

MELHORIA DA SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE COLAGEM UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE MARROQUINARIA DE LUXO

CARINA DANIELA TORRES PINTO

novembro de 2022

MELHORIA DA SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE COLAGEM UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE MARROQUINARIA DE LUXO

Carina Daniela Torres Pinto

1171047

2021/2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



MELHORIA DA SUSTENTABILIDADE NO PROCESSO DE COLAGEM UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE MARROQUINARIA DE LUXO

Carina Daniela Torres Pinto

1171047

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva e Coorientação da Doutora Isabel Cristina Mendes Pinto e do Doutor Arnaldo Guedes Pinto.

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutor Rui Pedro Cardoso da Silva Martinho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador com Agregação, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutora Isabel Cristina Silva Barros Rodrigues Mendes Pinto

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Carla Alexandra Soares Gerales

Professor Adjunto, Instituto Politécnico de Bragança

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Francisco Silva, pela dedicação, disponibilidade e conhecimento transmitido ao longo de todo o desenvolvimento desta dissertação.

À ATEPELI – Ateliers de Portugal pela oportunidade de estágio e de realização do meu projeto na empresa.

Ao meu orientador na ATEPELI – Ateliers de Portugal, pelo acompanhamento e apoio dado ao longo de todo o meu estágio.

Às minhas colegas de estágio, em especial à Joana Monteiro, com quem tive a oportunidade de partilhar todo o meu percurso académico, assim como o estágio. Muito obrigado pelo companheirismo e suporte em todos os momentos do nosso percurso.

A todos os meus colegas que me acompanharam ao longo destes anos.

Em especial à minha família, por toda a ajuda não só nesta fase como em toda o meu percurso académico.

PALAVRAS-CHAVE

Seis *Sigma*; DMAIC; Sustentabilidade; Processo de colagem; Produção de marroquinaria de luxo; Sistema integrado de visão artificial; Gabarito; *Nesting*.

RESUMO

Atendendo às constantes alterações e elevadas exigências do mercado, as indústrias são forçadas a adaptar a sua área de negócio de forma eficiente, tendo sempre o foco na melhoria da qualidade dos seus processos. A inovação deve estar na base da adaptação, tendo sempre em conta as necessidades e a satisfação dos clientes. A qualidade dos produtos de uma empresa permite com que esta seja capaz e apresente vantagem competitiva num mercado em contínua evolução. Neste sentido, as empresas têm cada vez mais necessidade de recorrer a abordagens *Problem-Solving*, como por exemplo a metodologia Seis *Sigma*.

A presente dissertação foi desenvolvida em contexto ambiental, na empresa ATEPELI – Ateliers de Portugal, atendendo a um alerta relacionado com o elevado consumo de cola pela empresa. Assim, o objetivo a atingir seria o desenvolvimento de soluções de melhoria com base na identificação de características e/ou variáveis que permitissem diagnosticar a causa raiz para o elevado consumo de cola. Em paralelo, a sustentabilidade do processo seria um fator a ter em conta. A metodologia aplicada neste projeto foi a Seis *Sigma*, nomeadamente a abordagem aplicável à melhoria de produtos e/ou processos existentes, isto é, o DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve and Control*). Esta abordagem permitiu a aplicação de várias ferramentas e técnicas da qualidade. O diagnóstico e identificação das causas raiz do problema foi concluído com sucesso. A análise crítica das soluções propostas permitiu concluir que as mesmas permitem reduzir os consumos de cola. Complementarmente, foi realizada uma análise da substituição dos filtros utilizados como base do equipamento utilizado para a aplicação de cola por uma solução reutilizável, com o intuito de tornar o processo mais sustentável, reduzindo a pegada carbónica da empresa.

KEYWORDS

Six Sigma; DMAIC; Sustainability; Gluing process; Luxury leather goods production; Integrated machine vision system; Gauge; *Nesting*.

ABSTRACT

Due to the constant changes and high demands of the market, industries are forced to adapt their business area in an efficient way, always focusing on the quality improvement of their process. Innovation must be the basis of adaptation, always considering the needs and satisfaction of customers. The quality of a company's product allows it to be capable of presenting a competitive advantage in a continuously developing market. In this sense, companies increasingly need to resort to Problem-Solving approaches, such as the Six Sigma methodology.

The present dissertation was developed in an environmental context, in the company ATEPELI - Ateliers de Portugal, due to an alert related to the high consumption of glue by the company. Thus, the aim to be achieved would be the development of improvement solutions based on the identification of characteristics and/or variables that allow diagnosing the root cause of glue's high consumption. In parallel, the sustainability of the process would be a factor to consider. The methodology applied in this project was Six Sigma, namely the approach applicable to the improvement of existing products and/or processes, that is, the DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve and Control). This approach allowed the application of various quality tools and techniques. The diagnosis and identification of the root causes of the problem was successfully completed. The critical analysis of the proposed solutions led to the conclusion that they allow reducing glue consumption. In addition, an analysis of the filters' replacement as the basis of the equipment used for the application of glue by a reusable solution was carried out, in order to make the process more sustainable, reducing the company's carbon footprint.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

BU	<i>Budget</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
CTQ	<i>Critical to quality</i>
C&P	<i>Cutting and packing</i>
DCOV	<i>Define; Characterize; Optimise; Verify</i>
DFSS	<i>Design for Six Sigma</i>
DMADV	<i>Define; Measure; Analyse; Design; Verify;</i>
DMAIC	<i>Define; Measure; Analyse; Improve; Control</i>
DMPO	<i>Defect per million opportunities</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GE	<i>General Eletric</i>
GUT	Gravidade, Urgência, Tendência
HVI	Horas Vendidas Internas
IDOV	<i>Identify; Design; Optimize; Validate</i>
IIDOV	<i>Invent; Improve; Develop; Optimize; Verify</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
LV	Louis Vuitton
OF	Ordem de Fabrico
ONU	Organização das Nações Unidas

PA	Poliamida
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PTFE	Politetrafluoretileno
PCA	Processo de Colagem Automático
PDCA	<i>Plan; Do; Check; Act</i>
SIPOC	<i>Supplier; Input; Process; Output; Costumer</i>
SM	<i>Sustainable manufacturing</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
VOC	<i>Voice of customer</i>

Lista de Unidades

g	Gramas
kg	Quilograma
mm	Milímetros

Lista de Símbolos

€	Euro
%	Porcentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Enchape</i>	Componente dos produtos <i>Torron</i> de pequenas dimensões
<i>Poignée</i>	Componente dos produtos <i>Torron</i> equivalente a uma alça de mala com curvatura
<i>Torron</i>	Componentes curvos compostos por um material em formato de corda, que dá forma aos componentes

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Vendas globais de produtos de luxo por região (adaptado de [3]).	10
Figura 2 – Vendas de produtos de luxo no ano 2019, em milhões de euros (adaptado de [4]).	10
Figura 3 – Vendas totais de produtos de luxo da categoria moda (bilhões de dólares) [4].	12
Figura 4 – Implementação do Seis <i>Sigma</i> nas organizações. (adaptado de [13]).	15
Figura 5 – Distribuição normal [9].	17
Figura 6 – Distribuição normal ao nível Seis <i>Sigma</i> com um desvio de 1,5 do valor alvo [9].	17
Figura 7- Benefícios da aplicação do Seis <i>Sigma</i> [25].	18
Figura 8 – 5 fases do DMAIC.	19
Figura 9 – Representação de um diagrama de Pareto [47].	25
Figura 10 – Representação de um diagrama de causa e efeito [47].	26
Figura 11 – Representação de um Project charter [47].	27
Figura 12 – Conceito 5S ([53]).	28
Figura 13 – Combinação <i>Green Lean Six Sigma</i> (adaptado de [15]).	30
Figura 14 – Exemplo de um layout otimizado pelo processo <i>Nesting</i> [67].	32
Figura 15 – Componentes de um sistema de visão industrial (adaptado [75]).	34
Figura 16 – <i>Atelier</i> de Penafiel.	37
Figura 17 – Exemplos de <i>bandoulier</i> , <i>porte-adresse</i> e <i>poignée</i> produzidos no <i>atelier</i> de Penafiel, respetivamente.	38
Figura 18 – <i>Layout</i> do <i>Atelier</i> de Penafiel.	40
Figura 19 – Local de armazenamento da cola C19016.	41
Figura 20 – Localização dos consumíveis na zona central da produção.	41
Figura 21 – Etapas do processo de colagem.	42
Figura 22 – Pesagem da folha A4 para o processo de gramagem de cola.	43
Figura 23 – Utilização de gabaritos no processo de colagem dos <i>poignées</i> .	44
Figura 24 – Gabarito utilizado para a aplicação de cola em <i>passants</i> .	45
Figura 25 – Base e tampo de gabaritos para processo de colagem das <i>enchapes</i> .	45
Figura 26 – Estendal utilizado para secagem das peças após aplicação de cola.	46

Figura 27 – Forno <i>flash</i> para ativação da cola C19016.	47
Figura 28 – Calandragem a frio.....	47
Figura 29 – Linha temporal das etapas do processo de colagem.	48
Figura 30 – <i>Budget</i> de consumo de cola semanal no ano 2021 (dados do departamento financeiro).	53
Figura 31 – Project charter do projeto.	56
Figura 32 – Gráfico de Gantt utilizado para o planeamento do projeto.	56
Figura 33 – Formulário de registo de cola colocado junto ao <i>robot</i> de cola C19016.	57
Figura 34 – Consumo de cola C19016 semanal nas diferentes linhas de preparação.....	58
Figura 35 - Exemplo de filtros de gaveta.	59
Figura 36 – Pesagem dos gabaritos de final dos turnos.	60
Figura 37 – Medição de cola dos copos do processo de colagem manual.	61
Figura 38 – Saco com cola C19016 desperdiçado.	62
Figura 39 – Diagrama de Pareto dos principais pontos de consumo de cola (em percentagem cumulativa).	63
Figura 40 – Diagrama de Ishikawa relativo à elevada quantidade de cola presente nos filtros de gaveta.	64
Figura 41 – Não limitação da manobra do <i>robot</i> de cola C19016.	66
Figura 42 – Posicionamento incorreto de peças no <i>robot</i> de cola C19016.	66
Figura 43 – Exemplos de <i>poignée</i> e <i>enchape</i> de uma mala.....	73
Figura 44 – Utilização de gabaritos na aplicação de cola nos <i>poignées</i>	73
Figura 45 – Zona do <i>poignée</i> que necessita de aplicação de cola.	74
Figura 46 – Fases do processo de colagem de uma <i>enchape</i>	74
Figura 47 – Consumo de cola com os gabaritos existentes versus o consumo de cola com os gabaritos propostos.	79
Figura 48 – Consumo de cola estimado nas soluções propostas.	79
Figura 49 – Resultado dos testes de limpeza das amostras de PEAD, PA e PTFE.	81
Figura 50 – Teste das placas no processo de colagem automático com recurso a gabaritos.	82
Figura 51 – Remoção da película de cola das placas após o período de secagem.	83
Figura 52 – Teste das placas com peças sem necessidade de gabaritos.	83
Figura 53 – Sujidade das peças após testes e aderência das mesmas à placa.	84
Figura 54 – Teste das placas furadas com peças sem necessidade de gabaritos.	85

Figura 55 – Zona inferior do <i>robot</i> de cola antes da aplicação da ferramenta 5S.....	87
Figura 56 – Aplicação da ferramenta 5S à zona inferior do <i>robot</i> de cola.	87
Figura 57 – Bandas vermelhas no <i>robot</i> de cola C19016.	89
Figura 58 - Colocação do filtro de gaveta sobre as placas vermelhas.	89

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Marcas do grupo LVMH por categorias (adaptado de [3]).	11
Tabela 2 – Marcas de luxo líderes em 2012 (adaptado de [6]).	13
Tabela 3 – Casos de estudo com a aplicação da abordagem DMAIC.	22
Tabela 4 – Ferramentas e técnicas aplicadas em cada fase do DMAIC. (adaptado de [9], [47]).	24
Tabela 5 – Consumos dos diferentes tipos de cola	54
Tabela 6 – Consumos e gastos médios de cola no ano 2021	54
Tabela 7 – Medições de desperdício de cola nos diferentes componentes do equipamento.	63
Tabela 8 – Matriz GUT para as causas-raiz.	67
Tabela 9 – Notas dos índices utilizados na matriz GUT.	68
Tabela 10 – Proposta de soluções de melhoria.	69
Tabela 11 – Conjunto de gabaritos atuais e propostos para as diversas fases e componentes do produto ONTHEGO MM VSB.	75
Tabela 12 – Área dos gabaritos existentes e área dos gabaritos propostos.	77
Tabela 13 – Consumo de cola (kg) atual e consumo de cola estimado relativamente aos gabaritos propostos.	78
Tabela 14 – Massa das placas para os materiais testados.	82
Tabela 15 – Sumarização dos objetivos e correspondente ponto de situação	95

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Metodologia.....	4
1.4	Estrutura da dissertação	4
1.5	Local/Empresa de acolhimento	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	Introdução à indústria de marroquinaria de luxo.....	9
2.1.1	Grupos de marcas de luxo	11
2.1.2	Louis Vuitton	12
2.1.2.1	Produto	13
2.1.2.2	Preço	14
2.1.2.3	Promoção.....	14
2.1.2.4	Local.....	14
2.2	Seis <i>Sigma</i>	15
2.2.1	Origem e evolução	15
2.2.2	Conceito Seis <i>Sigma</i>	16
2.2.3	Benefícios e Obstáculos.....	17
2.2.4	DMAIC e DMADV	18
2.2.4.1	DMAIC.....	19
2.2.4.2	DMADV	23
2.3	Ferramentas e Técnicas aplicadas no DMAIC	23
2.3.1	Brainstorming.....	25
2.3.2	Diagrama de Pareto.....	25
2.3.3	Diagrama Causa e Efeito.....	25

2.3.4	Project charter.....	26
2.3.5	Ferramenta 5S.....	27
2.4	<i>Green Lean Seis Sigma</i>	28
2.4.1	Sustainable manufacturing.....	31
2.5	Nesting.....	31
2.6	Sistema integrado de visão artificial.....	32
3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PRODUTOS E DO PROCESSO	37
3.1	Caracterização da empresa.....	37
3.2	Caracterização do produto.....	38
3.3	Processos produtivos.....	39
3.3.1	Abastecimento de cola.....	41
3.3.2	Processo de colagem.....	42
4	ANÁLISE E RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	51
4.1	Diagnóstico do problema (Fase <i>Define</i>).....	51
4.1.1	Definição do problema.....	52
4.1.2	Objetivos do projeto.....	55
4.1.3	Planeamento do projeto.....	55
4.2	Consumo de cola (Fase <i>Measure</i>).....	57
4.2.1	Consumo de cola por linha de preparação.....	57
4.2.2	Estudo da distribuição de cola pelos diferentes componentes do equipamento.....	58
4.3	Análise das possíveis causas (Fase <i>Analyze</i>).....	64
4.3.1	Identificação das causas-raiz do problema.....	64
4.3.2	Priorização das causas-raiz.....	67
4.4	<i>Brainstorming</i> sobre possíveis soluções (Fase <i>Improve</i>).....	68
4.4.1	Posicionamento das peças.....	69
4.4.2	Método de aplicação de cola do <i>robot</i>	70

4.4.3	Limitação da manobra do <i>robot</i>	70
4.4.4	Gabaritos existentes não otimizados	70
4.5	Implementação de ações (Fase <i>Improve</i>)	71
4.5.1	Soluções principais	71
4.5.2	Proposta de alteração do material dos gabaritos	80
4.5.3	Estudo da substituição dos filtros de gaveta	81
4.5.4	Formação do processo de colagem	85
4.5.5	Aplicação da ferramenta 5S no posto relativo ao PCA	86
4.5.6	Outras ações não quantificadas	88
4.6	Análise da melhoria obtida (Fase <i>Control</i>)	90
4.7	Análise crítica dos resultados e aplicabilidade da metodologia adotada	90
5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	95
5.1	Conclusões	95
5.2	Propostas de trabalho futuras	98
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	101
7	ANEXOS	109
7.1	ANEXO I - Fluxograma do fluxo produtivo da empresa	109
7.2	ANEXO II – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU	110
7.3	ANEXO III – Formulário de registo do consumo de cola de cada linha de preparação	111
7.4	ANEXO IV – Ficha técnica do novo <i>robot</i> com sistema de visão integrado	112
7.5	ANEXO V – Desenho técnico do novo <i>robot</i> com sistema de visão integrado	113
7.6	ANEXO VI – Procedimento relativo à utilização das bandas vermelhas aplicadas nos robots de cola	114

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura do relatório

1.5 Local/Empresa de acolhimento

1 INTRODUÇÃO

Ao longo deste capítulo pretende-se realizar a contextualização da presente dissertação, onde é descrito o âmbito do caso de estudo proposto pela empresa acolhedora, assim como os respetivos objetivos. Pretende-se, ainda, apresentar a metodologia utilizada para o desenvolvimento da mesma. Passar-se-á pela descrição das várias etapas da dissertação, bem como uma breve apresentação da empresa.

1.1 Contextualização

Dada a constante evolução do mercado, desenvolver produtos e serviços com alta qualidade e, simultaneamente, satisfazer as necessidades dos clientes, é um desafio para as organizações. Nesta ótica, a inovação permite que as empresas adquiram vantagem competitiva, continuando capazes de se manterem no mercado e reponderem aos requisitos das suas partes interessadas [1].

Assim, cada vez mais as empresas utilizam métodos e técnicas que sejam capazes de melhorar os processos produtivos, isto é, abordagens *problem-solving* como o Seis Sigma. Esta metodologia é acompanhada com a aplicação de técnicas e ferramentas estatísticas, essenciais na identificação das causas raiz, assim como na tomada de decisões. O objetivo é uniformizar os processos, ou seja, reduzir as suas variabilidades de forma a alcançar a alta qualidade dos mesmos. Por sua vez, a alta qualidade traduz-se na satisfação do cliente. A redução dos custos associada à redução das variações dos mesmos, tem impacto direto na margem de lucro, o que torna o ciclo de vida de um produto mais eficiente e sustentável [1].

1.2 Objetivos

Os objetivos do presente caso de estudo centram-se no desenvolvimento de estratégias e soluções, com o propósito de melhorar a sustentabilidade do processo de colagem, através da redução do consumo de cola. Neste sentido, é necessário identificar as causas que justificam os valores atuais deste indicador, para que possam ser propostas soluções. Posteriormente, deve ser desenvolvido um plano de monitorização que permita o controlo das soluções implementadas, bem como a análise dos impactos dessas mesmas soluções. Deste modo, é pretendido:

- Definir o problema, onde e como são efetuados os consumos de cola, assim como o valor alvo final pretendido;
- Fazer um diagnóstico do consumo de cola atual por linha de preparação;
- Analisar, medir e caracterizar o processo de colagem;

- Analisar as origens do consumo de cola, de forma a identificar as causas que justificam um consumo exagerado;
- Estabelecer novas estratégias para o processo de colagem dos componentes com base na proposta de soluções e respetiva implementação;
- Controlar e determinar o ganho final obtido com as medidas implementadas.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada no desenvolvimento desta dissertação teve início com uma análise e enquadramento do mercado de luxo, contextualizando as necessidades e requisitos do mesmo. Prontamente, a revisão bibliográfica ficou centrada na metodologia Seis *Sigma*. Esta abordagem compreende o seu conceito, os benefícios da sua aplicação, bem como as principais metodologias associadas. Com o propósito de melhorar um processo produtivo, é aprofundada uma das principais metodologias Seis *Sigma*, o DMAIC (*Define – Measure – Analyze – Improve – Control*). Assim, foram desenvolvidas cada uma das fases, sendo realizadas referências às ferramentas e técnicas que auxiliam o desenvolvimento em cada uma das fases.

Dada a crescente importância e presença do conceito *Sustainable Manufacturing* nas indústrias, foi abordado um tópico relacionado com a necessidade de tornar os processos industriais mais sustentáveis bem como a importância de reduzir a pegada carbónica das empresas no contexto atual.

Numa fase posterior, já em contexto de estágio, foi dado início à definição do problema e estudo da situação atual da empresa relativamente aos consumos de cola, com auxílio da ferramenta *Project Charter*, assim como de observações físicas do processo de colagem automático (PCA). Ainda nesta fase, foi desenvolvido um planeamento do projeto com recurso a um gráfico de Gantt. Na fase seguinte, designada como fase *Measure*, foram realizadas todas as medições necessárias para o correto diagnóstico do problema. Posteriormente, foi efetuada uma análise (fase *Analyze*) detalhada dos dados obtidos na fase anterior, com o intuito de determinar as causas raiz do problema e, conseqüentemente, priorizá-las. Realizado o diagnóstico, procedeu-se ao estudo de possíveis soluções de melhoria (fase *Improve*). Nesta fase, foram implementadas soluções de melhoria com o propósito de eliminar as causas raiz identificadas na fase anterior. Por fim, foram desenvolvidos planos de monitorização para efetuar o controlo das soluções implementadas (fase *Control*). À posteriori, foi realizada uma análise crítica do caso de estudo, seguindo-se as conclusões finais.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente trabalho é composto por cinco capítulos. O primeiro é um capítulo introdutório, onde é realizada uma contextualização da dissertação, onde são mencionados os objetivos do mesmo e a metodologia que irá ser utilizada na segunda

fase do trabalho, assim como é referido o local onde todo o trabalho prático foi desenvolvido.

No que diz respeito ao segundo capítulo, este é referente à contextualização teórica do trabalho. Aqui, foi realizada uma introdução à indústria de marroquinaria de luxo e desenvolvidos os conceitos técnicos e científicos das ferramentas que foram utilizadas para uma melhor compreensão do caso de estudo e da segunda fase do mesmo.

Segue-se o capítulo três dedicado à caracterização da empresa onde foi desenvolvido o estágio curricular. Neste capítulo é descrito o fluxo produtivo do *atelier*, os principais processos e produtos, assim como é feita uma descrição mais detalhada do processo industrial alvo de caso de estudo.

O capítulo de desenvolvimento é dividido pelas cinco fases da metodologia DMAIC (*Define – Measure – Analyze – Improve – Control*), onde inicialmente é realizada a definição do problema, seguida das medições e respetivas análises. Após a identificação das causas raiz, são apresentadas as propostas de soluções de melhoria e a explicação das respetivas implementações. Concluída a fase *Improve*, é realizada uma explicação do plano de monitorização das soluções implementadas. Por último, o desenvolvimento é composto por uma análise crítica dos resultados obtidos.

O último capítulo é referente a todas as conclusões do caso de estudo, assim como a propostos de melhoria futuras.

1.5 Local/Empresa de acolhimento

A ATEPELI - Ateliers de Portugal, é uma empresa constituída por três *ateliers* localizados em três zonas distintas: Penafiel, Santa Maria da Feira e Ponte de Lima. Esta deu início à sua atividade em 2011 e dedica-se à produção de componentes de marroquinaria e calçado, contabilizando mais de 750 colaboradores.

Dentro dos vários processos produtivos presentes nos *ateliers*, existem três processos que se destacam pela sua criticidade e pela necessidade de maior foco: o processo de colagem, o processo de coloração e o processo de corte. O trabalho prático apresentado nesta dissertação assenta no processo de colagem. Este decorreu no *atelier* de Penafiel, responsável pela produção de peças de marroquinaria, nomeadamente componentes para malas. O acompanhamento da parte prática foi realizado pela equipa de Métodos e Melhoria Contínua presente no *atelier*.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução à indústria de marroquinaria de luxo

2.2 Seis Sigma

2.3 Ferramentas e Técnicas aplicadas no DMAIC

2.4 Green Lean Seis Sigma

2.5 Nesting

2.6 Sistema integrado de visão artificial

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta uma revisão bibliográfica da literatura acerca dos temas que apoiam o posterior desenvolvimento da parte prática do caso de estudo.

Este é constituído por seis subcapítulos. No primeiro subcapítulo é realizada uma introdução à marroquinaria de luxo. O segundo subcapítulo é referente a metodologia Seis *Sigma*, onde é descrito o seu conceito, a sua origem, os benefícios e obstáculos da mesma, bem como as suas duas abordagens: DMAIC e DMADV. O terceiro capítulo faz referência as ferramentas e técnicas da qualidade que podem ser adotadas nas diversas fases da metodologia DMAIC. Relativamente ao quarto subcapítulo, é realizado um enquadramento ao conceito de sustentabilidade, onde é descrita a combinação das metodologias *Green lean Seis Sigma*, assim como o conceito de *Sustainable manufacturing*. No que diz respeito ao subcapítulo cinco, o mesmo faz alusão ao processo *Nesting* e na sua definição. Por fim, no último subcapítulo é realizado um enquadramento geral aos sistemas integrados de visão artificial.

2.1 Introdução à indústria de marroquinaria de luxo

Um artigo de luxo diferencia-se pela sua alta costura, a sua autenticidade, pela criação de distinção social, por ser um artigo raro e apetecível, pela sua distinta imagem e preço *premium*. Estas características provocam no cliente o sentimento de prazer, de sucesso e de realização [2].

Particularidades como a qualidade, a exclusividade e a herança, estão presentes nos artigos de luxo e são estas que lhes concedem o seu sucesso. Estas características implicam que o processo industrial deste tipo de produtos seja distinto do habitual e mais cuidado, levando as marcas a manter o fabrico manual e unitário, como o artesanato, e não produção em massa com o auxílio de equipamentos industriais adequados.

O mundo dos artigos de luxo engloba seis categorias distintas de produtos:

- “Moda e artigos pessoais;
- Vinhos e bebidas espirituosas;
- Relógios e jóias;
- Perfumes e cosméticos;
- Retalho seletivo;

- Outros.” [3] (p.158)

O mercado de luxo está presente um pouco por todo o mundo, sendo predominante na Europa. Dentro desta, existem países que se realçam na categoria dos relógios, como é o caso da Suíça, outros na categoria da moda, como por exemplo a Itália, ou até mesmo a nível de cosméticos e perfumes, sendo este o caso da França [3].

A Figura 1 ilustra as vendas globais de produtos de luxo por região. É de notar que a Europa destaca-se pelo maior número de vendas.

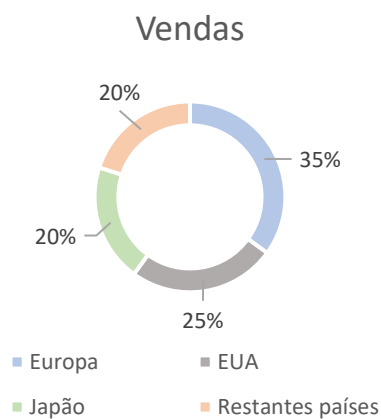


Figura 1 – Vendas globais de produtos de luxo por região (adaptado de [3]).

O gráfico da Figura 2 mostra que, entre as categorias mencionadas, a categoria que mais se destaca neste mercado é a categoria de Carros de Luxo, correspondendo a cerca de 43% das vendas totais em 2019 [4].

