed.

**Keywords** Lean, Six Sigma, Continuous Improvement, DMAIC.

## Índice

Índice de Figuras .....	viii
Índice de Tabelas.....	ix
Siglas .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....	3
2.1. <i>Lean</i> .....	3
2.2. <i>Six Sigma</i> .....	5
2.3. <i>Lean Six Sigma</i> .....	7
2.4. Ciclo DMAIC .....	9
2.4.1. Ferramentas do ciclo DMAIC .....	11
3. CASO DE ESTUDO .....	17
3.1. A Empresa .....	17
3.1.1. Grupo Ansell .....	17
3.1.2. Ansell Portugal.....	18
3.2. Processo Produtivo .....	20
3.2.1. Área Têxtil.....	20
3.2.2. Área de Vulcanização.....	21
3.3. Produto em estudo .....	22
4. CICLO DMAIC.....	27
4.1. Definir.....	27
4.1.1. Project Charter.....	27
4.1.2. SIPOC.....	29
4.2. Medir .....	30
4.2.1. Estudo da produção .....	30
4.2.2. Estudo das linhas .....	32
4.2.3. Trabalho dos operadores .....	33
4.2.4. Trabalho das costureiras.....	35
4.2.5. Indicadores do processo .....	36
4.3. Analisar.....	38
4.4. Melhorar .....	41
4.4.1. Oportunidade de Melhoria 1: Situação 1.....	42
4.4.2. Oportunidade de Melhoria 2: Situação 2.....	45
4.4.3. Oportunidade de Melhoria 3: Situação 3.....	48
4.4.4. Análise Financeira.....	49
4.5. Controlar.....	50
5. ANÁLISE DE PRODUÇÃO .....	52
5.1. Ganhos de produção .....	52
5.1.1. Estudo do sensor.....	53
5.1.2. Estudo do número de máquinas .....	55

---

5.1.3. Análise financeira.....	56
5.2. Eliminar tarefa de orlar na costura.....	58
5.3. Análise financeira .....	58
6. CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
ANEXO A – MAPEAMENTO DO PROCESSO: SITUAÇÕES EM ESTUDO VS SITUAÇÃO ATUAL .....	65
ANEXO B - RESUMO DOS RESULTADOS DO CICLO DMAIC .....	66
ANEXO C – RESUMO DOS GANHOS DE PRODUÇÃO.....	67
ANEXO D – RESUMO DOS GANHOS COM A ELIMINAÇÃO DA TAREFA DE ORLAR NA COSTURA .....	68
ANEXO E – ANÁLISE FINANCEIRA DO PROJETO .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – DPMO vs Nivel Sigma do processo (Adaptado de Linderman et al., 2003)....	6
Figura 2.2 – <i>Lean vs Six Sigma vs Lean Six Sigma</i> (adaptado de Pepper e Spedding, 2010)	8
Figura 2.3 - Ciclo <i>Lean Six Sigma</i> .....	9
Figura 2.4 - Fases do ciclo DMAIC (adptado de Desai e Shrivastava, 2008) .....	11
Figura 3.1 - Cronologia da história da Ansell Portugal.....	20
Figura 3.2 - Áreas da fábrica Ansell Portugal.....	21
Figura 3.3 - Luvas Versa-Touch 78-102 .....	22
Figura 3.4 - Luvas VersaTouch 78-102 com linhas soltas.....	25
Figura 3.5- Fluxograma do processo de produção da Luva VersaTouch 78-102 .....	26
Figura 4.1 - Zona das linhas soltas.....	32
Figura 4.2- Diagrama de Spaghetti: Fluxo dos operadores para recolha de luvas .....	34
Figura 4.3- Layout da costura .....	36
Figura 4.4- Diagrama de Ishikawa .....	39
Figura 4.5- Causas Raiz do problema luvas com linhas soltas .....	41
Figura 4.6- Layout da situação oportunidade de melhoria 1 .....	42
Figura 4.7 - Organização das caixas para a oportunidade de melhoria 1 .....	43
Figura 4.8 - Divisão das luvas: oportunidade de melhoria 2.....	47
Figura 5.1- Análise dos fatores que influenciam a produção .....	53

---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Análise das ferramentas/atividades usadas pelos autores no Ciclo DMAIC...	12
Tabela 3.1- N° de passagens e quantidade de agulhas por posição da luva Versa-Touch 78-102 .....	23
Tabela 3.2 - Fios usados para a luva Versa-Touch 78-102 e 78-202 .....	23
Tabela 3.3- Dimensões da luva Versa-Touch 78-102 .....	23
Tabela 3.4 - Lista de defeitos das luvas.....	24
Tabela 4.1- Equipa de trabalho.....	28
Tabela 4.2 - <i>Timeline</i> ciclo DMAIC .....	29
Tabela 4.3 - SIPOC do processo.....	30
Tabela 4.4 - Médias de recolha das luvas .....	34
Tabela 4.5- Tempos de ciclo costura: luva Versa Touch 78-102, tamanho 9 .....	35
Tabela 4.6- Tempo de processamento do processo .....	37
Tabela 4.7- Tempos de ciclos máquinas de tricotar .....	37
Tabela 4.8- Cálculo do FPY .....	38
Tabela 4.9- Características das máquinas.....	42
Tabela 4.10- Resultados da oportunidade de melhoria 1 por máquina .....	43
Tabela 4.11- Resultados hipótese de melhoria 1 .....	44
Tabela 4.12- Resultados hipótese de melhoria 2 .....	47
Tabela 4.13- Registos da hipótese de melhoria 3 .....	48
Tabela 4.14- Produção em pares de junho 2021 a maio 2022.....	50
Tabela 5.1- Análise de produção .....	52
Tabela 5.2- Análise do tempo de ciclo .....	52
Tabela 5.3- Análise da produção com sensor .....	54
Tabela 5.4- Análise do defeito falta de fio .....	55
Tabela 5.5- Análise de produção das máquinas antigas e novas .....	55
Tabela 5.6- Análise do número de máquinas .....	56
Tabela 5.7- Percentagem de defeitos .....	56
Tabela 5.8- Análise financeira do aumento de produção .....	56
Tabela 5.9- Análise financeira da diminuição dos defeitos.....	57
Tabela 5.10- Custo das máquinas novas.....	57

Tabela 5.11- OEE das máquinas .....	58
Tabela 5.12- Alterações nos tempos de ciclo k7810209 .....	59

---

## Siglas

BB – Black Belt

CTQ – Critical to quality

DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve, Control

DOE – Design of Experiments

DPMO - Defects per Million Opportunities

DPU - Defects per Unit

FMEA- Failure Mode and Effects Analysis

FPY- First Pass Yield

FTY – First Time Yield

GB – Green Belt

ISO – International Organization for Standardization

MBB – Mater Black Belt

NP – Norma Portuguesa

OEE – Overall Equipment Effectiveness

PDCA – Plan, Do, Check, Act

RFID – Radio Frequency Identification

SA – Sociedade Anónima

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SIPOC – Supplier, Input, Process, Output, Customer

SMED – Single Minute Exchange of Die

TC – Tempo de ciclo

TPM – Total Productive Maintenance

VSM – Value Stream Mapping

VOB – Voice of the Business

VOC - Voice of the Customer

WIP – Work in Progress





## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, a melhoria contínua é um fenômeno extremamente importante que tem sido considerado como um elemento vital para as empresas alcançarem a excelência. Tem sido motivada por três grandes fatores: as constantes mudanças no ambiente empresarial, o surgimento dos novos sistemas de gestão e a elevada importância da gestão de qualidade. Estas constantes mudanças devem-se, não só à globalização e aos avanços tecnológicos, mas, também devido aos clientes serem cada vez mais exigentes e informados. Desta forma, a qualidade surge como um conceito chave de negócios. Destacam-se ainda outros fatores como a importância do tempo como variável competitiva e a crescente conscientização da sociedade para questões éticas e ambientais (Sanchez e Blanco, 2014).

A melhoria contínua é, desta forma, um esforço a longo prazo, muitas vezes gerido pela gestão de topo e que tem profundas implicações culturais no local de trabalho (Holtskog, 2013).

Devido a todos os fatores mencionados anteriormente, as empresas têm adotado metodologias como o *Lean* e o *Six Sigma*. Estas metodologias têm-se mostrado eficazes na resolução de problemas e as empresas optam, muitas das vezes, por as usar em simultâneo. Deste modo, pretendem melhorar a qualidade dos seus produtos e serviços, reduzir a variabilidade e eliminar desperdícios (Vinodh et al., 2012).

O presente relatório tem como objetivo apresentar o trabalho desenvolvido para resolver um problema de produção da Ansell Portugal, local onde, durante 5 meses, foi realizado o estágio. A Ansell Portugal, produtora de equipamentos de proteção individual como luvas e mangas têxtil, tem vindo a ocupar uma forte posição no grupo Ansell. Tendo esta um foco contínuo no crescimento e melhoria, aposta constantemente na melhoria dos seus processos de produção.

O problema em estudo vincula-se com as linhas soltas que aparecem em muitas das luvas produzidas do artigo VersaTouch 78-102. O desafio centra-se no diminuir do número de linhas soltas de modo a aumentar a capacidade da tarefa de cortar as linhas e, eventualmente libertar operadores que realizam uma tarefa sem valor acrescentado para a empresa.

Depois de analisado o problema entendeu-se que a metodologia mais acertada para a resolução do mesmo seria o *Lean Six Sigma*, mais concretamente o ciclo DMAIC.

Segundo Mast e Lokkerbol (2012), o ciclo DMAIC compreende as seguintes cinco fases:

- Fase de definir, que implica a seleção dos problemas e a análise dos benefícios;
- Fase de medir, onde é traduzido o problema de forma mensurável e ocorre a avaliação da situação atual;
- Fase de analisar, em que são identificados os fatores de influência e possíveis causas do problema;
- Fase de melhorar, fase onde ocorre o desenho e a implementação dos ajustes necessários no processo para melhorar o desempenho;
- E, por último, a fase de controlar onde se realizam os ajustes do sistema de gestão e controlo de processos para que as melhorias sejam sustentáveis ao longo do tempo.

O objetivo da presente dissertação consistiu em diminuir em 80% a quantidade de linhas soltas que aparecem no artigo analisado. Pretendeu-se, desta forma, aumentar o *First Pass Yield* do processo, bem como diminuir o *lead time* do mesmo pela diminuição ou mesmo eliminação da quantidade de linhas soltas do artigo. Sendo consequência disto um aumento de produção, uma diminuição de custos de retrabalho, uma diminuição da quantidade de WIP e uma relativa libertação de operadores para realizar outras tarefas.

## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Nas últimas duas décadas tem havido uma crescente consciencialização da necessidade de melhorar a qualidade no setor industrial (Smętkowska e Mrugalska, 2018).

A alta competição das empresas exige que estas apostem na melhoria da qualidade dos seus produtos e serviços. Deste modo, várias metodologias têm-se mostrado eficazes quando o objetivo é obter um controlo de qualidade que permita uma boa capacidade e, ao mesmo tempo, a melhoria dos processos (Trimarjoko et al., 2020).

### 2.1. *Lean*

Motivadas pelo sucesso alcançado pela Toyota e outras organizações *Lean* em todo o mundo, um número crescente de empresas adotou práticas de *Lean Management* para satisfazer as necessidades do mercado, reduzir custos e obter vantagem competitiva sobre os concorrentes (Bortolotti et al., 2015).

O principal objetivo da produção *Lean* é que estas práticas resultem num sistema simplificado de alta qualidade e que a produção seja conforme a procura do cliente e que resulte em nenhum ou pouco desperdício (Shah e Ward, 2003).

A filosofia *Lean* consiste em cinco princípios-chave. Esses princípios envolvem: a identificação do valor do cliente, a gestão do fluxo de valor, tornar o fluxo contínuo, implementar produção *Pull*, e por último, a procura pela perfeição com a redução das diversas formas de desperdício (Hines et al., 2004).

Pepper e Spedding (2010), definem desperdício como “qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, peças, espaço e tempo que são absolutamente essenciais para agregar valor ao produto”. Os mesmos autores identificam as 7 formas de desperdício que devem ser eliminadas ou reduzidas sendo estas: (1) excesso de produção; (2) defeitos; (3) inventário desnecessário; (4) processamento inadequado; (5) transporte excessivo; (6) tempo de espera; e, por último, (7) movimentação desnecessária.

Recentemente, dois tipos de desperdício com a designação “subutilização da criatividade das pessoas” e “resíduos ambientais” foram adicionados à lista dos desperdícios (Vinodh et al., 2012).

Segundo Shah e Ward (2007) e de acordo com a lei de *Little*, o *stock* de uma empresa pode ser reduzido mantendo o excesso de capacidade ou diminuindo o tempo de processamento. No entanto, o excesso de capacidade é um tipo de desperdício que é contrário aos princípios de produção *Lean*. Desta forma, a solução para diminuir stock passa por reduzir o tempo de processamento. Isto pode ser obtido através da produção em fluxo contínuo. Por outro lado, de modo a alcançar uma produção *Lean* e minimizar o stock, as empresas precisam de saber gerir a variabilidade da oferta e da procura e do tempo de processamento. Por sua vez, isto exige que as empresas façam uma gestão eficiente e simultânea dos seus sistemas não só técnicos, mas também sociais. Os autores propõem a seguinte definição de produção *Lean*: “A produção *Lean* é um sistema sociotécnico integrado cujo principal objetivo é eliminar o desperdício, reduzindo ou minimizando simultaneamente a variabilidade dos fornecedores, clientes e a variabilidade interna”. São também identificados 10 fatores que definem o complemento operacional da filosofia *Lean* e que caracterizam as diferentes dimensões da filosofia sendo estes:

- SUPPFEED (*feedback* do fornecedor): fornecer *feedback* regular aos fornecedores sobre o seu desempenho;
- SUPPJIT (entrega JIT dos fornecedores): garantir que os fornecedores entregam a quantidade certa, na hora certa e no lugar certo;
- SUPPDEVT (desenvolvimento de fornecedores): criar relações que permitam que os fornecedores possam estar mais envolvidos nos processos da empresa.
- CUSTINV (envolvimento do cliente): foco nos clientes da empresa e nas suas necessidades;
- *PULL*: facilitar a produção JIT (exemplo: incluir cartões *kanban*);
- FLUXO (contínuo): estabelecer mecanismos que permitem e facilitam o fluxo contínuo de produção;
- *SETUP* (redução dos tempos de *setup*): reduzir o tempo de inatividade do processo entre as trocas de produtos/ferramentas;
- TPM: resolver tempos de inatividade dos equipamentos de modo a alcançar um alto nível de disponibilidade do equipamento.

- CEP (controlo estatístico de processo): garantir que cada processo fornece unidades sem defeitos ao processo seguinte;
- EMPINV (envolvimento dos funcionários): os funcionários devem ter um papel na resolução de problemas.

A estratégia *Lean* inclui um conjunto de ferramentas e técnicas comprovadas que permitem reduzir *lead times*, *stock*, tempos de *setup*, paragens de equipamentos, retrabalho e outros desperdícios das fábricas (Kumar et al., 2006).

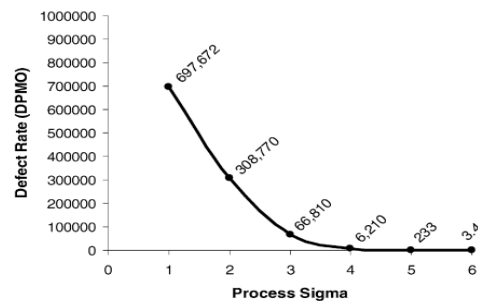
Estas ferramentas podem ser a análise dos *stakeholders*, VSM, 5S, diagramas ponto a ponto, análise do valor agregado, sistemas *kanban*, melhoria da capacidade do processo, análise FMEA, TPM, *just-in-time*, *5 Why*, análise de Pareto, histogramas, gráficos de controlo, diagramas de dispersão e ferramentas de gestão de mudanças (Chen e Lyu, 2009).

## **2.2. Six Sigma**

*Six Sigma* é uma abordagem de melhoria de processos que procura encontrar e eliminar causas dos erros e/ou defeitos, concentrando-se nos outputs que são de importância crítica para os clientes. Como resultado, é melhorado tanto o desempenho do processo como a satisfação do cliente e o resultado final tem impacto na economia, diminuindo custos e aumentando as receitas. *Six Sigma* é uma abordagem estratégica que funciona em todos os processos, produtos, funções da empresa e indústrias (Snee, 2000).

O conceito *Six Sigma* foi originado pela Motorola em 1985 nos EUA. Na altura, a empresa enfrentava a ameaça da concorrência japonesa na indústria eletrónica e necessitava de realizar melhorias drásticas ao nível da qualidade. A metodologia foi a forma encontrada pela empresa de definirem o seu objetivo de atingir uma taxa de defeitos de 3,4 partes por milhão de oportunidades em cada fase dos processos, onde uma oportunidade de defeito é uma falha de processo crítica para o cliente. Desta forma, o nome *Six Sigma* sugere uma meta 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO).

Na Figura 2.1, é possível observar a relação entre DPMO e o nível sigma assumindo uma distribuição normal.



**Figura 2.1** – DPMO vs Nivel Sigma do processo (Adaptado de Linderman et al., 2003)

O termo *Sigma* é uma noção retirada da estatística. Significa qualquer desvio padrão da variável aleatória em torno do valor médio. Portanto, *Six Sigma* significa seis vezes a distância das oportunidades padrão. Um defeito é definido como “qualquer coisa fora das especificações do cliente” (Smętkowska e Mrugalska, 2018).

Em muitos casos, um processo *Six Sigma* é considerado de classe mundial. O desempenho da maioria dos processos de hoje em dia encontra-se na faixa de 3 a 4 sigma (Snee, 2000).

*Six Sigma* apresenta tanto componentes de gestão como componentes técnicos. Do lado da gestão, concentra-se em obter as métricas e metas de processo corretas, os projetos certos e as pessoas certas para trabalhar nos projetos e o uso de sistemas de gestão para concluir os projetos com sucesso. No lado técnico, o foco está em melhorar o desempenho do processo, reduzindo a variabilidade (Snee, 2000).

Contudo, o principal objetivo da metodologia *Six Sigma* não é apenas melhorar o desempenho do processo, mas também manter os resultados sustentáveis a longo prazo (Kumar et al., 2006).

Flifel et al. (2017) analisaram vários casos de estudo de implantação de *Six Sigma*, bem e malsucedidos, e identificaram os seguintes fatores como sendo críticos para a implementação da metodologia:

- Liderança – envolvimento e comprometimento da gestão de topo;
- Compreensão da metodologia, ferramentas e técnicas *Six Sigma*;
- Conciliar a metodologia com estratégias de negócios, clientes, recursos humanos e fornecedores;
- Seleção adequada de projetos;
- Habilidades de gestão de projetos;
- Coordenação e trabalho em equipa;

- Comunicação;
- Estrutura organizacional e capacidade de recursos;
- Treino e formação;
- Capacidade de mudança da cultura organizacional;
- Sistemas de medição, recompensa e monitorização de projetos.

