



ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PINTURA DE UMA EMPRESA INDUSTRIAL

JOANA SOFIA COSTA BARROS MAIA

novembro de 2018

ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PINTURA DE UMA EMPRESA INDUSTRIAL

Joana Sofia Costa Barros Maia
1080946

Departamento de Engenharia Mecânica
2018



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PINTURA DE UMA EMPRESA INDUSTRIAL

Joana Sofia Costa Barros Maia
1080946

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

Departamento de Engenharia Mecânica
2018



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Mestre / Especialista José Carlos Vieira de Sá

Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Nuno Octávio Garcia Fernandes

Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Castelo Branco

AGRADECIMENTOS

Quero começar por agradecer ao Sr. Bruno Afonso por me ter recebido na empresa e por ter orientado o meu trabalho.

Um agradecimento ao meu orientador, Prof. Doutor Luís Pinto Ferreira pela disponibilidade e pelo apoio prestado durante a realização deste projeto.

Agradeço também ao Eng. Orlando Esteves, Eng. Tomé da Mota e restante equipa de engenharia pelo apoio e a toda a equipa da Pintura chefiada pelo Márcio, tenho a agradecer o empenho com que abraçaram este projeto e a vontade que têm, em fazer sempre melhor.

Não posso deixar de agradecer a todos os meus colegas e amigos, pelo apoio nesta etapa. Obrigada!

Devo também um grande agradecimento ao Álvaro por todo o incentivo, paciência, suporte e ajuda e, por estar sempre do meu lado.

Por fim, quero agradecer à minha família, em especial aos meus pais, avós e irmão, que me apoiaram quando decidi ingressar neste mestrado.

RESUMO

Para fazer parte do mercado global, a maioria das empresas procurou melhorar os seus modelos de gestão e os processos produtivos, investindo na implementação de metodologias e ferramentas *Lean Production* e da Qualidade. Neste sentido, este projeto pretende contribuir para o aumento da capacidade competitiva, melhoria da qualidade e redução dos desperdícios da empresa, através da aplicação de algumas das metodologias e ferramentas referidas.

O projeto apresentado foi desenvolvido no grupo de pintura de uma empresa que opera no ramo da mecânica de precisão, e tem como objetivo a eliminação dos desperdícios com stocks de materiais de pintura, a redução da taxa de rejeição associada à inspeção final do grupo e a qualificação do processo. Após a análise efetuada, foram identificados como principais problemas os desperdícios com stocks e com defeitos.

Posto isto, foram propostas melhorias ao funcionamento do processo de pintura, nomeadamente, o desenvolvimento de uma ferramenta Excel, de suporte à gestão dos stocks de tintas e componentes, a implementação de ações corretivas e preventivas a fim de reduzir a taxa de rejeição de peças pintadas e o desenvolvimento de um plano para qualificar o processo.

Como principais ganhos obtidos com a implementação destas ações, destacam-se a eliminação dos desperdícios com sucata de materiais de pintura, a redução da taxa de rejeição até 7% e o aumento do nível sigma em 0,3 (estimando-se uma poupança de 10.000€ anuais) e ainda o envolvimento e motivação da equipa de pintura na melhoria do próprio espaço de trabalho.

PALAVRAS CHAVE

Lean Production; Ferramentas da Qualidade; Pintura; Defeitos; Qualificação

ABSTRACT

To be part of the global market, most companies sought to improve their management models and production processes by investing in the implementation of methodologies and Lean Production and Quality tools. In this sense, this project intends to contribute to the increase of the competitive capacity, quality improvement and reduction of the company's waste, through the application of some of the mentioned methodologies and tools.

The project was developed in the painting group of a company that operates in the field of precision mechanics, and has as objective the elimination of stock wastes with painting materials, reduction of the rejection rate associated with the final inspection of the group and the qualification of the process. After the analysis was carried out, the main problems were identified as stock wastes and defect wastes.

Therefore, improvements were made to the in-progress painting process, namely the development of an Excel tool which supports the management of paint and component stocks, the implementation of corrective and preventive actions in order to reduce the rejection rate of painted parts and the development of a plan to qualify the process.

As the main gains obtained from the implementation of these actions, it stands out the elimination of wastes involving painting scrap materials, the reduction of the rejection rate up to 7% and the increase of the sigma level by 0.3 (estimating a saving of 10,000 € per year) and also the involvement and motivation of the painting team and improvement of their own workspace.