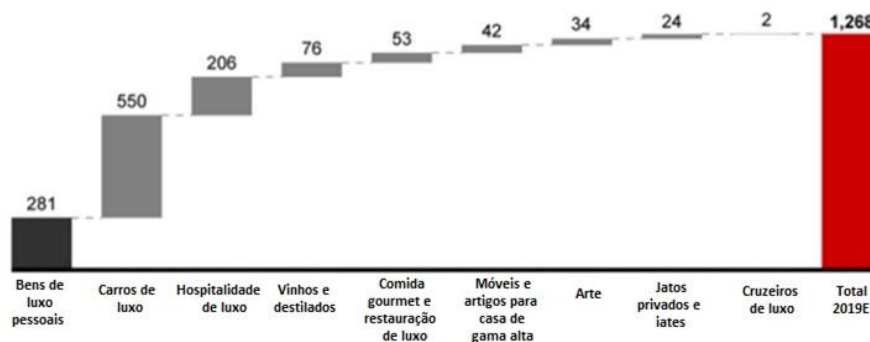


Figura 2 – Vendas de produtos de luxo no ano 2019, em milhões de euros (adaptado de [4]).

2.1.1 Grupos de marcas de luxo

Entre os anos 1980 e 1990, o mercado de luxo sofreu alterações pelo que, nesta altura, foram criados vários grupos constituídos por marcas de luxo exclusivas. Dos grupos criados, destacam-se o grupo LVMH, Kering, Ralph Lauren e PVH [3].

As categorias que definem o grupo LVMH, assim como as várias marcas que representam cada categoria, estão ilustradas na Tabela 1:

Tabela 1 – Marcas do grupo LVMH por categorias (adaptado de [3]).

Vinhos e destilados	Moda e artigos de couro	Perfumes e cosméticos	Relógios e joias	Retalho seletivo	Outras atividades
Moët & Chandon	Louis Vuitton	Parfums Christian Dior	Tag Heuer	DFS	Tajan
Dom Pérignon	Loewe	Guerlain	Ebel	Miami Cruiseline Services	DI Group
Mercier	Celine	Parfums Givenchy	Zenith	Sephora	Connaissance des Arts
Ruinart	Berluti	Kenzo Parfums	Christian Dior	Le Bon Marché	Art & auction
Veuve Clicquot	Kenzo	Laflachère	Fred	La Samaritaine	Sephora.com
Canard-Duchêne	Givenchy	Bliss	Chaumet		eLuxury
Krug	Christian Dior	Benefit Cosmetics	Omas		
Château d'Yquem	Christian Lacroix	Fresh	LVMH/De Beers (joint venture)		
Hine	Stefano Bi	Make Up For Ever			
Newton	Emilio Pucci	Michael Kors Fragrances			
Cape Mentelle	Thomas Pink	Marc Jacobs Fragrances			

Chandon Estates	Marc Jacobs	Kenneth Cole Fragrances
Cloudy Bay	Donna Karan	Acqua Di Parma
Hennessy	Fendi	
Mount Adam		

A Figura 3 mostra as vendas da categoria Moda do mercado de luxo, no qual o grupo onde a Louis Vuitton se encontra inserida, o qual se destaca pelo elevado número de vendas, assim como pela diferença significativa relativamente às marcas de luxo concorrentes.

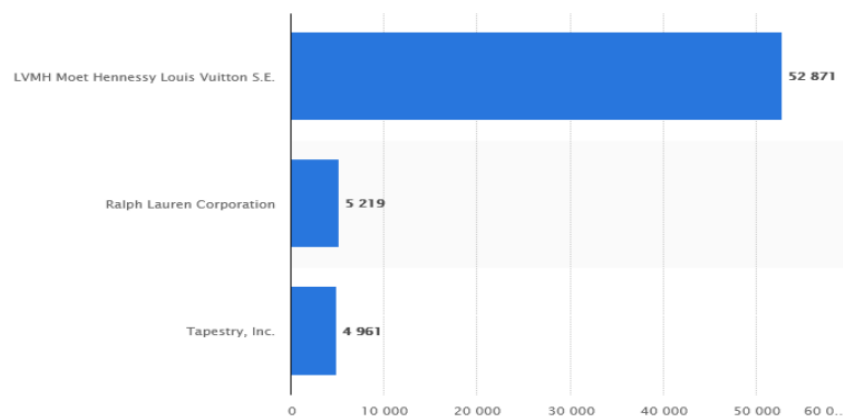


Figura 3 – Vendas totais de produtos de luxo da categoria moda (bilhões de dólares) [4].

2.1.2 Louis Vuitton

A Louis Vuitton® é a marca de luxo com maior valor no mundo, pertencendo ao grupo LVMH, como se pode verificar na Tabela 2. Foi fundada em 1854, por Louis Vuitton®, em França [5].

Inicialmente, a marca apenas produzia baús, no entanto, com o decorrer do tempo, a LV cresceu e expandiu a sua oferta de produtos passando a produzir malas, roupas e até mesmo perfumes. Os seus produtos são diferenciados e reconhecidos pelo símbolo LV.

Tabela 2 – Marcas de luxo líderes em 2012 (adaptado de [6]).

Classificação	Marca	Valor da marca em USD (\$ milhões)	País de origem
1.	Louis Vuitton	21,602	França
2.	Gucci	8,254	Itália
3.	Chanel	6,355	França
4.	Rolex	4,956	Suíça
5.	Hermès	4,575	França
6.	Cartier	4,236	França
7.	Tiffany & Co.	4,208	EUA
8.	Prada	3,585	Itália
9.	Ferrari	3,527	Itália
10.	Bulgari	3,330	Itália
11.	Burberry	3,285	Reino Unido
12.	Dior	2,038	França
13.	Patek Philippe	1,105	Suíça
14.	Zegna	818	Itália
15.	Ferragamo	722	Itália

2.1.2.1 Produto

Os artigos desta prestigiada marca primam pelo detalhe e exclusividade. Estes são focados na qualidade e fidelidade que, por sua vez, se traduzem num desejo de compra por parte dos clientes [6].

Esta marca preocupa-se com a inovação, introduzindo várias linhas de produtos, por exemplo edições limitadas, criadas e desenvolvidas por artistas dos locais de foco desta marca [6].

2.1.2.2 Preço

A marca é conhecida por não efetuar qualquer tipo de redução de preços ou campanhas promocionais. A Louis Vuitton foca-se no valor que os seus produtos têm para o cliente, e não no valor do seu preço. Tudo isto deve-se ao facto de que os clientes desta marca apresentam um elevado poder de compra, o que faz com que o preço dos artigos não seja um fator decisivo no ato de compra [6].

A LV também garante que não existe grande discrepância dos preços entre os diversos países onde atua, assegurando a inexistência de exportação dos seus produtos por terceiros ou negócios similares [6].

2.1.2.3 Promoção

Tendo em conta a importância do detalhe dos seus produtos, a publicidade da LV é realizada através de revistas de moda e *outdoors*, colocados em locais estratégicos das principais cidades, associada a personagens famosas, como por exemplo, com ligação ao desporto. É uma marca que, ao contrário da maioria das marcas de luxo, aumenta o investimento em anúncios com o propósito de promover a marca para um grande leque de clientes, e não para apenas clientes com estatuto social [6].

2.1.2.4 Local

É fundamental para uma marca de luxo transmitir uma experiência única de compra ao cliente. Um artigo de luxo exige uma comunicação mais cautelosa, uma descrição mais detalhada do produto, tudo isto combinado com um ambiente adequado, para que até o momento da compra do produto seja algo prestigioso e exclusivo [6].

Para comprar um produto LV, os clientes têm de se dirigir às lojas físicas, situadas nas cidades mais privilegiadas, como as capitais, mais precisamente em ruas ou zonas com estabelecimentos inseridos no mesmo mercado, onde o seu público-alvo está mais concentrado. Deste modo, a LV garante uma experiência de compra inigualável, com os detalhes e decorações adequadas aos clientes em questão [6].

O controlo no momento da decisão e de compra por parte da LV é uma característica que a marca pretende garantir. Existe também a possibilidade de efetuar compras online apenas em locais que se encontram mais distantes das suas lojas físicas. Estes locais são nomeadamente zonas que contêm uma percentagem significativa de potenciais clientes [6].

2.2 Seis Sigma

Atendendo às contínuas alterações e exigências do mercado global, aos fastidiosos requisitos por parte dos clientes e à constante evolução do mercado, as indústrias são forçadas a se adaptarem na sua área de negócio, de forma eficiente e com elevada qualidade, tendo a inovação como base na sua adaptação [1].

A inovação deve ter em conta as necessidades e satisfação dos clientes, tornando as empresas mais capazes [7]. A redução da variabilidade dos processos e a eliminação dos defeitos permitem alcançar a alta qualidade e a eficiência dos processos [8].

A alta qualidade dos produtos, processos e serviços permitem às empresas terem vantagem competitiva num mercado com evolução crescente, o que é determinante para o seu sucesso [9].

2.2.1 Origem e evolução

Bill Smith desenvolveu a ferramenta Seis Sigma com o propósito de responder às necessidades de qualidade e eliminar os defeitos dos produtos desenvolvidos e produzidos pelo grupo Motorola [10].

Em 1980, Motorola foi pioneira na implementação desta ferramenta de gestão da qualidade [11]. Esta abordagem ganhou popularidade por identificar os defeitos nos diversos processos e produtos bem como as suas respetivas causas. Tendo em conta o sucesso obtido, esta ferramenta foi implementada por diversas empresas como a GE, a IBM e a Ford [12].

A Figura 4 ilustra o crescimento da metodologia Seis Sigma desde a sua origem até o ano 1999.

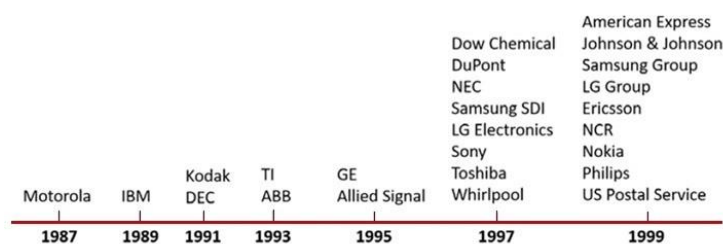


Figura 4 – Implementação do Sei Sigma nas organizações. (adaptado de [13]).

Ao longo dos anos, a abordagem Seis Sigma sofreu alterações, pelo que a sua evolução se traduz em três gerações distintas.

A redução da variabilidade dos processos e a eliminação dos defeitos foram os objetivos base da criação desta ferramenta e como tal, definem a geração 1. A empresa que acompanhou e iniciou esta geração foi a Motorola [9].

Posteriormente, surge a geração 2, com a atenção nos projetos que se traduzem na melhoria do desempenho das empresas. Nesta geração acresce o empenho e o foco pelo design dos produtos e na diminuição dos custos associados aos processos produtivos. A GE é um exemplo de empresa que adotou esta ferramenta nesta sua fase evolutiva [9].

Por fim, a geração 3 destaca a importância da criação de valor tanto para a empresa como para as suas partes interessadas, desde trabalhadores, fornecedores a clientes. A criação de novos produtos e/ou serviços, a expansão do mercado e o aumento do preço dos stocks são exemplos de como criar valor [9].

2.2.2 Conceito Seis Sigma

Seis *Sigma* é definido como uma abordagem de gestão com o propósito de otimizar a eficiência dos seus processos e produtos [14] através da redução da variabilidade dos mesmos [15], que resulta numa qualidade acrescida e, conseqüentemente, melhoria da performance financeira das empresas [16].

Sigma significa, em latim, desvio padrão [17] e corresponde a uma medida de dispersão que permite quantificar a variabilidade de um processo [18].

Do ponto de vista estatístico, Seis *Sigma* consiste em reduzir a variabilidade dos processos para que os limites de especificação dos mesmos sejam seis desvios padrão do objetivo pretendido [19].

Numa distribuição normal centrada (Gaussiana), os limites de especificação encontram-se a 3 desvios padrão do valor nominal. Isto traduz-se numa taxa de sucesso de 99,73%, como se verificar na Figura 5. É de notar que a média de um processo considerado estável pode sofrer pequenas variações, traduzidas em 1,5 desvios padrão do seu alvo [8]. Como tal, este deslocamento, numa abordagem Seis *Sigma*, significa que os processos devem atingir níveis de qualidade de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) [16], [20], o que é equivalente a uma taxa de sucesso de 99,99966% (Figura 6) [21], [22].

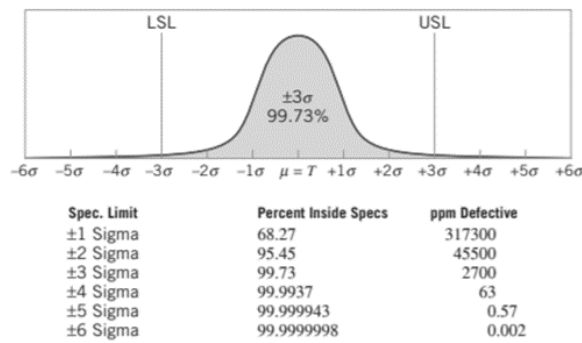


Figura 5 – Distribuição normal [9].

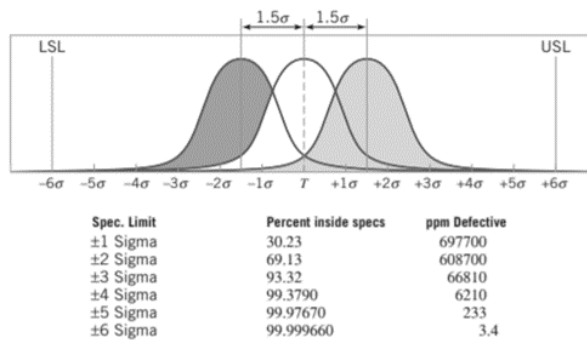


Figura 6 – Distribuição normal ao nível Seis Sigma com um desvio de 1,5 do valor alvo [9].

O nível de qualidade *Sigma* é um indicador utilizado para avaliar os processos dado que permite avaliar o nível de defeitos nos processo e/ou produtos. Pode também ser utilizado para determinar um objetivo realístico de melhoria. Quanto maior for o valor do nível de qualidade *Sigma* menor será a probabilidade de existirem defeitos no processo e/ou produto [7], [12].

No ponto de vista de negócio, o Seis *Sigma* é visto como uma abordagem aplicada para otimizar as operações e produtos de uma dada empresa, com o propósito de melhorar a eficácia e eficiência dos seus processos, sempre focada nos requisitos dos clientes. As melhorias, por si só, iram traduzir-se em lucros para a empresa [23], [24].

2.2.3 Benefícios e Obstáculos

A aplicação da metodologia Seis *Sigma* permite que as organizações melhorem os seus processos e produtos, com base na redução da variabilidade dos processos, sem descuidar das necessidades dos clientes. Esta é um dos vários benefícios da implementação desta abordagem, dado que a satisfação dos clientes, baseado em produtos e serviços de alta qualidade, proporciona às empresas uma vantagem competitiva essencial para o sucesso das mesmas. Um outro benefício da aplicação do Seis *Sigma* passa pelo acréscimo de precisão na análise dos dados dos processos,

facilitando o desenvolvimento de estratégias de melhoria de forma mais rápida e eficaz, reduzindo os defeitos nos processos. A redução dos defeitos traduz-se numa melhoria da qualidade dos produtos e serviços que, por sua vez, maximiza o lucro dos mesmos. A eficiência e eficácia dos processos também representam benefícios associados a esta metodologia [19], [25]. A Figura 7 ilustra vários benefícios da aplicação da abordagem Seis *Sigma*.

Company/project	Metric/measures	Benefit/savings
Motorola (1992)	In-process defect levels	150 times reduction
Raytheon/aircraft integration systems	Depot maintenance inspection time	Reduced 88% as measured in days
GE/Railcar leasing business	Turnaround time at repair shops	62% reduction
Allied signal (Honeywell)/laminates plant in South Carolina	Capacity Cycle time Inventory On-time delivery	Up 50% Down 50% Down 50% Increased to near 100%
Allied signal (Honeywell)/bendix IQ brake pads	Concept-to-shipment cycle time	Reduced from 18 months to 8 months
Hughes aircraft's missiles systems group/wave soldering operations	Quality/productivity	Improved 1,000%/improved 500%
General electric	Financial	\$2 billion in 1999
Motorola (1999)	Financial	\$15 billion over 11 years
Dow chemical/rail delivery project	Financial	Savings of \$2.45 million in capital expenditures
DuPont/Yerkes plant in New York (2000)	Financial	Savings of more than \$25 million
Telefonica de espana (2001)	Financial	Savings and increases in revenue 30 million euro in the first 10 months
Texas instruments	Financial	\$ 600 million
Johnson and Johnson	Financial	\$ 500 million
Honeywell	Financial	\$1.2 billion

Figura 7- Benefícios da aplicação do Seis *Sigma* [25].

Apesar dos benefícios mencionados, segundo alguns autores, esta metodologia apresenta alguns obstáculos na sua implementação. Uma das críticas que é feita ao Seis *Sigma* é o facto deste método abordar as técnicas e métodos tradicionais da gestão da qualidade, limitando-se apenas a replicá-los, não oferecendo nada de novo [26]. Assim, esta abordagem pode não estar totalmente adaptada à evolução das empresas, sendo que as mesmas devem compreender se este método atende ao problema.

2.2.4 DMAIC e DMADV

O principal propósito do Seis *Sigma* é alcançar a qualidade de produção com base na redução da variabilidade dos processos. Esta abordagem pode ser dividida em 2 métodos: DMAIC, indicado para a melhoria dos processos, e DFSS destinado à inovação e alterações do design dos produtos com base nas necessidades e expectativas dos clientes [27].

O método DFSS é focado na inovação e nos designs dos produtos com o propósito de atingir os níveis de qualidade *Sigma* e, simultaneamente, responder às necessidades e expectativas dos clientes. Dentro deste método existem várias abordagens possíveis,

como o DMADV, IDOV, IIDOV, CDOV e DCOV. A sua seleção vai de acordo com a estratégia da empresa em questão. No entanto, o DMADV é a abordagem mais aceita e que rapidamente se estendeu a várias áreas e empresas, e, como tal, é a mais utilizada dentro do método DFSS [25], [28]

Os subcapítulos seguintes apresentam uma descrição dos dois métodos e respetiva implementação.

2.2.4.1 DMAIC

DMAIC é uma abordagem *problem-solving* de elevada eficiência que procura a melhoria de processos e produtos já existentes [25], [29]. Esta metodologia é congénere ao ciclo *Plan – Do – Check – Act* (PDCA), sendo diferenciada do mesmo pela elevada ênfase atribuída à fase de caracterização do problema através da aplicação de ferramentas mais específicas em cada fase [30].

Apesar de ser um método que deriva do Seis *Sigma*, este pode ser utilizado de forma independente deste. Isto quer dizer que, apesar de diversas empresas não terem o Seis *Sigma* implementado, nada impede de estas utilizarem a abordagem DMAIC [9].

DMAIC pretende eliminar as etapas que não acrescentam valor aos processos através da aplicação de novas medidas e tecnologias, melhorando-os de forma contínua [12].

Este método consiste em cinco passos: *Define, Measure, Analyse, Improve e Control*, conforme se pode ver na Figura 8 [31]. As ferramentas *Lean*, assim como ferramentas e técnicas de qualidade, podem ser aplicadas nas várias fases do DMAIC com o propósito de auxiliar o desenvolvimento de cada fase [9][32]. As fases *Define, Measure e Analyse* correspondem a caracterização do problema, enquanto as fases *Improve e Control* dizem respeito à otimização do mesmo [31].

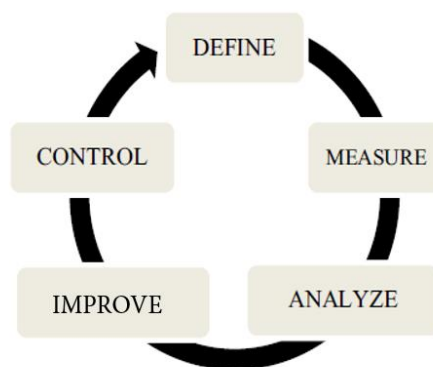


Figura 8 – 5 fases do DMAIC.

O propósito da fase **Define** é a identificação e respetiva definição do problema [34]. A sua definição passa por identificar as necessidades e expectativas dos clientes, identificar os processos envolvidos e limitar o projeto [35].

É necessário avaliar o potencial do projeto com base nas suas mais valias para a empresa. As partes interessadas devem ser devidamente identificadas e concordar com a potencialidade do projeto. Assim, um dos passos a dar nesta fase é a criação de um *project charter* [36].

Sempre que possível, o *project charter* deve ser acompanhado por um esquema que ilustre o projeto. Esta técnica facilita a compreensão do projeto e o que necessita de ser melhorado, sendo muito úteis quando esta metodologia é aplicada numa área não industrial, como em bancos e em hospitais, em que o conceito de processo e sistema não são tão claros.

Esta etapa fica concluída quando os seguintes pontos estiverem estabelecidos:

- Identificação e definição do problema;
- Identificação das partes interessadas e das suas necessidades;
- Avaliação do potencial do projeto;
- Identificação dos obstáculos e dificuldades que irão ser encontradas no decorrer do projeto;
- Elaboração da calendarização realista do projeto;
- Construção de um plano de ação para a etapa seguinte [9].

Segue-se a fase **Measure**, que corresponde à recolha de dados necessários para medir a capacidade e *performance* dos processos envolvidos no projeto [34][37] e perceber a situação atual do mesmo. Devem ser recolhidos dados relativamente ao produto, ao processo e até mesmo aos dados financeiros, para que a situação atual possa ser caracterizada com informação mais atual e fiável possível.

Os dados recolhidos devem ser adequados ao projeto em questão, tendo em conta as necessidades dos clientes e do projeto [33]. Saber quais os dados a recolher e a respetiva quantidade é crucial para que esta etapa seja concluída com sucesso [9].

Em ambiente industrial, é comum a existência de dados históricos relativamente aos processos e produtos dado que a situação atual é constantemente necessária para avaliar os processos e até mesmo a empresa. No entanto, é necessário ter em atenção à constante evolução das operações e conseqüente mudança. Como tal, a recolha de dados pode ter em conta os dados históricos existentes, mas deve ser feita sempre a recolha de dados atuais através da monitorização de processos e de recolha de amostras. Neste tipo de ambientes, por norma, já existem estratégias de medição e, portanto, esta etapa é mais facilitada [9].

Esta é uma das diferenças do ambiente industrial e não industrial nesta fase do DMAIC. Nas áreas não industriais, como por exemplo negócio de Serviços, não existe a

necessidade ou a mesma necessidade de avaliar as situações atuais ao longo do tempo. Desta forma, nestas áreas pode ser necessário desenvolver uma estratégia de medição, o que acresce uma maior dificuldade e duração desta fase [9].

A medição da capacidade dos processos envolvidos no projeto é de extrema importância de modo a confirmar a existência do problema anteriormente definido. Após esta etapa, pode surgir a necessidade de atualizar o *project charter* no que diz respeito a objetivos e equipa [9].

Esta etapa fica concluída quando os seguintes pontos são validados:

- Medição da capacidade;
- Conhecimento da origem dos dados;
- Desenvolvimento de um esquema que ilustre o processo, por exemplo, fluxograma;
- Conjunto de dados necessários para avaliar situação atual;
- Conhecimento das suposições estabelecidas no decorrer da recolha [9].

Concluída a recolha de dados, segue-se a fase **Analyse**. Nesta fase é necessário realizar uma análise dos dados recolhidos com o propósito de identificar as causas dos defeitos e da variabilidade dos processos [22]. Assim, é possível determinar as variações existentes e priorizá-las, de modo otimizar o processo e construir um planeamento futuro para a sua respetiva melhoria contínua [38].

O objetivo desta fase é determinar as relações de causa-efeito dos processos com base nos dados recolhidos na etapa anterior. Identificar as potenciais causas da variabilidade é crucial nesta fase. É de referir que as causas que se pretender determinar são distintas das causas consideradas comuns. As causas comuns estão relacionadas com alterações nos processos, enquanto as causas que determinam o problema estão muitas vezes associadas a falhas nas ferramentas ou até mesmo dos equipamentos sem que haja até então conhecimento disso [9].

Os dados recolhidos na etapa anterior são analisados com o propósito de ser detetado algum padrão ou erro que possa indicar uma potencial causa do problema. Com base nesta análise, deve ser construída uma lista com as possíveis causas e oportunidades, priorizá-las, de modo a facilitar o desenvolvimento de estratégias de melhoria na fase seguinte [33].

Após a determinação das causas das variações e dos defeitos existentes nos processos, segue-se a fase **Improve**. Nesta fase são desenvolvidas propostas de soluções e estratégias, com o objetivo de criar um plano que reduza os defeitos, o que se traduz na melhoria do processo [35].

É necessário focar o pensamento em ações que, quando aplicadas, se traduzem em grande impacto na performance das operações. De modo a alcançar a solução ideal, as

várias estratégias devem ser testadas para que possa ser avaliado o seu impacto e determinar qual ou quais se justificam implementar [9].

Por fim, a fase **Control** está encarregue de assegurar o cumprimento das soluções e estratégias implementadas, assim como por garantir que os objetivos e resultados pretendidos foram alcançados [17]. Para isso, são desenvolvidos planos de monitorização com o propósito de controlar os processos e assegurar a melhoria dos mesmos [33]. Estes planos podem-se estender mesmo após a conclusão do projeto de forma a minorar desvios dos objetivos [9], [17].

A Tabela 3 ilustra alguns resultados obtidos com a aplicação da abordagem DMAIC.

Tabela 3 – Casos de estudo com a aplicação da abordagem DMAIC.

Autor	Ano	Descrição
Adrian Pugna; Romeo Negrea; Serban Miclea [39].	2016	No presente caso de estudo, a abordagem DMAIC foi aplicada a um processo de montagem na indústria automóvel. O objetivo da aplicação desta abordagem consistiu em reduzir o número de defeitos relacionados com o processo de rebitagem. O nível Seis <i>Sigma</i> aumentou de 2,9 para 5,2 a curto prazo e o número de defeitos reduziu cerca de 40%.
Tiago Costa, Francisco Silva, Luis Ferreira [40].	2017	O presente caso de estudo foi desenvolvido numa indústria automóvel, com o objetivo de reduzir o indicador <i>work-off</i> (percentagem de material não-conforme). Este indicador diminuiu cerca de 0,89%, traduzindo-se num ganho de 165000 € para a empresa.
K. Srinivasan; S.Muthu; N.K.Prasad; G. Satheesh [41].	2014	O presente caso de estudo foi desenvolvido no setor industrial. O DMAIC foi aplicado com o propósito de reduzir os defeitos numa linha de pintura. O nível Seis <i>Sigma</i> aumentou de 3,31 para 4,5.
Pedro Marques; Robert Matthé [32].	2017	A abordagem DMAIC foi implementada numa empresa industrial portuguesa, com o propósito de reduzir a taxa de peças rejeitadas de um determinado produto em que o processo produtivo consiste na fundição de alumínio por gravidade. Esta aplicação resultou numa redução do número médio de defeitos de 1,47 para 0,36, a taxa de produtos rejeitados reduziu de 79% para 25%. Também foi obtido um aumento do nível Seis <i>Sigma</i> de 2,3 para 3,1.
Mehdiuz Zaman; Sujit Kumar Pattanayak2; Arun Chandra Paul [42].	2014	O presente caso de estudo teve como propósito reduzir o número de elétrodos de soldadura rejeitados. Com a implementação da abordagem DMAIC, foi possível aumentar o nível Seis <i>Sigma</i> de 3,41 para 4,43.