Jaffal et al. (2017) afirmam que os fatores mais importantes para o sucesso do *Six Sigma* são o trabalho de equipa e a formação dos funcionários. Identificam, também, que os problemas mais comuns na implementação do *Six Sigma* são a falta de gestão de projetos, a falta de recursos disponíveis e a falta do envolvimento da gestão de topo.

Purba et al. (2021) dividem os benefícios da implementação do *Six Sigma* em dois tipos. O primeiro são os benefícios diretos sendo estes os impactos financeiros obtidos com a implementação. Isto deve-se ao aumento da qualidade e produtividade que resultam na redução de custos e no aumento do lucro da empresa/organização. O segundo tipo são os benefícios indiretos que são os benefícios do lado não financeiro. Estes incluem o aumento da capacidade de trabalho em equipa e da competência dos funcionários, aumento da iniciativa e participação dos funcionários, aumento da qualidade e o aumento da confiança nas relações comerciais.

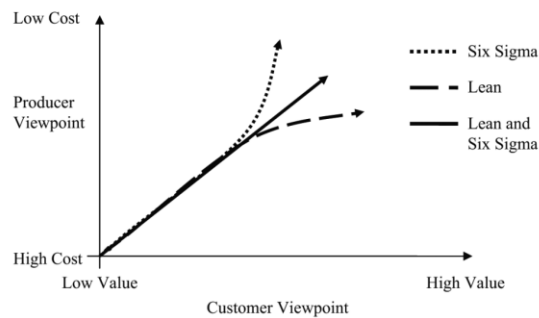
Para projetos acabados podem ser usados duas ferramentas *Six Sigma*: DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) para melhoria de processos ou DMADV (Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar) para o desenvolvimento de novos produtos e serviços (Brady e Allen, 2006).

### **2.3. Lean Six Sigma**

As estratégias *Lean* e *Six Sigma* estão a ser usadas em simultâneo pelas empresas com o intuito de diminuir as fraquezas e aumentar os pontos fortes de ambas as estratégias. Desta forma, é possível combinar as ferramentas e técnicas de redução de variabilidade do *Six Sigma* com as de eliminação de desperdício e das atividades que não acrescentam valor do *Lean Manufacturing*, para gerar bons resultados na economia das organizações (Kumar et al., 2006).

O termo “*Lean Six Sigma*” surge no final dos anos 1990 e início dos anos 2000 para descrever a combinação das duas filosofias (Cherrafi et al., 2016).

Pepper e Spedding (2010), apresentam, na Figura 2.2, a forma como cada abordagem pode ganhar ao ser vista como uma estrutura única, e, também, o equilíbrio que pode ser alcançado se, efetivamente, forem usadas em simultâneo.



**Figura 2.2** – *Lean vs Six Sigma vs Lean Six Sigma* (adaptado de Pepper e Spedding, 2010)

De acordo com Snee (2010), o *Lean Six Sigma* tem sucesso devido às suas oito características principais:

- (1) pode ter impacto positivo financeiro;
- (2) envolve uma liderança ativa da gestão de topo;
- (3) usa abordagens disciplinadas como o DMAIC;
- (4) permite uma conclusão rápida do projeto (três a seis meses);
- (5) obriga a uma definição clara do sucesso;
- (6) cria infraestruturas (MBB, BB, GB);
- (7) tem o foco direcionado para os clientes e os processos;
- (8) é uma abordagem estatística sólida.

Thomas et al. (2016) propõem uma nova *framework* para implementação do *Lean Six Sigma*. Este sistema fornece uma abordagem mais equilibrada em que os princípios *Lean* são combinados com o ciclo DMAIC. Desta forma, em cada um dos princípios do ciclo *Lean* são aplicadas as 5 fases do ciclo DMAIC como é possível observar na Figura 2.3. Esta abordagem é denominada por ciclo *Lean Six Sigma*.



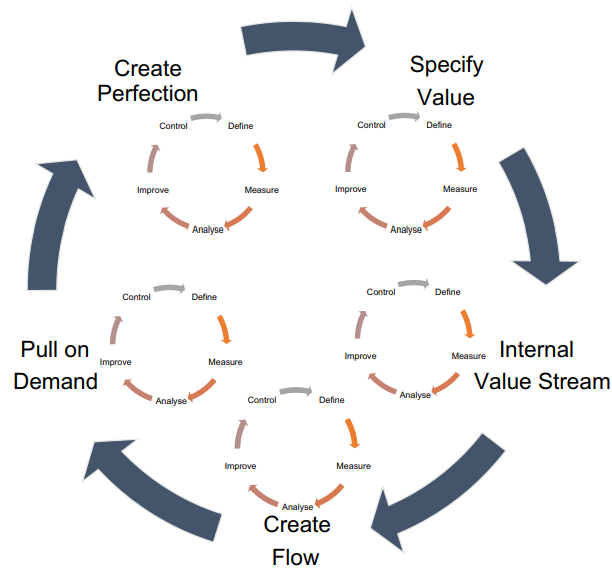


Figura 2.3 - Ciclo *Lean Six Sigma*

## 2.4. Ciclo DMAIC

O ciclo DMAIC é uma ferramenta *Lean Six Sigma* de melhoria contínua que é, muitas das vezes, descrita como uma metodologia de resolução de problemas e melhoria de processos que tem por base os objetivos pretendidos pelas empresas.

Segundo Flifel et al. (2017), o ciclo DMAIC compreende cinco fases: definir, medir, analisar, melhorar e controlar (D – *define*, M – *measure*, A – *analyze*, I – *improve*, C – *control*).

Smętkowska e Mrugalska (2018) afirmam que as cinco fases estão interligadas e descrevem detalhadamente cada uma destas:

### 1. Fase definir – Definir o objetivo e os respetivos requisitos:

- Definir os recursos e as responsabilidades;
- Definir a estrutura organizacional favorável ao alcance dos objetivos;
- Identificar as etapas e definir uma data prevista para terminar o projeto;
- Obter apoio da administração.

O principal objetivo desta etapa é verificar se as ações vão de encontro com os objetivos da organização, garantir que há um apoio da gestão e que os recursos necessários estão disponíveis para a realização do projeto.

2. Fase medir – Medir o processo atual:

- Identificação das métricas válidas e fiáveis;
- Verificar se há dados suficientes para medir;
- Documentação do desempenho e da eficácia da situação atual;
- Realizar testes comparativos.

Nesta fase, é necessário reunir todas as informações necessárias para compreender todos os processos da organização, as expectativas dos clientes, as especificações dos fornecedores e a identificação dos possíveis locais onde um problema pode ocorrer. O principal objetivo da fase de medir é recolher e analisar os dados que serão necessários na última fase, fase de controlo. Deste modo, é possível avaliar o progresso que será apresentado à gestão.

3. Fase analisar – Analisar os resultados das medições, determinar as causas das imperfeições do processo e possíveis soluções:

- Identificar os principais motivos/causas do problema;
- Identificar as diferenças entre o desempenho atual e o pretendido;
- Estimar os recursos necessários para atingir os objetivos;
- Identificar possíveis obstáculos.

Para esta fase podem ser usadas diferentes ferramentas que permitem encontrar as causas raiz do problema, avaliar o risco e analisar os dados. É nesta altura que se define a capacidade do processo, são esclarecidos os objetivos com base em dados reais obtidos na fase de medição e é iniciada a análise de causa raiz que tem impacto na variabilidade do processo. Ao calcular a capacidade do processo, que é definida como “sigma”, é medida, também, a capacidade de atender os requisitos dos clientes. A capacidade do processo será um ponto chave para as melhorias planeadas.

4. Fase melhorar – Melhorar o processo e implementar as mudanças que eliminam os problemas:

- Preparar a estrutura da divisão do trabalho;
- Desenvolver e testar possíveis soluções (priorizadas);
- Desenhar o plano de implementação.

O objetivo desta fase é recolher todas as informações necessárias para desenvolver um plano de ação para melhorar o funcionamento da organização quer em

termos financeiros como também em termos de relacionamento com os clientes. As possíveis soluções para o plano de ação devem ser apresentadas e executadas.

5. Fase controlar - Controlo do processo melhorado e monitorização continua dos resultados.

Na fase de controlo é confirmado se as mudanças implementadas são suficientes e continuas. São também controlados aspetos futuros do projeto de modo a garantir que vão de encontro com os objetivos.

Na figura 2.4 são apresentadas as cinco fases do ciclo descritas anteriormente.

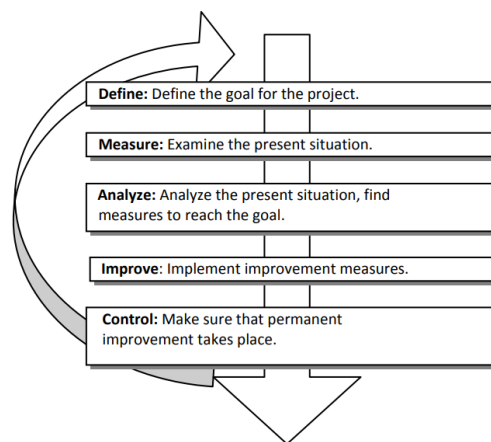


Figura 2.4 - Fases do ciclo DMAIC (adptado de Desai e Shrivastava, 2008)

### 2.4.1. Ferramentas do ciclo DMAIC

Embora o DMAIC tenha surgido originalmente como parte de programas de melhoria de qualidade, e esteja fortemente associado ao *Six Sigma*, tem sido amplamente usado para estruturar vários projetos de melhoria (Silva et al., 2016).

Por este motivo foi feito um levantamento dos vários artigos em que foi aplicada a metodologia DMAIC. Na tabela 2.1, é possível verificar, para os vários artigos analisados, as várias ferramentas/atividades usadas em cada uma das fases assim como os resultados obtidos.

**Tabela 2.1** - Análise das ferramentas/atividades usadas pelos autores no Ciclo DMAIC

Autores, Ano; Indústria/Setor/ Produto; Variável	Ferramentas/Atividades envolvidas no DMAIC					Resultados
	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar	
Kumae et al., 2006; Moldes por fundição injetada; Defeitos	Gestão das iniciativas; Definição do problema/objetivo; <i>Brainstorming</i> ; Mapeamento dos processos; <i>Project charter</i>	Definição dos padrões de desempenho; Análise do sistema de medição; Monitorização do processo; Cálculo da capacidade do processo	Análise de Pareto; Seleção das características da CTQ; Diagrama de causa e efeito; <i>Brainstorming</i> ; Identificação das fontes de variabilidade	DOE; Triagem de potenciais causas; Identificar relações entre as variáveis; Estabelecer tolerâncias operacionais; Implementação do sistema 5S; Implementação do TPM	<i>Control chart plotting</i> ; Compartilhar resultados; Exercícios à prova de erros; FMEA; Plano de sustentabilidade do projeto	Diminuição dos defeitos de 0,18 DPU para 0,0068 DPU; Poupança de 140,000\$ anual; Aumento de 15,82% do FTY e 35% do OEE; Aumento do índice de capacidade do processo de 0,12 para 1,41
Jirasukprasert et al., 2014; Luvas de borracha; Defeitos	<i>Project charter</i> ; VOC; Definição da equipa e objetivos	Cálculo do DPMO e nível Sigma; Análise de Pareto	Processo <i>Flowchart</i> ; <i>Brainstorming</i> ; FMEA	DOE; ANOVA; Teste de hipóteses	Gráficos de comparação; Histogramas	Diminuição de 50% dos defeitos no produto final

Autores, Ano; Indústria/Setor/ Produto; Variável	Ferramentas/Atividades envolvidas no DMAIC					Resultados
	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar	
Silva et al., 2015; Equipamentos de aquecimento de água para uso doméstico; <i>Milk run</i>	Identificação do projeto, problema e equipa; VOC; <i>Project scope</i> ; Plano de comunicação	Recolha de dados; Identificação dos objetivos	Flowchart; FMEA; <i>Brainstorming</i> ; Regressão linear	Workshops; Seleção das soluções a testar; Análise de Pareto; Histogramas; Comparação de resultados; <i>Box-plot</i>	Implementação das novas soluções; Monitorização de resultados	Redução de 6 min no tempo de ciclo de uma rota de reabastecimento interno; Redução de 46% na quantidade de rotas superiores a 30 min
Smełkowska e Mrugalska, 2018; -- ; --	Análise do processo produtivo; Identificação do problema, equipa, recursos e requisitos do cliente; Definição da <i>timeline</i>	Recolha de dados históricos; Caracterização da situação atual; Realização de testes comparativos	Análise do problema; Brainstorming	SMED; Formação; Implementação de um plano TPM; Implementação de <i>Standard work</i>	Controlo contínuo das mudanças implementadas	Redução dos custos de produção e WIP; Aumento da produtividade e satisfação do cliente
Desai e Shrivastava, 2008; -- ; Yield	<i>Project charter</i> ; Definição do problema; <i>Project team charter</i> ; SIPOC; Definição dos limites do processo; CTQ	Mapeamento do processo; Avaliação da situação atual	FMEA; Gráficos de Pareto; Análise <i>Why- Why</i>	Nível Sigma; Diagrama Matrix; Implementação das melhorias e de estratégias de gestão da qualidade;	Revisões periódicas dos resultados e dos objetivos	Aumento do <i>yield</i> de 61,8% para 93%; Poupança de 30,000\$ anual; Aumento do nível sigma de 1.8 para 3;

Autores, Ano; Indústria/Setor/ Produto; Variável	Ferramentas/Atividades envolvidas no DMAIC					Resultados
	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar	
Desai e Shrivastava, 2008; --; Yield				Planeamento da produção e controlo de atividades		Aumento da satisfação do cliente; Eliminação do retrabalho
Filho et al., 2015; Hospitalar; --	Definir <i>timeline</i> e <i>Project scope</i> ; <i>Flowchart</i> ; Identificação da equipa; Eventos Kaizen; <i>Similarity Matrix</i>	VSM; Definição dos indicadores de performance; Diagrama <i>spaghetti</i>	Análise dos dados da situação atual; Analisar VSM e Identificação dos desperdícios, problemas, causas dos problemas e objetivos do projeto; Planeamento das melhorias para a nova situação	Implementação de melhorias através de um evento Kaizen	Desenvolvimento de <i>checklists</i> de sustentabilidade; Auditorias das melhorias implementadas	Diminuição em 88% do tempo de mudança de ferramentas; Diminuição em 25% do tempo de ciclo; Aumento de 64% da capacidade do processo
Vinodh et al., 2012; Interruptores rotativos; Defeitos	<i>Brainstorming</i> ; Definição do problema; Mapeamento da situação atual; <i>Project Charter</i>	Recolha de dados da situação atual; Identificação das atividades que acrescentam e não valor; Identificação dos desperdícios	FMEA; Identificação dos defeitos e medição da frequência	DOE; Mapeamento da situação futura; Árvore de Análise de falhas; Testes de confirmação	Plano de sustentabilidade; <i>Control Chart</i> ; Exercícios a prova de erros	Redução de 10% dos defeitos; Aumento de 7% do FTY; Diminuição do tempo de ciclo

Autores, Ano; Indústria/Setor/ Produto; Variável	Ferramentas/Atividades envolvidas no DMAIC					Resultados
	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar	
Chen e Lyu, 2009; Ecrã Tátil; Defeitos	VOC; SIPOC; CTQ; Diagrama <i>Fishbone</i>	Mapeamento do processo; Diagrama causa e efeito	ANOVA	Implementação das melhorias; Análise da capacidade do processo; Análise Pareto;	Controlo estatístico do processo e da produção	Diminuição dos defeitos de 32,4% para 15%
Azizi, 2015; Azulejos; Defeitos	Fluxo do processo; <i>Flowchart</i>	Recolha de dados de produção e de defeitos do produto	OEE; Diagrama de causa e efeito	Análise das causas dos problemas e planeamento de ações; Implementação do AM (Manutenção autónoma)	Comparação dos resultados	Redução de 8,49% da taxa de defeitos; Aumento de 6,49% do OEE; Diminuição de 1161 minutos do tempo de paragem da máquina
Wang e Chen, 2010; Banco; Tempo de espera	Identificação do problema; Seleção do projeto; SIPOC; VSM	Planeamento da recolha de dados; Cálculo da capacidade do processo;	Identificação das causas raiz; FMEA; Pareto;	Desenvolvimento de soluções (TRIZ); Implementação do plano de melhoria; Redesenhar VSM; Cálculo da capacidade do processo;	Plano de controlo e gestão de risco; <i>Control Chart</i>	Redução do tempo de espera de 14,83 min para 9,96 min; Aumento da capacidade do processo de 1,51 para 2,04; Poupança anual de 828,000\$

Autores, Ano; Indústria/Setor/ Produto; Variável	Ferramentas/Atividades envolvidas no DMAIC					Resultados
	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar	
Antony et al., 2012; Bombas de injeção de combustível; yield	<i>Project Charter</i> ; SICOP; <i>Flowchart</i>	Análise <i>Gage R&amp;R</i> ; Plano de recolha de dados; Cálculo da capacidade do processo	Identificação das causas raiz; Brainstorming; GEMBA; Medição da capacidade do processo; Regressão linear múltipla; <i>Matrix plot</i> ; Análise CART	Implementação de soluções; DOE; ANOVA; Análise de risco	Monotorização dos resultados; CTQ; Cartas de controlo	Aumento do FPY de 85% para 99,4%; Diminuição do DPMO de 157972 para 5715; Poupança anual de 70,000\$
Vinodh et al., 2017; Componente automóvel; Defeitos	VOB; VOC; SIPOC; Seleção da equipa; <i>Project Charter</i>	Recolha de dados; Gráficos pareto; Nível sigma da situação atual; VSM; Identificação das métricas do processo; Cálculo dos impactos ambientais	FMEA; Análise 5Why; Avaliação do impacto do ciclo de vida	Brainstorming; DOE; Análise de custo benefício; VSM; Práticas 7s; Planeamento de atividades Kaizen	Comunicação e monotorização dos resultados	Redução de 70% das unidades com defeito; Aumento do nível sigma de 3,60 para 4,06; Poupança de 2000\$ do custo total dos defeitos



### **3. CASO DE ESTUDO**

Neste capítulo é apresentada a empresa Ansell em que a dissertação foi desenvolvida. É feita uma breve introdução ao grupo e, seguidamente, apresentada a empresa sediada em Portugal. Numa segunda fase, são abordados todos os aspetos relevantes para o projeto relativos ao processo produtivo da empresa. No final do capítulo, é descrito o produto em estudo, as luvas Versa Touch 78-102, e é introduzido o problema que será analisado no capítulo subsequente.

#### **3.1. A Empresa**

##### **3.1.1. Grupo Ansell**

A Ansell Rubber Company, quando fundada em 1905 por Eric Norman Ansell, produzia preservativos. Mais tarde, diversifica a sua produção para outras áreas tais como a produção de máscaras de gás e luvas de latex descartáveis.