2.2.4.2 DMADV

DMADV é uma metodologia Seis *Sigma* utilizada no desenvolvimento de novos produtos, processos ou até mesmo serviços [43]. É de notar que num mercado tão competitivo como o atual, é necessário desenvolver produtos que correspondem aos requisitos e necessidades dos clientes, no menor tempo possível, com o melhor nível de qualidade.

Esta abordagem consiste em cinco etapas distintas: *Define, Measure, Analyse, Design e Verify* [44]. As três primeiras etapas são muito semelhantes as etapas do DMAIC e correspondem à caracterização do projeto.

A etapa **Design** diz respeito ao desenvolvimento do produto, processo ou serviço sempre com o foco nas necessidades dos clientes [45]. Nesta fase é desenvolvido um protótipo pormenorizado com o objetivo de corrigir possíveis erros que possam surgir e, conseqüentemente, proceder às alterações necessárias. No desenvolvimento do protótipo são aplicadas várias técnicas como a simulação e testes piloto de modo a verificar se os requisitos e necessidades do cliente são atingidos [46].

Por último, a fase **Verify** é referente à validação do design do produto para todas as partes interessadas, bem como à verificação da eficiência desse mesmo produto. A transição do produto para os processos que constituem a sua produção também fazem parte desta fase [39]. O processo de verificação é realizado de forma recorrente e, sempre que é efetuada alguma alteração, é iniciado um novo ciclo DMADV [40].

2.3 Ferramentas e Técnicas aplicadas no DMAIC

Tal como outras metodologias, a abordagem DMAIC encontra-se associada a um conjunto de ferramentas e técnicas que facilitam o desenvolvimento de cada uma das fases desta metodologia. Assim, segue-se a

Tabela 4 com o conjunto de ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas a cada fase do DMAIC.

Nos pontos seguintes são analisadas algumas das ferramentas e técnicas que serão utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

Tabela 4 – Ferramentas e técnicas aplicadas em cada fase do DMAIC. (adaptado de [9], [47]).

Ferramentas e Técnicas	Define	Measure	Analyse	Improve	Control
Project charter	✓				
Flow charts	✓	✓			
Diagrama de causa e efeito		✓			
Brainstorming			✓	✓	
SIPOC (Supplier; Input; Process; Output; Costumer)	✓				
VOC (Voice Of Customer)	✓				
CTQ (Critical to quality)	✓				
Diagrama de Pareto		✓	✓		
Cartas de controlo					✓
Testes de hipótese			✓		
Análise de regressão			✓		
Diagrama de ishikawa		✓	✓		
FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)				✓	
Experiências de design			✓	✓	
PDCA					✓
Diagrama de Gantt					✓
Análise da capacidade do processo					
Relatório A3	✓	✓	✓	✓	✓
SPC (Statistical Process Control)		✓	✓		✓

2.3.1 Brainstorming

Brainstorming é uma ferramenta que permite a identificação de não conformidades, assim como desenvolver um conjunto de ideias para a sua resolução. Pressupõe a realização de reuniões com um conjunto de pessoas de vários departamentos ou multifuncionais, de modo a desenvolver um grande conjunto de ideias criativas e diversificadas, motivando o pensamento livre. Estas sessões são de carácter informal, apropriadas para o lançamento e discussão de ideias [47][48].

2.3.2 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é um gráfico de barras particular, que representa as falhas que estão na origem das variadas causas de um problema, classificando-as de acordo com a sua importância [48]. Cada barra representa um fator distinto que influencia um dado problema. Este gráfico surgiu a partir de um economista italiano chamado Pareto, quando este observou que 80% dos efeitos são causados por 20% das causas [49].

As barras encontram-se ordenadas por ordem decrescente com base no valor da sua frequência, com o propósito de priorizar os fatores que são responsáveis por um dado problema, ao passo que a percentagem acumulada das frequências é representada por uma linha. Assim, as barras mais altas indicam os fatores que mais contribuem para o problema e onde deve estar concentrado o foco de resolução da questão [49]. A Figura 9 ilustra a representação de um diagrama de Pareto.

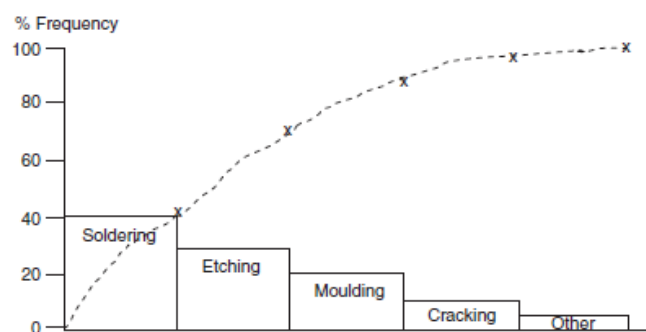


Figura 9 – Representação de um diagrama de Pareto [47].

2.3.3 Diagrama Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito, também conhecido por diagrama de Ishikawa, é uma ferramenta de análise gráfica das causas possíveis para um determinado efeito [50]. Esta representação gráfica equipara-se à forma esquelética de um peixe, em que na cabeça do peixe é representado o efeito, isto é, o problema em questão. As causas do

mesmo integram a estrutura esquelética do peixe, como se pode verificar na Figura 10. Esta ferramenta permite que o foco seja direcionado para as causas e não para os sintomas da questão.

Existem várias variantes que podem ser consideradas causas para um determinado efeito. O diagrama 6M consiste num conjunto de variantes, consideradas das mais comuns causas de um problema, e traduz-se nos seguintes ramos:

1. Máquina;
2. Mão de obra;
3. Método;
4. Materiais;
5. Medição;
6. Meio ambiente.

A realização de um *brainstorming* dentro de cada uma destas possíveis causas é crucial, uma vez que permite a identificação de subcausas de cada um dos 6 ramos mencionados. Após a aplicação desta ferramenta, e identificadas as causas raiz do problema, deve ser desenvolvido um conjunto de estratégias e possíveis soluções do mesmo [47].

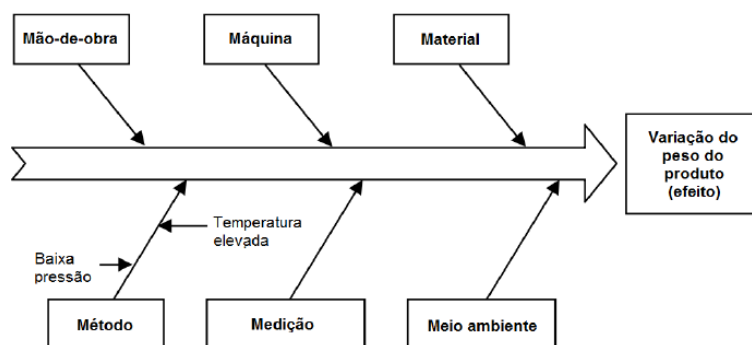


Figura 10 – Representação de um diagrama de causa e efeito [47].

2.3.4 Project charter

O *project charter* consiste num documento que descreve e caracteriza o projeto e os seus principais objetivos. No documento deve constar a calendarização do projeto, a definição dos indicadores que avaliarão a situação atual e o sucesso do mesmo, a identificação do potencial tanto para os clientes e para a empresa bem como as características críticas de qualidade que podem impactar o projeto. Ainda acresce a

identificação da equipa e as respetivas funções de cada elemento também devem estar presentes no documento [9].

Esta ferramenta é essencial para desenvolver a fase *Define* de grande parte dos projetos Seis *Sigma*, essencialmente projetos com maior duração [47].

Verifica-se na Figura 11, uma representação do *project charter*.

Project:	Safety Performance Predictor Model				
Date:	3/28/00				
Project Type:	Quality				
	X				
	Revenue				
	Cost reduction				
Problem Statement:	Plant needs early warning signals so programmes can be put in place to prevent injuries/incidents				
Goal Statement:	Predict injuries/incidents prior to occurring				
	Performance level: 1.47 DPMO				
	Time frame: 6 months				
Project Scope and Approach:	Study safety data to determine what factors influence injuries and incidents. Use the most significant factors and develop a predictor model to serve as early warning signals for a potential deterioration in our safety performance.				
Team Members:	Terry				
	Leadership				
	John				
	Debbie				
	Leader: Vickie				
	Sponsor: Terry				
	Mentor: Tim				
Customers:	Leadership				
	Terry				
	Network Leaders				
CTQs:	Early warning signals of downward shifts in safety climate				
	Combined data source for all site safety data				
	To be able to identify problem areas before injuries occur				
Defect Definition:	Injuries and incidents				
Opportunities per unit:	Exposure hours				
Approximate DPMO:	1.47		Z st:	6.19	
Goal DPMO:	1.25		Z st goal:	6.19	
Stake:	Confidence		Upper:	Lower	
	Interval:				
Capital:					
Timing:	Define	Measure	Analyse	Improve	Control
Target Completion:	04/30/00	06/30/00	07/31/00	08/31/00	09/30/00
Data Issues:	Safety Climate Indicator measurements system needs to be validated				

Figura 11 – Representação de um Project charter [47].

2.3.5 Ferramenta 5S

A metodologia 5S é uma ferramenta de gestão desenvolvida no Japão com o propósito de limpar, organizar e padronizar os locais de trabalho, em prol de melhorias sustentáveis traduzidas na redução dos desperdícios nos tempos não planeados bem como no aumento de produtividade e eficiência dos processos [51][52]. A implementação desta metodologia é realizada com recurso a indicações visuais, tais como etiquetas e cores, que facilitam a contínua organização e limpeza dos locais. A correta aplicação da ferramenta 5S também melhora as condições de trabalho,

incentivando os trabalhadores. Uma implementação típica dos 5S resultaria em significativas reduções nos materiais e no espaço necessário para operações, o que facilita o desenvolvimentos de projetos Seis Sigma [52].

A ferramenta 5S engloba cinco regras [53]:

1. Ordenar (Seiri): Remoção de resíduos e tudo o que não é necessário, bem como limpeza da área de trabalho;
2. Colocar em ordem (Seiton): Designação e etiquetagem de todas as zonas e materiais/ferramentas necessárias na área de trabalho;
3. Brilho (Seiso): Limpeza regular da área, promovendo um bom aspeto do posto de trabalho;
4. Padronizar (Seiketsu): Documentação e padronização do método de trabalho, referenciando métodos e ferramentas necessárias de forma clara e de fácil compreensão;
5. Sustentar (Shitsuke): Garantia de que o procedimento continua a ser cumprido e estabelecido como cultura nos diversos postos de trabalho.

A Figura 12 apresenta uma ilustração do conceito 5S.

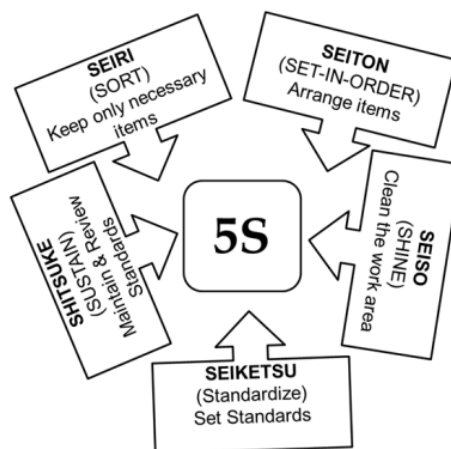


Figura 12 – Conceito 5S ([53]).

2.4 Green Lean Seis Sigma

Atualmente, as empresas, para além de compelidas a atingir resultados económicos, também são pressionadas a atingir objetivos ambientais e até sociais [54]. A consciência da sociedade aliada com a crescente pressão política, no que diz respeito à sustentabilidade ambiental, força as empresas a recorrerem a estratégias que têm como propósito tornar os seus produtos e processos mais sustentáveis [55].

O desenvolvimento sustentável tem por base satisfazer as necessidades da geração atual sem prejudicar as gerações futuras. Esta ideia representa diversos desafios tanto para a sociedade como para as organizações [56]. O conceito de sustentabilidade assenta em três dimensões essenciais que devem estar equilibradas: a social, a económica e a ambiental. O conjunto destes três aspetos é conhecido como o *triple bottom line concept* [57]. Não é possível alcançar a sustentabilidade de uma organização sem a existência dos três pilares mencionados [58]. O pilar social está relacionado com a melhoria da qualidade de vida das pessoas e no seu desenvolvimento pessoal, recorrendo a ferramentas com apoio às suas necessidades, tendo em conta a ergonomia dos postos de trabalho e o reforço do conhecimento das pessoas, de modo a mantê-las motivadas. O pilar ambiental foca-se em diversos métodos com vista a preservação do meio ambiente, nomeadamente a reciclagem e a reutilização. Estas abordagens permitem conservar os recursos naturais e reduzir os danos ambientais. Relativamente ao pilar económico, este centra-se na capacidade de uma empresa produzir, distribuir e oferecer os seus produtos e serviços, com o intuito de se tornar competitiva no mercado em que está inserida. Contudo, é necessário ter sempre presente o balanceamento dos três pilares, dado que o desenvolvimento económico de uma organização não pode resultar no desequilíbrio dos recursos e da comunidade à sua volta [58].

Como resposta à crescente preocupação com a sustentabilidade, as organizações adotaram diversos métodos tradicionais de melhoria da qualidade, como o *Lean* e o Seis *Sigma*. A metodologia *Lean* é uma abordagem que permite a melhoria dos processos industriais com base na redução do desperdício dos mesmos. Todavia, várias empresas entendem que a aplicação individual desta metodologia não é suficiente para alcançar a sustentabilidade dos seus processos [59]. Em contrapartida, a tecnologia *Green* tem como objetivo reduzir os desperdícios ambientais, sendo capaz de minimizar os impactos ambientais negativos dos processos, com base na redução de emissões. O conceito *Green* engloba práticas que permitem a prevenção da poluição, desde redução do consumo de energia, matérias-primas e resíduos, até à reutilização de produtos e utilização de matérias mais renováveis, reformulando os processos e formação dos colaboradores para uma adoção de práticas mais sustentáveis [60]. Contudo, esta abordagem não consegue alcançar a redução dos desperdícios como o *Lean*. Assim, a combinação destes dois conceitos permite desenvolver uma abordagem que atende aos três pilares da sustentabilidade, dado que ambas atendem ao mesmo objetivo: reduzir o desperdício. O conceito *Green Lean* tem por base a redução dos custos dos processos (fator económico) e a melhoria da qualidade dos mesmos, evitando o retrabalho que, por sua vez, reduz o desperdício de recursos (fator ambiental). Esta abordagem também permite obter maior segurança no trabalho, nomeadamente a ergonomia dos postos, atendendo assim ao pilar social [54].

Contudo, garantir a satisfação dos clientes é um aspeto fulcral para o sucesso das empresas num mercado em constante evolução. As elevadas especificações dos produtos são dificilmente atingíveis com processos que apresentem grande variabilidade. Neste sentido, a utilização da abordagem Seis *Sigma* é essencial, uma vez que, esta é capaz de reduzir a variação dos processos e produtos com base na aplicação de técnicas e ferramentas estatísticas.

Assim sendo, cada uma das abordagens mencionadas anteriormente, complementam-se no sentido em que permitem atingir a sustentabilidade dos processos sem descuidar da viabilidade económica dos mesmos, e das necessidades dos clientes. A combinação destas três abordagens traduz-se na produção de produtos de elevada qualidade, de baixo custo e *ecofriendly* [15], [59]. A Figura 13 ilustra a combinação das três metodologias.

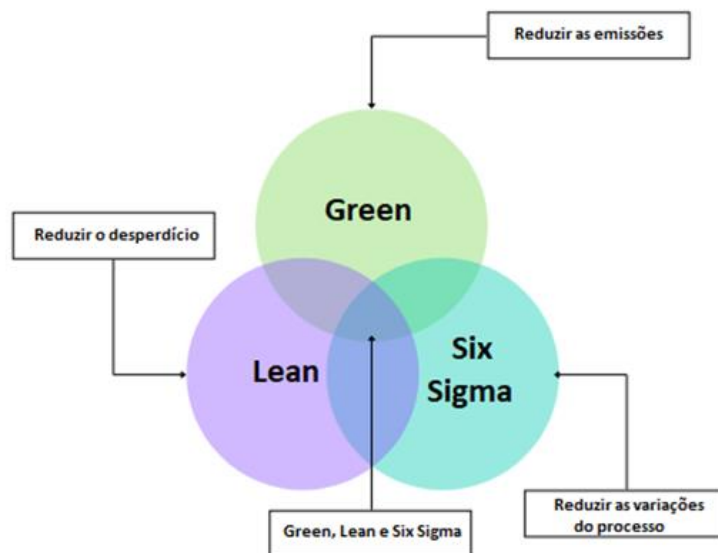


Figura 13 – Combinação *Green Lean Six Sigma* (adaptado de [15]).

Neste contexto, a pegada ecológica representa um problema para o mundo empresarial. A solução para este problema pode estar na aplicação de metodologias *problem-solving*, como o DMAIC. Deste modo, a fase *Define* é responsável por identificar os desperdícios existentes, bem como os processos que causam maior impacto negativo no ambiente. Segue-se a fase *Measure*, na qual são recolhidos dados que quantificam os desperdícios identificados na etapa anterior. Posteriormente, é realizada uma análise dos dados e, conseqüentemente, são identificadas as causas para os desperdícios. Na fase *Improve* e na fase *Control* são delineadas estratégias e soluções para o problema, e realizada uma monitorização das mesmas, de modo a garantir o seu cumprimento [15], [61].

2.4.1 Sustainable manufacturing

No seguimento do que foi referido anteriormente, o conceito *Sustainable manufacturing* (SM) torna-se uma prioridade para as empresas que procuram uma vantagem competitiva num mercado com crescente complexidade. Consiste no fabrico de produtos com o propósito de minorar os impactos negativos no ambiente e assegurar a utilização de recursos naturais [62]. Assim, os processos devem conservar a viabilidade económica do produto e garantir a segurança de toda a comunidade envolvente [61].

Neste sentido, é imprescindível para o sucesso do SM o desenvolvimento de uma cultura sustentável na organização, com o objetivo de sensibilizar todos os seus colaboradores acerca da importância deste conceito. Envolver os operadores neste tipo de projetos e aproveitar as suas capacidades e conhecimentos permite melhorar os processos, uma vez que estes apresentam um melhor conhecimento dos problemas existentes. Este envolvimento possibilita a minoração do oitavo desperdício *Lean*, isto é, o desperdício do talento dos recursos humanos disponíveis numa organização [63].

2.5 Nesting

Existem várias possibilidades de combinações de peças com formas diferentes e assimétricas. Saber qual a solução ideal para a alocação das peças de forma eficiente, minimizando o desperdício de material, é considerado um problema de *Nesting* [64], [65].

Os problemas *Nesting* são problemas C&P (*cutting and packing*) comuns e estão presentes numa diversidade de processos industriais, desde a indústria têxtil à metalúrgica. Estes problemas apresentam uma elevada complexidade científica e geométrica dada as formas assimétricas das peças, distinguindo-se assim dos restantes problemas C&P [66], [67]. Esta complexidade é, por vezes, encarada com a combinação da rotina de posicionamento já existente e um algoritmo meta-heurístico, designada por “algoritmo híbrido” [68].

Estes problemas podem ser descritos como a seleção de diversos itens de pequenas dimensões (a totalidade ou uma parte), sendo os mesmos agrupados em subconjuntos, para que possam ser afetados a objetos de dimensões maiores. Os subconjuntos ficam na sua totalidade alocados no interior do item maior, sem sobreposição de nenhum item de pequena dimensão. Caso o propósito seja maximizar o número de itens de pequena dimensão alocados nos objetos de maior dimensão, sabendo que a capacidade dos mesmos não é suficiente para alocar todos os itens de pequena dimensão, trata-se de um problema de maximização de entradas. Por outro lado, caso os objetos de maior dimensão tenham capacidade para acondicionar todos os itens de pequena dimensão, o objetivo é obter a melhor alocação dos itens com

vista à melhor gestão do espaço, tratando-se de um problema de minimização de saídas [69].

Os problemas C&P podem ser categorizados segundo diversos critérios, sendo um deles a dimensionalidade. Segundo o critério de dimensionalidade, estes problemas podem ser distinguidos como: unidimensionais, bidimensionais (empacotamento de áreas) e tridimensionais (empacotamento de volumes) [69].

Nesting é um processo responsável pela otimização da disposição de peças 2D com uma variedade de formas numa folha padrão de dimensões fixas [70] com o propósito minorar o desperdício [71]. Este processo constrói um layout com a disposição das peças otimizada com base em algoritmos de inteligência artificial, tendo sempre em conta a viabilidade do corte das mesmas [72]. Na Figura 14 é possível observar um exemplo de um layout otimizado pelo processo *Nesting*.

Para além da minimização do desperdício, a solução ótima também tem em conta a minimização do tempo de corte e a otimização do caminho que o corte terá de percorrer [64].



Figura 14 – Exemplo de um layout otimizado pelo processo *Nesting* [67].

2.6 Sistema integrado de visão artificial

A integração de sistemas de visão artificial é uma das principais tecnologias na automação, contribuindo para a introdução do conceito Indústria 4.0 nas empresas [73], [74], proporcionando às empresas uma vantagem competitiva no mercado onde estão inseridas [75]. Estes sistemas estão atualmente em crescimento, devendo-se em grande parte à queda do seu custo. A aplicação deste tipo de sistemas proporciona às indústrias um elevado retorno do investimento dado que reduz o custo de erro de inspeção e o custo da mão de obra associada [73]. Este deve-se, em parte, à diminuição dos preços da componente computacional, mas também à importância da qualidade na indústria. Um outro fator que motiva as empresas a adotar um fabrico

inteligente é a falta de pessoas qualificadas [73]. As principais áreas de aplicação destes sistemas decorrem nas áreas de controlo de qualidade, nomeadamente na inspeção e medição automáticas, assim como na visão robótica [74].

Apesar do atual crescimento destes sistemas, ainda existe bastante hesitação devido ao receio relacionado com os custos de investimento inicial e com a instalação e manutenção dos mesmos. No entanto, grande parte das aplicações de sistemas de visão em máquinas apresentam um custo pequeno relativamente ao custo associado à automatização de uma linha de produção. Em suma, os benefícios destes sistemas permitem justificar os investimentos realizados, como a melhoria da qualidade dos produtos, o aumento da produtividade dos processos, a melhoria da segurança operacional e a redução de desperdícios. Antes da adoção dos sistemas de visão nas máquinas de uma indústria, é importante questionar e avaliar uma série de parâmetros, nomeadamente, o impacto na velocidade de produção, a necessidade de modificação do processo e no layout da linha, a facilidade de reconfiguração do sistema à medida que surgem alterações no processo, a frequência da manutenção do sistema, entre outros. Com o intuito de evitar limitações ou descontentamento da tecnologia, é necessário estudar previamente e com rigor a aplicabilidade e objetivos da mesma, assim como os seus possíveis erros, de modo a atender às necessidades do processo de fabrico de forma mais realística possível. A flexibilidade dos sistemas de visão é crucial para a flexibilidade dos mesmos relativamente a respostas eficazes no que diz respeito a mudanças do produto ou até mesmo do processo [74].

O sistema integrado de visão artificial é composto por diversos componentes, nomeadamente, a câmara, a unidade de iluminação, o processador capaz de realizar o processamento da imagem captada pela câmara e por sistemas de aquisição de imagem capazes de efetuar a extração das características da mesma e de tomar decisões. A unidade de iluminação tem um papel fundamental neste sistema uma vez que esta está diretamente relacionada com a precisão da imagem captada pelas câmaras [73]. A Figura 15 ilustra os vários componentes que constituem um sistema de visão industrial.

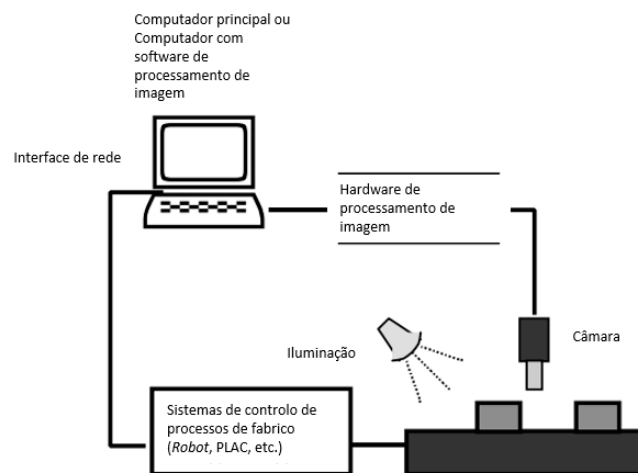


Figura 15 – Componentes de um sistema de visão industrial (adaptado [75]).

Estes sistemas realizam tarefas mais monótonas e repetitivas, o que permite a interação Homem-Máquina, tornando os locais de trabalho mais seguros. A interação Homem-Máquina é uma predisposição da Indústria 4.0. Nesta interação, está presente a capacidade cognitiva do Homem em se adaptar e compreender as diversas tarefas em consonância com a habilidade dos *robots* em executar tarefas repetitivas e monótonas. Esta combinação permite reduzir os problemas ergonómicos dos vários processos presentes na indústria [73].

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DO PRODUTO E DO PROCESSO

3.1 Caracterização da empresa

3.2 Caracterização do produto

3.3 Processos produtivos

3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DO PRODUTO E DO PROCESSO

O projeto de dissertação foi desenvolvido na empresa ATEPELI – Ateliers de Portugal, mais precisamente no *atelier* de Penafiel. Neste capítulo é feita uma breve caracterização da empresa, assim como dos produtos e respetivo fluxo produtivo. Por último, é explicado com detalhe o processo de colagem presente nas linhas de preparação da empresa.

3.1 Caracterização da empresa

A empresa ATEPELI – Ateliers de Portugal, é uma empresa que se dedica à produção de pequena, média e grande marroquinaria para o setor de moda de luxo. Esta pertence a um dos maiores grupos multinacionais que está presente em mais de 60 países e em diversos setores como a moda, bebidas, perfumaria, entre outros. A ATEPELI iniciou a sua atividade em 2011, contando, até à data, com mais de 750 colaboradores, e produz exclusivamente para a marca do grupo a que pertence.

A ATEPELI é composta por três *ateliers* em Portugal: o *atelier* situado em Ponte de Lima, que é responsável pela produção de pequena e média marroquinaria, como componentes de malas até componentes e interiores de carteiras; o *atelier* de Penafiel (Figura 16), semelhante ao anterior, mas apenas dedicado à produção de componentes de malas; e o *atelier* situado em Santa Maria da Feira, que se diferencia dos restantes, dado que a produção de marroquinaria deste *atelier* é unicamente dirigida ao setor do calçado. Todos estes *ateliers* não produzem o produto final, apenas componentes do mesmo. O produto final é, de um modo geral, produzido nos *ateliers* localizados em França.



Figura 16 – *Atelier* de Penafiel.

Um dos valores da empresa foca-se no *savoir-faire*, onde a inovação e a excelência são obrigatórias. A ATEPELI concentra-se no desenvolvimento de produtos de alta qualidade, onde todos os detalhes contam. Neste sentido, existe uma procura constante de excelência nos seus processos, onde a formação dos seus artesãos tem um peso significativo.

Relativamente às matérias necessárias para os processos produtivos dos artigos, estas podem dividir-se em três campos: matérias-primas, componentes e consumíveis. As matérias-primas são essencialmente toda a pele e materiais sintéticos necessários para a confeção das peças, os componentes são basicamente as peças metálicas e fechos. As tintas, a cola, os fios e todos os acessórios de suporte aos processos de fabrico, são os consumíveis. De notar que, tanto as matérias-primas como os componentes, podem ter duas origens distintas: o cliente pode fornecer toda a pele necessária para a encomenda já cortada com os respetivos componentes metálicos, designados os *pré-coupe*; em alternativa, a empresa pode comprar tanto a pele como os componentes a empresas locais, sendo a pele cortada à posteriori no próprio *atelier*.

3.2 Caracterização do produto

As linhas de produção encontram-se dedicadas a produtos de marroquinaria, maioritariamente, a componentes para o exterior do produto acabado, podendo estes serem divididos em dois tipos: componentes planos e componentes *Torron*. Os componentes planos, como o próprio nome indica, são componentes que não necessitam que lhe seja dada forma, podendo estes ser *bandoulières* (alças de ombro), tiretes e *porte-adresse* (identificação de morada). Os componentes *Torron*, são compostos por um componente chamado *Torron*, semelhante a uma corda que, nas etapas finais, permite dar forma à peça. Estes componentes são maioritariamente os *poignées* e *poignées plate*. Na Figura 17, é possível observar alguns exemplos destes componentes.



Figura 17 – Exemplos de *bandoulière*, *porte-adresse* e *poignée* produzidos no *atelier* de Penafiel, respetivamente.

3.3 Processos produtivos

O fluxo produtivo tem início no armazém. É da responsabilidade do mesmo realizar a receção e armazenamento de todas as matérias-primas, componentes e consumíveis necessários para os processos produtivos. A receção é realizada na zona amarela da Figura 18. Um colaborador do armazém, com base no planeamento da produção, abastece as linhas de preparação com os materiais necessários para o planeamento do dia. Caso os materiais não tenham sido entregues em *pré-coupes*, o armazém abastece a zona de corte, para esta dar início à preparação e corte das peles e reforços. A zona de corte está destacada a laranja na Figura 18. Após o corte, os materiais são entregues nas linhas de preparação.

A zona de produção está dividida em três linhas de preparação, destacadas a verde, e seis linhas de montagens, destacadas a azul-escuro, em que cada linha de preparação abastece duas linhas de montagem. As linhas de montagem estão estrategicamente localizadas ao longo da fachada de vidro, uma vez que o processo de montagem requer mais esforço visual e luz natural para facilitar os processos mais minuciosos.

As ordens de fabrico (OF) são organizadas em caixas de 30 peças do mesmo produto. Os fluxos produtivos são, geralmente, de grande variedade de produtos e pouca quantidade de OF, dificultando os processos de otimização e melhoria do sistema produtivo.

Preparação

As linhas de preparação, como o próprio nome indica, destinam-se à preparação dos produtos para as linhas de montagem. Esta fase do processo produtivo é compreendida por vários processos, nomeadamente: o processo de igualizar, onde é assegurada uma espessura uniforme de todas as peças da OF; o processo de colagem automática (PCA), o qual permite a ligação de vários componentes das peças como os reforços às frentes das mesmas; e o processo de coloração, através do qual é realizada a coloração dos bordos exteriores e das partes internas visíveis no produto acabado, também presente nas linhas de montagem.

Montagem

Como já foi referido, o produto segue da linha de preparação para as linhas de montagem. As montagens apresentam como principais processos produtivos a costura, o processo de coloração, e a cravação. A costura pode ser automática, com recurso a máquinas de costura, ou manual, o que acontece quando o produto é do tipo *Torron*. Na cravação é realizada a fixação das peças metálicas da árvore do produto da ordem de fabrico em curso. Este processo é, por norma, realizado com recurso a máquinas de cravação, podendo, no entanto, também ser feito com recurso a colagem manual.

Muro da qualidade e Embalagem

Concluído o processo de montagem, as peças são controladas, dado que a qualidade do produto é um requisito imprescindível do grupo ao qual o *atelier* pertence. No controlo, são avaliados os acabamentos, a resistência e a funcionalidade, entre outras características do produto. Este é feito de forma visual e com recurso a vários testes definidos pela sede do grupo, na zona vermelha (Figura 18), designada por muro da qualidade.

Concluído o controlo, as peças são embaladas na zona azul-claro (Figura 18) e regressam ao armazém para serem processadas e expedidas para o respetivo cliente. O Anexo I apresenta o fluxograma relativo ao fluxo produtivo.

A zona roxa da Figura 18 representa a linha de formação da empresa. Esta linha é dedicada à formação prática de operadoras(es) nos processos produtivos, pela qual todos os artesãos iniciam o seu percurso na empresa. Sempre que um colaborador é contratado, é colocado durante um período de um mês na linha de formação, para que possa ter contacto com os processos antes de ser colocado nas linhas de produção. Concluído o mês de formação, o artesão realiza testes de polivalência para que possa ser alocado a um processo para o qual tenha maior aptidão.

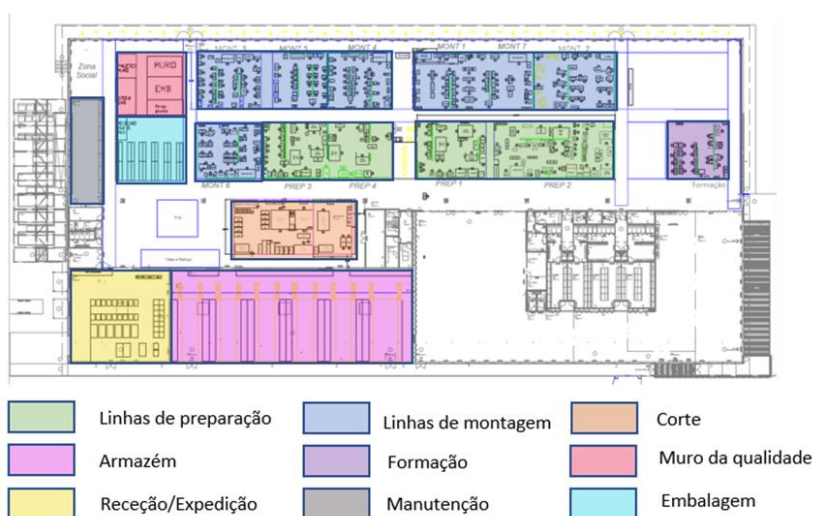


Figura 18 – Layout do Atelier de Penafiel.

3.3.1 Abastecimento de cola

O ciclo de abastecimento de cola tem início no armazém, onde a cola é armazenada em caixas de 5 kg, como é visível na Figura 19.



Figura 19 – Local de armazenamento da cola C19016.

Todos os dias, no início de cada turno, é realizado o abastecimento de uma zona centralizada na área de produção, designada por *Kanban*. O *Kanban*, ilustrado na Figura 20, é um local onde estão armazenados os consumíveis e acessórios necessários para os processos produtivos do *atelier*, desde colas a tintas, óculos de proteção, luvas, picos, entre outros. A localização destes consumíveis foi estrategicamente pensada com o intuito de reduzir o tempo de deslocação dos artesãos à zona de armazém.



Figura 20 – Localização dos consumíveis na zona central da produção.

Após a chegada à zona central da área de produção, as caixas de cola, assim como os restantes consumíveis, são levantados por pessoas autorizadas de modo a evitar o desperdício dos mesmos, uma vez que, tanto as colas como as tintas, possuem um prazo muito curto de validade após a sua abertura. Neste local estão disponíveis 10 caixas de cola C19016, o suficiente para cada *robot* de cola, e até mesmo para o respetivo abastecimento durante o turno, caso seja necessário. Após a sua total utilização, os sacos de cola são colocados em caixotes, também localizados na zona central do *atelier*.

3.3.2 Processo de colagem

Cerca de 9000 produtos por ano são devolvidos ao *atelier* devido a problemas relacionados com a colagem, sendo esta uma das razões pela qual o processo de colagem é considerado um dos processos mais críticos do *atelier*. Este processo está presente nas linhas de preparação, local onde a cola é aplicada de forma automática com recurso a um *robot* de varrimento, e nas linhas de montagem, onde a sua aplicação é feita de forma manual. Dado que nas linhas de montagem, este processo é utilizado unicamente para retoques e colagem de peças de pequena dimensão, o consumo de cola é bastante inferior quando comparado com as linhas de preparação. Deste modo, o projeto foi desenvolvido com foco no processo de colagem das linhas de preparação.

O processo de colagem automático (PCA) consiste num conjunto de etapas, iniciando-se com a própria aplicação de cola nas peças, seguindo-se da secagem, posterior reativação em forno *flash*, união e calandragem a frio. A sequência das etapas encontra-se ilustrada na Figura 21.



Figura 21 – Etapas do processo de colagem.

Aplicação de cola

Na primeira etapa, é realizada a aplicação de cola nas peças de forma automática, com recurso a um *robot* de varrimento. Antes de dar início ao processo, é necessário que o artesão destacado para o processo realize várias verificações, nomeadamente:

- Verificação do depósito de cola do *robot* de modo a garantir que este está cheio e à pressão de 1,2 bar;

- Verificação da presença de filtros tanto nas duas gavetas do *robot* como no cavalete. Os filtros no cavalete são considerados filtros de reserva utilizados quando os filtros em utilização estão saturados ou na etapa de secagem;
- Verificação da gramagem de cola da pistola do *robot*.

O último ponto de verificação deve ser repetido sempre que a pistola é ajustada, após uma intervenção da manutenção, após o enchimento do reservatório de cola e sempre que a gramagem indicada na gama operatória do produto seja diferente da gramagem que está a ser utilizada.

Para o procedimento da gramagem, o artesão apenas necessita de uma folha A4 e uma balança de precisão, localizada junto do próprio *robot*. Este procedimento permite o controlo da quantidade de cola depositada nas peças, garantindo a otimização do uso de cola, bem como o cumprimento dos requisitos de qualidade do produto. Assim, para realizar este procedimento, o artesão deve colocar uma folha A4 numa balança para tarar a mesma. Posteriormente, a folha deve ser posicionada numa das gavetas do *robot* e é realizada uma passagem de cola sobre a mesma. De seguida, o artesão deve proceder à pesagem da folha e verificar se a gramagem está de acordo com o valor presente na OF. Este procedimento é visível na Figura 22.



Figura 22 – Pesagem da folha A4 para o processo de gramagem de cola.

Concluídas todas as verificações, o artesão dá início à disposição das peças nas gavetas. O posicionamento das peças deve iniciar-se na zona mais próxima do início do ciclo de varrimento, tendo sempre em conta a otimização da área utilizada. Os espaçamentos entre as peças devem ser o mínimo possível, de forma a otimizar o uso de cola e reduzir os desperdícios da mesma. O artesão também deve garantir a

distância de 40 mm dos limites do filtro, isto porque nestas áreas não é possível garantir a homogeneidade da cola, podendo originar problemas de qualidade no processo. Nas situações em que a peça não leva cola na sua totalidade, são colocados gabaritos e/ou placas feitos em Polietileno (PE) nas zonas onde não é necessário aplicar cola. Os *poignées* são um bom exemplo destes casos, uma vez que são peças que não necessitam de levar cola nas suas extremidades. A Figura 23 ilustra a utilização de placas nos produtos *poignées*.



Figura 23 – Utilização de gabaritos no processo de colagem dos *poignées*.

Os gabaritos também são utilizados em peças de pequena dimensão, de modo a evitar o movimento das mesmas provocado pela passagem da pistola. Estes gabaritos são compostos por bases, que apresentam rasgos com o formato das peças para que estas fiquem fixas, e tampos, utilizados quando a peça necessita de aplicação de cola em zonas específicas. A Figura 24 e a Figura 25 são exemplos de gabaritos utilizadas em peças de pequena dimensão.



Figura 24 – Gabarito utilizado para a aplicação de cola em *passants*.

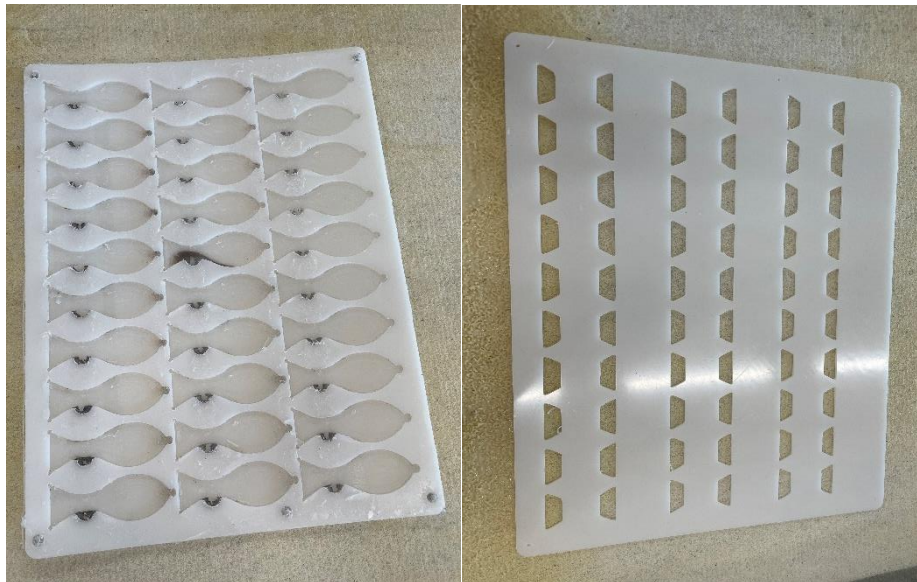


Figura 25 – Base e tempo de gabaritos para processo de colagem das *enchapes*.

Um outro passo muito importante nesta etapa, é a limitação do percurso do *robot*. A limitação do *robot* permite ajustar o percurso no eixo Y que a pistola deve percorrer, otimizando, deste modo, o consumo da cola. Este ajuste deve ser feito pelo artesão, com base na leitura da régua presente nas gavetas do equipamento. O artesão deve ainda verificar esse valor, para o introduzir como parâmetro do processo na máquina.

Secagem

Concluída a aplicação de cola, os filtros de gaveta são retirados e colocados em estendais (Figura 26), localizados junto ao *robot*, para a secagem das peças ao ar livre. Estes estendais são compostos por patamares, o que permite a secagem de vários filtros em simultâneo. O tempo mínimo necessário para que a cola fique translúcida é designado como tempo de secagem. O seu valor depende do tipo de material da peça, sendo geralmente inferior a 10 minutos.



Figura 26 – Estendal utilizado para secagem das peças após aplicação de cola.

Reativação, União e Calandragem

Após a secagem das peças, segue-se a reativação da cola com recurso a um forno *flash*, como é visível na Figura 27. Esta operação demora 3 a 5 segundos e a cola fica ativa num período de aproximadamente 15 minutos, sendo este tempo designado por tempo de abertura.



Figura 27 – Forno *flash* para ativação da cola C19016.

A união e calandragem das peças devem ser feitas dentro do intervalo de tempo de abertura, com as peças ainda quentes. Após este período, as características da cola começam a ficar deterioradas. A calandragem é realizada com o intuito de uniformizar a pressão exercida em toda a peça. Esta é realizada com recurso a uma calandra a frio, ilustrada na Figura 28, em que a distância entre os rolos deve ser ajustada em conformidade com a espessura das peças.



Figura 28 – Calandragem a frio.

Na Figura 29, está representada a linha temporal que as etapas do processo de colagem devem cumprir para que o processo decorra em conformidade com todos os requisitos.

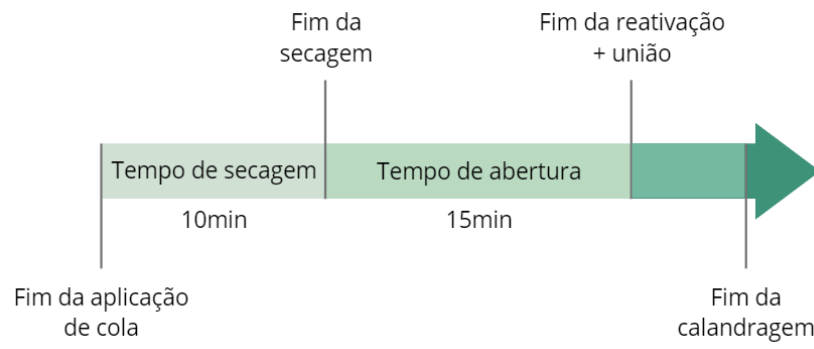


Figura 29 – Linha temporal das etapas do processo de colagem.

ANÁLISE E RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

- 4.1 Diagnóstico do problema (Fase *Define*)
- 4.2 Consumo de cola (Fase *Measure*)
- 4.3 Análise das possíveis causas (Fase *Analyze*)
- 4.4 *Brainstorming* sobre possíveis soluções (Fase *Improve*)
- 4.5 Implementação de ações (Fase *Improve*)
- 4.6 Análise da melhoria obtida (Fase *Control*)
- 4.7 Análise crítica dos resultados e aplicabilidade da metodologia adotada

4 ANÁLISE E RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

O presente caso de estudo foi desenvolvido com o intuito de identificar as variáveis e características do PCA que permitam diagnosticar e justificar os elevados consumos de cola presentes na empresa e, com base no diagnóstico, propor soluções de melhoria que visam reduzir esses mesmos consumos. Em paralelo, é pretendido atender ao propósito de tornar o processo mais sustentável, considerando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 9 e 12 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). O consumo excessivo de insumos acarreta não só prejuízos financeiros como também prejuízos ambientais. A execução de processos produtivos mais sustentáveis é fundamental para a relação da empresa com os seus parceiros comerciais, com a sociedade e, em particular, com o ambiente.

Com o objetivo de estudar o problema referido e perceber quais as causas raiz do mesmo, foi desenvolvida a abordagem DMAIC. Esta metodologia permite definir o problema com detalhe (fase *Define*), estudar a situação atual (fase *Measure*), analisar as possíveis causas do mesmo (fase *Analyze*), e desenvolver soluções de melhoria que possam resolver o problema (fase *Improve*). Ainda é possível efetuar o controlo das soluções implementadas (fase *Control*), de modo a perceber se as mesmas atingiram os resultados pretendidos/estimados. Neste capítulo, também será feita a análise crítica dos resultados obtidos.

Os trabalhos concentraram-se na linha de preparação 3, tendo como objetivo a réplica das melhorias realizadas para as restantes linhas de preparação.

Assim, para melhor compreensão do projeto serão de seguida descritas e apresentadas todas as etapas da abordagem DMAIC.

4.1 Diagnóstico do problema (Fase *Define*)

A fase *Define* é o ponto de partida no desenvolvimento da ferramenta DMAIC, dado que nesta fase foi definido o problema e foram estabelecidos os objetivos primordiais do projeto. As tarefas e a calendarização das mesmas também foram determinadas neste ponto. Foi desenvolvido um mapeamento do processo, para que possa ser facilmente interpretado e compreendido. Deste modo, esta etapa é composta por três fases:

1. Definição do problema;
2. Determinação do objetivo do projeto;
3. Planeamento do projeto.

4.1.1 Definição do problema

O problema em estudo surgiu com base num alerta por parte do Departamento Financeiro, que constatou que os consumos de cola semanais estavam bastante acima do valor estimado. Este valor é definido pela sede da empresa no início de cada ano, sendo que o seu valor no ano 2021 foi de 0,19 €. O mesmo corresponde ao valor do *budget* de consumo total semanal de cola da empresa. O cálculo do *budget* realizado por parte do Departamento Financeiro, é feito com base nas Horas Vendidas Internas (HVI), ou seja, é feita uma contabilização semanal em kg do consumo de cola, sendo que a respetiva quantidade é multiplicada pelo custo monetário da mesma. De seguida, é realizada a divisão do valor obtido pelo HVI, como se pode ver na Equação 1. O número de Horas Vendidas Internas corresponde ao número de horas necessárias para produzir a quantidade de peças que foram expedidas pela empresa.

$$\text{Budget de cola semanal (€)} = \frac{\text{Quantidade de cola consumida na semana(kg)} * \text{custo (€/kg)}}{\text{HVI}} \quad (1)$$

Na Figura 30 é possível visualizar o *budget* do consumo de cola no ano 2021 reportada pelo Departamento Financeiro. Com base na análise desta figura, é possível verificar que todas as semanas se encontram acima do *budget* (BU), e que apenas as semanas S1 e S19 se aproximaram do mesmo.

A contabilização do consumo de cola é correspondente ao consumo de todos os tipos de cola utilizados no *atelier*. Com o intuito de identificar qual o tipo de cola com maior consumo e, conseqüentemente, identificar qual o processo de colagem associado ao mesmo, foi realizada uma análise dos consumos relativamente a cada tipo de cola utilizada nos diversos processos de colagem no *atelier*. Os resultados encontram-se na Tabela 5, na qual é possível verificar que a cola com a referência C19016 é a que apresenta maior consumo, correspondendo a cerca de 54% do consumo total da empresa. Deste modo, o projeto foi restringido a este tipo de cola e, por conseguinte, ao PCA da cola C19016.

BU	
Colas	0,19 €

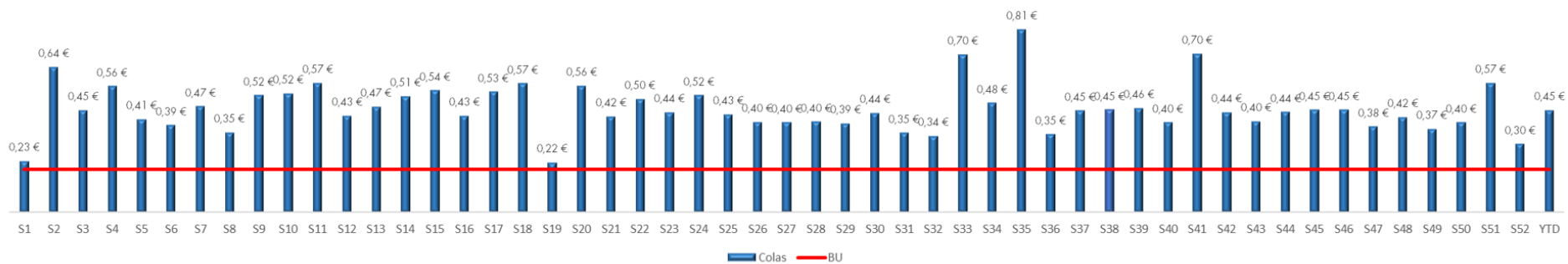


Figura 30 – Budget de consumo de cola semanal no ano 2021 (dados do departamento financeiro).

Tabela 5 – Consumos dos diferentes tipos de cola

Referência	Descrição	Quantidade (Embalagem)
C03413	COLLE ECOSTICK 1816B	41
C18999	COLLE KECK ECHO PU 249F BAG	6477
C19007	ECHO S213 WD P	114
C19016	COLLE AQUAGRIP 620F BAG 5KH	7853

A referência C19016, também referida como cola 620, é uma cola reativável, utilizada tanto nas linhas de preparação como nas linhas de montagem. Esta característica exige o cumprimento de tempos de secagem para que o processo de colagem seja feito de forma correta, garantindo que as propriedades da cola sejam as desejadas. O fornecimento da cola por parte do fabricante é realizado em caixas de 5 kg, sendo que, no ano 2021, o consumo médio semanal foi de 151 kg. Todos os consumíveis do *atelier*, incluindo as colas, são definidos e escolhidos pela sede da empresa, de modo que todos os *ateliers* que produzem para a marca utilizem os mesmos produtos nos vários processos produtivos.

Os dados da Figura 30, juntamente com os dados detalhados do consumo semanal de cola, tanto em quantidade (kg) como em custo monetário (€), permitiram definir a situação do consumo de cola C19016 no ano 2021. Esta análise permitiu concluir que foram consumidos, em média, 151 kg de cola semanalmente, tendo um custo para a empresa de 1512 €/semana. Isto traduz-se num *budget* de consumo de cola no valor de 0,25 €/semana. De notar que, o consumo de cola ultrapassou o *budget* total de colas, sendo outro indicador da necessidade de analisar o processo de colagem referente a este tipo de cola. A Tabela 6 ilustra os dados dos consumos médios de cola do *atelier* em 2021.

Tabela 6 – Consumos e gastos médios de cola no ano 2021

Consumo médio semanal	151 kg/semana
Gasto médio semanal	1512 €/semana
<i>Budget</i> médio semanal	0,25 €/semana

Para a redução destes valores, foi necessário perceber quais são as causas-raiz que justificam o sobreconsumo de cola verificado, para que as mesmas fossem priorizadas e solucionadas.

4.1.2 Objetivos do projeto

O objetivo primordial deste projeto consistiu em identificar os aspetos e variáveis do PCA, de modo a realizar o diagnóstico do processo que justifique os valores de consumo de cola da empresa. Este trabalho também teve como propósito atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 9 e 12 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) [76]. O objetivo 9, intitulado por “Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”, atende à necessidade de tornar as indústrias mais sustentáveis, com base no uso mais eficiente dos seus recursos. Em referência ao objetivo 12 designado por “Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis”, é referida a necessidade de reduzir consideravelmente os resíduos, tendo por base a adoção de práticas sustentáveis como a redução, a reciclagem e/ou a reutilização. Neste sentido e, complementarmente ao diagnóstico do PCA, pretende-se desenvolver soluções que permitam reduzir o consumo de cola. Deste modo, os objetivos do projeto subdividem-se em:

1. Perceber a situação atual do consumo de cola do *atelier*;
2. Identificar e priorizar as principais causas-raiz do mesmo;
3. Definir e desenvolver soluções para as causas-raiz encontradas com vista à redução do consumo de cola e melhoria do processo;
4. Tornar o processo mais sustentável através do controlo do consumo de cola.

No Anexo II é possível consultar os objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 da ONU.

4.1.3 Planeamento do projeto

Definidos o problema e os objetivos do projeto, procedeu-se à elaboração de um documento que resume o projeto na sua globalidade, para uma melhor compreensão do mesmo, desde o âmbito, aos objetivos e à calendarização do mesmo. O documento desenvolvido denomina-se por *Project Charter*. O mesmo encontra-se apresentado na Figura 31.

PROJECT CHARTER										
Título do Projeto: Melhoria da sustentabilidade no processo de colagem utilizado na indústria de marroquinaria de luxo.										
Problema: Elevado consumo de cola que, por sua vez, acarreta um elevado consumo de filtros de gaveta, tornando o processo menos sustentável.										
Background do Problema: Consumo de cola no ano 2021 esteve sempre acima do <i>budget</i> . A cola que apresenta maior consumo na empresa é a cola C19016, sendo que, no ano 2021, os custos de tipo de cola foram cerca de 139704,87€.										
Objetivos a atingir: Melhoria da sustentabilidade do processo de colagem, através da redução do consumo de cola do mesmo.										
Cronograma do Projeto:										Membros da equipa envolvidos no projeto: Carina Pinto Equipa de Métodos e Melhoria Contínua
	Set. 2021	Out. 2021	Nov. 2021	Dez. 2021	Jan. 2022	Fev. 2022	Mar. 2022	Abril. 2022	Mai. 2022	
<i>Define</i>	█									
<i>Measure</i>	█									
<i>Analyse</i>			█							
<i>Improve</i>				█						
<i>Control</i>								█		

Figura 31 – Project charter do projeto.