Em 1969, a Ansell é comprada pela Dunlop UK, uma empresa bem-sucedida no fabrico de pneus de bicicletas. Através da aquisição de várias empresas de fabrico de luvas consegue em 1970 a expansão geográfica para a Malásia e para os Estados Unidos.

Em 1991, torna-se o maior fornecedor mundial de luvas médicas, industriais e de uso doméstico.

Em 2002, a empresa muda o nome para Ansell Limited e em 2017 muda o seu foco para a produção de equipamentos de segurança de vários tipos.

Atualmente, considerando apenas a atividade associada à produção de luvas, a Ansell vende mais de 12 mil milhões de luvas por ano e protegem mais de 10 milhões de trabalhadores todos os dias. Contam com o apoio de 14 mil colaboradores em 58 países que desenham, produzem e comercializam produtos nos quais os trabalhadores e profissionais de saúde confiam. Têm como missão, fornecer soluções inovadoras e eficazes de segurança e bem-estar, independentemente de onde se encontrem os seus clientes.

### 3.1.2. Ansell Portugal

A Ansell Portugal – Industrial Gloves, Sociedade Unipessoal, Lda. foi fundada por dois sócios, Francesco Vazzana e Luís de Sousa, com a denominação Franco Manufatura de Luvas, Lda em 1989. A produção iniciou-se com 53 trabalhadores e com uma capacidade instalada de 1.8 milhões de pares de luvas anual.

Dois anos mais tarde, a sociedade une-se à Seton Scholl Healthcare criando a International Plc. No mesmo ano, é aumentado o número de trabalhadores para 180 e a capacidade instalada para 13 milhões de pares de luvas anuais.

Em 1997, adquire a certificação pela norma ISO 9003 e, um ano depois, a certificação ISO 9004.

Em 1999, é criada uma nova linha de *dipping*, LP4, que permitiu duplicar a produção de luvas. Um ano mais tarde, criam-se duas novas áreas de produção, a área têxtil com 30 máquinas de tricotar e uma área para aplicação de pintas em PVC por serigrafia. Como consequência da criação destas novas áreas o número de trabalhadores sobe para 212.

Em 2001, é introduzida na fábrica uma nova tecnologia de tricotagem, a tricotagem sem costuras.

Em 2002, é obtida a certificação pelo Sistema de Gestão Ambiental segundo a norma NP EN ISO 14001:1996.

No ano de 2003, é vendida a divisão de luvas Marigold Industrial ao grupo francês Comasec SA. No mesmo ano, ocorre a transição para a ISO 9001 de 2000.

Em 2007, é construída a área têxtil ampliando-se a área total da empresa de 6.609,15 m<sup>2</sup> para 9.517,15 m<sup>2</sup>. Isto resultou num aumento do número de máquinas de tricotar para 58, levando a capacidade produtiva da área aos 5 milhões de pares de luvas anuais e sendo atingido o patamar de 243 trabalhadores. Dois anos depois, de modo a tornar a operação logística mais eficiente, é introduzida na fábrica a tecnologia RFID.

Em 2010, ocorre novamente uma transição da norma, desta vez para a ISO 9001 de 2008. São neste ano introduzidas metodologias *Lean* na área industrial.

Em setembro de 2012, a Ansell Limited adquire o grupo Comasec SA e altera a denominação social para Ansell Portugal – Industrial Gloves, Sociedade Unipessoal, Lda. É neste ano certificada pelo Sistema de Gestão e Desenvolvimento e Inovação – norma NP 4457:2007.

---

No ano de 2015, são introduzidos os processos de recobrimento e torção dos fios técnicos.

No final do ano de 2016, é aumentada a capacidade em mais de 5 milhões de pares de luvas anuais com a entrada de uma nova linha de vulcanização, *Dipping line 7*.

Em 2017, são adquiridas 2 novas máquinas de recobrimento de fio possibilitando a produção interna dos artigos ao invés da política de outsourcing em uso. No mesmo ano, é acreditado pelo IPAC (Instituto Português de Acreditação) de acordo com a norma NP EN ISO/IEC 17025:2018.

Para flexibilização dos processos, em 2018 ocorre uma mudança importante do layout da área Hyflex. É neste ano certificada pelo Sistema de Gestão Investigação, Desenvolvimento e Inovação – norma NP 4457:2007.

Em 2021, é criada uma nova tecnologia, única e patenteada, *Line 8 DGX*, que permite a produção diária de 45 mil pares. É também construída uma nova área social e são instalados novos painéis solares.

Atualmente, em Portugal, continuam a ser produzidos equipamentos de proteção individual, nomeadamente as luvas tricotadas, as luvas revestidas e as mangas. São produzidas gamas tais como a Hycron & Hylite, Hyflex, Versatouch e Activarmr. Na fábrica, localizada em Vila Nova de Poiares, existem 5 linhas de vulcanização, 4 máquinas de aplicação de PVC, 532 máquinas de tricotagem, 10 máquinas de recobrimento de fio e 60 máquinas de costura. A Ansell Portugal conta com o apoio de um total de 365 colaboradores. Para satisfazer a procura dos diferentes artigos e mercados, os operadores trabalham em distintos horários. Estes vão desde os horários de segunda a sexta em turno único, segunda a sexta em 3 turnos ou mesmo a 7 dias por semana em 3 turnos.

A Ansell Portugal tem, ao longo dos seus anos de existência, aplicado novas formas de gestão de produção que têm resultado num aumento da eficiência do seu processo produtivo.

Na Figura 3.1 é apresentada, de forma sucinta, a evolução histórica da Ansell Portugal.

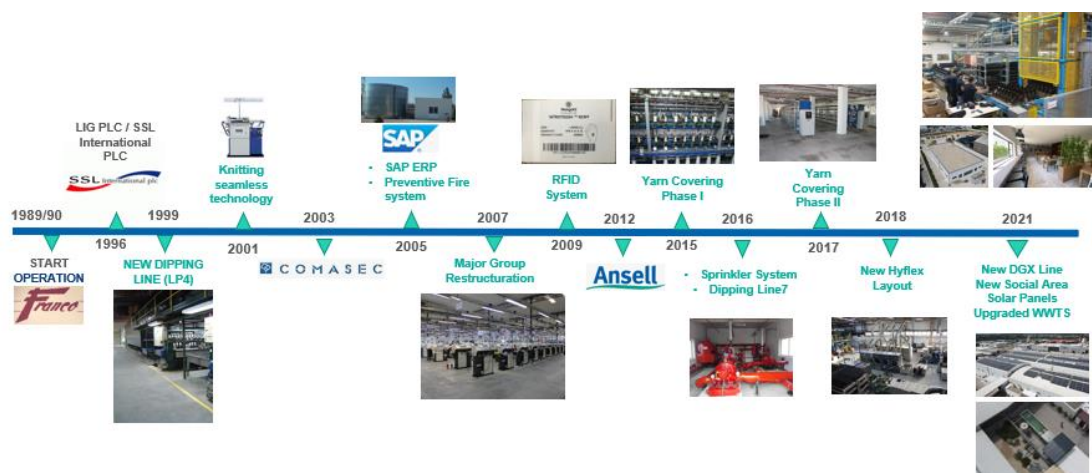


Figura 3.1 - Cronologia da história da Ansell Portugal

## 3.2. Processo Produtivo

A fábrica da Ansell Portugal encontra-se dividida em duas grandes áreas: a área têxtil e a área de vulcanização (*dipping*).

### 3.2.1. Área Têxtil

A área têxtil encontra-se dividida em três zonas: a zona do recobrimento do fio (*covering*), da tricotagem e a da costura.

O processo produtivo inicia-se com o recobrimento de fios, processo este que consiste na combinação de fios proveniente de fornecedores externos. A finalidade principal desta etapa é obter uma majoração das propriedades de cada fio individual, o que vai ser uma mais-valia quando este fio combinado for usado na fase seguinte do processo - a tricotagem. Este processo ocorre apenas para determinados tipos de fio e é executado em ambiente de temperatura e humidade controladas. Os cones bobinados são depois transportados para o armazém onde cumprem o devido tempo de maturação.

Quando atingido o tempo de maturação dos fios, os cones são transportados da zona de *picking* do armazém para a área de tricotagem e guardados nos supermercados. Conforme a necessidade, os fios são retirados dos supermercados e são usados nas máquinas de tricotar para produzir as luvas. Os operadores recolhem as luvas à medida que estas vão caindo no cesto da máquina. Consoante o artigo, as luvas podem ser ou não viradas através de máquinas de inversão. Todas as luvas são armazenadas em caixas de plástico ou cartão sendo posteriormente transportadas para o armazém. As máquinas de tricotar, são

programadas segundo os planos semanais de produção e encontram-se organizadas por células de produção.

Algumas das luvas necessitam de ser transportadas para a área da costura. Dependendo do artigo, nesta área, podem ser feitos os acabamentos e/ou corrigidos alguns defeitos.

### 3.2.2. Área de Vulcanização

Na área do *dipping*, ocorre o revestimento de alguns tipos de luva. Esta área encontra-se dividida em duas zonas: a Hycron e a Hyflex.

Na zona Hycron, as luvas são colocadas em moldes para serem revestidas nos tanques por diferentes produtos químicos. Seguidamente, dá-se a vulcanização em fornos horizontais. Ocorre também nesta zona o processo de *dotting* nas máquinas de aplicação de PVC. Este processo consiste na aplicação de pontos em PVC na palma das luvas para que estas ofereçam uma aderência acrescida.

Na zona Hyflex o processo é semelhante, no entanto, nesta zona são usadas tecnologias mais avançadas. São ainda realizadas etapas de lavagem, secagem e colocação de reforço entre polegar e indicador para alguns dos artigos produzidos. O processo termina com o empacotamento das luvas para serem transportadas para o armazém.

Na Figura 3.2 é possível observar a organização das diferentes áreas da Ansell Portugal.

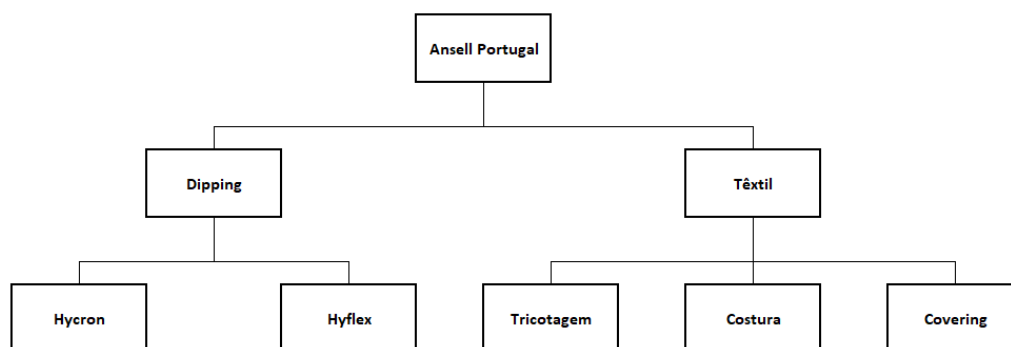


Figura 3.2 - Áreas da fábrica Ansell Portugal

### 3.3. Produto em estudo

Na fábrica onde o projeto foi desenvolvido, são produzidos diferentes artigos de proteção individual, no entanto, este relatório incide sobre a área têxtil e foca-se no processo de produção de um artigo específico.

O artigo em estudo é um tipo de luva vanizada que não necessita de ser virada depois de tricotada. As luvas são o modelo Versa Touch 78-102 no tamanho 9 com o código WIP k7810209. O artigo, representado na Figura 3.3, oferece ao utilizador proteção térmica e apresenta as seguintes características:

- O forro térmico em acrílico proporciona conforto durante a utilização e um bom isolamento térmico;
- Pode ser utilizado para uma gama muito vasta de aplicações de transformação de alimentos como aéreas de armazenamento e manuseamento de produtos congelados;
- Não possui latex, eliminando assim o risco de alergias do tipo 1;



**Figura 3.3** - Luvas Versa-Touch 78-102

As especificações de tricotagem do modelo 78-102 em estudo e para o tamanho 9, podem ser observadas nas Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3.

**Tabela 3.1-** N° de passagens e quantidade de agulhas por posição da luva Versa-Touch 78-102

	<b>Posição</b>	<b>N° passagens</b>	<b>Quantidade de agulhas</b>
1	Dedo Mindinho	54	17
2	Dedo Anelar	72	19
3	Dedo Médio	76	19
4	Dedo Indicador	64	19
5.	Palma D3		
5	Base de 4 Dedos	40	65
6	Dedo Polegar	58	21
7	Base de 5 Dedos	50	83
8	Punho	60/2	83
9	Aureola (Cor Castanho)	3	83

**Tabela 3.2 -** Fios usados para a luva Versa-Touch 78-102 e 78-202

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Código</b>
Fio Principal – Fio 1	1	ACRIL151
Fio Principal – Fio 2	1	ST6036
Elástico – Fio 3	1	E4327N
Aureola – Fio 4	1	E4327BR

**Tabela 3.3-** Dimensões da luva Versa-Touch 78-102

	<b>Saída da Máquina</b>	<b>Tolerância</b>	
Comprimento Total (mm)	250.000	+5	-5
Comprimento da Mão (mm)	180.000	+5	-5
Largura da Mão (mm)	115.000	+5	-5
Largura do Punho (mm)	100.000	+5	-5
Comprimento do punho (mm)	70.000	+5	-5
Peso Par (g/par)	39.140	+5	-5

Depois de tricotadas, as luvas são recolhidas dos cestos das máquinas pelos operadores. Durante a tricotagem podem ocorrer diversos defeitos na luva que se encontram identificados na Tabela 3.4. O operador, inspeciona a luva na procura de um defeito e caso esta tenha algum que não seja possível corrigir, a luva é considerada *regete*<sup>1</sup> e é registado o

<sup>1</sup> O termo *regete* é usado pela empresa para designar produtos defeituosos

defeito na folha de produção e no software *Mindset*. Caso a luva não tenha defeito, ou este possa ser corrigido, é guardada numa caixa de plástico, devidamente identificada.

**Tabela 3.4** - Lista de defeitos das luvas

<b>Código</b>	<b>Descrição defeito</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição defeito</b>
<b>BUA</b>	Buraco Agulha Partida	<b>LDF</b>	Defeito no Fio
<b>BUL</b>	Buraco Liner/Luva	<b>LEF</b>	Excesso de Fio
<b>BUM</b>	Buraco Malhas Caídas	<b>LEP</b>	Elástico Partido
<b>DIC</b>	Comprimento Total	<b>LFF</b>	Falta de Fio
<b>DIL</b>	Largura Palma	<b>LFS</b>	Fios Soltos
<b>DIP</b>	Largura Punho	<b>LHA</b>	Linha Horizontal sem Argola
<b>DIW</b>	Peso	<b>LNF</b>	Nós (Acumulação de Fio)
<b>IDA</b>	Cor Aureola	<b>LPC</b>	Pés de Corvo
<b>LAE</b>	Agulha Empenada	<b>LSA</b>	Liner sem Aureola
<b>LAI</b>	Argola Incorreta (malha)	<b>LTF</b>	Troca de Fio
<b>LDA</b>	Dedos Agarrados	<b>MAO</b>	Manchas Óleo
<b>MAS</b>	Luvas Sujas	<b>MVE</b>	Má Vanização - Esquerdas
<b>MVD</b>	Má Vanização - Direitas	<b>MVF</b>	Má Vanização - 2 Faces
<b>ONP</b>	Número de Passagens	<b>OUC</b>	Cor do Fio
<b>OPP</b>	Platina Partida	<b>OUP</b>	Pêlo
<b>OUT</b>	Outros		

Um dos problemas que tem acontecido na produção deste modelo são as linhas soltas que surgem na zona do punho, dos dedos e entre estes. Por ser um artigo que não é virado depois de ser tricotado estas linhas soltas necessitam de ser cortados antes de chegarem ao cliente final. Este processo de retrabalho é realizado na zona da costura. Para além de ter um custo extra para a empresa é ainda considerado muito desmotivante para as costureiras que o realizam.

Alguns exemplos de luvas VersaTouch 78-102 com linhas soltas podem ser observados na Figura 3.4. O problema em questão irá ser analisado com maior pormenor no capítulo seguinte.





**Figura 3.4** - Luvas VersaTouch 78-102 com linhas soltas

Duas vezes por turno, as caixas com as luvas k7810209 são transportadas para a zona da costura. Independentemente de terem ou não linhas, todas as luvas passam pelas costureiras para serem cortadas as linhas soltas e seguidamente costurada a aureola. Depois deste último passo, as luvas são embaladas em caixas de cartão, passam pelo detetor de metal e é associado um RFID. Concluído o processo na costura, as luvas encontram-se prontas para entrega ao cliente e são transportadas para o armazém.

Na Figura 3.5 é possível verificar o fluxograma do processo, desde os pedidos de fios pelos operadores até que as luvas embaladas são levadas para o armazém.

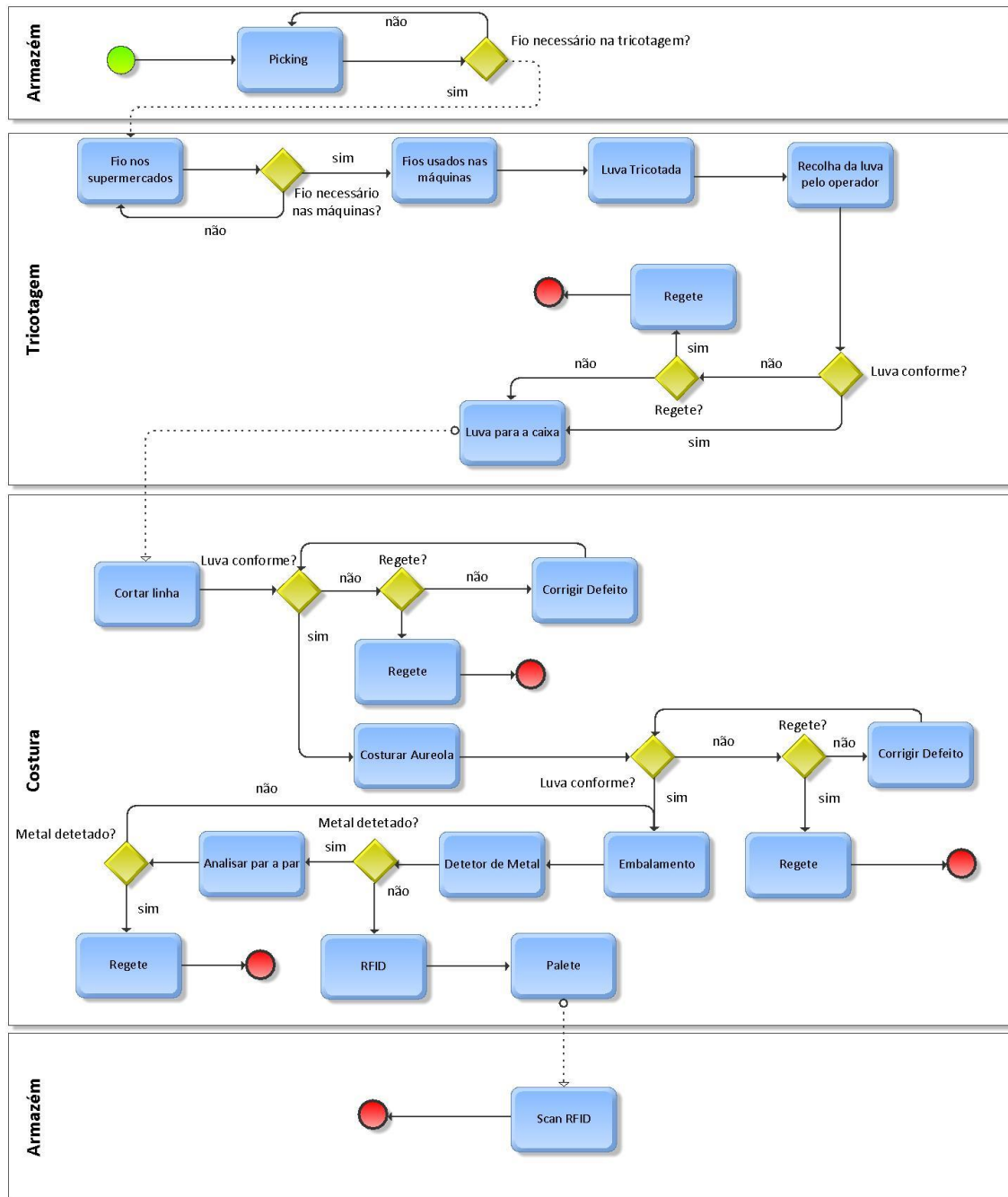


Figura 3.5- Fluxograma do processo de produção da Luva VersaTouch 78-102

## 4. CICLO DMAIC

A Ansell Portugal tem como estratégia global do grupo a formação dos seus colaboradores em metodologias orientadas para a melhoria continua e tem realizado vários investimentos nesse sentido. A empresa entende que com a ajuda de metodologias como o *Lean* e o *Six Sigma* consegue ganhar competitividade no mercado.