Complementarmente ao documento acima mencionado, foi desenvolvido um gráfico de Gantt com a calendarização do projeto mais detalhada. A Figura 32 ilustra a versão final deste gráfico.

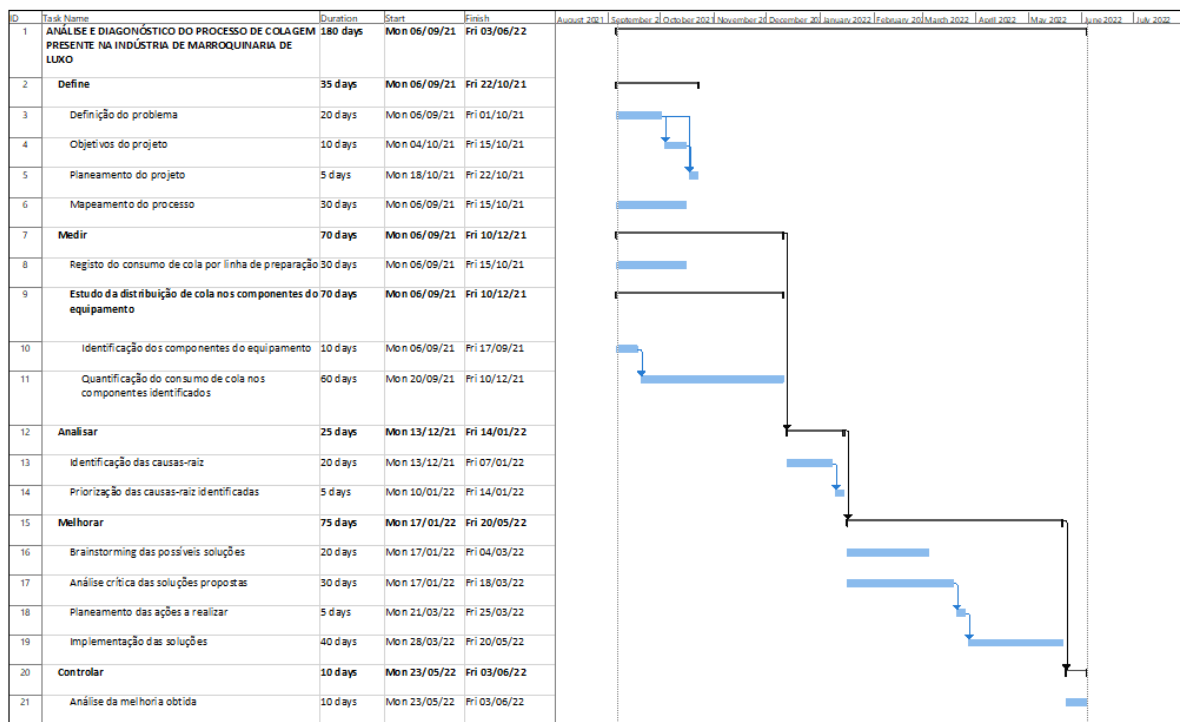


Figura 32 – Gráfico de Gantt utilizado para o planeamento do projeto.

4.2 Consumo de cola (Fase Measure)

O próximo passo da abordagem DMAIC consistiu na recolha de dados relativamente à situação atual do projeto, com o propósito de definir o ponto de partida do mesmo. Nesta fase, foi também importante identificar os pontos onde existe consumo de cola e proceder à quantificação do consumo de cola nos mesmos.

4.2.1 Consumo de cola por linha de preparação

A contabilização do consumo de cola conhecida no arranque do projeto era apenas o consumo de cola semanal de todo o *atelier*, como ilustrado na Figura 33. No âmbito deste projeto, foi importante conhecer o consumo de cola mais detalhado, nomeadamente o consumo por linha de preparação e, até mesmo, por turno. Para este propósito, foram desenvolvidos formulários de registo de cola e, posteriormente, colocadas junto a cada *robot* de cola C19016, como mostra a Figura 33.



Figura 33 – Formulário de registo de cola colocado junto ao *robot* de cola C19016.

Estas folhas apresentam uma calendarização mensal e encontram-se divididas por turnos. O artesão recebeu indicação de que, sempre que fosse colocado um novo saco de cola no depósito do *robot*, fosse feita uma marcação na folha, no respetivo dia e turno. Esta medição foi importante para a fase seguinte, uma vez que permitiu a análise de possíveis relações entre o consumo de cola e uma linha em particular ou até mesmo um turno. No Anexo III, é possível observar o formulário usado para o registo.

Os resultados obtidos após um mês e meio de registo podem ser observados na Figura 34.

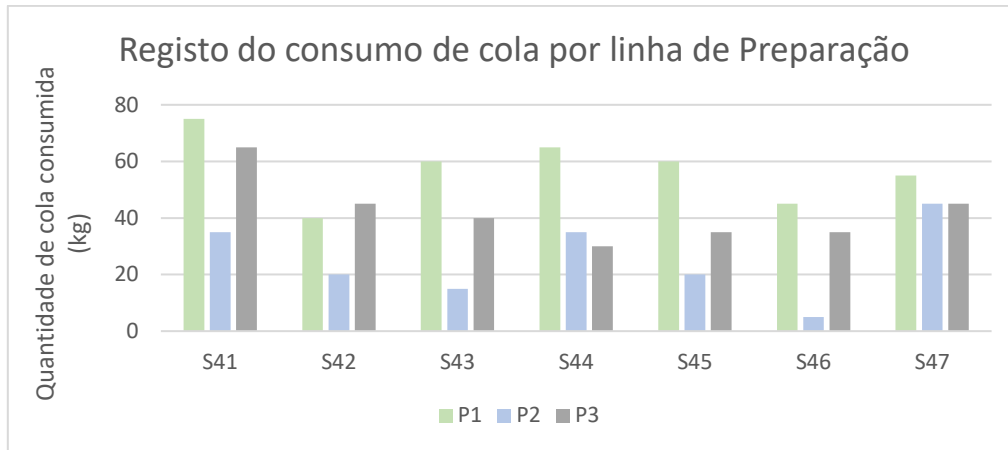


Figura 34 – Consumo de cola C19016 semanal nas diferentes linhas de preparação.

Embora tenha sido várias vezes alertada a importância destes dados para o projeto, a adesão ao preenchimento das folhas de registo dos formulários de registo não foi a esperada, comprometendo a veracidade dos dados recolhidos. Neste sentido, os dados não foram considerados 100% fidedignos e, por sua vez, não foram considerados nas fases seguintes do projeto.

4.2.2 Estudo da distribuição de cola pelos diferentes componentes do equipamento

Em simultâneo com o ponto anterior, foi realizado um estudo da distribuição de cola pelos diferentes componentes do *robot*. As observações físicas do posto de trabalho e do processo, permitiram detetar pontos críticos que, posteriormente, foram alvo de medições para melhor compreender o seu peso no consumo de cola da empresa.

Filtros de gaveta

Os filtros de gaveta são utilizados como base em cada gaveta do *robot* de cola, sobre os quais são posicionadas as peças para o processo de colagem, como é possível ver na Figura 35.

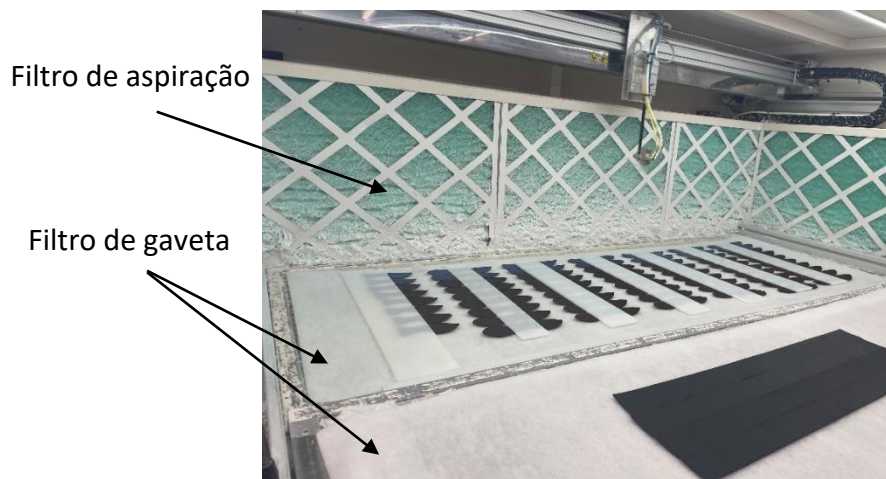


Figura 35 - Exemplo de filtros de gaveta.

Dado o seu poder de absorção, os filtros são utilizados várias vezes no mesmo turno. Quando a camada superficial de cola deixa de ser absorvida, o filtro deixa de ser utilizado para evitar trabalhos adicionais de limpeza das peças. Assim, a alteração dos filtros está diretamente relacionada com a quantidade de cola presente nos mesmos. Após sucessivas observações do posto e de contactos com os artesãos, verificou-se que são utilizados uma média de 12 filtros por turno, em cada linha de preparação. Com o intuito de quantificar o valor de cola presente nos filtros de gaveta, foi realizada uma pesagem dos mesmos, no início e no final de um turno, durante o período de um mês. O resultado destas medições permitiu concluir que o consumo de cola estimado neste componente é de cerca de 44 kg por semana.

Filtros de aspiração

Além dos filtros de gaveta, o *robot* também apresenta filtros de aspiração colocados em toda a lateral do mesmo, definidos pelo fabricante do equipamento. Nas primeiras observações do PCA, foi possível detetar camadas espessas de cola nestes filtros (Figura 35), alertando desde logo a atenção para a possibilidade de existência de um ponto de desperdício de cola. Do mesmo modo que os filtros de gaveta, foram efetuadas várias pesagens destes filtros, com a finalidade de quantificar a cola presente nos mesmos e, posteriormente, avaliar o seu impacto no consumo de cola. Os resultados deste procedimento permitiram estimar um consumo de cola de cerca de 0,9kg por semana neste componente.

Gabaritos

Como referido no subcapítulo 3.3.2, os gabaritos auxiliam o processo de colagem automático sempre que as peças necessitam de aplicação de cola em zonas específicas. Esta necessidade deve-se ao facto de o *robot* aplicar cola com recurso a um varrimento, não sendo possível detetar as peças ou as zonas onde estas

necessitam de cola. Deste modo, apesar de não ser aplicada cola diretamente nas peças, a cola é aplicada nos gabaritos, existindo consumo desnecessário de cola no processo.

A contabilização da quantidade de cola neste ponto é difícil de obter, uma vez que os planos de produção diferem significativamente todos os dias. Para além disso, são produzidas poucas quantidades de cada produto, o que impede a existência de um padrão de produtos produzidos em cada linha. Assim, do mesmo modo que nos pontos acima referidos, procedeu-se à pesagem dos mesmos no final de vários turnos, com o objetivo de quantificar um valor médio da cola gasta diretamente nos gabaritos, como ilustra a Figura 36. Os resultados deste procedimento permitiram estimar um consumo de cola de cerca de 2,07 kg por semana neste componente.



Figura 36 – Pesagem dos gabaritos de final dos turnos.

Copos de montagem

Como referido no subcapítulo 3.3, o processo de colagem manual presente nas seis linhas de montagem, também é um processo que recorre à utilização de cola C19016. Para a realização deste processo, o artesão procede ao enchimento de um copo de plástico diretamente do *robot* de cola da linha de preparação mais próxima. Dado que se trata de um processo maioritariamente destinado a retoques e colagem de pequenas peças, a quantidade de cola necessária para a sua execução não está contabilizada. Complementarmente, é um processo que não está presente em todos os produtos estando, desta forma, diretamente dependente das necessidades de produção da sede da empresa. Esta ambiguidade faz com que o artesão encha a totalidade do copo, mesmo não sabendo se irá precisar. Em virtude da degradação das

propriedades da cola, quando esta se encontra em contacto com o ar, a cola do copo não utilizada até ao final do dia tem de ser descartada, originando desperdícios. Como tal, para estimar o consumo de cola C19016 no processo de colagem manual, procedeu-se à medição de uma amostra de copos no início e no final de um dia de trabalho, como ilustra a Figura 37.



Figura 37 – Medição de cola dos copos do processo de colagem manual.

Este procedimento permitiu concluir que são consumidos cerca de 3,8 kg de cola semanalmente no posto de colagem manual.

Sacos de cola desperdiçados

Sempre que é iniciado um turno, o artesão responsável pelo processo de colagem deve verificar as condições do depósito da cola para o *robot*, nomeadamente o nível de cola do mesmo. Dado que o processo de enchimento do reservatório é demorado, para não atrasar os incursos no posto de trabalho da colagem, o artesão enche a totalidade do depósito aquando da verificação mencionada. Por vezes, isto implica a abertura de um novo saco e a não utilização do mesmo na sua totalidade. O contacto da cola com o ar provoca a degradação das suas propriedades, bem como a formação de partículas que inviabilizam a projeção homogénea da cola. Quando isto acontece, a cola fica não conforme com os requisitos do processo, não podendo ser utilizada. Com a finalidade de compreender se este é um acontecimento recorrente e se, quando acontece, quais são quantidades de cola desperdiçada, foi colocado um caixote do lixo especificamente para a colocação de sacos de cola, de modo a facilitar a posterior análise. A Figura 38 é um exemplo de desperdício de cola encontrado nos sacos.

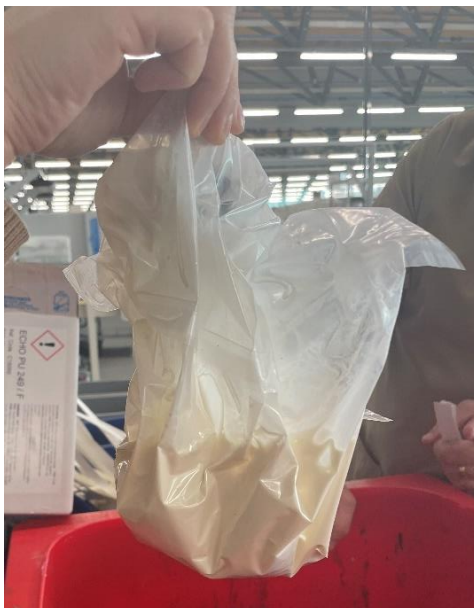


Figura 38 – Saco com cola C19016 desperdiçado.

Contudo, foi possível concluir que este não é um acontecimento recorrente, representando gastos de cola muito pouco significativos. Em sessões *brainstorming* com a equipa, foi decidido que este ponto não necessita de ser contabilizado nos consumos, visto ser uma situação pontual.

A Tabela 7 apresenta um resumo dos resultados obtidos na medição dos pontos detalhados anteriormente.

Tabela 7 – Medições de desperdício de cola nos diferentes componentes do equipamento.

Tipo de consumo de cola	Quantidade (kg/semana)	Quantidade acumulada (kg/semana)	Percentagem Unitária (%)	Percentagem acumulada (%)
Filtros de gaveta	43,40	43,40	86,54%	86,54%
Filtros laterais	0,88	44,28	1,75%	88,29%
Gabaritos	2,07	46,35	4,13%	92,42%
Copos de montagem	3,80	50,15	7,58%	100,00%
Outros	0,01	50,16	0,00%	100,00%
Total			100,00%	

Com base na tabela anterior, foi desenvolvido um diagrama de Pareto com o propósito de priorizar os pontos de consumo de cola com maior impacto. A Figura 39 ilustra o diagrama de Pareto obtido.

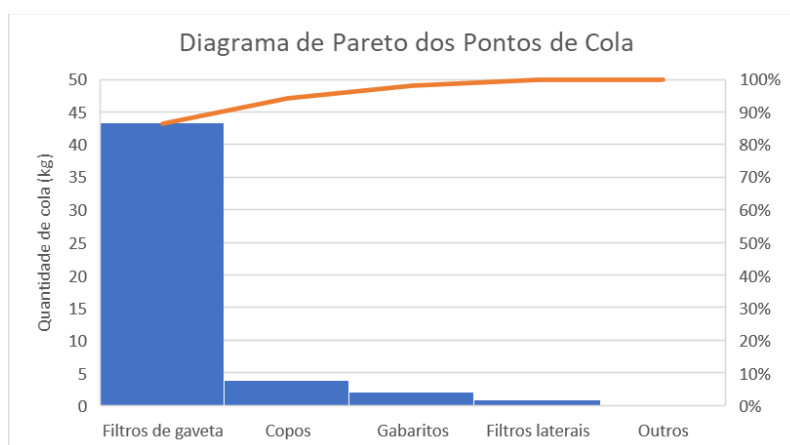


Figura 39 – Diagrama de Pareto dos principais pontos de consumo de cola (em percentagem cumulativa).

Pela interpretação da Figura 39, ficou claro que o consumo de cola presente nos filtros de gaveta destaca-se de forma significativa quando comparado com os restantes pontos medidos. Sendo o consumo médio total de cola de 151 kg/semana, constata-se

que, os cerca de 44 kg/semana de cola presentes nos filtros de gaveta, representam cerca de 29% do consumo de cola total semanal.

4.3 Análise das possíveis causas (Fase Analyze)

Esta fase teve como objetivo determinar as causas-raiz do problema e priorizá-las. Para isso, foi realizada uma análise dos dados recolhidos na fase anterior e desenvolvidas ferramentas de apoio, como um diagrama de Ishikawa, sessões de *brainstorming* e observações físicas dos locais onde o processo se desenvolve. Deste modo, esta etapa estrutura-se da seguinte forma:

- Identificação das causas-raiz do problema;
- Priorização das causas-raiz identificadas.

4.3.1 Identificação das causas-raiz do problema

De acordo com os resultados obtidos na fase anterior, foi possível concluir que aproximadamente 29% do consumo semanal de cola C19016 da empresa está relacionado com os filtros de gaveta. Com o propósito de determinar as principais causas desta situação, foi desenvolvido um diagrama de Ishikawa, com base em várias observações físicas do processo de colagem e constantes contactos com os artesãos. As causas de maior relevância foram agrupadas em seis grandes categorias: Método, Mão de obra, Meio ambiente, Material, Máquina e Medida, como ilustra a Figura 40.

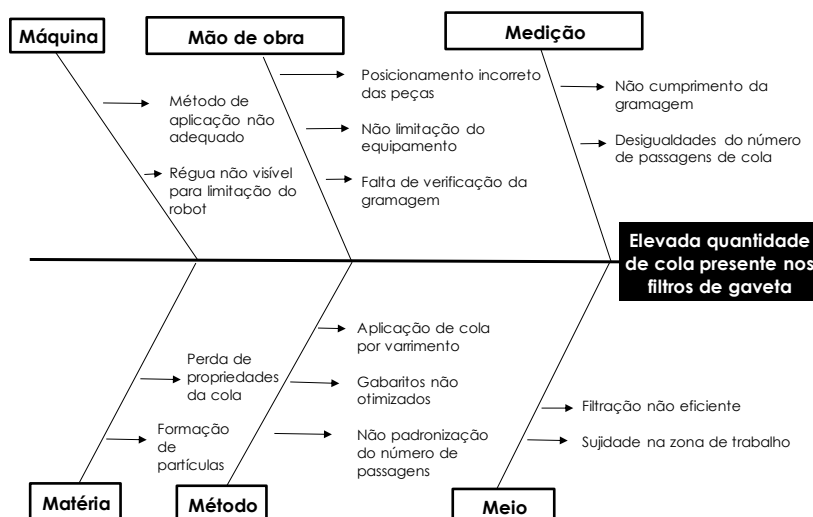


Figura 40 – Diagrama de Ishikawa relativo à elevada quantidade de cola presente nos filtros de gaveta.

No desenvolvimento do diagrama de Ishikawa e no decorrer das sessões de *brainstorming* realizadas nesta fase, foi possível concluir que o *robot* de cola utilizado não é o mais adequado, face às necessidades de colagem dos produtos do *atelier*. Dado que parte dos produtos apresentam necessidades de cola em zonas específicas, o método de varrimento torna-se dispendioso relativamente à projeção de cola para o fabrico de um produto. O facto do modo de aplicação não se adequar às necessidades de todos os produtos, provoca um acréscimo de condicionantes a nível do método do processo. Para um controlo mais eficiente da aplicação de cola na zona adequada da peça, são utilizados gabaritos. Os gabaritos, como já referido no subcapítulo 3.3.2, são criados para o processo de colagem de uma ordem de fabrico, sendo a sua função garantir que a peça apenas apresente cola nas zonas necessárias. Esta garantia não se aplica à quantidade de cola consumida no processo, dado que esta é equivalente à cola necessária para o produto, acrescentando a cola projetada no gabarito. Neste sentido, surgiu a necessidade de estudar a possibilidade de otimizar os gabaritos existentes, para que seja consumida a menor quantidade de cola possível. A otimização do gabarito e, conseqüente redução da respetiva área, além de permitir uma redução no consumo de cola, permite a aplicação de cola num maior número de peças em simultâneo, tendo impactos na produtividade do processo.

Além da utilização dos gabaritos, o método de aplicação de cola do *robot* utilizado, exige a limitação do percurso do *robot* nos eixos X e Y, de acordo com o posicionamento das peças e conseqüente ocupação da gaveta. Com base nas observações realizadas, verificou-se que esta limitação nem sempre acontece e, quando acontece, muitas vezes é feita de forma menos correta, provocando um consumo de cola desnecessário. A limitação do percurso do *robot* de cola é uma etapa do processo que apresenta um impacto significativo nos consumos de cola e é altamente dependente do artesão responsável pelo processo. Por vezes, a necessidade de apresentar resultados diários de uma linha de produção sobrepõe-se à correta realização do processo. Nestas situações, o artesão tem tendência para se descuidar relativamente à otimização do consumo de cola. A Figura 41 é um exemplo da falta de limitação do percurso do *robot* de cola. Nesta figura, é possível verificar que a pistola está a projetar cola numa zona onde não existem peças, ou seja, nesta aplicação de cola, o consumo necessário é praticamente equivalente a metade do consumo total da mesma.



Figura 41 – Não limitação da manobra do *robot* de cola C19016.

O posicionamento menos correto das peças foi outra possível causa detetada nesta fase. Verificou-se a falta de cuidado por parte dos artesãos relativamente à disposição das peças. Na maioria das observações realizadas, as peças eram dispostas com grandes espaçamentos entre as mesmas, como ilustra a Figura 42.

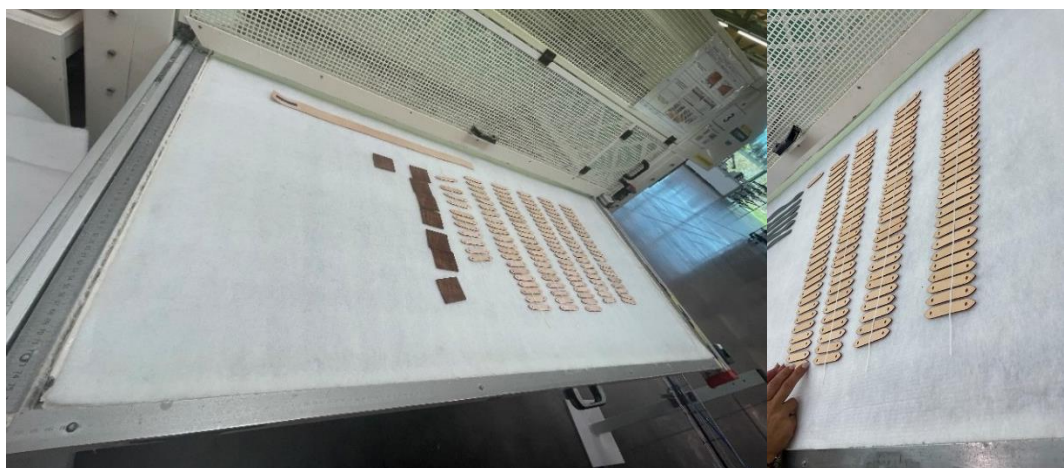


Figura 42 – Posicionamento incorreto de peças no *robot* de cola C19016.

O posicionamento das peças é um fator determinante no que diz respeito à redução dos consumos de cola. Simultaneamente, é um fator muito difícil de controlar, dado que a disposição das peças está dependente do artesão. A variedade de conjugações de peças possíveis devido à elevada variação dos planeamentos de produção, inviabiliza uma normalização do posicionamento das mesmas. Neste caso, apelar pela sensibilidade dos artesãos para a disposição correta das peças na gaveta do *robot* é imprescindível, para um consumo o menos dispendioso possível.

A formação referente ao processo de colagem existente no *atelier* acontece em duas situações distintas: quando é realizada a formação de polivalência do artesão, na qual é abordado o processo de colagem, e após decorrido o período de um mês de formação na linha dedicada ao efeito, quando o artesão é colocado em linha de produção diretamente neste processo. Caso esteja destinado para outros postos, apenas recebe formação de colagem no módulo de formação de polivalência. Isto acarreta que, sempre que for necessário substituir algum trabalhador do processo de colagem, existe grande possibilidade de a pessoa não ter qualquer tipo de conhecimento do processo. Por sua vez, este ponto leva a que os artesãos sigam o lema “faz como vires fazer”, o que origina a replicação de erros. Além disso, a linha de formação destinada a todos os artesãos admitidos no *atelier*, não apresenta nenhum posto destinado à formação prática do processo de colagem, mesmo este sendo considerado um processo crítico para a empresa. Isto é um aspeto determinante na execução correta do processo, dado que a prática permite a diminuição dos erros de execução.

4.3.2 Priorização das causas-raiz

Com o intuito de priorizar as causas-raiz, foi desenvolvida uma matriz GUT (Gravidade, Urgência, Tendência) na qual cada causa identificada no diagrama da Figura 40 foi avaliada de acordo com três critérios. O índice de Gravidade foi atribuído com base na perceção de desperdício de cola associado a cada causa, o índice de Urgência traduz a necessidade de atuação na causa numa determinada janela temporal, e o índice de Tendência, refere-se à possibilidade de agravamento da causa ao longo do tempo. O resultado desta matriz corresponde à multiplicação destes três fatores. A Tabela 8 ilustra os valores atribuídos a cada causa e o respetivo resultado.

Tabela 8 – Matriz GUT para as causas-raiz.

	Causas	G	U	T	Resultado
A	Posicionamento incorreto das peças;	5	5	4	100
B	Método de aplicação de cola do robot não se adequa perante as necessidades e tipos de peças;	5	4	4	80
C	Não limitação do robot de cola;	5	4	4	80
D	Gabaritos não otimizados	4	4	4	64
E	Régua não visível para limitação do robot;	4	3	5	60
F	Não cumprimento da gramagem	4	3	3	36
G	Não standarização do número de passagens	4	2	4	32
H	Filtração não eficiente;	2	2	1	4
I	Perda de propriedades da cola	1	2	2	4
J	Sujidade na zona de trabalho	2	1	1	2
K	Depósitos de cola não são os mais adequados;	2	1	1	2

Na Tabela 9 é possível visualizar o significado de cada nota para os três índices utilizados na matriz GUT.

Tabela 9 – Notas dos índices utilizados na matriz GUT.

Nota	Índice de Gravidade	Índice de Urgência	Índice de Tendência
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Írá piorar no longo prazo
3	Grave	Urgente (atenção no curto prazo)	Írá piorar no médio prazo
4	Muito grave	Muito urgente	Írá piorar no curto prazo
5	Extremamente grave	Precisa de atenção imediata	Írá piorar rapidamente

Com base na análise dos resultados da matriz GUT, verificou-se que o posicionamento incorreto das peças na gaveta do *robot*, a inadequação do *robot* de cola para o processo, a falta de limitação na manobra do *robot* e a utilização de gabaritos não otimizados, são as principais causas-raiz do problema.

4.4 *Brainstorming sobre possíveis soluções (Fase Improve)*

Após serem identificadas e priorizadas as causas-raiz do problema, foram realizadas várias sessões de *brainstorming* com a finalidade de discutir e analisar as possíveis soluções de melhoria, tendo em conta o interesse e disponibilidade da empresa para as adotar. A Tabela 10 ilustra as soluções de melhoria propostas em detrimento da causa-raiz.

Tabela 10 – Proposta de soluções de melhoria.

Causa Crítica	Proposta de soluções de melhoria
Posicionamento incorreto das peças	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de gabaritos otimizados para todos os produtos; • Formação mais regular.
Método de aplicação de cola não adequado	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração do equipamento de aplicação de cola atual por um <i>robot</i> com sistema integrado de visão artificial.
Falta de limitação do percurso da pistola do <i>robot</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração do equipamento de aplicação de cola atual por um <i>robot</i> com sistema integrado de visão artificial. • Formação mais regular.
Gabaritos existentes não otimizados	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria dos gabaritos utilizados através do método <i>nesting</i>.

4.4.1 Posicionamento das peças

Uma das soluções de melhoria proposta consiste no reforço da formação dos artesãos relativamente a este processo. A proposta de formação consiste em adicionar à linha de formação um *robot* de cola em formato de cabine, ou seja, de pequenas dimensões, juntamente com uma formação regular para todos os artesãos, independentemente de estes estarem no processo de colagem ou não.

A solução de melhoria complementar à solução anterior consiste no desenvolvimento de gabaritos semelhantes aos existentes, mas para todos os produtos de cada linha de preparação. O intuito desta proposta passa por reduzir as possibilidades de posicionamento das peças, garantindo sempre a sua disposição otimizada. Cada gabarito desenvolvido corresponderia a uma ordem de fabrico, ou seja, a 30 peças de cada produto.

Com as soluções propostas, são estimados efeitos como a redução do consumo de cola e, conseqüente, redução do consumo dos filtros de gaveta. Em paralelo, é esperada uma diminuição dos erros de execução do processo, assim como uma melhoria significativa da limpeza do equipamento e, por conseguinte, do posto de trabalho. Ou seja, os efeitos esperados com estas propostas são os seguintes:

- 1) Redução do consumo de cola;
- 2) Redução do consumo de filtros;
- 3) Melhoria da limpeza do *robot*;
- 4) Redução dos erros na execução do processo.

4.4.2 Método de aplicação de cola do *robot*

Foi proposta como sugestão de melhoria do método de aplicação do *robot* de cola atual, a alteração do mesmo para um *robot* com sistema integrado de visão artificial. O sistema integrado de visão artificial permite que o *robot* detete as peças dispostas na gaveta e, com recurso à base de dados referente à zonas das peças que precisam de cola, realiza uma aplicação de cola exata e, exclusivamente, a necessária. Assim, os efeitos esperados com esta proposta são:

- 1) Redução do consumo de cola;
- 2) Redução significativa do consumo de filtros;
- 3) Eliminação dos gabaritos e placas que auxiliam o processo;
- 4) Melhoria da limpeza do *robot*;
- 5) Redução das atividades de limpeza;
- 6) Redução dos defeitos de qualidade associados ao processo.

4.4.3 Limitação da manobra do *robot*

Na medida em que a limitação do *robot* está diretamente dependente do artesão e do modo como este executa o processo, a sugestão de melhoria proposta, face à limitação do equipamento, consistiu no reforço da formação do processo de colagem, com ênfase nos aspetos mais críticos e impactantes no consumo da cola: o posicionamento otimizado das peças e a limitação do percurso do *robot* nos eixos X e Y. O reforço da linha de formação com o processo de colagem para que os artesãos tenham contacto com o processo e treino prático referido no subcapítulo 4.4.1, também se inclui nesta sugestão. Os efeitos esperados com esta sugestão são:

- 1) Redução do consumo de cola;
- 2) Aumento da produtividade;
- 3) Redução do consumo de filtros;
- 4) Redução do tempo de limpeza dos gabaritos.

4.4.4 Gabaritos existentes não otimizados

Em consequência da análise realizada no subcapítulo anterior, foi proposta como sugestão de melhoria a otimização dos gabaritos existentes. Esta sugestão de melhoria passa por obter um posicionamento otimizado das peças com recurso a um sistema *Nesting*. Seguidamente, são desenvolvidos os gabaritos em ficheiros CAD, com atenção para as distâncias mínimas entre as peças que é necessário cumprir devido às

restrições do equipamento CNC do *atelier*, assim como a garantia de uma margem a toda a volta do gabarito para um fácil manuseamento do mesmo. Estando concluído o ficheiro CAD, o mesmo seria enviado para o colega responsável pelo equipamento CNC, que procederia à execução dos mesmos.

À solução proposta, foi acrescentada a sugestão do estudo de um material alternativo ao material utilizado nos gabaritos existentes, com o intuito de facilitar a limpeza dos mesmos e reduzir o tempo associado à tarefa. Com isto, pretende-se que os efeitos alcançados sejam os seguintes:

- 1) Redução do consumo de cola;
- 2) Redução do consumo de filtros;
- 3) Melhoria da limpeza do *robot*;
- 4) Redução dos erros na execução do processo.

4.5 Implementação de ações (Fase Improve)

Nesta etapa foi dado início à implementação das soluções propostas, bem como realizada toda a preparação para as mesmas, desde estudos do mercado ao desenvolvimento de conteúdo.

4.5.1 Soluções principais

A solução que compreende a alteração do equipamento de aplicação de cola por um *robot* com sistema integrado de visão artificial é a solução que requer maior investimento por parte da empresa, mas, em simultâneo, é a solução que permite uma maior poupança de cola. No entanto, dado o trâmite processual de aquisição de equipamentos presente na empresa, não foi possível avançar com a mesma. Apesar de a sua implementação não ser possível, foi desenvolvido um estudo do mercado, nomeadamente visitas a feiras por colegas da equipa, com o intuito de encontrar o equipamento com o sistema indicado, que melhor se adequa ao processo do *atelier*. Como resultado deste estudo, foi escolhido o equipamento de referência **GPV-2S.C** da empresa **Angeleri – Intelligent gluing systems**. Esta é uma empresa especializada no desenvolvimento de equipamentos de colagem, em particular para indústrias que utilizam peles como matéria-prima, cuja missão é desenvolver equipamentos que permitam responder às necessidades de colagem dos seus clientes e do mercado, e permitam tornar o processo de colagem mais rápido, fácil e seguro. O *robot* selecionado para a realização de um período de testes na empresa é um *robot* de 3 eixos com sistema integrado de visão, com 2 gavetas, equipado com 2 pistolas, uma para colagem periférica e a outra para colagem total, e um software de controlo que permite gerar automaticamente os percursos das mesmas. Durante o processo de projeção de cola, um sensor verifica a quantidade de cola pulverizada em cada parte,

comunicando os respetivos dados para a interface do utilizador. Este equipamento apresenta três modos de operação:

1. Ligação total em toda a superfície da peça com recurso de uma pistola de pulverização em forma de leque;
2. Colagem periférica e/ou vazios em peças com uma pistola de precisão;
3. Reconhecimento das peças e colagem por meio de um ficheiro CAD.

A ficha técnica do equipamento para consulta em detalhe das características, assim como o desenho técnico do mesmo, encontram-se no Anexo IV e Anexo V.

De notar que esta solução permitirá reduzir o consumo de cola para valores semelhantes à cola estritamente necessária para cada produto. Esta solução também pode evitar a utilização de gabaritos.

Dado que a solução mencionada se trata de uma solução a ser implementada a longo prazo, foi necessário estudar a possibilidade de avançar com as soluções relativas aos gabaritos, tanto ao nível de otimização dos já existentes, como no desenvolvimento de gabaritos novos para todas as fases de colagem dos vários produtos, nomeadamente a disponibilidade dos equipamentos e colaboradores dotados para o fazer. O estudo foi centrado numa seleção de produtos com vista a não alongar o trabalho e, para tal, foi realizada uma seleção de dois produtos com base nos seguintes critérios:

- Quantidade produzida no ano 2021;
- Quantidade produzida com base no planeamento do período de três meses da linha;
- PCA do produto apresentar várias fases do processo, havendo fases em que não utiliza gabaritos e fases que utilizam.

Deste modo, os produtos selecionados foram o ONTHEGO EMPREINTE e o ONTHEGO MM VSB, ambos componentes *Torron*. Estes produtos são bastante semelhantes, apresentando como grande diferença as dimensões do mesmo. Tanto o produto ONTHEGO EMPREINTE como o ONTHEGO MM VSB são compostos por dois componentes: o *poignée* e a *enchape*, em que cada *poignée* é acompanhado por duas enchapes. Na Figura 43 é possível visualizar um exemplo de um *poignée* e uma *enchape*.



Figura 43 – Exemplos de *poignée* e *enchape* de uma mala.

O *poignée* apresenta uma única fase de colagem com a cola C19016 onde são realizadas duas passagens de cola e são colocados gabaritos nas extremidades das peças, como é visível na Figura 44.



Figura 44 – Utilização de gabaritos na aplicação de cola nos *poignées*.

Apesar dos gabaritos apenas estarem nas extremidades das peças, o *poignée* somente necessita de cola na zona destacada a verde da Figura 45. No entanto, com o objetivo de facilitar o processo e torná-lo mais rápido, é realizada aplicação de cola na totalidade da zona central.



Figura 45 – Zona do *poignée* que necessita de aplicação de cola.

As *enchapes* apresentam três fases de colagem distintas, todas elas com duas passagens de cola. A primeira fase é onde é realizada a união da *enchape* frente com a *enchape* costas, sendo a projeção de cola realizada em toda a superfície da peça e sem apoio de gabaritos. Na segunda fase, é realizada a união das costas com a *enchape* e, dado que a localização da peça a colocar nas costas ter uma localização específica, nesta fase é utilizado gabarito. Por fim, na fase três, é projetada cola em duas zonas específicas da *enchape*, para que a mesma possa ser colocada na forma final quando a cola for reativa. Na Figura 46 é possível observar as várias fases de colagem da *enchape*.

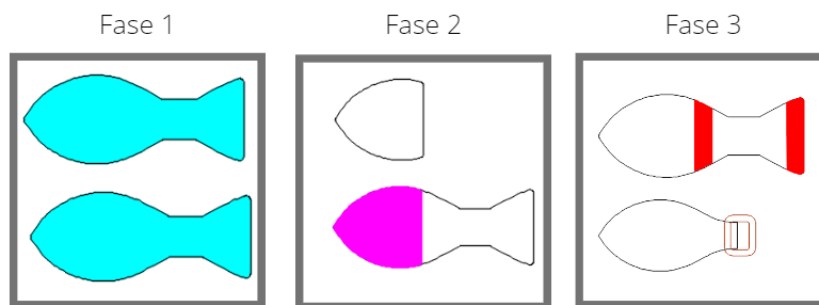
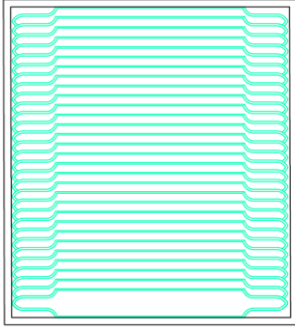
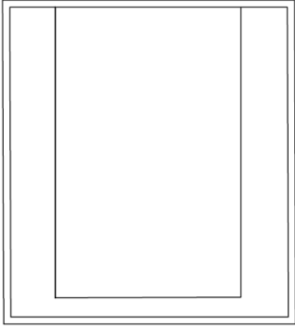
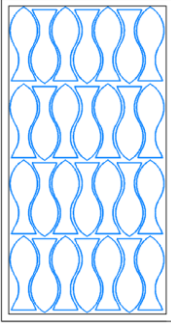
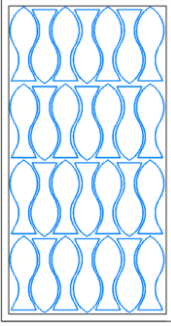


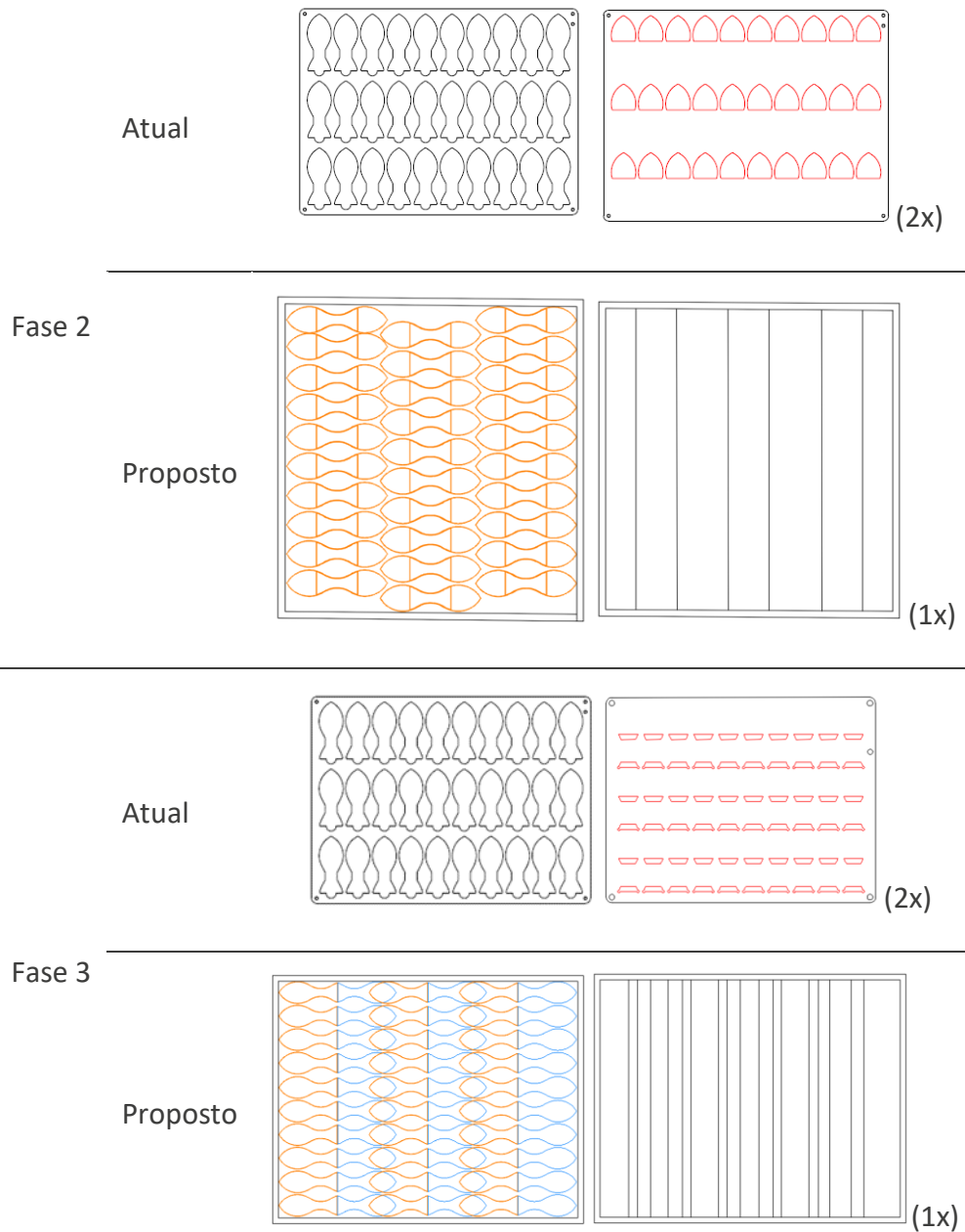
Figura 46 – Fases do processo de colagem de uma *enchape*.

O desenvolvimento dos gabaritos teve início na utilização de um software de *Nesting*. O objetivo da utilização deste tipo de software prendeu-se no apoio da escolha da disposição que pudesse trazer a maior redução de cola possível. Este software não prevê a sobreposição das peças, mas é claro que em determinadas fases do processo faz sentido sobrepor parte das peças no gabarito, como é o caso das aplicações de cola em zonas específicas. Este estudo foi realizado com 30 peças, a quantidade de 1 OF. De seguida, com recurso ao AutoCAD, foi desenvolvida a base do gabarito e a respetiva tampa, para cada fase de colagem dos produtos. Nesta etapa, foi dada atenção ao espaçamento mínimo entre as peças, para garantir que os limites e especificações da máquina CNC fossem respeitados. Na Tabela 11 é possível visualizar os gabaritos utilizados para o processo de colagem do produto ONTHEGO MM VSB, assim como os gabaritos propostos. Os gabaritos existentes foram desenvolvidos para apenas 30

peças. Contudo, cada OF deste produto apresenta 60 *enchapes*, pelo que são utilizados dois gabaritos para a realização das diversas fases do processo de colagem. Os gabaritos desenvolvidos, atendem às 60 *enchapes* num só. Os gabaritos do produto ONTHEGO EMPREINTE assemelham-se aos gabaritos apresentados uma vez que os produtos são muito idênticos, diferindo apenas as dimensões dos componentes e, consequentemente, as dimensões dos gabaritos.

Tabela 11 – Conjunto de gabaritos atuais e propostos para as diversas fases e componentes do produto ONTHEGO MM VSB.

		ONTHEGO MM VSB	
		Atual	-
Poignée	Fase 1		
	Proposto		 (2x)
		Atual	-
Enchape	Fase 1		
	Proposto		 (4x)



Tal como referido anteriormente, para o produto ONTHEGO EMPREINTE, os gabaritos desenvolvidos são semelhantes aos gabaritos apresentados para o produto ONTHEGO MM VSB, diferindo apenas as dimensões dos mesmos. Concluído o desenvolvimento dos ficheiros CAD relativamente aos gabaritos, procedeu-se à análise da proposta com o objetivo de perceber quais as fases que apresentam ganhos e, caso se verifique, quais os ganhos estimados. Na Tabela 12 é possível visualizar as diferenças entre os gabaritos existentes e os gabaritos propostos. Com base nestes valores e, com a gramagem de cola de cada fase do processo, foram, à posteriori, calculados os

consumos de cola em ambos os gabaritos. Os resultados obtidos encontram-se ilustrados na Tabela 13.

Tabela 12 – Área dos gabaritos existentes e área dos gabaritos propostos.

Produto			Área do gabarito existente (m ²)	Área do gabarito proposto (m ²)
ONTHEGO EMPREINTE	<i>Poignée</i>	Fase 1	-	0,21
		Fase 1	-	0,47
	<i>Enchape</i>	Fase 2	0,45	0,25
		Fase 3	0,45	0,25
ONTHEGO MM VSB	<i>Poignée</i>	Fase 1	-	0,18
		Fase 1	-	0,41
	<i>Enchape</i>	Fase 2	0,38	0,21
		Fase 3	0,38	0,21

Tabela 13 – Consumo de cola (kg) atual e consumo de cola estimado relativamente aos gabaritos propostos.

Produto			Consumo de cola atual (kg)	Consumo de cola estimado (kg)
ONTHEGO EMPREINTE	<i>Poignée</i>	Fase 1	0,053	0,050
		Fase 1	0,058	0,056
	<i>Enchape</i>	Fase 2	0,054	0,025
		Fase 3	0,054	0,025
ONTHEGO MM VSB	<i>Poignée</i>	Fase 1	0,047	0,043
		Fase 1	0,049	0,049
	<i>Enchape</i>	Fase 2	0,046	0,030
		Fase 3	0,046	0,030

A análise da Tabela 13 permite concluir que nas diversas fases de colagem, para ambos os produtos, os consumos de cola ou permanecem, como é o caso da Fase 1 do componente *enchape* do produto ONTHEGO MM VSB, ou, como na maioria dos casos, apresentam um decréscimo. Com o intuito de se perceber qual o impacto destas reduções no consumo geral da cola, foi realizada uma extrapolação com base nas quantidades produzidas em 2021 destes dois produtos. O gráfico da Figura 47 ilustra o impacto da solução proposta nos dois produtos em estudo. No caso do produto ONTHEGO EMPREINTE estima-se que o consumo de cola gasto no PCA apresentaria uma redução de cerca de 29%, enquanto para o produto ONTHEGO MM VSB prevê-se uma redução de cerca 20%.

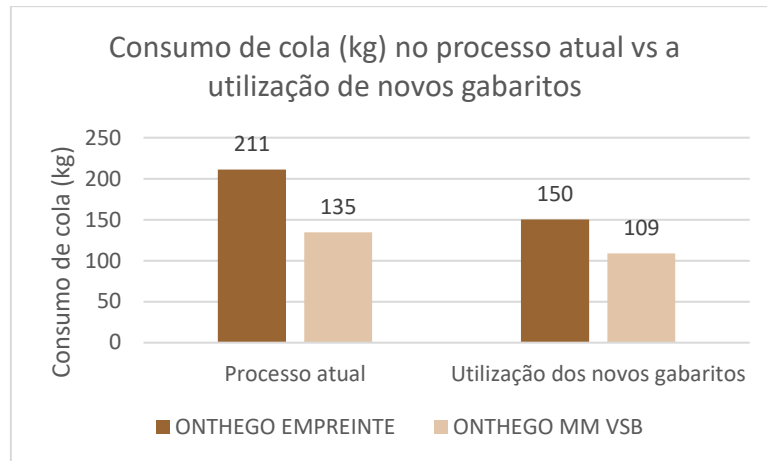


Figura 47 – Consumo de cola com os gabaritos existentes versus o consumo de cola com os gabaritos propostos.

A Figura 48 permite comparar novamente o consumo de cola entre o processo atual e o processo que utiliza os novos gabaritos (embora utilize o mesmo robot do processo atual). Contudo, nesta figura também é possível observar o consumo de cola estimado para a situação em que se utilizaria um robot com visão artificial e que não necessita de gabaritos. De notar que o *robot* com sistema integrado de visão artificial permite reduzir consideravelmente os consumos, dado que apenas projeta cola nas zonas estritamente necessárias, evitando desperdícios. Com base na análise da Figura 48, verifica-se uma redução do consumo de cola de cerca de 66% quando o processo é realizado pelo equipamento propostos, o que corresponde a uma redução de mais de metade da cola gasta atualmente. No entanto, como já foi referido, esta solução prevê-se que seja aplicada a longo prazo.

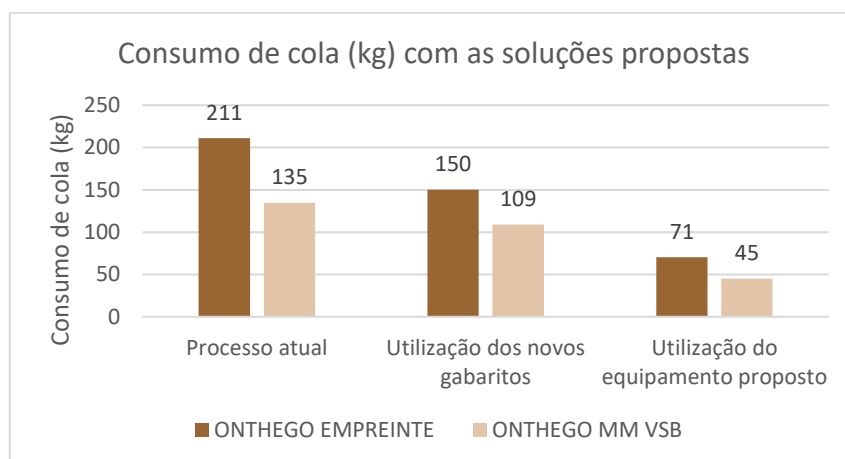


Figura 48 – Consumo de cola estimado nas soluções propostas.

Assim, a solução a implementar seria a otimização dos gabaritos e a realização de gabaritos para os produtos que ainda não os utilizassem. Contudo, o *atelier* dispõe de uma máquina CNC e apenas um colaborador dedicado e dotado para o manuseamento da mesma. Este equipamento é maioritariamente utilizado para o desenvolvimento de gabaritos necessários para o processo de industrialização de novos produtos. Dado que o processo de colagem não precisa necessariamente das soluções propostas para a sua realização dentro dos parâmetros de qualidade exigidos, a prioridade do equipamento centra-se nos novos produtos. Para combater esta questão, foi iniciada uma formação de manuseamento de máquinas CNC de um grupo de colaboradores, incluindo colaboradores da equipa de métodos e melhoria contínua, com o propósito de, após a formação, estarem aptos para desenvolver gabaritos e produzi-los. Também foi prevista a compra de mais uma máquina CNC para que seja possível desenvolver gabaritos de apoio aos processos, sempre que necessário. Esta estratégia permitiu dar luz verde às soluções relativas aos gabaritos num futuro mais próximo.

4.5.2 Proposta de alteração do material dos gabaritos

No decorrer das observações e medições realizadas na fase *Measure*, a dificuldade da limpeza dos gabaritos no final de cada turno foi um aspeto que suscitou atenção. Uma vez que os gabaritos serão totalmente novos, foi estudada a possibilidade de facilitar a limpeza dos mesmos. Neste sentido, realizou-se um estudo dos materiais do mercado que apresentassem características que permitisse a fácil extração e limpeza da cola e, em simultâneo, permitissem obter gabaritos leves. Com base nestas características, a análise foi restringida aos materiais plásticos, excluindo desde logo os materiais metálicos, dado o seu elevado custo associado às propriedades anticorrosivas, e os materiais cerâmicos, devido à sua fragilidade e dureza. Dentro dos materiais plásticos, a análise concentrou-se nos materiais termoplásticos devido à sua capacidade de reciclagem face aos materiais termoendurecíveis. Como tal, os materiais identificados para o estudo foram: Politetrafluoretileno (PTFE), Poliamida (PA) e Polietileno (PEAD). Com o intuito de estudar o comportamento destes três materiais foram realizadas várias passagens de cola C19016 sobre os mesmos. Após o período de secagem, procedeu-se à limpeza das amostras. Em todas as amostras formou-se uma película de cola. A remoção da mesma nas amostras de PTFE e PA ocorreu sem dificuldades, sendo necessário mais esforço na amostra de PA do que na de PTFE. Na amostra de PEAD a cola aderiu ao material em diversas zonas, o que tornou o processo de limpeza trabalhoso e complexo. Os resultados destes testes estão visíveis na Figura 49.