O ciclo DMAIC é uma ferramenta *Lean Six Sigma* de melhoria continua. Depois de analisado o problema e a revisão da literatura, foi concluído que esta seria a ferramenta mais adequada para a estruturar o projeto e, desta forma, resolver o problema descrito no capítulo anterior.

DMAIC é um acrónimo inglês para cinco fases que compreende: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*). Neste capítulo encontram-se descritas cada uma das fases do ciclo.

### 4.1. Definir

O ciclo DMAIC inicia-se com a fase definir que é uma etapa crucial para o sucesso do projeto. Esta etapa, consiste na definição do problema e dos membros da equipa que conduzem o projeto. Inicialmente é descrito o *Project Charter* e, posteriormente, de modo a mapear o processo, é utilizada a ferramenta SIPOC.

#### 4.1.1. Project Charter

Através do uso da ferramenta *Project Charter* pretende-se descrever o projeto de forma clara e concisa.

**Problema** - Linhas soltas no punho, dedos e entre dedos nas luvas Versa Touch 78-102 que têm de ser cortadas na zona da costura.

**Limites do projeto** – Estudo do tamanho 9 do artigo Versa Touch 78-102.

**VOC** – Analisando os dois clientes intermédios, a costura e o armazém, conclui-se que os principais requisitos são os seguintes:

1. A costura necessita que as luvas saiam da tricotagem com o menor número de linhas soltas possível de modo a diminuir o tempo de retrabalho;
2. O armazém necessita que as luvas embaladas cheguem na quantidade e na altura certa para cumprir as encomendas com o menor tempo de processamento possível.

**Equipa de trabalho** – Na Tabela 4.1, é possível ver identificados todos os membros da equipa de trabalho. A equipa foi selecionada de modo que fosse o mais diversificada possível para haver contribuições de diferentes pontos de vista.

**Tabela 4.1-** Equipa de trabalho

<b>Líder da Equipa – Sara Barroca</b>
<b>Colíder da Equipa – <i>Black Belt</i></b>
<b><i>Master Black Belt</i></b>
<b>Diretor Geral</b>
<b>Diretor Financeiro</b>
<b>Diretor de Operações</b>
<b>Diretor da Área Têxtil</b>
<b>Diretor de Qualidade</b>
<b>Diretor de IT</b>
<b>Consultores Internos</b>

**Objetivo** - O objetivo do estudo é diminuir em 80% a quantidade de luvas que passam pela costura para cortar linhas.

**Benefícios** - Atingindo o objetivo pretende-se:

- Aumentar a produção;
- Aumentar o *First Pass Yield* do processo;
- Eliminar ou diminuir a quantidade de linhas soltas nos artigos tricotados;
- Diminuir o *Lead Time* do processo;

- Libertar operadores que estão a realizar uma atividade sem valor acrescentado para a empresa;
- Diminuir o custo de retrabalho;
- Diminuir inventário de WIP;
- Aumentar a capacidade do processo.

**Metas** - Na Tabela 4.2, encontram-se delimitadas as principais metas do projeto. As semanas correspondem às semanas de estágio previstas.

**Tabela 4.2 - Timeline ciclo DMAIC**

Fase/semana	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Definir	■												
Medir		■	■	■	■	■	■	■	■				
Analisar				■	■	■	■	■	■	■	■		
Melhorar												■	■
Controlar													

#### 4.1.2. SIPOC

Após a definição do *project charter* é possível descrever quais os *inputs* que originam os *outputs* pretendidos. Para tal, foi construído o diagrama SIPOC, Tabela 4.3, que permitiu mapear e compreender os inputs provenientes dos fornecedores até aos outputs que chegam ao cliente.

Segundo Wang e Chen (2010), o diagrama SIPOC inclui:

- Fornecedores (*Supplier*) que são todas as entidades que fornecem o que é necessário para o processo. Estes podem ser externos, internos ou até mesmo pessoas;
- *Inputs* que são todas as informações ou materiais fornecidos;
- Processo que são todas as etapas usadas para transferir valor. Estas etapas/tarefas podem ou não acrescentar valor ao processo;
- *Outputs* descritos como o produto, serviço ou informação que é enviado ao cliente;
- Clientes que podem ser os clientes finais ou uma próxima etapa do processo.

**Tabela 4.3** - SIPOC do processo

<b>Fornecedores</b>	<b>Input</b>	<b>Processo</b>	<b>Output</b>	<b>Cliente</b>
Armazém	ACRIL 151	Tricotagem	Luva Versa Touch 78-102	Armazém
	ST6036	↓		
	E4327N	Costura cortar linhas		
	E4327BR	↓		
		Costura orlar		
		↓		
		Embalamento		

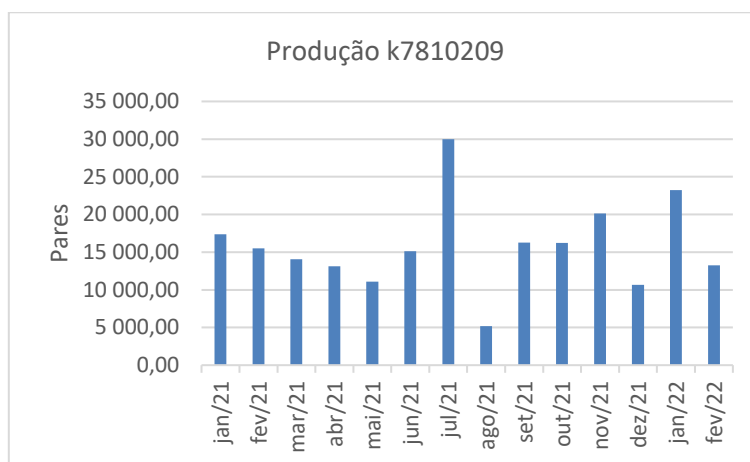
## 4.2. Medir

A segunda fase da metodologia integra a medição do sistema atual, de modo a obter o máximo de informação sobre o processo e estabelecer métricas válidas e de confiança. Pretende-se que, com as medições feitas, seja possível identificar diferentes oportunidades de melhoria, tendo sempre em consideração o objetivo do projeto.

Para esta fase são recolhidos dados relativos à produção do artigo em estudo, é analisado o processo e o trabalho dos operadores na tricotagem e na costura e são calculados alguns indicadores do processo.

### 4.2.1. Estudo da produção

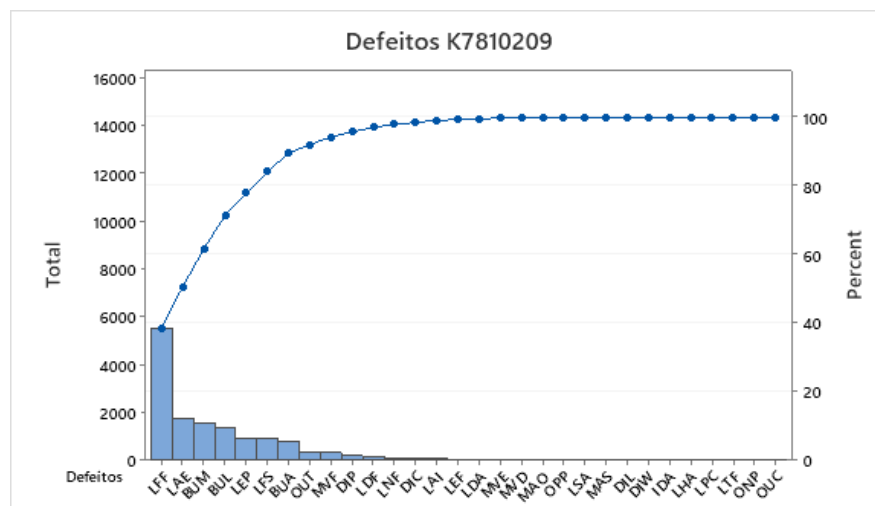
Inicialmente, é feito um estudo de produção. Para tal, são recolhidos dados históricos relativos à produção do artigo em estudo. De modo a ter uma quantidade de dados significativa é selecionada a amostra correspondente ao período com início em janeiro de 2021 e a terminar a 28 de fevereiro de 2022. As produções mensais podem ser verificadas no Gráfico 4.1. Sabe-se que o sistema de produção é *Pull*, ou seja, a produção é planeada de acordo com a necessidade dos clientes e o os inputs do mercado.



**Gráfico 4.1-** Produção mensal k7810209

O artigo apresenta uma produção média diária de 1212 luvas. Como em média estiveram 4 máquinas por dia a produzir o artigo, no período de estudo, conclui-se que, a produção média diária de cada máquina seja de 328 luvas.

Os principais defeitos encontrados neste artigo podem ser observados no Gráfico 4.2 e destacam-se os defeitos: falta de fio, agulha empenada, fios soltos, buraco na luva, elástico partido e buraco da agulha partido. Foi verificado que estes defeitos representam 6% do total de luvas produzidas no período em análise.

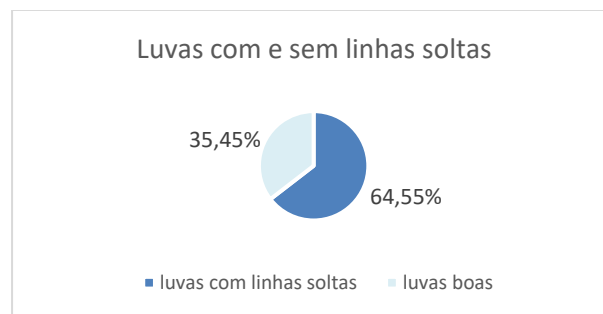


**Gráfico 4.2-** Defeitos k7810209

#### 4.2.2. Estudo das linhas

Como para a empresa a tarefa de cortar linhas não é considerada como retrabalho, não existe registos da quantidade de luvas que apresentam linhas soltas depois de tricotadas. De outra forma, não existe registo do trabalho das costureiras para a tarefa de cortar linhas. Por este motivo, e de forma a entender o problema, foi realizado um estudo das linhas soltas presentes nas luvas.

Com uma amostra de um lote de 488 luvas foi analisada a quantidade de linhas soltas que apareciam nas luvas e as posições destas. Concluiu-se, como é possível observar no Gráfico 4.3, que cerca de 65% das luvas apresentam pelo menos uma linha solta e 35% não apresentam qualquer linha. As luvas que apresentam linhas soltas têm uma média de 2 linhas por unidade.



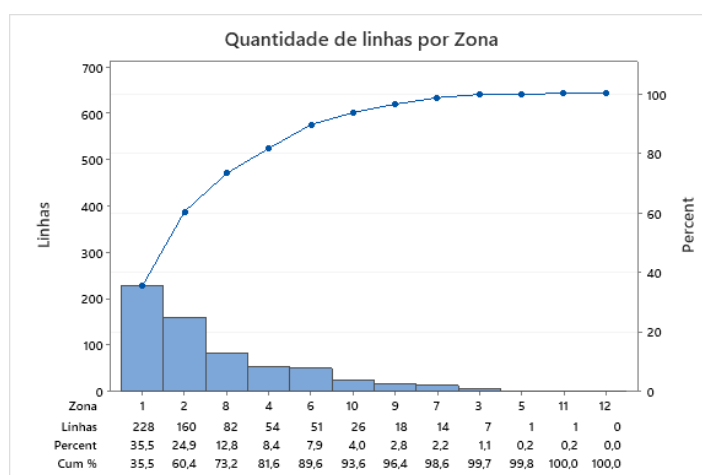
**Gráfico 4.3-** Luvas com e sem linhas

Contabilizando o número de linhas por cada zona da luva onde é propenso haver linhas soltas, Figura 4.1, é possível concluir que a maioria das linhas soltas se encontram no punho (35,51%), seguindo-se as pontas do polegar (24,92%), anelar (12,77%) e indicador (8,41%). Tais dados podem-se observar no Gráfico 4.4.



**Figura 4.1 -** Zona das linhas soltas





**Gráfico 4.4-** Linhas por zona da luva

Por último, foi observado que a causa das linhas soltas nos dedos e entre dedos é diferente da causa das linhas no punho. Por este motivo, podia ser diminuída a quantidade de luvas com linhas soltas em cerca de 9% caso se conseguisse resolver o problema que origina as linhas soltas no punho.

### 4.2.3. Trabalho dos operadores

Os operadores da tricotagem trabalham em 3 turnos diários: o primeiro turno das 6h às 14h, o segundo das 14h às 22h e o terceiro das 22h às 6h. Durante o horário de trabalho realizam as seguintes tarefas: recolher luvas dos cestos das máquinas e colocar nas caixas, repor fios nas máquinas, verificar regete e dimensões das luvas, resolver problemas nas máquinas (luva presa e fio partido) e, por último, registar produções no fim do turno e os defeitos das luvas. Foi verificado que, em média, um operador está responsável por 35 máquinas de tricotar.

De modo a analisar o trabalho dos operadores, foi acompanhado o trabalho destes durante diferentes turnos. Inicialmente, foi realizada a análise do tempo de recolha das luvas. Para tal, foi cronometrado o tempo desde o recolher da luva inicial da primeira máquina até ao momento de colocar na caixa a última luva recolhida. Foi também registada a quantidade de luvas recolhidas. Observou-se que, durante o tempo de recolha, os operadores verificavam as luvas para garantir que estas não apresentavam defeito. Para além disto, ainda faz parte das suas tarefas a organização das luvas em maços de 12 e a sua colocação em caixas.

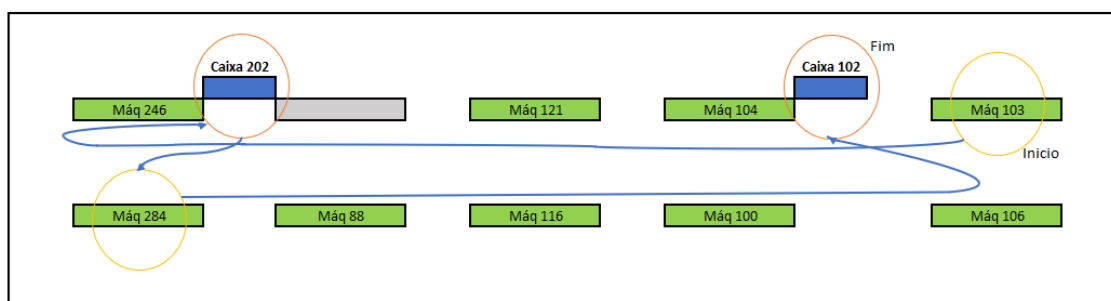
Depois de analisados os registos para 3 operadores foi concluído que, há variabilidade entre estes em relação aos tempos de recolha e entre recolhas, assim como, do método adotado para realizar a tarefa. Na Tabela 4.4 pode ser observada a média dos registos para o tempo entre recolhas, a duração da recolha e o tempo de recolha por luva para cada um dos operadores, assim como, as respetivas médias dos 3 operadores.

**Tabela 4.4 - Médias de recolha das luvas**

<b>Média</b>			
	<b>Tempo entre recolhas</b>	<b>Duração da recolha</b>	<b>Tempo recolha/luva</b>
<b>Operador 1</b>	00:04:19	00:01:03	00:00:03
<b>Operador 2</b>	00:12:04	00:00:42	00:00:03
<b>Operador 3</b>	00:05:57	00:00:48	00:00:05
<b>Média</b>	00:07:08	00:00:48	00:00:03

Com esta análise foi possível descobrir o tempo de ciclo para a tarefa de recolher a luva das máquinas de tricotar, colocar na caixa e organizar, que corresponde a 3 segundos.

Na figura 4.2 pode ser verificado o trajeto observado mais vezes pelos operadores para recolher as luvas das 9 máquinas que se encontravam no planeamento para a semana em estudo. Como pertence à mesma célula de produção do artigo k7810209 foi, também, verificada a deslocação dos operadores para recolher as luvas k7820209. Este trajeto iniciava-se na máquina de tricotar 103 e eram recolhidas todas as luvas k7820209 e colocadas nas caixas. Seguidamente o operador recolhia as luvas k7810209 da máquina 284 e avançava para as restantes máquinas até chegar à caixa 102.