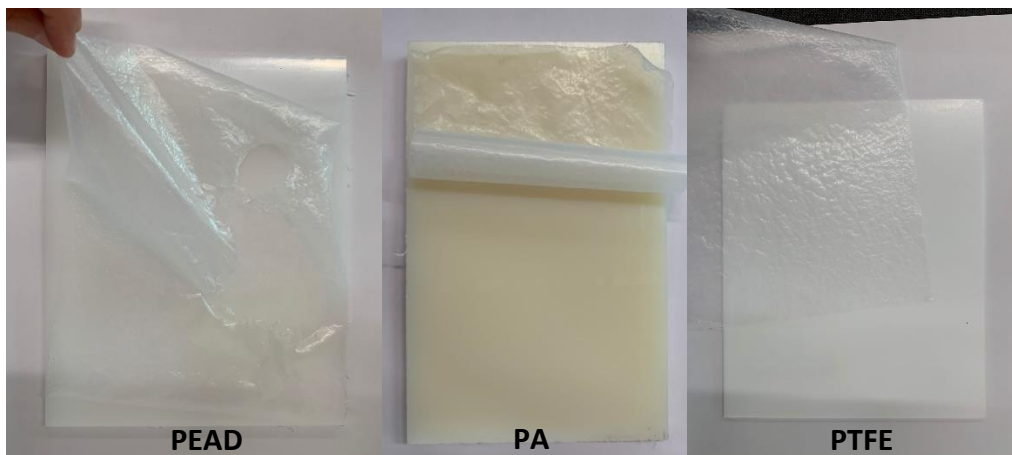


Figura 49 – Resultado dos testes de limpeza das amostras de PEAD, PA e PTFE.

A escolha ficou restringida ao material PA e ao material PTFE. O fator decisivo foi o custo do material e, dado o preço elevado do PTFE, o material escolhido para os gabaritos foi o PA.

4.5.3 Estudo da substituição dos filtros de gaveta

Atendendo ao objetivo 12 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), a adoção de práticas sustentáveis como a reutilização e reciclagem permitem tornar os processos industriais mais sustentáveis, reduzindo, conseqüentemente, a pegada carbônica das empresas. Atendendo a esta crescente preocupação ambiental, foram estudadas soluções focadas na possibilidade de eliminar os filtros de gaveta, substituindo-os por uma solução reutilizável. É de notar que, as soluções propostas para a redução do consumo de cola, apresentam impacto direto na sustentabilidade do PCA. Neste sentido e, no seguimento do estudo dos materiais realizado no subcapítulo anterior, foi proposta a substituição dos filtros de gaveta por placas de um material que proporcionasse uma limpeza fácil e rápida das mesmas e, em simultâneo, permitisse a sua reutilização.

Este estudo iniciou-se com a análise dos materiais mais adequados para as placas. A característica primordial mantém-se a não aderência da cola às mesmas, sendo que, uma outra característica importante é a leveza das placas, para não afetar as condições ergonómicas do posto de trabalho. Relativamente à propriedade da cola, de acordo com o subcapítulo anterior, os materiais PA e PTFE são os que mais se adequam em termos de propriedades de adesão da cola e custo. No entanto, foi necessário fazer um estudo no que diz respeito à massa da placa para cada um dos materiais mencionados. Para efeitos de cálculo, foi considerada uma dimensão da placa de 1500x500x8 mm. Na tabela seguinte, é possível visualizar os resultados obtidos.

Tabela 14 – Massa das placas para os materiais testados.

Termoplástico	Densidade (g/cm ³)	Massa da placa (kg)
PA	1,15	6,90
PTFE	2,20	13,20

A placa de PA apresenta uma massa inferior à placa PTFE. No entanto, a massa da placa de PA é muito elevada tendo em conta que apenas um artesão a irá transportar. Como soluções alternativas, foi analisada a possibilidade de criar uma placa de PP alveolar com um revestimento de um filme de PTFE. A massa da placa para esta combinação de materiais é de 1,22 kg. Além das propriedades de adesão de cola estarem garantidas, foi possível obter uma placa leve e de fácil manuseamento.

À posteriori, foram realizadas várias simulações com a placa de PP alveolar com um revestimento de um filme de PTFE, com 8 milímetros de espessura, nas várias linhas. Os primeiros testes foram realizados quando o processo de colagem tem apoio dos gabaritos, sendo o gabarito colocado diretamente na placa, como ilustrado na Figura 50.



Figura 50 – Teste das placas no processo de colagem automático com recurso a gabaritos.

Os resultados foram positivos no que diz respeito ao processo de limpeza da placa, isto é, após a secagem da cola foi possível retirar os excessos da mesma presente da placa com facilidade, como ilustra a Figura 51. A limpeza foi rápida e não deixou resíduos consideráveis sobre a mesma, o que permite que estas sejam reutilizáveis. No entanto,

dado o tempo de secagem da cola, para que o processo prossiga nas melhores condições e sem atrasos, é necessário ter à disposição do artesão várias placas.



Figura 51 – Remoção da película de cola das placas após o período de secagem.

As placas desenvolvidas não apresentam a mesma porosidade dos filtros e, conseqüentemente, não apresentam as mesmas propriedades de aspiração. Dado que parte da aspiração do *robot* é realizada pela parte inferior do mesmo, foram realizados levantamentos dos valores da velocidade do ar em cada passagem do *robot*, sempre com o intuito de verificar se a aspiração do *robot* não ficou comprometida. Verificou-se que a aspiração decorria dentro da normalidade, sem criação de nuvens de cola ou partículas de cola no ar prejudiciais aos artesãos.

De seguida, foram realizados testes com peças que não necessitam do apoio dos gabaritos no processo (Figura 52).



Figura 52 – Teste das placas com peças sem necessidade de gabaritos.

Estes testes obtiveram resultados menos positivos. O aumento da velocidade do ar com a passagem da pistola provoca o movimento das peças, não garantindo que as mesmas levem cola nas áreas pretendidas. Por vezes, o movimento das peças provocou a sujidade das mesmas (Figura 53), implicando o acréscimo do trabalho de limpeza das mesmas.



Figura 53 – Sujidade das peças após testes e aderência das mesmas à placa.

Neste sentido, foram discutidas as causas que poderiam justificar este movimento considerável das peças, entre as quais surgiram:

- 1) Gramagem excessiva;
- 2) Redução da sucção provocada pela aspiração inferior do *robot*;
- 3) A diferença de leveza dos vários tipos de peles utilizadas.

Neste seguimento, foi proposta a furação das placas com o propósito de compensar em parte a sucção provocada pela aspiração inferior. Após a furação da placa, foram realizados os mesmos testes, nas mesmas condições, com o objetivo de avaliar o movimento das peças, como ilustra a Figura 54.

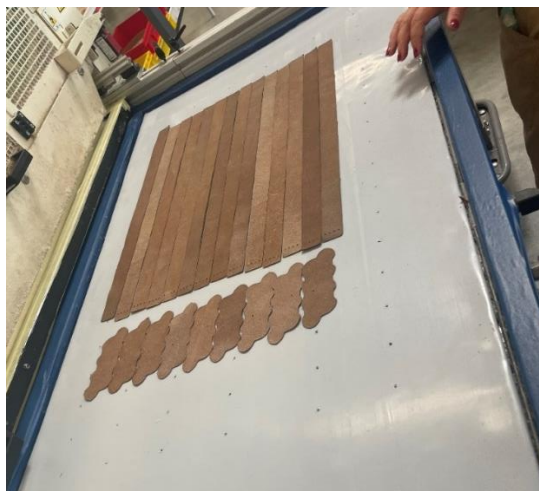


Figura 54 – Teste das placas furadas com peças sem necessidade de gabaritos.

Com esta alteração das placas, verificou-se uma diminuição do movimento das peças. No entanto, em situações em que a pele da peça é muito fina, existe movimentos consideráveis, o que não garante a correta execução do processo.

Como resultado dos testes realizados, verificou-se que a solução é viável com a utilização de gabaritos. Seria necessário a divisão dos produtos que utilizam gabaritos dos que não utilizam para que a solução proposta pudesse ser implementada. Dado que atualmente a produção é realizada com a mistura dos produtos, a solução não foi adotada no imediato. Contudo, esta solução poderá ser implementada a 100% quando todos os produtos utilizarem gabaritos para todas as fases de colagem dos mesmos, como proposto no subcapítulo 4.5.1. Deste modo, com a compatibilização das duas soluções é possível atender a vários objetivos: reduzir o consumo de cola e reutilizar as placas de gaveta.

4.5.4 Formação do processo de colagem

A formação contínua dos colaboradores é uma estratégia importante para garantir o correto desempenho dos processos, sendo considerada uma forma de dar competências requeridas à força de trabalho já existente. Como já referido no subcapítulo 4.3.2, a empresa possui uma forte componente de formação inicial, proporcionando aos novos colaboradores um contacto prévio com grande parte dos processos industriais antes dos mesmos serem posicionados nas diversas linhas de produção. Sendo o PCA um processo que requer um alargado conhecimento de técnica e operação dos colaboradores, a sua presença na linha de formação inicial é essencial para uma realização correta e mais sustentável do processo. Neste sentido, foi proposto a colocação de um *robot*/cabine de cola na linha de formação existente para que, desde o início, os artesãos estejam sensibilizados e familiarizados com o processo.

Complementarmente, foi proposta o reforço da formação contínua, através de um módulo mais dedicado a este processo. Esta modalidade de formação permite o aperfeiçoamento das técnicas e dos conhecimentos referentes ao processo, fator importante quando a qualidade é um valor crucial. Para tal, foram identificados os pontos mais críticos do processo, para que os mesmos pudessem ser corrigidos e melhorados. As várias observações físicas realizadas junto do processo, assim como o contacto com os artesãos, permitiram identificar os seguintes pontos críticos:

1. Posicionamento das peças;
2. Limitação do *robot*;
3. Limpeza do *robot*;
4. Conjugação otimizada de produtos.

A calendarização da mesma foi desenvolvida com base nos ciclos de formação já existentes. Como já fora mencionado, os novos colaboradores apenas são formados no PCA se forem predestinados para o mesmo. Caso isto não aconteça, apenas terão formação do processo nas formações de polivalência. A necessidade de rotatividade dos postos trabalhados com vista a garantir as condições ergonómicas e de saúde dos colaboradores, faz com que, por vezes, seja atribuído um artesão ao PCA sem formação para tal. Esta situação permite que possíveis erros sejam transmitidos de artesão para artesão. Deste modo e, com o objetivo de combater os possíveis erros existentes e falta de conhecimento associado, foi proposta uma formação mais frequente no primeiro trimestre de implementação, sendo posteriormente alterada para uma menor periodicidade.

4.5.5 Aplicação da ferramenta 5S no posto relativo ao PCA

O posto de trabalho referente ao PCA é uma zona que necessita uma especial atenção relativamente à sua organização e limpeza, derivado da matéria-prima utilizada no processo. A desorganização deste local pode comprometer a produtividade e a segurança do mesmo. A ferramenta 5S é uma ferramenta que permite aprimorar as condições de trabalho de um determinado posto, através da sistematização e organização dos processos. Esta metodologia centra-se em cinco regras: Padronização, Limpeza, Organização, Utilização e Disciplina. A aplicação destas regras permite a redução dos desperdícios, a otimização do tempo dedicado às diversas tarefas do processo, a diminuição das distrações presentes no local de trabalho, o aumento da segurança do posto que, conseqüentemente, se traduz num aumento de produtividade e de motivação dos colaboradores. Esta ferramenta foi aplicada a todos os postos de PCA presentes no *atelier*, nomeadamente na zona referente aos produtos e utensílios para a limpeza diária e semanal do local. Inicialmente, os artesãos tinham de se deslocar à zona central da produção para recolher os consumíveis de limpeza de que necessitavam, como por exemplo os panos. Após a aplicação desta ferramenta, foram colocados todos os produtos e acessórios necessários para as respetivas

limpezas, na parte inferior do *robot*, reduzindo todas as deslocações relacionadas com o processo de limpeza. Também foi possível aumentar o número de caixas de cola necessárias para o abastecimento do *robot*, traduzindo-se na redução de deslocações associadas ao abastecimento do equipamento. A zona inferior do *robot* foi organizada e identificada através de etiquetas e com base nos produtos necessários para a limpeza diária e semanal do equipamento. Nas Figura 55 e Figura 56 é possível visualizar a zona inferior dos *robots* de cola antes e depois da implementação da ferramenta 5S nestes equipamentos.



Figura 55 – Zona inferior do *robot* de cola antes da aplicação da ferramenta 5S.



Figura 56 – Aplicação da ferramenta 5S à zona inferior do *robot* de cola.

4.5.6 Outras ações não quantificadas

Na fase *Analyse* foram detetados outros problemas relacionados com o processo de colagem em que, os ganhos das respetivas ações e/ou sugestões de melhoria, não foram possíveis quantificar.

- **Atualização das gamas operatórias**

Problema: Falta de normalização relativamente ao número de passagens de cola para o mesmo produto.

Causa: Omissão do número de passagens de cola na ordem de fabrico de vários produtos. Nestes casos, o artesão toma a liberdade de aplicar o número de passagens de cola que entende, estando este fator dependente do entender do artesão. Posteriormente, esta questão traduz-se em problemas de qualidade da peça, ora por excesso de cola, ora por falta da mesma.

Solução proposta: É sugerida a atualização e/ou retificação de todas as gamas operatórias, de modo que estas indiquem, de forma clara, o número de passagens necessárias para cada produto.

- **Aplicação de bandas vermelhas nas gavetas do *robot***

Problema: Devolução de peças devido a problemas relacionados com o processo de colagem.

Causa: Não homogeneidade da cola nas primeiras projeções, devido à acumulação de partículas na pistola, provocando defeitos na colagem das peças.

Solução proposta: Colocação de bandas vermelhas com 40 mm de largura em todas as extremidades da gaveta, com o objetivo de sensibilizar o artesão para a não colocação de peças nas zonas onde podem ocorrer projeções irregulares. A colocação do filtro sobre as bandas, permite a transparência da cor vermelha, alertando o artesão de que não deve colocar peças nessa mesma zona. A Figura 57 e a Figura 58 ilustram a implementação da solução proposta.



Figura 57 – Bandas vermelhas no *robot* de cola C19016.



Figura 58 - Colocação do filtro de gaveta sobre as placas vermelhas.

Foi desenvolvido um procedimento relativamente à utilização das bandas vermelhas, de modo que todos os artesões tenham conhecimento da sua finalidade e de como devem proceder (Anexo VI).

- **Otimização do *layout* do processo de colagem**

Problema: Processo de preenchimento de gabaritos demorado.

Causa: Layout do posto de trabalho de colagem não apresenta mesa para apoio no preenchimento dos gabaritos.

Solução proposta: Adicionar uma mesa junto ao *robot* de cola, para facilitar o preenchimento dos gabaritos.

4.6 *Análise da melhoria obtida (Fase Control)*

A fase *Control* corresponde à etapa do projeto onde é realizada a monitorização e o controlo das soluções implementadas, com o intuito de verificar se as soluções implementadas atingiram os resultados pretendidos/estimados.

Dado que nenhuma das soluções de melhoria propostas foi implementada durante o período de estágio, não foi possível realizar a monitorização das mesmas. No entanto, foi proposta a preenchimento do formulário de registo desenvolvido na fase *Measure* com o intuito de analisar os impactos das soluções nos consumos de cola face aos dados obtidos no início do projeto. Também foi proposto o contínuo rastreamento por parte do Departamento Financeiro de modo a verificar se os consumos de cola se aproximam do *budget*. Relativamente à implementação da ferramenta 5S nos *robots* de cola C19016 foi desenvolvido um documento de auditoria para verificar os impactos desta solução.

4.7 *Análise crítica dos resultados e aplicabilidade da metodologia adotada*

A sugestão de melhoria relativamente à alteração do equipamento de aplicação de cola por um *robot* com sistema integrado de visão não foi possível controlar, uma vez que a solução não tinha sido implementada no período de estágio dado aos trâmites processuais da mesma. Contudo, foi calculada uma estimativa do impacto estimado com esta solução. O equipamento selecionado apresenta um orçamento de custo de aquisição no valor de cerca de 60000 €. O período de amortização é de três anos a uma taxa de 12,5%. Isto perfaz um custo de 7500 €/ano durante um período de 8 anos. Esta solução permite reduzir o consumo de cola para apenas as necessidades do produto, assim como o consumo de filtros neste processo. Cada filtro tem um custo de 2,12 €, sendo gastos, atualmente, 18720 filtros num ano no processo de colagem. O gasto monetário anual em filtros é equivalente a 39686,4 €. Com este equipamento, é previsto reduzir o consumo de filtros para 3120 filtros anuais, perfazendo 6614,4 € anuais em filtros. A redução do número de filtros permite reduzir 33072 € anualmente, o equivalente a cerca de metade do valor do equipamento. Em consequência da não implementação desta solução em período de estágio, não foi possível obter os ganhos anuais de cola que esta solução proporciona. No entanto, com base nos casos de estudo deste projeto, para o produto ONHEGO EMPREINTE, estima-se uma redução de 140 kg de cola num ano. Esta redução do consumo de cola traduz-se num ganho anual de 498,12 €. Estes valores não podem ser extrapolados para os restantes produtos uma vez que os mesmos diferem no número de fases de colagem e nas zonas da peça que necessitam de aplicação de cola.

Relativamente à solução proposta do desenvolvimento de gabaritos com a disposição das peças mais aprimorada em complementaridade com substituição dos filtros por

placas reutilizáveis, também foi possível estimar os impactos económicos da solução. Como já foi referido, anualmente, são gastos 39686,4 € em filtros de gaveta para o processo de colagem. Com a adoção da solução das placas reutilizáveis, é possível reduzir este custo a 0 €. Contudo, é necessário ter em conta o custo da produção das placas. Cada placa tem um custo de 308,38 €, tendo sido estimadas 6 placas por cada linha de preparação com o intuito de não afetar o fluxo produtivo caso o período de secagem da cola se alongue por algum motivo, o que perfaz um valor de 5550,84 €. A solução relativamente à substituição dos filtros proporciona uma poupança anual de 34135,56 €. É necessário ter em conta o grande impacto desta solução relativamente ao pilar ambiental. No que diz respeito ao desenvolvimento de gabaritos, é necessário ter em consideração a redução do consumo de cola, bem como o custo do desenvolvimento dos gabaritos. Centrando esta análise no produto ONTHEGO EMPREINTE, estimou-se uma redução de cola no valor de 61 kg, traduzindo-se num ganho anual de 217 €. No entanto, o custo para o desenvolvimento dos gabaritos relativamente a este produto, tendo em conta o custo do material e da mão-de-obra, perfaz um valor de 310 €. Assume-se que a durabilidade destes gabaritos é superior a dois anos. Assim, no período mencionado, o ganho de cola conseguido pelos novos gabaritos permite cobrir o custo dos mesmos. É importante realçar que o custo para o desenvolvimento dos gabaritos deste produto em particular não pode ser considerado como valor base para todos os gabaritos de todos os produtos existentes, dado que os números de fases de colagem diferem de produto para produto.

Para além do fator económico das soluções, é necessário ter em conta o pilar ambiental, focado na sustentabilidade dos processos. Com a redução do consumo de cola em paralelo com a redução/eliminação dos filtros, é possível atender aos objetivos 9 e 12 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU).

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões



5.2 Propostas de trabalhos futuros







5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

O desenvolvimento deste projeto teve como objetivo a melhoria da sustentabilidade do processo de colagem, com base no diagnóstico do PCA, no sentido de identificar as variáveis e/ou características do mesmo que pudessem justificar os elevados consumos de cola, nomeadamente a cola C19016. Seguidamente e também como objetivo, a proposta de soluções de melhoria ao processo. Estes objetivos foram atingidos através da aplicação da metodologia Seis *Sigma*, em particular a abordagem DMAIC. A Tabela 15 sumariza os objetivos mencionados no subcapítulo 4.1.2 e correspondente ponto de situação na conclusão do período de estágio.

Tabela 15 – Sumarização dos objetivos e correspondente ponto de situação

Objetivo	Solução	Ponto de situação
Análise da situação atual relativamente ao consumo de cola na empresa.	Na fase <i>Define</i> foi realizada uma análise dos dados obtidos por parte do Departamento Financeiro de modo a caracterizar a situação atual.	
Definição do problema do projeto e os respetivos objetivos do mesmo.	Na fase <i>Define</i> foi realizada uma análise relativamente aos consumos dos diferentes tipos de cola, de modo a perceber qual a cola que apresenta consumos mais elevados. Como resultado, foi definido o processo de colagem alvo do estudo, assim como os objetivos pretendidos com o mesmo, desde o diagnóstico, à determinação das causas raiz, à priorização das mesmas, à elaboração de um conjunto de soluções de melhoria e respetiva implementação, assim como à monitorização e controlo	

	das mesmas.	
Medição dos diversos pontos de consumo de cola presentes no PCA.	Na fase <i>Measure</i> foi desenvolvido um formulário de registo com o intuito de obter informação mais detalhada relativamente ao consumo de cola das linhas de produção. Em paralelo, foi realizada uma série de medições para estudar a distribuição de cola pelos diversos componentes do <i>robot</i> .	
Identificação das causas raiz que justificam o elevado consumo de cola C19016.	Na fase <i>Analyse</i> foi desenvolvido um diagrama de Ishikawa com o propósito de identificar as causas raiz do problema. Para a elaboração do mesmo e posterior discussão foram realizadas sessões de <i>brainstorming</i> .	
Priorização das causas raiz identificadas.	Na fase <i>Analyse</i> recorreu-se a uma matriz GUT para priorizar as causas raiz identificadas.	
Elaboração de um conjunto de soluções com o intuito de reduzir o consumo de cola e tornar o PCA um processo mais sustentável.	Na fase <i>Improve</i> foi desenvolvido um conjunto de soluções para as quatro principais causas raiz identificadas na fase anterior.	
Implementação das soluções propostas.	Na fase <i>Improve</i> foi elaborado um plano de implementação das soluções propostas que visam reduzir o consumo de cola assim como tornar o PCA mais sustentável.	
Análise crítica das soluções propostas.	Foi realizada uma análise dos custos das soluções propostas em detrimento dos ganhos estimados com a implementação das mesmas.	

A sustentabilidade empresarial tem vindo a ser cada vez mais implementada pelas empresas, não só para a sobrevivência das mesmas, mas também por ser crucial para a sobrevivência das gerações futuras. Os três pilares da sustentabilidade acompanharam todo o desenvolvimento deste projeto. Apesar do pilar económico não ter sido o pilar que mais motivou este trabalho, as estratégias adotadas e as soluções propostas tiveram sempre essa componente em conta.

No que se refere ao pilar social, verificou-se que a empresa apresenta conhecimento e atuação no mesmo. Para que se verifique a presença deste pilar é necessário proporcionar boas condições de trabalho, providenciar o desenvolvimento do conhecimento e técnica, reconhecer as diferenças culturais dos colaboradores. A forte componente de formação inicial já presente na empresa, assim como a formação de polivalência num âmbito de formação contínua mostra a presença deste pilar. Complementarmente, o contínuo cuidado com a ergonomia de cada posto de trabalho assim como com as condições de segurança dos mesmos, mostra a importância do pilar social para a empresa. Todas as soluções propostas e desenvolvidas tiveram sempre em conta este pilar, desde a proposta de um novo material para facilitar o processo de limpeza, o estudo de conjugações de diferentes materiais com o propósito de desenvolver uma placa leve, até à proposta do reforço da formação. Este reforço da formação permite colmatar o oitavo desperdício *Lean*. A redução do oitavo desperdício *Lean*, centrado no conhecimento intelectual e nas habilidades dos colaboradores, resulta numa maior motivação dos colaboradores e em uma maior facilidade em melhorar os processos.

O pilar ambiental assenta na prevenção e redução de resíduos, bem como na adoção de medidas sustentáveis como a reciclagem e a reutilização. Verifica-se a presença deste pilar na cultura da empresa, nomeadamente no que diz respeito à reciclagem e separação dos diversos resíduos presentes no *atelier*. Contudo, é possível melhorar, em particular, a sustentabilidade dos processos. A solução proposta como alteração do equipamento existente por um *robot* com sistema integrado de visão, bem como a solução alternativa do desenvolvimento de gabaritos com uma disposição mais aprimorada das peças em complementaridade com a substituição dos filtros pelas placas reutilizáveis, permitem não só reduzir o consumo de cola como reduzir o consumo de filtros. A redução do consumo de cola, assim como a eliminação dos filtros através da reutilização das placas promovem um impacto considerável no que diz respeito à sustentabilidade tanto do processo como da empresa. A adoção de práticas sustentáveis, mesmo que por vezes ocasione um aumento dos custos, irá trazer benefícios para a empresa, quer a nível de colaboradores, como a nível de clientes, uma vez que estes procuram cada vez mais empresas sustentáveis, a comunidade local e, não menos importante, as gerações futuras.

O pilar económico é referente à melhoria das atividades de forma eficiente. Este não foi o pilar mais motivador do projeto, no entanto, foi sempre tido em conta nas várias

soluções propostas. Com base na análise crítica das soluções verificou-se que os ganhos anuais obtidos com a redução/eliminação dos filtros de gaveta são bastante significativos. Os impactos no consumo da cola foram medidos para os produtos alvo do estudo. Com a utilização do *robot* proposto, estimaram-se ganhos de cerca de 66% para as quantidades produzidas no ano 2021, enquanto para a proposta de solução de desenvolvimento de novos gabaritos, estão previstos ganhos de cerca de 29%.

5.2 *Propostas de trabalho futuras*

Como proposta de trabalho futuro sugere-se a aquisição do *robot* com sistema integrado de visão mencionado no subcapítulo 4.5.1, de modo a ser possível dar início ao período de testes deste equipamento e avaliar de forma real os impactos que este traria no consumo de cola da empresa. Esta solução, além de permitir reduzir a cola consumida para valores muito próximos do estritamente necessário para cada produto, permite reduzir substancialmente a quantidade de filtros utilizados no PCA. Adicionalmente, permite eliminar a utilização de gabaritos, tornando o processo ainda menos dispendioso a nível de tempo e custos. O resultado deste período experimental será crucial para a redução dos consumos de cola, tanto a C19016 como outras referências, assim como para a sustentabilidade do processo e da empresa.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] M. T. Pereira, M. Inês Bento, L. P. Ferreira, J. C. Sá, and F. J. G. Silva, "Using Six Sigma to analyse Customer Satisfaction at the product design and development stage," vol. 38, pp. 1608–1614, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.124.
- [2] A. M. Schorr, L. F. Hor-meyll, and L. A. G. de P. Pessôa, "Motivações para comprar objeto de luxo: bolsas LV," *Pretexto*, vol. 13, no. 3, pp. 130–149, 2012.
- [3] G. Bruce, M; Moore, C; Birtwistle, "International Retail Marketing," p. 250, 2004, [Online]. Available: [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=Lwg4nacEDPEC&oi=fnd&pg=PP2&dq=international+retail+marketing+a+case+study+approach&ots=yCbomdG9My&sig=v-likuLYS40xCTP4q3Ru-NORDb0&redir_esc=y#v=onepage&q=international retail marketing a case study approach&f=](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=Lwg4nacEDPEC&oi=fnd&pg=PP2&dq=international+retail+marketing+a+case+study+approach&ots=yCbomdG9My&sig=v-likuLYS40xCTP4q3Ru-NORDb0&redir_esc=y#v=onepage&q=international+retail+marketing+a+case+study+approach&f=).
- [4] V. Elena-Iulia, "Study on the personal luxury goods market," *Acta Marisiensis. Ser. Oeconomica*, vol. 14, no. 2, pp. 33–42, 2020, doi: 10.2478/amso-2020-0011.
- [5] Forbes, "Louis Vuitton," 2021. <https://www.forbes.com/companies/louis-vuitton/?sh=7381a99b6dbe> (accessed Nov. 30, 2021).
- [6] J. Paul, "Masstige marketing redefined and mapped: Introducing a pyramid model and MMS measure," *Emerald Insight*, vol. 33, no. 5, pp. 691–706, 2015, doi: 10.1108/MIP-02-2014-0028.
- [7] I. a C. Study, S. Kumar, P. S. Satsangi, and D. R. Prajapati, "Six Sigma an Excellent Tool for Process," *Int. J. Sci. Eng. Res. Vol.*, vol. 2, no. 9, pp. 1–10, 2011, [Online]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.301.9560&rep=rep1&type=pdf>.
- [8] S. H. Li, C. C. Wu, D. C. Yen, and M. C. Lee, "Improving the efficiency of IT help-desk service by Six Sigma management methodology (DMAIC) - A case study of C company," *Prod. Plan. Control*, vol. 22, no. 7, pp. 612–627, 2011, doi: 10.1080/09537287.2010.503321.
- [9] D. C. Montgomery and W. H. Woodall, "An overview of six sigma," *Int. Stat. Rev.*, vol. 76, no. 3, pp. 329–346, 2008, doi: 10.1111/j.1751-5823.2008.00061.x.
- [10] M. P. J. Pepper and T. A. Spedding, "The evolution of lean Six Sigma," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 27, no. 2, pp. 138–155, 2010, doi: 10.1108/02656711011014276.
- [11] K. Srinivasan, S. Muthu, S. R. Devadasan, and C. Sugumaran, "Enhancing effectiveness of shell and tube heat exchanger through six sigma DMAIC phases," *Procedia Eng.*, vol. 97, pp. 2064 – 2071, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.449.
- [12] A. Yadav and D. V. Sukhwani, "Quality Improvement By Using Six Sigma in an

- Automotive Industry: a Case Study,” *Ind. Eng. J.*, vol. 11, no. 6, pp. 2347 – 5161, 2016, doi: 10.26488/iej.11.2.1044.
- [13] S. H. Park, *Six Sigma for Quality and Productivity Promotion*. 2003.
- [14] A. Niñerola, M. V. Sánchez-Rebull, and A. B. Hernández-Lara, “Quality improvement in healthcare: Six Sigma systematic review,” *Health Policy (New York)*, vol. 124, no. 4, pp. 438–445 Contents, 2020, doi: 10.1016/j.healthpol.2020.01.002.
- [15] M. S. Kaswan and R. Rathi, “Green Lean Six Sigma for sustainable development : Integration and framework,” *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 83, no. November 2019, pp. 106–396, 2020, doi: 10.1016/j.eiar.2020.106396.
- [16] L. Miguel and C. Martins, “In search of Six Sigma in Portuguese SMEs,” *Int. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 8, no. 1, pp. 31–38, 2017.
- [17] M. Smętkowska and B. Mrugalska, “Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process : a case study,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 238, pp. 590 – 596, 2018, doi: 10.1016/j.sbspro.2018.04.039.
- [18] A. Erdogan and H. Canatan, “Literature Search Consisting of the Areas of Six Sigma ’ s Usage,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 195, vol. 195, no. 0212, pp. 695 – 704, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.160.
- [19] I. Imtiaz and A. Al-Zubi, “SIX SIGMA IN LIBRARIES : A MANAGEMENT PERPECTIVE,” *Can. J. Comput. Math. Nat. Sci. Eng. Med.*, vol. 1, no. 3, pp. 86–93, 2010.
- [20] R. Montanari *et al.*, “Statistical Process Control of assembly lines in a manufacturing plant : Process Capability assessment plant : Process Capability assessment,” *Procedia Comput. Sci.* 180, vol. 180, no. 2019, pp. 1024–1033, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.01.353.
- [21] J. Mehrabi, “Application of six-sigma in educational quality management,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 47, pp. 1358 – 1362, 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.826.
- [22] C. Rachid and V. Ion, “Contribution To The Optimization Of Strategy Of Maintenance By Lean Six Sigma,” *Phys. Procedia*, vol. 55, pp. 512 – 518, 2014, doi: 10.1016/j.phpro.2014.08.001.
- [23] M. Bloj, S. Moica, C. Veres, M. Bloj, S. Moica, and C. Veres, “Lean Six Sigma in the Energy Service Sector : A Case Study,” *Procedia Manuf.*, vol. 46, no. 2019, pp. 352–358, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.03.051.
- [24] K. Moosa and A. Sajid, “Total Quality Management & Business Excellence Critical analysis of Six Sigma implementation,” *Total Qual. Manag.*, vol. 21, no. 7, pp. 745–759, 2010, doi: 10.1080/14783363.2010.483100.
- [25] Y. H. Kwak and F. T. Anbari, “Benefits, obstacles, and future of six sigma approach,” *Technovation*, vol. 26, no. 5–6, pp. 1–8, 2006, doi: 10.1016/j.technovation.2004.10.003.
- [26] X. Zu, L. D. Fredendall, and T. J. Douglas, “The evolving theory of quality management : The role of Six Sigma,” *J. Oper. Manag.*, vol. 26, pp. 630–650, 2008, doi: 10.1016/j.jom.2008.02.001.

- [27] A. Baptista, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, S. Ferreira, and G. Pinto, "Applying DMADV on the industrialization of updated components in the automotive sector: A case study," *Procedia Manuf.*, vol. 51, pp. 1332–1339, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.186.
- [28] A. Efimova, P. Briš, and A. Efimov, "A Bibliometric Analysis of the Evolution of Six Sigma in the Context of Industry 4.0," *Eng. Econ.*, vol. 32, no. 4, pp. 338–349, 2021, doi: 10.5755/j01.ee.32.4.28536.
- [29] J. De Mast and J. Lokkerbol, "An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 139, no. 2, pp. 604–614, 2012, doi: 10.1016/j.ijpe.2012.05.035.
- [30] R. G. Schroeder, K. Linderman, C. Liedtke, and A. S. Choo, "Six Sigma: Definition and underlying theory," *J. Oper. Manag.*, vol. 26, no. 4, pp. 536–554, 2008, doi: 10.1016/j.jom.2007.06.007.
- [31] M. Ertürk, M. Tuerdi(Maimaitiaili. Tuerdi), and A. Wujiabudula, "The Effects of Six Sigma Approach on Business Performance: A Study of White Goods (Home Appliances) Sector in Turkey," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 229, pp. 444–452, 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.07.154.
- [32] P. Marques and R. Matthé, "Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal," *Emerald Insight*, vol. 34, no. 1, pp. 307–330, 2015.
- [33] A. K. Singh and D. Khanduja, "Defining Quality Management in Auto Sector: A Six-sigma Perception," *Procedia Mater. Sci.*, vol. 5, pp. 2645 – 2653, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.526.
- [34] D. Diwasasri and K. Surendro, "Information Quality Improvement Model on Hospital Information System using Six Sigma," *Procedia Technol.*, vol. 9, pp. 1166 – 1172, 2013, doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.130.
- [35] S. Apak, G. Tuncer, and E. Atay, "Hydrogen Economy and Innovative Six Sigma Applications for Energy Efficiency," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 41, pp. 410 – 417, 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.04.049.
- [36] P. Gejdoš, "Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control," *Procedia Econ. Financ.*, vol. 34, no. 15, pp. 565 – 572, 2015, doi: 10.1016/S2212-5671(15)01669-X.
- [37] M. Altintas, N. Erginel, and G. Kucuk, "Determining the Criteria and Evaluating Six Sigma Projects via Fuzzy ANP method in Group Decision," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 12, pp. 1850–1855, 2016, doi: 10.1016/j.ifacol.2016.07.852.
- [38] R. Al-Aomar and M. A. Youssef, "Achieving Six Sigma rating in a system simulation model," *Int. J. Six Sigma Compet. Advant.*, vol. 2, no. 2, pp. 190–206, 2006, doi: 10.1504/IJSSCA.2006.010109.
- [39] A. Pugna, R. Negrea, and S. Miclea, "Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 221, pp. 308 – 316 SIM, 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.05.120.
- [40] T. Costa, F. J. G. Silva, and L. Pinto Ferreira, "Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology," *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp.

- 1104–1111, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.171.
- [41] K. Srinivasan, S. Muthu, N. K. Prasad, and G. Satheesh, “Reduction of paint line defects in shock absorber through Six Sigma DMAIC phases,” *Procedia Eng.*, vol. 97, pp. 1755 – 1764, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.327.
- [42] M. Zaman, S. K. Pattanayak, and A. C. Paul, “Study of Feasibility of Six Sigma Implementation in a Manufacturing Industry : a Case Study,” *Int. J. Mech. Ind. Eng.*, vol. 3, no. 4, pp. 296–300, 2014, doi: 10.47893/ijmie.2014.1174.
- [43] G. S. Easton and E. D. Rosenzweig, “The role of experience in six sigma project success : An empirical analysis of improvement projects,” *J. Oper. Manag.*, vol. 30, no. 7–8, pp. 481–493, 2012, doi: 10.1016/j.jom.2012.08.002.
- [44] S. Kumar, R. D. S. G. Campilho, and F. J. G. Silva, “Rethinking modular jigs ’ design regarding the optimization of machining times,” *Procedia Manuf.*, vol. 38, no. 2019, pp. 876–883, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.169.
- [45] A. Baptista, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, S. Ferreira, and G. Pinto, “Applying DMADV on the industrialization of updated components in the automotive sector: A case study,” *Procedia Manuf.*, vol. 51, pp. 1332–1339, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.186.
- [46] A. D. G. P., “Redesign and Manufacturing By Using Dmadv Method,” *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 04, no. 02, pp. 144–149, 2015, doi: 10.15623/ijret.2015.0402018.
- [47] R. Basu, *Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide to Tools and Techniques*. 2008.
- [48] P. Blaga and J. Boer, “The Influence of Quality Tools in Human Resources Management,” *Procedia Econ. Financ.*, vol. 3, no. 12, pp. 672 – 680, 2012, doi: 10.1016/s2212-5671(12)00213-4.
- [49] A. Realyvásquez-Vargas, K. C. Arredondo-Soto, T. Carrillo-Gutiérrez, and G. Ravelo, “Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study,” *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 11, pp. 1–17, 2018, doi: 10.3390/app8112181.
- [50] C. Y. Lau, “Quality improvement tools and processes,” *Neurosurg Clin N Am*, vol. 26, no. 2, pp. 1–11, 2015, doi: 10.1016/j.nec.2014.11.016.
- [51] S. Ahuja, “5s -a quality improvement tool for sustainable perform ...,” vol. 34, no. 3, pp. 1–45, 2017, [Online]. Available: <http://waset.org/publications/930>.
- [52] Raid A. Al-Aomar, “Applying 5S Lean Technology: An Infrastructure for Continuous Process Improvement,” *Int. Sch. Sci. Res. Innov.*, vol. 5, no. 12, pp. 2645–2650, 2011, [Online]. Available: <http://waset.org/publications/930>.
- [53] C. Harea, L. Marian, S. Moicab, and K. Al-Akela, “Case study concerning method impact in an automotive company,” *Procedia Manuf.*, vol. 22, pp. 900–905, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>.
- [54] P. Teixeira, J. C. Sá, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, G. Santos, and P. Fontoura, “Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model,” *J. Clean. Prod.*, vol. 322, no. September, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129047.
- [55] G. Seliger and M. Zettl, “Modularization as an enabler for cycle economy,” *CIRP*

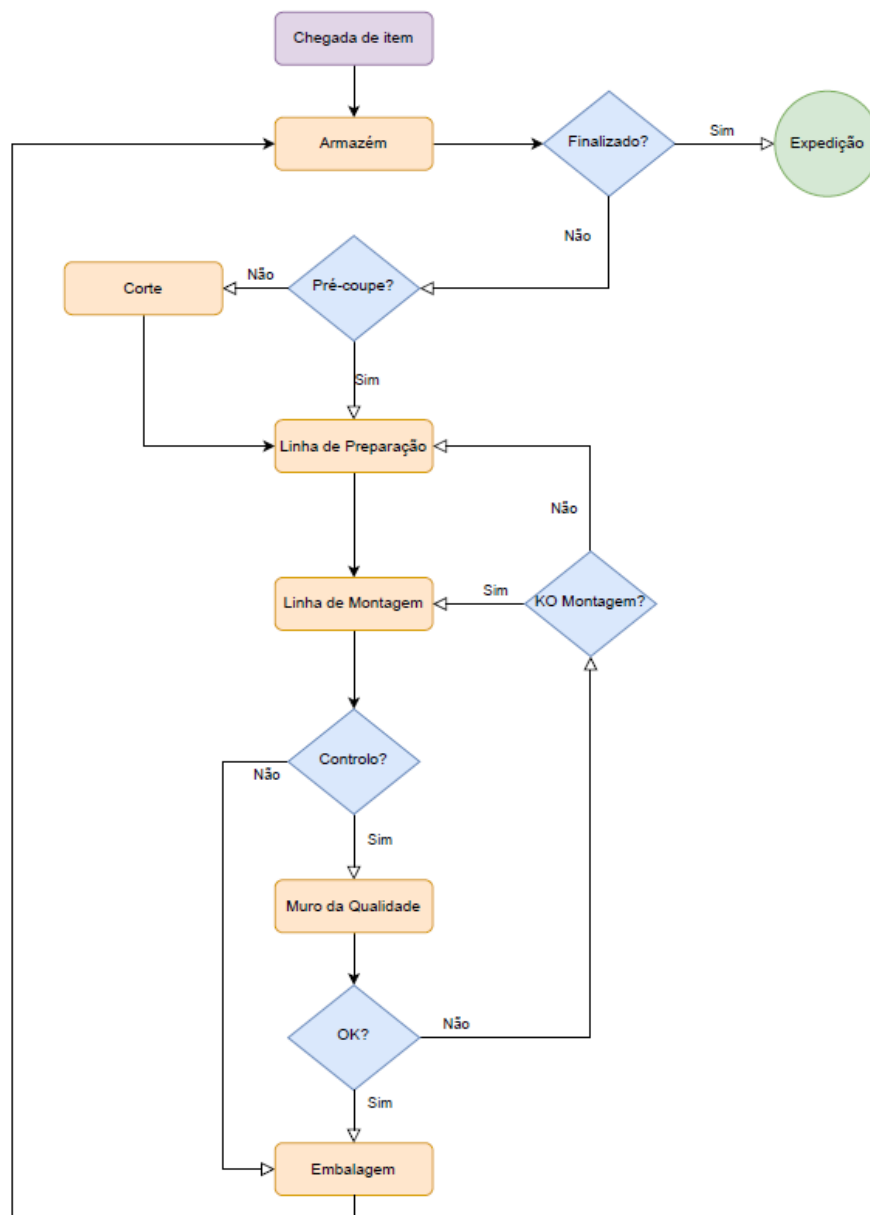
- Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 57, pp. 133–136, 2008, doi: 10.1016/j.cirp.2008.03.031.
- [56] L. Sislian, A. Jaegler, and P. Cariou, “A literature review on port sustainability and ocean ’ s carrier network problem,” *Res. Transp. Bus. Manag.*, pp. 1–8, 2016, doi: 10.1016/j.rtbm.2016.03.005.
- [57] C. R. S. Varma and S. Palaniappan, “Comparision of green building rating schemes used in North America , Europe and Asia,” *Habitat Int. J.*, vol. 89, pp. 1–13, 2019, doi: 10.1016/j.habitatint.2019.05.008.
- [58] F. J. Gomes Silva, K. Kirytopoulos, L. Pinto Ferreira, S. José Carlos, G. Santos, and M. C. Cancela Nogueira, “The three pillars of sustainability and agile project management: How do they influence each other,” *Corp. Soc. Responsib. Environ. Manag.*, no. April, pp. 1–18, 2022, doi: 10.1002/csr.2287.
- [59] E. N. Shaqour, “The impact of adopting lean construction in Egypt : Level of knowledge , application , and benefits,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 13, no. 2, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1016/j.asej.2021.07.005.
- [60] P. Teixeira *et al.*, “Combining lean and green practices to achieve a superior performance: The contribution for a sustainable development and competitiveness—An empirical study on the Portuguese context,” *Corp. Soc. Responsib. Environ. Manag.*, no. January, pp. 1–17, 2022, doi: 10.1002/csr.2242.
- [61] A. Goyal, R. Agrawal, and C. R. Saha, “Quality management for sustainable manufacturing : Moving from number to impact of defects,” *J. Clean. Prod. J.*, vol. 241, pp. 1–15, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118348.
- [62] J. Mesa, J. Pierce, J. Zuñiga, I. Esparragoza, and H. Maury, “Sustainable manufacture of scalable product families based on modularity,” *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 35, pp. 80–95, 2021, doi: 10.1016/j.cirpj.2021.05.011.
- [63] D. Hariyani and S. Mishra, “Organizational enablers for sustainable manufacturing and industrial ecology,” *Clean. Eng. Technol.*, vol. 6, pp. 1–24, 2022, doi: 10.1016/j.clet.2021.100375.
- [64] F. R. Vora and J. H. Trivedi, “CNC Profile Gas Cutting Machine – Application with Nesting Software and Computer Aided Programming Mechanism,” *Natl. Conf. Recent Trends Eng. Technol.*, no. May, pp. 1–4, 2011.
- [65] H. Y. Liu and Y. J. He, “Algorithm for 2D irregular-shaped nesting problem based on the NFP algorithm and lowest-gravity-center principle,” *J. Zhejiang Univ. Sci.*, vol. 7, no. 4, pp. 570–576, 2006, doi: 10.1631/jzus.2006.A0570.
- [66] F. M. B. Toledo, M. Antónia, C. Ribeiro, J. F. Oliveira, and A. M. Gomes, “The Dotted-Board Model : A new MIP model for nesting irregular shapes,” *Intern. J. Prod. Econ.*, vol. 145, no. 2, pp. 478–487, 2013, doi: 10.1016/j.ijpe.2013.04.009.
- [67] J. A. Bennell and J. F. Oliveira, “The geometry of nesting problems : A tutorial,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 184, pp. 397–415, 2008, doi: 10.1016/j.ejor.2006.11.038.
- [68] E. Lo Valvo, “Meta-heuristic Algorithms for Nesting Problem of Rectangular Pieces,” *Procedia Eng.*, vol. 183, pp. 291–296, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.041.
- [69] G. Wäscher, H. Haußner, and H. Schumann, “An improved typology of cutting and packing problems,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 183, no. 3, pp. 1109–1130, 2007,

- doi: 10.1016/j.ejor.2005.12.047.
- [70] A. R. Babu and N. R. Babu, "Effective nesting of rectangular parts in multiple rectangular sheets using genetic and heuristic algorithms," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 37, no. 7, pp. 1625–1643, 1999, doi: 10.1080/002075499191166.
- [71] K. V. Anand and S. Udhayakumar, "Design of adaptable pin configuration machine bed optimized with genetic approach for sheet metal cutting process," *J. Intell. Manuf.*, vol. 30, no. 3, pp. 1319–1333, 2019, doi: 10.1007/s10845-017-1327-1.
- [72] K. Vijay Anand and A. Ramesh Babu, "Heuristic and genetic approach for nesting of two-dimensional rectangular shaped parts with common cutting edge concept for laser cutting and profile blanking processes," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 80, pp. 111–124, 2015, doi: 10.1016/j.cie.2014.11.018.
- [73] Y. Y. Liao and K. Ryu, "Visual inspection based on machine vision system for smart injection molding," *ICIC Express Lett. Part B Appl.*, vol. 9, no. 11, pp. 1169–1177, 2018, doi: 10.24507/icicelb.09.11.1169.
- [74] B. G. Batchelor and P. F. Whelan, *Intelligent Vision Systems for Industry*. 1997.
- [75] E. N. Malamas, E. G. M. Petrakis, M. Zervakis, L. Petit, and J. D. Legat, "A survey on industrial vision systems, applications and tools," *Image Vis. Comput.*, vol. 21, no. 2, pp. 171–188, 2003, doi: 10.1016/S0262-8856(02)00152-X.
- [76] ONU, "Guia sobre Desenvolvimento Sustentável: 17 objetivos para transformar o nosso mundo," *Cent. Informação Reg. das Nações Unidas para a Eur. Ocident.*, pp. 1–38, 2018, [Online]. Available: https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_brochure_PT-web.pdf.

ANEXOS

7 ANEXOS

7.1 ANEXO I - Fluxograma do fluxo produtivo da empresa



7.2 ANEXO II – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU



7.3 ANEXO III – Formulário de registo do consumo de cola de cada linha de preparação



Consumos de cola

		S1			S4		
		Data	Turno	Nº Sacos	Data	Turno	Nº Sacos
Janeiro	Preparação 1	03/01/2021	A		24/01/2021	A	
			B			B	
		04/01/2021	A		25/01/2021	A	
			B			B	
		05/01/2021	A		26/01/2021	A	
			B			B	
		06/01/2021	A		27/01/2021	A	
			B			B	
		07/01/2021	A		28/01/2021	A	
			B			B	
		08/01/2021	A		29/01/2021	A	
			B			B	
		10/01/2021	A		31/01/2021	A	
			B			B	
		11/01/2021	A		01/02/2021	A	
			B			B	
		12/01/2021	A		02/02/2021	A	
			B			B	
		13/01/2021	A		03/02/2021	A	
			B			B	
		14/01/2021	A		04/02/2021	A	
			B			B	
		15/01/2021	A		05/02/2021	A	
			B			B	
17/01/2021	A						
	B						
18/01/2021	A						
	B						
19/01/2021	A						
	B						
20/01/2021	A						
	B						
21/01/2021	A						
	B						
22/01/2021	A						
	B						

Nota: preencher sempre que for necessário o abastecimento de cola.
I - Um saco de cola

7.4 ANEXO IV – Ficha técnica do novo robot com sistema de visão integrado

FICHE PRODUIT

ROBOT D'ENCOLLAGE GPV-2S.C






APPLICATION COLLE

DESCRIPTION

Robot d'encollage 3 axes avec vision , double tiroir permettant le travail masqué, surface de travail 1000 x 600 cm, équipé de 2 pistolets, un pour l'encollage périphérique et l'autre pour l'encollage plein, un logiciel de contrôle qui génère automatiquement les trajectoires. Durant l'encollage plein, un capteur vérifie la quantité d'adhésif pulvérisé sur chaque pièce en communiquant les données dans l'interface utilisateur.

Trois modes d'utilisation:

- 1. Collage intégral sur toute la surface de la pièce au moyen d'un pistolet avec rose en éventail.*
- 2. Collage périphérique et/ou vides sur pièces avec pistolet de précision*
- 3. Reconnaissance des pièces et encollage au moyen des trajectoires tracées avec un fichier CAD.*

Existe en version tapis, sous la référence GPV-2S



CARACTERISTIQUES

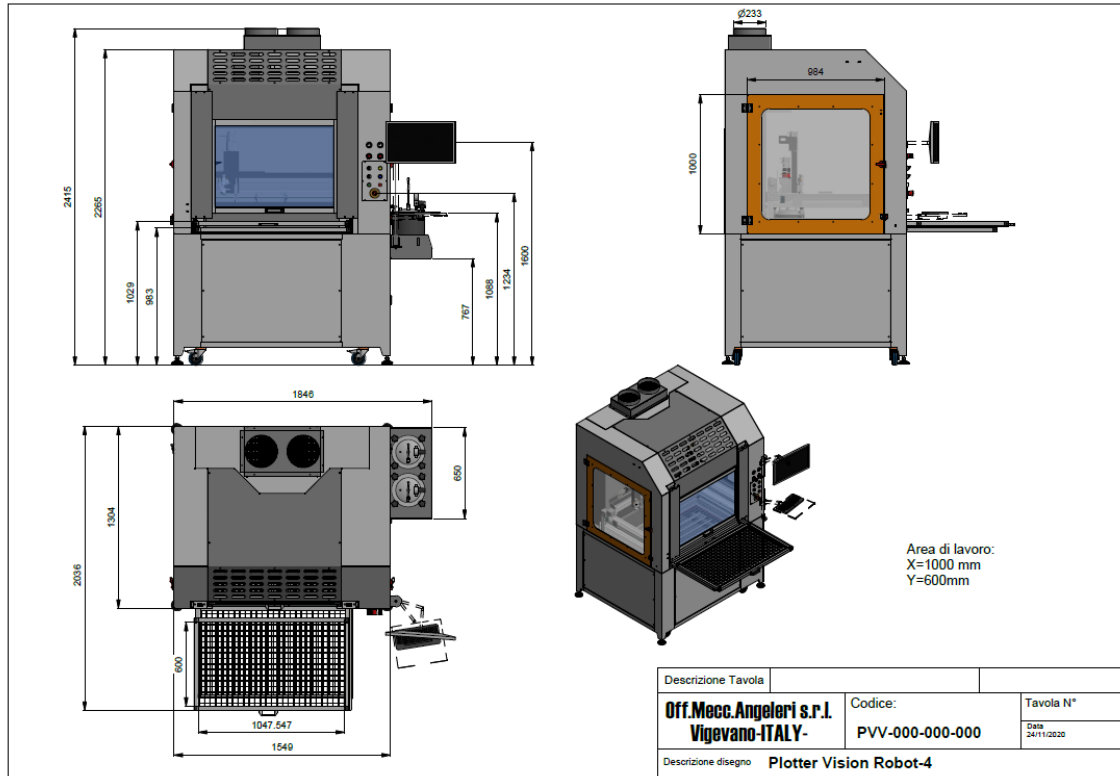
Encombrement en cm	: L:185 x H:242x P:150
Poids en Kg	: 900
Alimentation électrique	: 400V triphasé / 50 HZ
Puissance absorbée	: 2.2 Kwh
Alimentation pneumatique	: 6 Bars



www.crispin-industrie.com

2 rue Edouard Branly
Zi de la Bergerie
49280 LA SEGUINIERE
+33 2 41 58 81 10

7.5 ANEXO V – Desenho técnico do novo robot com sistema de visão integrado



7.6 ANEXO VI – Procedimento relativo à utilização das bandas vermelhas aplicadas nos robots de cola

PROCEDIMENTO - ROBOT COLA 620			ATEPELI ATELIERS DE PORTUGAL	
PROCESSO:	COLAGEM - LIMITAÇÃO DOS FILTROS	Preparado por: Carina Pinto	Data: 17/11/2021	Versão: 1
ROBOT COLA 620				
LIMITAÇÃO DA ÁREA ÚTIL DOS FILTROS DE GAVETA				
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Após a colocação do filtro na gaveta é necessário ter em atenção as limitações a vermelho que transparecem no filtro.</p> </div> </div> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">NÃO COLOCAR PEÇAS SOBRE AS MARCAS VERMELHAS</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">   <p style="color: green; font-weight: bold; font-size: 1.5em;">OK</p> </div> <div style="text-align: center;">   <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.5em;">KO</p> </div> </div>				