**Figura 4.2- Diagrama de Spaghetti: Fluxo dos operadores para recolha de luvas**

#### 4.2.4. Trabalho das costureiras

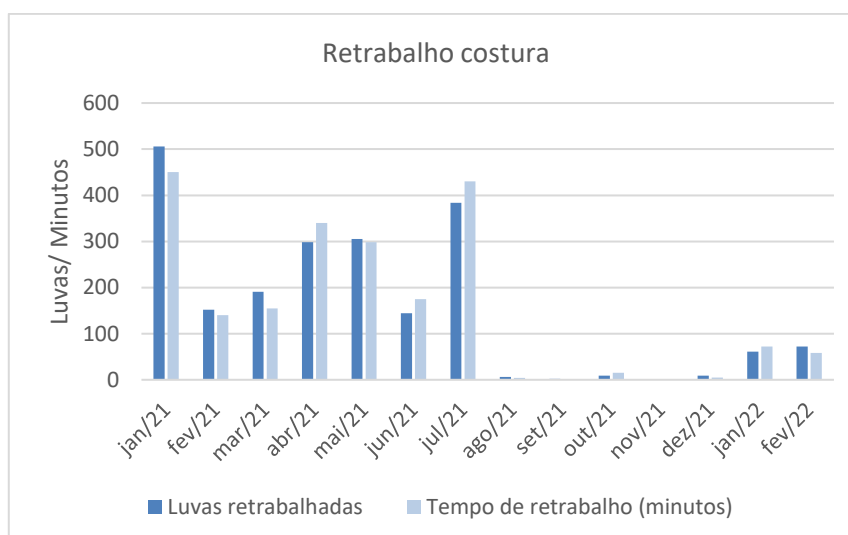
Na área da costura são realizadas quatro tarefas: cortar linhas, orlar, embalar e, eventualmente, pode ser corrigido algum defeito na zona de retrabalho. As costureiras trabalham 1 turno por dia de 8 horas. Conforme a necessidade pode haver troca de tarefas dentro da costura.

Para se obter o tempo de ciclo de cada uma das tarefas foram cronometrados alguns lotes do artigo em estudo e foram obtidos os tempos presentes na Tabela 4.5.

**Tabela 4.5-** Tempos de ciclo costura: luva Versa Touch 78-102, tamanho 9

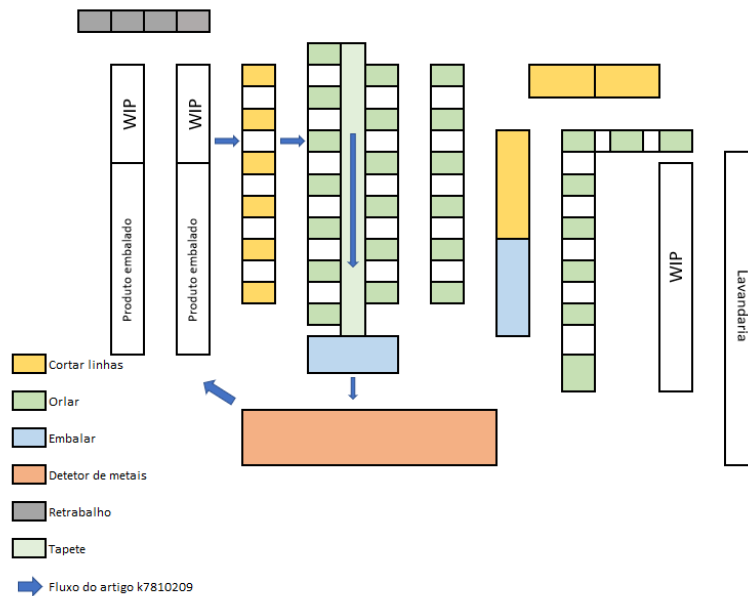
Tarefa	Tempo de ciclo (segundos)
Cortar linhas soltas	10
Orlar	7
Embalar	2

No período da amostra em estudo (janeiro 2021 a fevereiro 2022) cerca de 1% do que foi produzido passou pela costura para ser corrigido algum defeito. Após cálculos, aferiu-se que, o tempo médio para corrigir um defeito é de 57 segundos. No Gráfico 4.5 é possível verificar a quantidade de luvas retrabalhadas e o tempo gasto, mensalmente.



**Gráfico 4.5 - Retrabalho**

A área da costura apresenta o layout representado na Figura 4.3. O artigo em estudo segue o fluxo representado pelas setas azuis no layout.



**Figura 4.3-** Layout da costura

Por último, e como foi referido anteriormente, não existe registos das luvas que passam pela costura para cortar linhas. Por este motivo, foi pedido às costureiras para registarem numa folha o artigo e a quantidade de luvas das quais cortaram linhas por cada dia de trabalho. Foi concluído que em média passam por cada costureira cerca de 1400 luvas. É importante referir que a tarefa de cortar linhas para o artigo em estudo é de menor dificuldade quando comparado com alguns dos restantes artigos e por isso menos demorada.

#### 4.2.5. Indicadores do processo

Depois de recolhidos todos os dados, foi possível, calcular o tempo de processamento do artigo tendo em consideração os tempos de ciclos de cada tarefa: tricotar, recolher luvas das máquinas, cortar linhas soltas, orlar e embalar. O tempo de ciclo e o tempo de processamento podem ser observados na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6-** Tempo de processamento do processo

<b>Tarefa</b>	<b>Tempo (segundos)</b>
<b>Tricotar especificação</b>	239
<b>Recolher luvas</b>	3
<b>Cortar linhas soltas</b>	10
<b>Orlar</b>	7
<b>Embalar</b>	2
<b>Tempo de processamento</b>	261

Foi verificado, durante o tempo passado no terreno, que para o mesmo artigo, tricotado em máquinas diferentes e algumas das vezes, modelos iguais, as máquinas apresentavam tempos de ciclo de tricotar diferentes. Diferentes entre si e diferentes da especificação como se pode observar na Tabela 4.7. Esta tabela resulta de uma recolha de dados feita para alguns dos artigos que se encontravam em produção. Para cada artigo foi contabilizada a quantidade de máquinas que apresentavam um tempo de ciclo igual, superior ou inferior à especificação. Foi calculado, da mesma forma, o tempo de ciclo médio das várias máquinas em produção. Estas diferenças devem-se a alterações feitas pelos técnicos ou operadores na velocidade de tricotar das máquinas e, algumas das vezes, dependem do próprio modelo da máquina de tricotar. Tem, no entanto, estes pontos, um impacto significativo na quantidade de luvas produzidas.

**Tabela 4.7-** Tempos de ciclos máquinas de tricotar

<b>Artigo</b>	<b>Quantidade de máquinas</b>			<b>Tempo de ciclo</b>	
	Tempo igual à especificação	superior	inferior	Especificação	Médio
<b>ACRIL10</b>	0	0	2	00:05:50	00:05:11
<b>k1193106</b>	0	1	1	00:05:29	00:05:16
<b>k1193107</b>	1	0	1	00:05:22	00:05:18
<b>k1193108</b>	0	4	2	00:05:42	00:05:41
<b>k1193109</b>	0	2	3	00:06:10	00:06:07
<b>k1193110</b>	0	0	5	00:06:44	00:06:27
<b>k1184006</b>	0	0	1	00:04:56	00:04:42
<b>K1184007</b>	0	2	2	00:05:05	00:05:05
<b>k1184008</b>	20	19	0	00:05:18	00:05:25
<b>k1184009</b>	17	13	0	00:05:36	00:05:43
<b>k1184010</b>	3	2	10	00:06:01	00:06:02
<b>k97013OV08</b>	0	1	0	00:04:40	00:05:22
<b>k97013OV10</b>	0	7	1	00:05:19	00:05:42

Seguidamente, foi calculado o *First Pass Yield* do processo. Devido à falta de registos, referida anteriormente, foi necessário usar uma estimativa da quantidade de luvas que teriam linhas soltas no período em estudo. Para tal, recorreu-se ao estudo realizado da quantidade de linhas soltas presentes num lote de 488 luvas em que 64,55% das luvas analisadas apresentavam linhas soltas. Conclui-se, assim, que das 442 382 luvas produzidas no período em estudo 285 558 dessas luvas saíam da máquina de tricotar com linhas soltas.

Tendo em conta todos os defeitos, a quantidade de retrabalho e a quantidade estimada de luvas com linhas soltas, estima-se que o FPY do processo ronde os 33%. Estes valores podem ser observados na Tabela 4.8.

**Tabela 4.8**– Cálculo do FPY

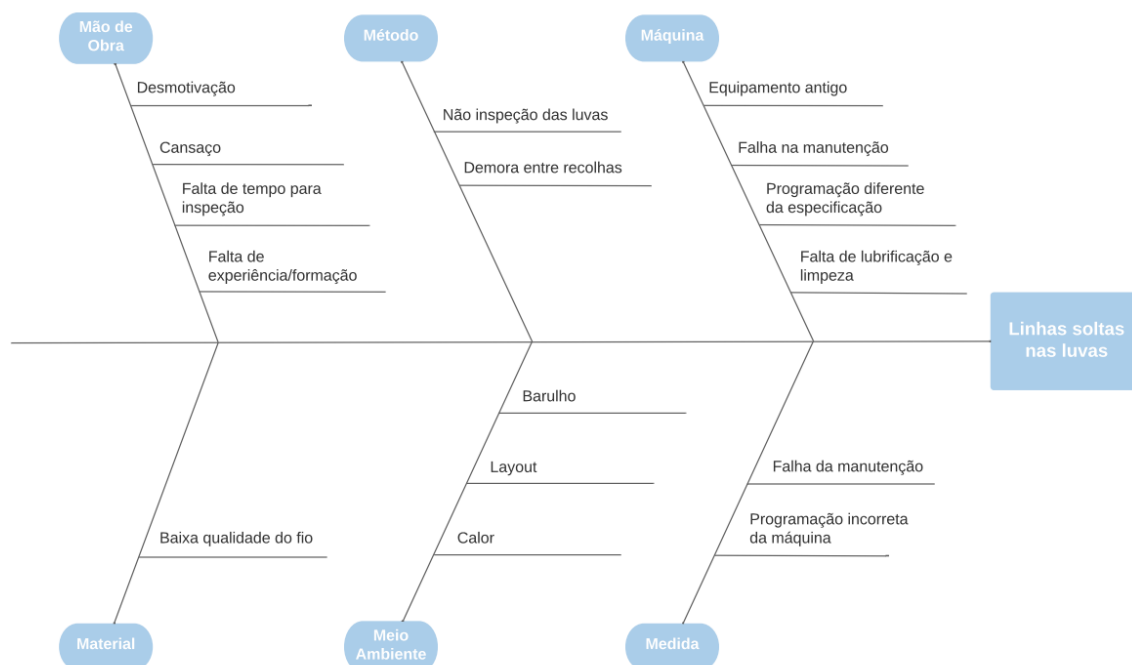
<b>Quantidade em luvas: 1/01/2021 – 28/02/2022</b>				
Produção Tricotagem	Luvas com linhas soltas	Defeitos Tricotagem	Defeitos Costura	Retrabalho Costura
442 382	285 558	5 842	6 540	2 471
<b><i>FPY = 32,65%</i></b>				

Seguidamente, foi medida a disponibilidade das máquinas de tricotar. Sabendo que, o tempo de ciclo de tricotar indicado para a especificação de 239 segundos, considera-se que as máquinas de tricotar têm uma produção diária máxima (ideal) de 362 luvas. Como a produção média diária de luvas por máquina é de 328, estima-se que a disponibilidade ronde os 90,77%. Conseguir-se justificar este valor com as paragens das máquinas para a manutenção preventiva que ocorre diariamente e para possíveis avarias que necessitam de intervenções dos técnicos. Apesar de menos demoradas, durante o dia ocorrem outras paragens, quer por ter acabado ou partido fio quer pelo facto de as luvas ficarem presa ao sair da máquina, levando isso ao bloqueio da mesma.

### 4.3. Analisar

Esta fase tem como objetivo identificar as principais causas do problema em estudo. De forma a analisar o projeto com rigor, recorreu-se ao Diagrama de Ishikawa, presente na Figura 4.4. Esta ferramenta permite organizar as possíveis causas raiz do problema anteriormente identificado, as linhas soltas presentes nas luvas k7810209. O diagrama foi construído em brainstorming com a equipa e foi utilizado o método 6M. Este

método permite dividir as causas em 6 pontos chave: mão de obra, método, máquina, material, meio ambiente e medida.



**Figura 4.4-** Diagrama de Ishikawa

Como causas relacionadas com a mão de obra, foram sentidos problemas relativamente ao cansaço e à desmotivação dos operadores e das costureiras. Verificou-se, muitas das vezes, que por falta de tempo dos operadores ou por falta de experiência, estes não verificavam se existiam linhas soltas e também não alertavam os técnicos para que esses pudessem fazer as correções necessárias nas máquinas. Isto porque as luvas com linhas soltas nem sempre são consideradas como um problema para os operadores da tricotagem.

Quanto ao método de trabalho dos operadores, verificou-se que este é fortemente influenciado pelo elevado volume de trabalho, tendo isso um grande impacto na não correta inspeção das luvas, especificamente na não verificação das linhas soltas. O mesmo contributo para esta não inspeção sobrevém da elevada demora entre recolhas de luvas por máquina e o respetivo aumento do número de luvas acumuladas nos cestos das mesmas.

Foi observado que, o modelo da máquina, a manutenção realizada (exemplo: incorreta lubrificação e limpeza) na mesma e a programação tem um impacto significativo no número de linhas soltas presentes nas luvas.

Relativamente ao material em uso, especificamente os fios usados nas máquinas de tricotar, embora não tenham o maior impacto no defeito que tem sido supracitado, por vezes tem qualidade reduzida o que pode resultar num aumento de linhas.

No meio ambiente, são sentidos problemas relativamente ao barulho e o calor característicos do chão de fábrica. Também o layout das máquinas de tricotar e da área da costura afetam a distância percorrida pelos operadores e, conseqüentemente, o tempo disponível para verificação das luvas.

Por último, em relação à medida, como foi referido anteriormente, a falta ou incorreta manutenção e programação das máquinas pode estar na origem de grande parte das linhas soltas do artigo em estudo.

Conclui-se que, as linhas soltas presentes no artigo são influenciadas não só pelas máquinas, mas também pelos operadores. Na Figura 4.5 é apresentado um esquema resumido das principais causas do problema dividido pelos dois fatores em estudo: as máquinas e os operadores.

Em relação às máquinas de tricotar foi verificado que existem dois dispositivos presentes nestas que influenciam o número de linhas, são estes o tubo do ar e o *inserting*.

O tubo do ar, presente em todas as máquinas, tem como função soprar para o interior da luva as linhas soltas na zona dos dedos e entre dedos. No entanto, verificou-se que nem sempre este se encontrava a funcionar na perfeição. Devido, muitas das vezes, ao trabalho dos operadores que ao mudarem os fios da máquina ou ao mudarem algumas peças nas mesmas (Ex. agulhas) alteram a posição do tubo. Esta situação também pode ocorrer devido a desafinações provocadas pelo próprio movimento das máquinas. Estes dois problemas podem ser facilmente resolvidos pelos técnicos, porém, raramente isto acontece visto que, os operadores não alertam os técnicos para este problema. Desta forma, o problema é transferido para a zona da costura.

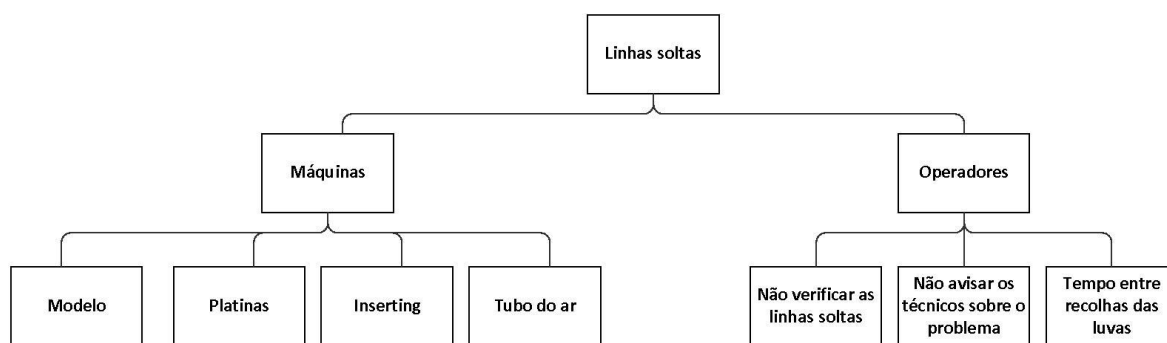
O segundo dispositivo é o *inserting*, cuja principal função é colocar para o interior da luva a linha solta na zona do punho. Verificou-se que nem todas as máquinas a produzir o artigo em estudo tinham este dispositivo.

Foi observado que a produzir o artigo existiam apenas máquinas de modelos mais antigos, as NSFG, no entanto, na maior parte das restantes células já se encontravam a funcionar modelos mais recentes, as SFGI que tem um significativo aumento do FPY de respetiva produção.



Por último, relativamente às máquinas, foi verificado que a produzir o artigo existiam algumas máquinas que estavam equipadas com platinas retas e outras com platinas redondas. Com o decorrer do tempo, a equipa técnica tem vindo a fazer uma progressiva transição para as platinas retas visto que, estas oferecem melhores resultados.

Em relação aos operadores, as principais causas relacionam-se com o seu método de trabalho que nem sempre envolve a verificação das linhas soltas, como foi referido anteriormente. Esta não verificação não permite que ocorra intervenção dos técnicos sempre que seria necessário. Para além disso, por vezes, o tempo entre recolhas é grande e desta forma deixa acumular o problema o que torna a inspeção mais difícil.



**Figura 4.5-** Causas Raiz do problema luvas com linhas soltas

#### 4.4. Melhorar

Depois de analisado o problema, é possível, na fase de melhorar do ciclo DMAIC, determinar possíveis soluções para o problema inicial.

Através do estudo realizado, são identificadas três oportunidades de melhoria que são testadas nesta fase. Na primeira oportunidade é avaliado o impacto da implementação de duas máquinas com os modelos SFGI. Na segunda oportunidade de melhoria, as luvas que tem linhas soltas chegam à costura separadas das que já estão limpas, sendo que as caixas com as luvas sem linhas soltas avançam diretamente para a fase de orlar. Por último, na terceira oportunidade de melhoria, a tarefa de cortar as linhas é transferida para o operador de tricotagem eliminando-se, desta forma, completamente a tarefa de cortar linhas na costura.

#### 4.4.1. Oportunidade de Melhoria 1: Situação 1

A primeira situação a ser estudada relaciona-se com os modelos das máquinas de tricotar. Como já foi referido anteriormente, verificou-se que modelos diferentes apresentam desempenhos diferentes. Teoricamente, sabe-se que, quanto mais recente for a máquina maior será o seu desempenho. Desta forma, pretende-se avaliar o desempenho destas novas máquinas em relação ao número de linhas do produto final.

Na situação atual apenas máquinas de modelos mais antigos estão em funcionamento para tricotar o artigo em estudo, as máquinas NSFG. A primeira oportunidade passa por introduzir 2 máquinas de tricotar de modelos mais recente, as SFGI, na célula e no plano de produção semanal. As máquinas número 695 e 696 foram introduzidas na área da tricotagem conforme o layout apresentado na Figura 4.6.

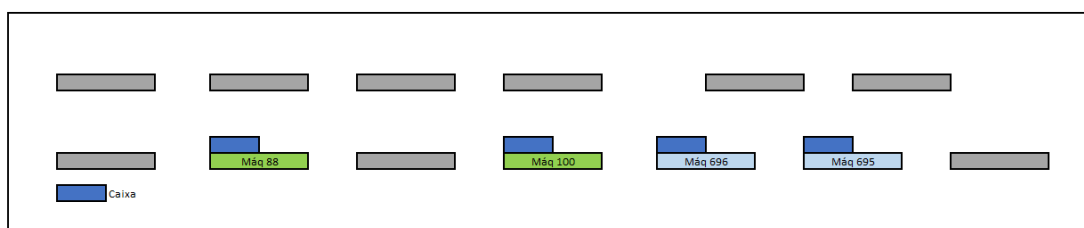


Figura 4.6- Layout da situação oportunidade de melhoria 1

Para representar a situação atual da fábrica foram selecionadas as máquinas 88 e 100, modelos NSFG. Pretende-se que estas máquinas sirvam de comparação com a nova situação em estudo, as máquinas SFGI. As diferenças entre as máquinas podem ser observadas na Tabela 4.9 sendo que, para além do modelo, as quatro máquinas em estudo vão diferir na presença ou não do *inserting* e no tipo de platinas.

Tabela 4.9- Características das máquinas

<i>Máquina</i>	<b>88</b>	<b>100</b>	<b>695</b>	<b>696</b>
<b>Modelo</b>	NSFG	NSFG	SFGI	SFGI
<b>Platinas</b>	Redondas	Retas	Retas	Retas
<b>Inserting</b>	Não	Sim	Sim	Sim
<b>Tubo do ar</b>	Sim	Sim	Sim	Sim

Para ser possível fazer uma análise dos outputs de cada máquina e uma comparação das duas situações foi pedido aos operadores para separarem por máquina as luvas produzidas. Para tal, à frente de cada máquina, foi colocada uma caixa devidamente identificada como é possível verificar na Figura 4.7.



**Figura 4.7** - Organização das caixas para a oportunidade de melhoria 1

Sempre que a caixa ficava completa seguia para a costura, como era habitual, mas, foi pedido às costureiras para registarem por cada caixa:

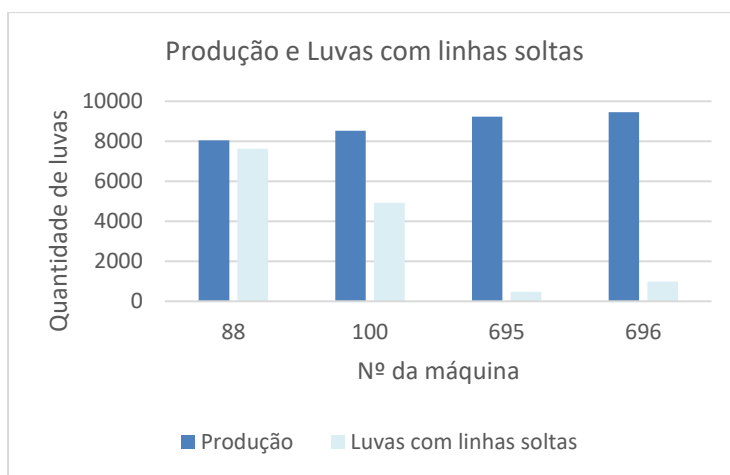
- O número de luvas que tinham linhas soltas;
- O número de luvas que estavam limpas;
- A quantidade de luvas com defeitos;
- O tempo que demoravam a limpar as luvas com linhas soltas.

Através da Tabela 4.10, é possível verificar por máquina o resultado dos registos efetuados ao longo das cerca das 4 semanas do estudo.

**Tabela 4.10-** Resultados da oportunidade de melhoria 1 por máquina

<i>Máquina</i>	<b>Produção</b>	<b>Luvas com linhas soltas</b>	<b>Luvas sem linhas soltas</b>	<b>Luvas com Defeitos</b>	<b>FPY</b>
<b>88</b>	8050	7636	243	171	3,02%
<b>100</b>	8526	4927	3394	205	39,81%
<b>695</b>	9238	471	8673	94	93,88%
<b>696</b>	9461	996	8358	107	88,34%

No Gráfico 4.6 é possível verificar que com a introdução das máquinas novas, para além de ter ocorrido uma grande diminuição na percentagem de luvas com linhas soltas, ocorreu também um ganho significativo de produção.



**Gráfico 4.6-** Produção e luvas com linhas soltas por máquina

Com a análise feita por máquina, e através do baixo FPY obtido com a máquina 88, é possível concluir que as platinas retas serão as mais adequadas para produzir o artigo em estudo. As platinas redondas também podem servir de justificação para a diferença de produção entre as máquinas 100 e 88. Foi verificado que estas platinas originavam uma maior tensão no fio o que resultava num aumento da frequência com que os fios partiam.

Seguidamente, é feita uma análise de situações. Considera-se que a situação atual é composta pelas máquinas 88 e 100 e a nova situação pelas máquinas mais recentes, as máquinas número 695 e 696. Desta forma, é obtida Tabela 4.11.

**Tabela 4.11-** Resultados hipótese de melhoria 1

<i>Situação</i>	<b>Produção (luvas)</b>	<b>Luvas com Defeitos</b>	<b>% Defeitos</b>	<b>Luvas com linhas soltas</b>	<b>FPY</b>
<b>Atual</b>	16576	376	2,27%	12563	21,94%
<b>Nova</b>	18699	201	1,07%	1467	91,08%

No Gráfico 4.7, é possível verificar o aumento de produção com a nova situação assim como a diminuição da percentagem de luvas com linhas soltas. Estes resultados devem-se não só ao facto de as duas máquinas estarem equipadas com platinas retas e com

o dispositivo *inserting*, mas também, à elevada eficiência das máquinas novas que implicam menos paragens e uma maior qualidade do produto.

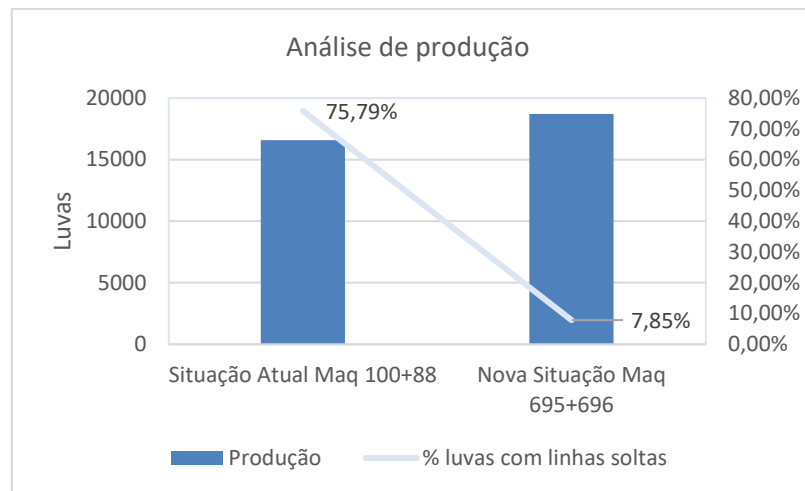


Gráfico 4.7 - Análise de situações

Através da implementação das máquinas novas, ou seja, da nova situação consegue-se:

- Uma diminuição de 89,65% do número de luvas com linhas soltas;
- Um aumento de 12,81% da produção;
- Um aumento de 315,11% do FPY;
- Diminuição de 6 segundos do tempo de ciclo da tarefa de cortar linhas;
- E, por último, uma diminuição de 53% das luvas com defeitos sendo que o DPU diminuiu de 0,023 para 0,011.

Foi, também, possível concluir que as platinas retas, o dispositivo *inserting* e os modelos de máquinas mais recentes permitem diminuir o número de linhas soltas presentes nas luvas tricotadas.

#### 4.4.2. Oportunidade de Melhoria 2: Situação 2

Apesar de ter sido atingido o objetivo com a primeira situação foi observado que a mentalidade dos operadores podia estar a influenciar negativamente os resultados. Notou-se que continuava a não existir a preocupação de avisar os técnicos caso o número de luvas com linhas soltas aumentasse. Por este motivo, algumas das caixas com luvas das máquinas novas apresentam um FPY muito mais baixo que a média. É possível verificar isto no

Gráfico 2.8 que compara a evolução do FPY ao longo dos registos das caixas de cada máquina analisadas para a situação 1. Verifica-se que a máquina 696 tem 3 caixas com um FPY mais baixo que o esperado. Desta forma, e para ser possível determinar o ganho de capacidade na costura, foi implementada a segunda oportunidade de melhoria. Este teste serviu, também, de passo introdutório para a oportunidade de melhoria 3.

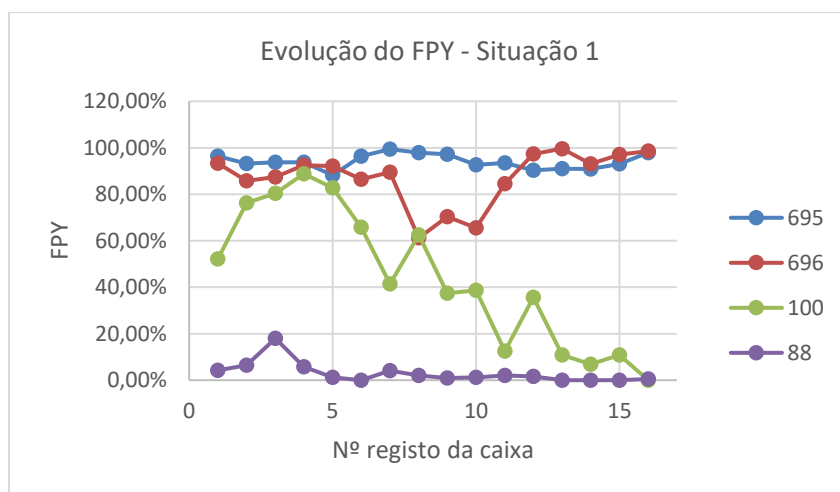


Gráfico 4.8- Evolução do FPY da oportunidade de melhoria 1

Na situação 2, testou-se o impacto de ao invés de todas as luvas serem transportadas para a zona da costura ocorrer uma inspeção na tricotagem de modo a separar, em duas caixas distintas, as luvas com e sem linhas soltas. Através desta inspeção pretende-se que apenas as luvas que tenham linhas soltas passem pelas costureiras evitando, assim, que ocorra o desperdício de tempo verificado anteriormente.

Esta análise foi feita para as duas máquinas novas. Perto das máquinas foram colocadas 2 caixas. Uma das caixas continha a etiqueta “luvas sem linhas soltas máquina 695” e na outra “luvas com linhas soltas máquina 695”, Figura 4.8. O mesmo foi feito para a máquina 696. Desta forma, ao obrigar os operadores a fazer a inspeção, pretendia-se que houvesse uma maior consciencialização dos mesmos para o problema e conseguir-se-ia diminuir ainda mais o número de luvas com linhas soltas. Para além disto, pretende-se testar o impacto da diminuição da quantidade de WIP acumulado na costura assim como o trabalho das costureiras.



**Figura 4.8** - Divisão das luvas: oportunidade de melhoria 2

Durante uma semana as caixas passaram igualmente pela costura para confirmar que a separação que os operadores estavam a fazer era 100% fiável. Os resultados podem ser observados na Tabela 4.12.

**Tabela 4.12**- Resultados hipótese de melhoria 2

<i>Máquina</i>	<b>Luvas sem linhas soltas</b>	<b>Luvas com linhas soltas</b>	<b>Luvas com Defeitos</b>	<b>Tempo para limpar na costura</b>	<b>FPY</b>	
<b>695</b>	2444	217	13	00:28:30	91,40%	92,67%
<b>696</b>	2495	154	7	00:15:05	93,94%	

Conclui-se que, com a implementação da situação 2, é possível aumentar o FPY de 91,08% (obtido na oportunidade de melhoria 1) para 92,67%. Assumindo o tempo de ciclo da tarefa de cortar linhas 10 segundos (situação das máquinas antigas) conclui-se que se ganha na costura semanalmente cerca de 7h de capacidade por máquina de tricotar. Em relação ao WIP, para a produção das duas máquinas, sabe-se que em 12 caixas com luvas produzidas apenas 1 caixa passou pelas costureiras com linhas para cortar, sendo que as restantes 11 podiam avançar diretamente para a fase de orlar. Confirma-se, assim, o sucesso da implementação da situação 2.

#### 4.4.3. Oportunidade de Melhoria 3: Situação 3

É concluído, com o teste 2, que por turno em média aparecem cerca de 20 luvas com linhas soltas nas duas máquinas em estudo. Com o mesmo teste foi possível verificar que se estava a conseguir mudar o método de trabalho dos operadores e que estes já reconheciam as linhas soltas como um problema. Observando o trabalho dos operadores verificou-se, também, que havia capacidade para estas luvas, com linhas soltas, serem limpas na tricotagem. Deste modo, surge a oportunidade de melhoria 3.

Na terceira situação, contrariamente ao que acontece na situação atual, o operador que recolhe a luva das máquinas na tricotagem vai também cortar as linhas soltas que aparecem. Deste forma, as luvas quando chegam à costura vão diretamente para a fase de orlar. Testa-se, assim, a hipótese de eliminar por completo a tarefa de cortar linhas e libertar as costureiras para, por exemplo, orlar as luvas. De modo a ser possível avaliar o desempenho dos operadores, foi pedido a cada um para fechar a caixa com as luvas no final de cada turno. Esta terceira situação foi realizada durante 1 semana e obtiveram-se os dados presentes na Tabela 4.13.

**Tabela 4.13-** Registos da hipótese de melhoria 3

<b>Registo</b>	<b>Dia</b>	<b>Turno</b>	<b>Luvras com linhas soltas</b>	<b>Luvras sem linhas soltas</b>
1	16/mai	14-22h	0	230
2	17/mai	22-6h	0	269
3	17/mai	6-14h	0	233
4	17/mai	14-22h	0	252
5	18/mai	22-6h	0	237
6	18/mai	6-14h	0	228
7	18/mai	14-22h	4	230
8	19/mai	22-6h	0	234
9	19/mai	6-14h	12	221
10	19/mai	14-22h	2	234
11	20/mai	22-6h	5	248
12	20/mai	6-14h	0	234
13	20/mai	14-22h	0	235
14	21/mai	22-6h	0	243
15	21/mai	6-14h	0	244
16	21/mai	14-22h	0	252
17	22/mai	22-6h	0	235
18	22/mai	6-14h	0	252
19	22/mai	14-22h	0	245
20	23/mai	22-6h	0	240



Conclui-se com este teste que, efetivamente, existia capacidade para a tarefa de cortar linhas ser transferida para a tricotagem e que, como mencionado anteriormente as linhas soltas eram, nesta fase, já reconhecidas como um problema que necessita de intervenção dos técnicos nas máquinas de tricotar.

Na Anexo A, é possível observar o mapeamento das 2 situações referidas anteriormente: da separação das luvas com linhas soltas e da transferência da tarefa de cortar linhas para a tricotagem.

Conclui-se com os três testes realizados que é possível eliminar por completo a fase de cortar linhas na costura caso as máquinas NSFG fossem substituídas pelas máquinas SFGI, para o artigo em estudo. Como em média se encontram a tricotar o artigo 4 máquinas e, mesmo com o aumento de 2 segundos no tempo de ciclo da tarefa recolher luvas mais cortar linhas na tricotagem, observou-se que existia capacidade para os operadores realizarem esta tarefa. Isto deve-se ao facto de as máquinas SFGI necessitarem de menos intervenções dos operadores quando comparadas com os modelos em uso. Deste modo, é libertada capacidade no trabalho dos operadores. No entanto, caso esta implementação seja estendida para artigos semelhantes será necessário avaliar o número de máquinas pelo qual o operador pode estar responsável de modo a não comprometer a qualidade da produção.

#### **4.4.4. Análise Financeira**

Para os cálculos da análise financeira foi usada a produção anual dos seguintes artigos:

- K78102 no tamanho 7 e 9;
- K78202 no tamanho 7 e 9;
- K78403 no tamanho 7, 8 e 9.

A análise é realizada para estes artigos visto que, o problema em estudo é comum a todos e são artigos muito semelhantes em termos de processo produtivo. Importante reforçar que a intenção da empresa com este estudo do artigo k7810209 é estender para os artigos acima referidos. A produção dos artigos por cada tamanho no período de junho 2021 a maio 2022 pode ser observada na Tabela 4.14.

**Tabela 4.14-** Produção em pares de junho 2021 a maio 2022

<i>Produção junho 2021 a maio 22 pares</i>	
<i>k7810207</i>	87 043,00
<i>k7810209</i>	205 103,00
<i>k7820207</i>	42 564,50
<i>k7820209</i>	129 848,00
<i>k7840307</i>	48 556,00
<i>k7840308</i>	70 295,50
<i>k7840309</i>	19 031,00
<b>Total</b>	<b>602 441,00</b>

Com a situação 1, ou seja, com a implementação das novas máquinas sabe-se que, ocorre uma diminuição em 6 segundos do tempo de ciclo da tarefa de cortar linhas.

Sabendo-se o custo por hora de uma costureira, é possível estimar que esta redução do tempo de ciclo conduz a um ganho, para o período e artigos em análise, de 12 912,32€. Com a eliminação por completo da tarefa de cortar linhas a poupança seria de 10 segundos por luva o que representaria, considerando o custo por hora de uma costureira, a uma poupança anual de 21 520,53€.

O resumo dos resultados obtidos para cada situação pode ser observado no Anexo B.

Por motivos de confidencialidade o valor de custo por hora dos recursos humanos não é indicado na análise anterior e foi ocultado dos dados do Anexo B.

## 4.5. Controlar

Durante a realização da presente dissertação não houve a possibilidade da implementação das oportunidades de melhoria estudadas. Por este motivo, não será possível realizar a última etapa do ciclo DMAIC, a fase de controlar.

No entanto sabe-se que, para a sustentabilidade dos resultados, é necessário um controlo futuro da qualidade do artigo e do desempenho dos operadores. Por este motivo, caso a tarefa de cortar linhas seja eliminada, será necessário que a tarefa de inspeção das linhas soltas seja adicionada à tarefa de embalar. Desta forma, pretende-se garantir que as luvas chegam ao cliente, com uma maior certeza, sem linhas soltas e com a qualidade esperada. Deve existir um registo do controlo realizado nesta fase. Ou seja, devem ser

registadas as luvas que contêm linhas soltas assim como o respetivo lote. Com isto, pretende-se que os operadores sejam alertados sobre o seu desempenho na tricotagem e pretende-se ainda saber se há necessidade de treino adicional. Por este motivo, as caixas devem continuar a corresponder às luvas recolhidas por apenas um operador, ou seja, cada operador deve fechar a caixa no final do seu turno e identificar na folha do lote o seu número de funcionário.

## 5. ANÁLISE DE PRODUÇÃO

### 5.1. Ganhos de produção

Após a análise de todos os dados e dos resultados obtidos no ciclo DMAIC foi observado que houve um ganho significativo de produção que merecia ser estudado.

Com a implementação das novas máquinas, a máquina número 695 e 696, avaliando períodos iguais obteve-se os dados presentes na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1-** Análise de produção

Situação	Luvas		% Defeitos	DPU
	Produção	Defeitos		
<b>Situação Atual Maq 100+88</b>	16576	376	2,27%	0,023
<b>Nova Situação Maq 695+696</b>	18699	201	1,07%	0,011

Conclui-se que, para além de a produção ter sofrido um aumento de 12,81% o número de defeitos por unidade diminui de 0,023 para 0,011 nas novas máquinas. Por este motivo, foi feita uma análise das causas deste aumento e de possíveis oportunidades de aumentar, ainda mais, a produção nas novas máquinas.

Analisando primeiramente as máquinas verificou-se que as máquinas novas (modelos mais recentes) permitem tempos de ciclo de tricotar menor, logo maior produção. Isto deve-se, maioritariamente, às suas velocidades de tricotar, que podem ser mais elevadas sem comprometer a qualidade do produto final. As máquinas em estudo apresentam os tempos de ciclo registados na Tabela 5.2.

**Tabela 5.2-** Análise do tempo de ciclo

<i>Máquina</i>	<i>Tempo de ciclo (segundos)</i>
<b>88</b>	256
<b>100</b>	253
<b>695</b>	221
<b>696</b>	221

Seguidamente, como foi concluído no capítulo 3.2, na fase de medir do ciclo DMAIC, o principal defeito no artigo é: luva com falta de fio. Por este motivo, pretende-se analisar o impacto da introdução de um sensor de paragem nas máquinas de modo a diminuir a percentagem do defeito em questão.

Sabe-se que o tempo de paragem das máquinas e a quantidade de defeitos tem impacto na produção.

Em relação aos operadores foi verificado que a falta de registo das intervenções nas máquinas tem um grande impacto na produção. Por exemplo, o elástico partia mais que uma vez seguida na mesma máquina. No entanto, devido à falta de registos, o operador não tem noção das frequências e não alerta os técnicos. Por último, o tempo entre recolhas dos operadores pode aumentar o número de defeitos produzidos pela máquina de tricotar.

Esta análise pode ser observada na Figura 5.1.

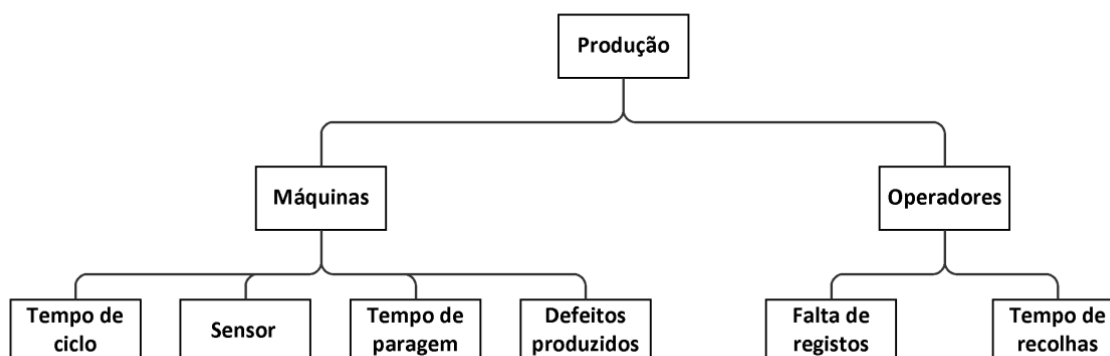


Figura 5.1- Análise dos fatores que influenciam a produção

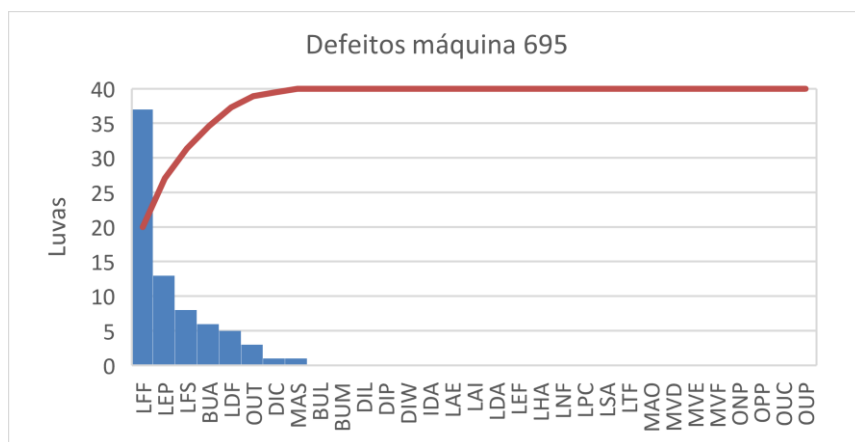
### 5.1.1. Estudo do sensor

Para alguns dos artigos produzidos são usados nas máquinas sensores de paragem. Estes sensores têm como objetivo parar a máquina caso seja detetada falta de fio ou fio com zonas mais espessas. Desta forma, para analisar o impacto de adicionar sensores à célula de produção, foi introduzido um sensor na máquina 695 e no mesmo período, foi comparada a produção e o número de defeitos com a máquina 696. Os resultados encontram-se na Tabela 5.3.

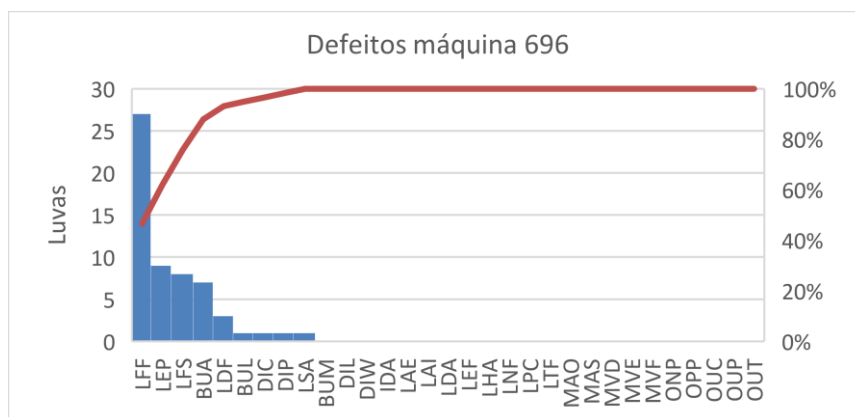
**Tabela 5.3-** Análise da produção com sensor

Máquina	Produção	Defeitos	DPU
695	9238	94	0,010
696	9461	107	0,011

Analisando o tipo de defeito para cada uma das máquinas obtém-se os Gráficos 5.1 e 5.2.



**Gráfico 5.1-** Frequência de defeitos máquina 695



**Gráfico 5.2-** Frequência de defeitos máquina 696

Analisando apenas o defeito LFF, falta de fio, obtém-se a Tabela 5.4.

**Tabela 5.4-** Análise do defeito falta de fio

<b>Máquina</b>	<b>Defeitos LFF</b>	<b>DPU LFF</b>
<b>695</b>	16	0,0017
<b>696</b>	10	0,0011

Conclui-se que o sensor não foi eficaz, nem para uma diminuição significativa de defeitos totais, nem para a diminuição do defeito específico de falta de fio, visto ter ocorrido uma diminuição da produção e um aumento do DPU. Isto dever-se-á ao fato da sensibilidade do sensor ser demasiado elevada para o artigo em estudo, logo a máquina para desnecessariamente, o que leva a crer que não seja vantajoso o uso deste sistema.

### 5.1.2. Estudo do número de máquinas

Como consequência do ganho de produção pode ocorrer a diminuição do número total de máquinas. Isto justifica-se caso a empresa entenda que para o número de encomendas não seja vantajoso aumentar a produção, mas sim, libertar capacidade dos operadores. Para o efeito e, como foi referido anteriormente, sabe-se que, é pretendido pela empresa que este estudo seja reproduzido noutros artigos semelhantes. Desta forma, fez-se a análise para 35 máquinas de tricotar presente na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5-** Análise de produção das máquinas antigas e novas

<b>Situação</b>	<b>Atual</b>	<b>Nova</b>
<b>Produção média diária/máquina (luvas)</b>	317	358
<b>% Defeitos</b>	2,27%	1,07%
<b>Luvras boas produzidas/semana/máquina</b>	2169	2479
<b>Luvras boas produzidas/ 35 máquinas numa semana</b>	75932	86768

Assumindo que a produção necessária para o tempo em estudo é a produção da situação atual, retirou-se à nova situação a produção de 1 máquina de cada vez como se pode verificar na tabela 5.6.

**Tabela 5.6-** Análise do número de máquinas

	<b>Menos 1 Máquina</b>	<b>Menos 2 Máquinas</b>	<b>Menos 3 Máquinas</b>	<b>Menos 4 Máquinas</b>	<b>Menos 5 Máquinas</b>
<b>Luvras produzidas na tricotagem</b>	84289	81810	79331	76851	74372

Conclui-se que a produção com menos 5 máquinas é inferior à produção total da situação atual. Desta forma, para produzir o mesmo que 35 máquinas do modelo NSFG são necessárias apenas 31 máquinas SFGI.

### 5.1.3. Análise financeira

Sabe-se que com as máquinas novas ocorre um aumento de 12,81% e uma diminuição de 53% dos defeitos. Assim, foi feita a seguinte análise para os artigos k78102/202 e k78403, Tabela 5.7.

**Tabela 5.7-** Percentagem de defeitos

<b>Tipo de artigo</b>	<b>% Defeito</b>	
	<b>Situação Atual</b>	<b>Situação Nova</b>
<b>k78102/202</b>	2,27%	1,07%
<b>k78403</b>	2,46%	1,16%

Analisando a produção anual contabilizou-se o ganho financeiro do aumento de produção. A análise foi organizada na Tabela 5.8. Os valores ganho/par são valores conhecidos pela empresa.

**Tabela 5.8-** Análise financeira do aumento de produção

<b>Artigo</b>	<b>Produção 2021 pares</b>	<b>Ganho produção anual pares</b>	<b>Ganho/par (recovery)</b>	<b>Ganho</b>
k7810207	87 043,00	11 030	0,52	5 735,68 €
k7810209	205 103,00	25 991	0,52	13 515,23 €
k7820207	42 564,50	5 394	0,6537	3 525,93 €
k7820209	129 848,00	16 454	0,6537	10 756,27 €
k7840307	48 556,00	6 148	0,472	2 901,66 €
k7840308	70 295,50	8 900	0,495	4 405,49 €
k7840309	19 031,00	2 409	0,518	1 248,11 €
<b>Total</b>	602 441,00			42 088,37 €



Conclui-se que, com o aumento de produção se consegue um ganho anual de 42 088, 37 €. No entanto sabe-se que a este ganho ainda se pode juntar o ganho pela diminuição de defeitos, presente na Tabela 5.9.

**Tabela 5.9-** Análise financeira da diminuição dos defeitos

Artigo	Produção 2021 pares	Produção boa 2021	Produção boa - nova situação	Ganho pares de defeito	Custo defeitos €/par	Total ganho regete
k7810207	87 043,00	85111	86121	1011	0,93	939,78 €
k7810209	205 103,00	200551	202932	2381	1,047	2 493,04 €
k7820207	42 564,50	41620	42114	494	1,147	566,79 €
k7820209	129 848,00	126966	128473	1507	1,25	1 884,33 €
k7840307	48 556,00	47390	47999	609	0,657	400,12 €
k7840308	70 295,50	68608	69489	882	0,725	639,21 €
k7840309	19 031,00	18574	18813	239	0,773	184,51 €
<b>Total</b>	<b>602 441,00</b>	<b>588819</b>	<b>595942</b>	<b>7123</b>		<b>7 107,78 €</b>

Obtém-se desta forma, um ganho final de 49 196,15 €, considerando apenas o ganho de produção e a diminuição de defeitos. No entanto, para ocorrer este ganho é necessário o investimento em máquinas novas. Tendo em consideração a produção em estudo sabe-se que foram necessárias 12 máquinas a funcionar 320 dias por ano para se atingir os mais de 602 mil pares anuais. Tendo em conta os custos das 12 máquinas novas, presente na Tabela 5.10, e o lucro obtido sabe-se que são necessários 150 800,00 € de investimento que é recuperado em 3,07 anos.

**Tabela 5.10-** Custo das máquinas novas

Descrição	Preço (EUR)
Shima SFGI	12 250,00 €
Instalação	150,00 €
Transporte (até 20 maq)	2 000,00 €
<b>Custo de 12 máquinas</b>	<b>150 800,00 €</b>

O resumo da análise feita para os ganhos de produção pode ser observado no Anexo C.

## 5.2. Eliminar tarefa de orlar na costura

Foi observado que, com a implementação das máquinas SFGI, era possível eliminar a tarefa de orlar na costura e serem as próprias máquinas a realizar essa tarefa. Deste modo, é avaliado se esta alteração será vantajosa em termos financeiros.

Inicialmente, foram tricotadas algumas luvas teste do artigo k7810209 e k7820209, para averiguar o aumento do tempo de ciclo da tarefa de tricotar. Através do teste foi concluído que com a eliminação da tarefa de orlar na costura (que demora 7 segundos), na tricotagem, ocorre um aumento de 5 segundos do tempo de ciclo das máquinas de tricotar.

Com os dados obtidos anteriormente foi calculado o OEE para cada modelo das máquinas e foram obtidos os dados presentes na Tabela 5.11.

**Tabela 5.11-** OEE das máquinas

	<b>NSFG</b>	<b>SFGI</b>
<b>OEE</b>	85,73%	97,97%

Assumindo o tempo de ciclo obtido no teste e o OEE calculado, sabe-se que, com 12 máquinas para além do ganho de eliminar a tarefa de orlar na costura ainda se consegue um ganho de produção. É conhecido pela empresa que a eliminação desta tarefa tem um ganho por luva de 5 cêntimos. Desta forma, obtém-se um ganho total anual de 76 359,96 €.

## 5.3. Análise financeira

Conclui-se que, os maiores ganhos financeiros incidem na união das três mudanças no processo produtivo propostas ao longo da dissertação:

1. Substituição das máquinas de modelos antigos, NSFG para modelos mais recentes SFGI (teste realizado no capítulo DMAIC)
2. Com a diminuição do número de linhas soltas presentes nas máquinas mais recentes, estudo feito no capítulo do ciclo DMAIC, é possível transferir a tarefa de cortar linhas da costura para a tricotagem;
3. Por último, é possível eliminar a tarefa de orlar na costura e este passo passar a ser feito nas máquinas de tricotar

As alterações em termos de fluxo do processo e do tempo de ciclo das tarefas envolvidas podem ser observadas na Tabela 5.12, onde também se pode verificar a diminuição do tempo de processamento.

**Tabela 5.12-** Alterações nos tempos de ciclo k7810209

<b>Tarefa</b>	<b>Tempo de ciclo – Situação Atual</b>	<b>Tempo de ciclo – Nova Situação</b>
<b>Tricotar</b>	239	244
<b>Recolher luvas</b>	3	5
<b>Cortar linhas</b>	10	---
<b>Orlar</b>	7	---
<b>Embalar</b>	2	2
<b>Tempo de processamento</b>	261	251

É estimado que com esta esta situação de OLO (aureola feita nas máquinas) ocorre igualmente um ganho de produção, neste caso de 11,76%. Apesar do tempo de ciclo de tricotar aumentar, o tempo de paragem destas novas máquinas é muito menor quando comparando com modelo mais antigos. Desta forma, tem que se ter em conta o ganho de produção e o ganho pela diminuição dos defeitos (calculado anteriormente como sendo menos 53% em relação as máquinas antigas). Existe também um ganho da libertação da tarefa de cortar linhas e orlar na costura. Considerando todos estes ganhos, que podem ser observados mais detalhadamente no Anexo E, obtém-se um ganho anual de 103 474,70 € e um retorno do investimento das 12 máquinas em 1,46 anos.

## 6. CONCLUSÃO

A Ansell Portugal identificou um problema no processo produtivo de um dos seus artigos e a presente dissertação teve como objetivo apresentar soluções para resolver ou pelo menos minimizar o problema.

Para o caso de estudo foi aplicada a metodologia DMAIC com o objetivo de reduzir em 80% as linhas soltas presentes nas luvas Versa Touch 78-102. Depois de analisado o problema e após a recolha de dados para a caracterização da situação atual, aferiu-se que as máquinas e o método de trabalho dos operadores seriam os principais causadores do problema. Desta forma, são apresentadas e testadas três oportunidades de melhoria. Na primeira oportunidade foi testado o impacto da implementação de máquinas de modelos mais recentes, as SFGI. Na segunda oportunidade foi testada a possibilidade de os operadores da tricotagem separarem as luvas em caixas distintas. Pretendia-se que apenas as luvas com linhas soltas passassem pelas costureiras para cortar linhas. Por último, como se verificou haver capacidade para tal, foi testado o impacto de serem os operadores da tricotagem a cortar as linhas soltas para se averiguar a possibilidade de ser eliminada, por completo, a tarefa de cortar linhas na costura.

Foi concluído que era, efetivamente, possível eliminar por completo a tarefa de cortar linhas na costura, eliminando assim a fase do processo que não acrescentava valor à empresa. Foi obtida uma diminuição de 89,65% das luvas com linhas soltas, tendo sido atingido o objetivo inicial. Para além do objetivo principal, conseguiu-se um aumento de 12,81% da produção, uma diminuição de 53% da quantidade de defeitos e um aumento de 315,11% do FPY. Em termos financeiros, foi analisado o impacto destas alterações no processo tendo em conta a produção não só do artigo em estudo, mas também deste em conjunto com mais dois que lhe são semelhantes. Foram realizados cálculos onde se aferiu que para ser atingida a produção do ano anterior seria necessário um investimento de 150 800,00 € em 12 máquinas e onde o *payback* seria de 3,07 anos (assumindo um ganho anual de 49 196,15 €).

Por último, foram testadas mais hipóteses de melhoria do processo de forma a aumentar os ganhos financeiros. Foi concluído que para além de se eliminar a tarefa de cortar linhas soltas, as máquinas novas permitiam eliminar a tarefa de orlar, também realizada na costura.

Depois de analisadas as conclusões retiradas do ciclo DMAIC e das restantes hipóteses testadas no capítulo da produção constatou-se que os maiores ganhos financeiros resultavam das seguintes alterações do processo:

- Implementação de máquinas mais recentes, as SFGI;
- Eliminação da tarefa de cortar linhas na costura;
- Eliminação da tarefa de orlar da costura.

Com estas mudanças prevê-se um ganho anual de 103 474,70 € e o período de recuperação do investimento diminuiria para 1,46 anos. Para além do ganho financeiro que a empresa consegue obter, é possível também, libertar operadores que podem agora desempenhar outras funções na empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

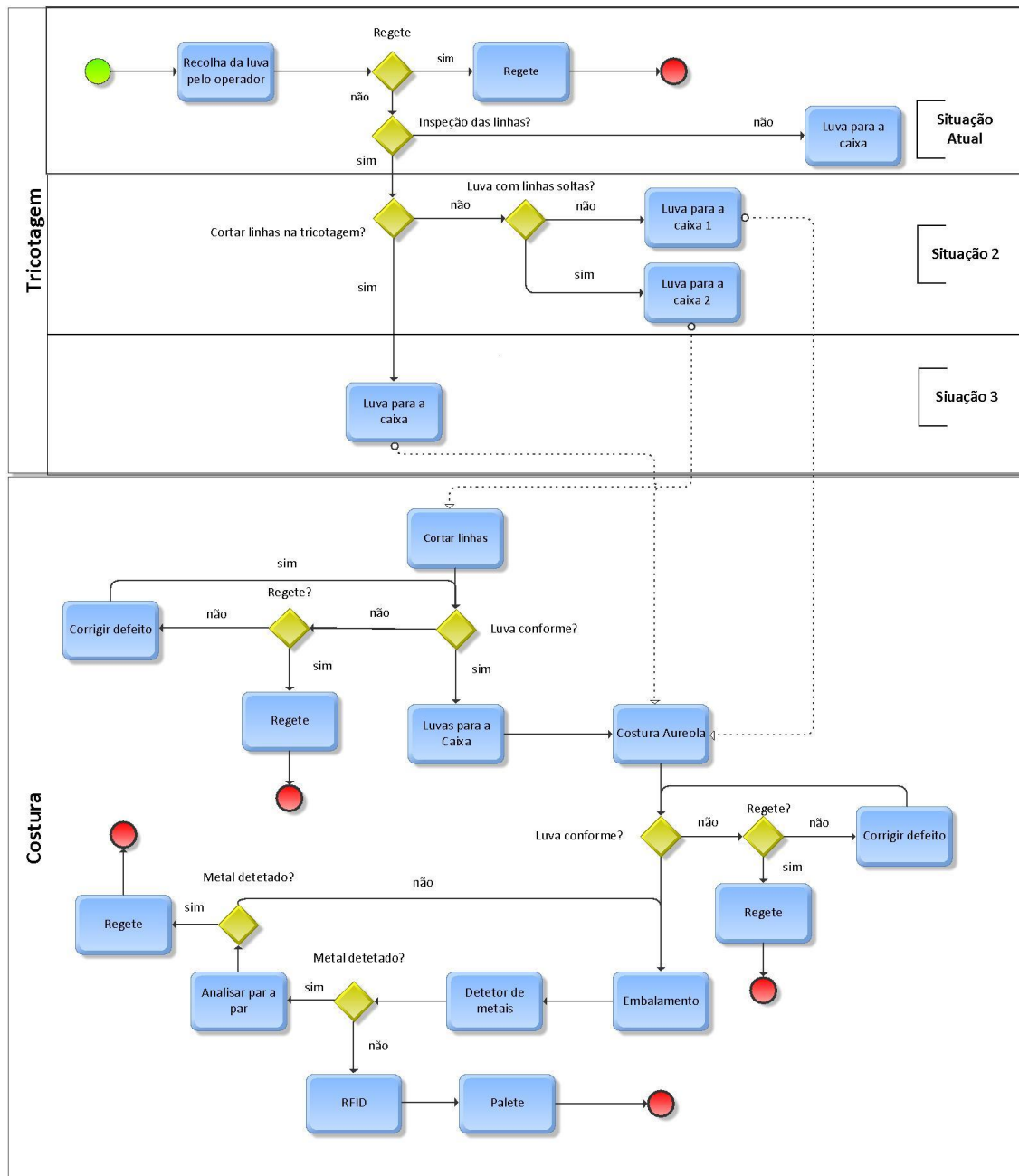
- Antony, J., Childe, G. (2011), “Case study in Six Sigma methodology: manufacturing quality improvement and guidance for managers”, *Production Planning & Control*, Vol.23, No.8, pp. 624-640.
- Azizi, A., (2015), “Evaluation Improvement of Production Productivity Performance using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance”, *2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference*, pp. 186-190.
- Bortolotti, T., Boscari, S., Danese, P. (2015), “Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices”, *Int. J. Production Economics*, Vol. 160, pp. 182-201.
- Brady, J., Allen, T. (2006) “Six sigma literature: a review and agenda for future research”, *Quality and reliability engineering international*, Vol. 22, pp. 335-367.
- Chen, M., Lyu, J. (2010), “A Lean Six-Sigma approach to touch panel quality improvement”, *Production Planning and Control*, Vol.20, No. 5, pp. 445-454.
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., Benhida, K. (2016), “The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 139, pp. 828-846.
- Desai, T., Shrivastava, R. (2008), “Six Sigma – A New Direction to Quality and Productivity Management”, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, Vol.22-24.
- Filho, M., Boschi, A., Rentes, A., Thurer, M., Bertani, T. (2015), “Improving Hospital Performance by Use of Lean Techniques: An Action Research Project in Brazil”, *Quality Engineering*, Vol. 27, No. 2, pp. 196-211.
- Flifel, A., Zakić, N., Tornjanski, A. (2017), “Identification and selection of six sigma projects”, *Journal of Process Management – New Technologies, International*, Vol. 5, No. 2., pp.10-17.
- Hines, P., Holweg, M., Rich, N. (2004), “Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 24, No. 10, pp. 994-1011.
- Holtskog, H. (2013), “Continuous Improvement beyond the Lean understanding”, *Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013*, pp. 575-579.
- Jaffal M., Korkmaz, I., Ozceylan, E. (2017), “Critical Success factors for Six Sigma Implementation in Gaziantep Carpet companies”, *Industrial Engineering Letters*, Vol. 7, No. 2, pp. 83-92.

- Kumar, M., Antony, J., Singj, R., Tiwari, M., Perry, D. (2006), “Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study”, *Production Planning & Control*, Vol. 17, No. 4, pp. 407-423.
- Linderman, K., Schroeder, R., Zaheer, S., Choo, A. (2003.), “Six Sigma: a goal-theoretic perspective”, *Journal of Operations Management*, Vol. 21, pp. 193–203.
- Mast, J., Lokkerbol, J. (2012), “An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 139, pp. 604-614.
- Pepper, M., Spedding, T. (2010), “The evolution of Lean Six Sigma”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27, No. 2, pp. 138-155.
- Purba, H., Nindiani, A., Trimarjoko, A., Jaqin, C., Hasibuan, S., Tampubolon, S. (2021), “Increasing Sigma levels in productivity improvement and industrial sustainability with Six Sigma methods in manufacturing industry: A systematic literature review”, *Advances in Production Engineering & Management*, Vol. 16, No. 3, pp. 307–325.
- Ruben, R., Vinodh, S., Asokan, P. (2017), “Implementation of Lean Six Sigma framework with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm: a case study”, *Production Planning and Control*, Vol.28, No.15, pp. 1193-1211.
- Sanchez, L., Blanco, B. (2014), “Three decades of continuous improvement”, *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 25, No. 9, pp. 986-1001
- Shah,R., Ward, P. (2003), “Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance”, *Journal of Operations Management*, Vol. 21, pp. 129-149.
- Shah, R., Ward, P. (2007), “Defining and developing measures of lean production”, *Journal of Operation Management*, Vol.25, pp. 785-805.
- Silva, C., Ferreira, L., Thürer, M., Stevenson, M. (2016), “Improving the logistics of a constant order-cycle kanban system”, *Production Planning & Control*, Vol 27, Nos. 7-8, pp. 650-659.
- Snee, R. (2000)., “Impact of six sigma on quality engineering”, *Quality Engineering*, Vol. 12. No.3.
- Snee, R. (2010), “Lean Six Sigma”- getting better all the time”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol.1, No. 1, pp. 9-29.
- Smętkowska, M., Mrugalska, B. (2018), “Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 238, pp. 590-596.
- Thomas, A., Francis, M., Byard, R. (2016), “Implementing Lean Six Sigma to overcome the production challenges in an aerospace company”, *Production Planning and Control*, Vol. 27, Nos. 7-8, pp. 591-603.
- Trimarjoko, A., Purba, H., Nindiani, A. (2020), “Consistency of DMAIC phases implementation on six sigma method in manufacturing and service industry: a literature review”, *Management and Production Engineering Review*, Vol. 11, No. 4, pp. 34-45.

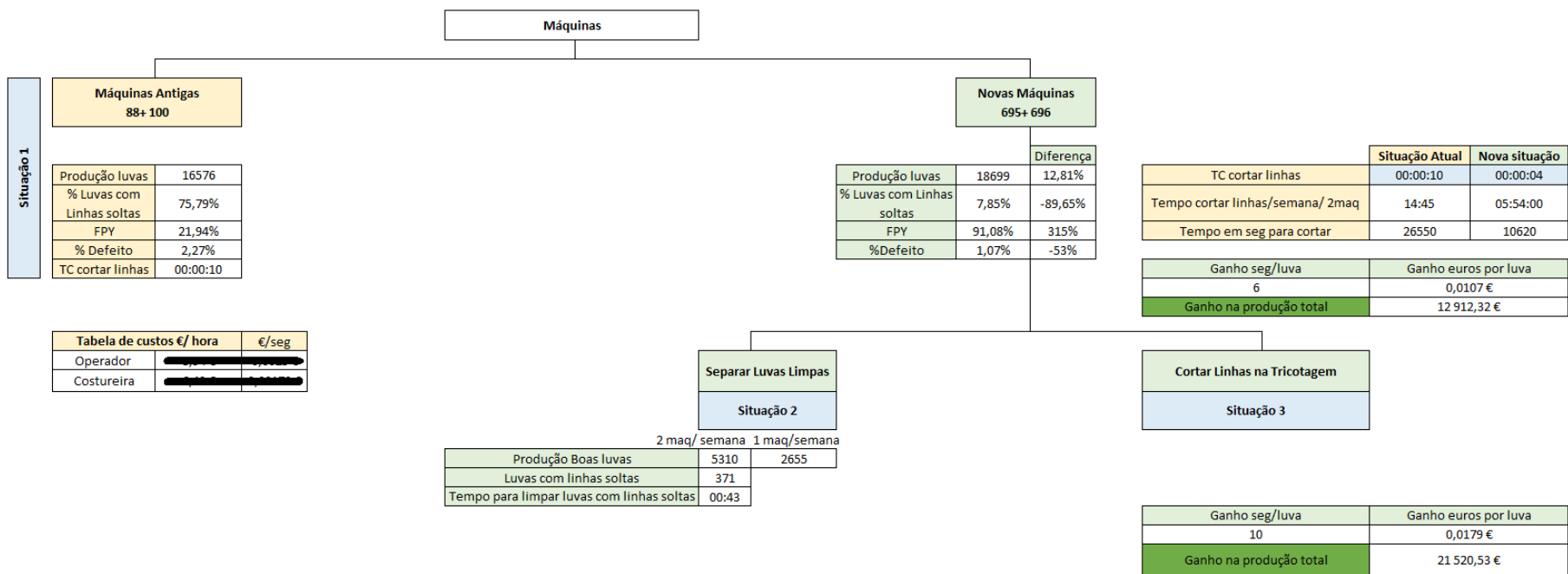
- Vinodh, S., Kumar, S., Vimal, K. (2012), “Implementing lean sigma in an Indian rotary switches manufacturing organisation”, *Production Planning and Control*, Vol. 25, No.4, pp. 288-302.
- Wang, F., Chen, K. (2010), “Applying Lean Six Sigma and TRIZ methodology in banking services”, *Total Quality Management*, Vol. 21, No.3, pp. 301-315.



## ANEXO A – MAPEAMENTO DO PROCESSO: SITUAÇÕES EM ESTUDO VS SITUAÇÃO ATUAL



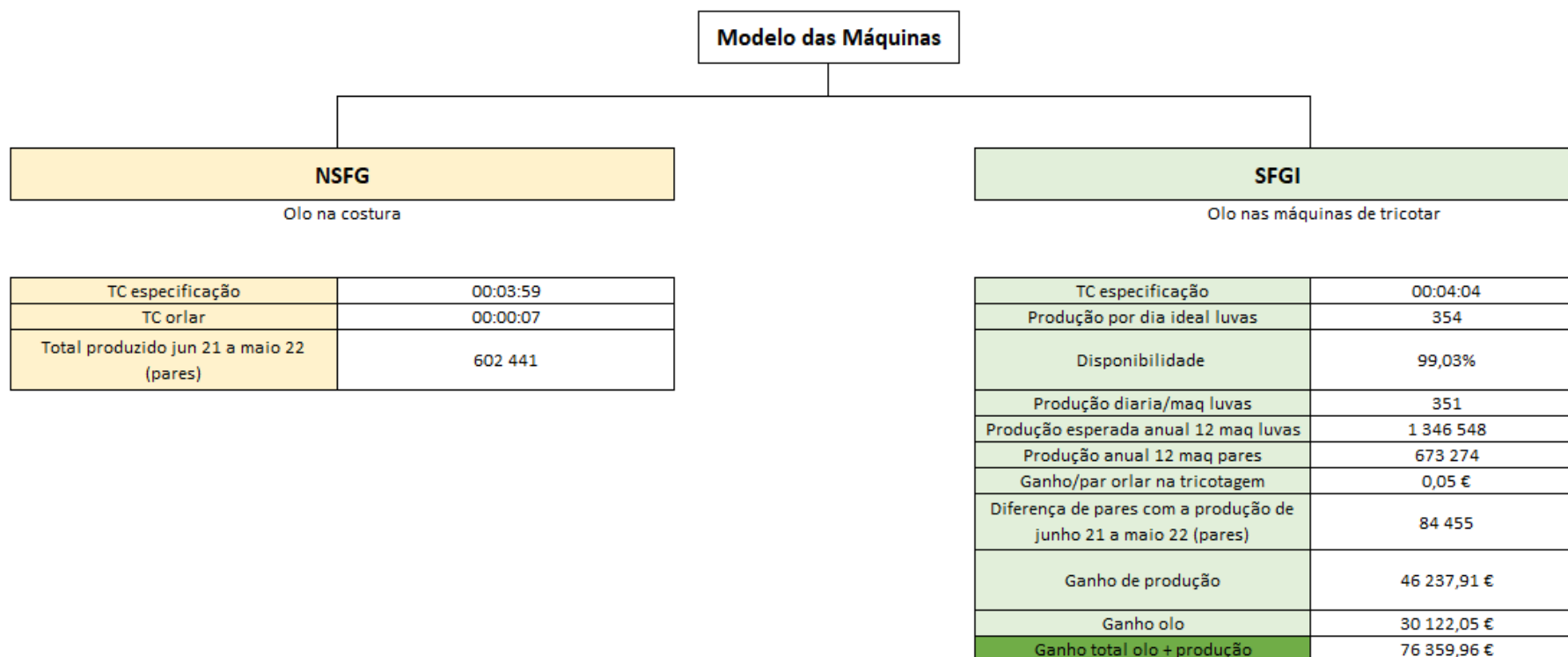
## ANEXO B - RESUMO DOS RESULTADOS DO CICLO DMAIC



## ANEXO C – RESUMO DOS GANHOS DE PRODUÇÃO

Máquinas							
Máquinas Antigas 88+ 100			Novas Máquinas 695+ 696				
junho 21 a maio 22							
k78102/202	% Defeito	2,27%					
k78403	% Defeito	2,46%					
			Aumento Produção		12,81%		
			k78102/202		% Defeito	1,07%	
			k78403		% Defeito	1,16%	
			Descrição		Preço (EUR)		
			Shima SFGI		12 250,00 €		
			Instalação		150,00 €		
			Transporte (até 20 maq)		2 000,00 €		
	<b>Produção 2021 pares</b>	<b>Produção boa 2021</b>	<b>Produção boa nova situação</b>	<b>Ganho pares de regete</b>	<b>Custo regete €/par</b>	<b>Total ganho regete</b>	
k7810207	87 043,00	85 111	86 121	1 011	0,93	939,78 €	
k7810209	205 103,00	200 551	202 932	2 381	1,047	2 493,04 €	
k7820207	42 564,50	41 620	42 114	494	1,147	566,79 €	
k7820209	129 848,00	126 966	128 473	1 507	1,25	1 884,33 €	
k7840307	48 556,00	47 390	47 999	609	0,657	400,12 €	
k7840308	70 295,50	68 608	69 489	882	0,725	639,21 €	
k7840309	19 031,00	18 574	18 813	239	0,773	184,51 €	
<b>Total</b>	<b>602 441,00</b>	<b>588 819</b>	<b>595 942</b>	<b>7 123</b>		<b>7 107,78 €</b>	
<b>Ganho com as novas máquinas</b>					<b>49 196,15 €</b>		
			Máquinas antigas				
			Pares produzido/dia/máquina				159
			Pares produzidos/ano/máquina				50720
			Nº máquinas necessárias para produzir o mesmo que de jun 21 a maio 22				12
			<b>Custo 12 máquinas novas</b>				150 800,00 €
			Payback das máquinas (anos)				3,07
			Ganho produção anual pares		ganho/par (recovery)	Ganho	
k7810207	11 030		0,52		5 735,68 €		
k7810209	25 991		0,52		13 515,23 €		
k7820207	5 394		0,6537		3 525,93 €		
k7820209	16 454		0,6537		10 756,27 €		
k7840307	6 148		0,472		2 901,66 €		
k7840308	8 900		0,495		4 405,49 €		
k7840309	2 409		0,518		1 248,11 €		
Ganho médio/par			0,547		42 088,37 €		

## ANEXO D – RESUMO DOS GANHOS COM A ELIMINAÇÃO DA TAREFA DE ORLAR NA COSTURA



## ANEXO E – ANÁLISE FINANCEIRA DO PROJETO

### Máquinas SFGI

Alterações no processo:

1. Implementação das novas máquinas
2. Eliminar tarefa de cortar linhas na costura
3. Eliminar tarefa de orlar na costura

Tempo de ciclo tricotar	00:04:04	
Produção por dia ideal pares	177	pares
Produção por 12 máquinas SFGI/ano	679 869	pares
Produção anual 12 máquinas NSFGI	602 441	pares
Disponibilidade das máquinas	99,03%	
Produção esperada por 12 máquinas SFGI/ano	673 274	pares
Aumento de produção	11,76%	

Ganho com a implementação das máquinas novas			
Artigo	Ganho produção anual pares	Ganho/par (recovery)	Ganho
k7810207	10 128	0,52 €	5 266,50 €
k7810209	23 865	0,52 €	12 409,68 €
k7820207	4 953	0,65 €	3 237,51 €
k7820209	15 108	0,65 €	9 876,40 €
k7840307	5 650	0,47 €	2 666,67 €
k7840308	8 179	0,50 €	4 048,72 €
k7840309	2 214	0,52 €	1 147,03 €
Ganho total do aumento dos 11,76%			38 652,52 €
Ganho da diminuição dos defeitos em 53% em relação às máquinas NSFGI			7 107,78 €
Ganho total			45 760,30 €

Ganho com a eliminação da tarefa de cortar linhas	
Ganho / luva	0,0179 €
Total ganho anual	24 050,70 €

Ganho com a eliminação da tarefa de orlar na costura	
Ganho / par	0,0500 €
Total ganho anual	33 663,71 €

Ganho total das 3 implementações	103 474,70 €
Custo de 12 máquinas	150 800,00 €
Payback das máquinas (anos)	1,46