KEYWORDS

Lean Production; Quality tools; Painting; Defects; Qualification

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

4P	<i>Problem Solving, People and Partners, Process, Philosophy</i>
5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i> (Organização, Arrumação, Limpeza, Normalização, Autodisciplina)
5W	<i>5 Whys / 5 Porquês</i>
BOM	<i>Bill of Materials</i> (Lista de materiais)
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CEP	Controlo Estatístico de Processos
CNC	Controlo Numérico Computorizado
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
DMAIC	<i>Define-Measure-Analyze- Improve-Control</i> (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar)
DOE	<i>Design of Experiments</i>
DPMO	Defeitos por milhão de oportunidades
DPU	Defeitos por unidade
EMMs	Equipamentos de Monitorização e Medição
FEFO	<i>First expired, first out</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (Análise de Modos de Falhas e Efeitos)
JIT	<i>Just-in-time</i>
LC	Linha Central
LIC	Limite Inferior de Controlo
LSC	Limite Superior de Controlo
MS	Matéria Subsidiária
MSA	<i>Measurement Systems Analysis</i> (Análise de Sistemas de Medição)
NOK	Produto não conforme/rejeitado
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> (Planear, Executar, Verificar, Atuar)
SAP	<i>Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung</i> (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados)
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TS	Tratamento de Superfícies
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

Lista de Unidades

\$	Dólar
€	Euro
INR	Rupia Indiana
min	Minutos

Lista de Símbolos

μ	Média aritmética
σ	Desvio Padrão

GLOSSÁRIO DE TERMOS

5S	Cinco palavras japonesas, começadas com “S”, que permitem a criação de ambientes de trabalho adequados ao controlo visual e <i>lean production</i> .
<i>Brainstorming</i>	Técnica aplicada em grupo para gerar ideias rapidamente e em quantidade.
Capabilidade	Termo traduzido da palavra " <i>capability</i> " que mede a competência de um processo para produzir dentro das especificações.
Carta de controlo	Carta de controlo é um tipo de gráfico utilizado para o acompanhamento de um processo. Este gráfico determina estatisticamente uma faixa denominada limites de controlo que é limitada pela linha superior (limite superior de controlo) e uma linha inferior (limite inferior de controlo), além de uma linha média. O objetivo é verificar, por meio do gráfico, se o processo está sob controlo, isto é, isento de causas especiais.
Controlo estatístico de processos (CEP)	Modelo estatístico aplicado aos parâmetros críticos de um processo produtivo, cujo objetivo é monitorizar e analisar os parâmetros diretamente relacionados com a qualidade do produto, mas também a performance do processo. Este modelo apoia-se no uso de cartas de controlo para o estudo e redução da variabilidade, recorrendo a métodos univariados ou multivariados.
Defeito	Qualquer não conformidade existente numa peça, que não cumpre com os requisitos ou exigência definida, e que pode ser detetada a olho nu ou com o auxílio de equipamentos de medida.
<i>Design of experiments</i> (DOE)	Modelo experimental utilizado com o objetivo de detalhar e planear a os ensaios experimentais a serem realizados. Um DOE é aplicável a três tipos de problemas, exploração, otimização e teste de robustez. O primeiro é usado para descobrir os fatores que mais influenciam as saídas e qual a amplitude de operação que deve ser investigada. O segundo é utilizado para definir as combinações de fatores que

	resultarão em condições ótimas de operação. Já o último tem como objetivo determinar o quão sensível é determinado produto a uma pequena variação no fator de entrada
Diagrama de Ishikawa	Representação gráfica em forma de "espinha de peixe" que ajuda a identificar, explorar e mostrar as possíveis causas de um problema específico.
Diagrama de Pareto	Gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, do maior para o menor, permitindo priorização dos resultados.
DMAIC	Metodologia central do <i>Six Sigma</i> , inspirada no ciclo PDCA, cuja aplicação é efetuada em cinco fases estruturadas e sequências (<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>).
<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	Ferramenta de análise utilizada para prevenir possíveis modos de falha de um processo, através da identificação das causas ou parâmetros críticos e dos seus efeitos. Utiliza três índices (Gravidade, Frequência e Deteção) para definir o nível de risco e a prioridade de ação.
Fluxograma	Representação gráfica que descreve as fases sequenciais de um determinado processo.
Histograma	Ferramenta de análise de problemas que graficamente apresenta dados numa distribuição. Gráfico de barras verticais.
<i>Just In Time</i>	Sistema de produção repetitivo no qual o processamento de materiais e/ou movimentações ocorrem à medida que estes são necessários, normalmente em pequenos lotes.
<i>Kaizen</i>	Junção de duas palavras japonesas (" <i>Kai</i> ", significa <i>change</i> e " <i>zen</i> ", significa <i>good</i>) que se traduzem em Melhoria Contínua. Todas as atividades levadas a cabo dos colaboradores no sentido da melhoria do desempenho dos processos e sistemas de trabalho.
<i>Lead Time</i>	Tempo necessário para realizar determinada tarefa, atividade, produto ou serviço. É uma junção do tempo útil e o tempo não produtivo.
<i>Lean</i>	Filosofia de gestão focada na redução/eliminação de desperdícios e

<i>Production</i>	consequente adição de valor.
<i>Measurement Systems Analysis (MSA)</i>	Método experimental e matemático utilizado para determinar quanto a variação do processo de medição (de variáveis ou de atributos) contribui para a variabilidade global do processo. O MSA é usado para qualificar o sistema de medição, avaliando a exatidão, precisão, resolução, linearidade e estabilidade do sistema.
Muda	Desperdício, perda, qualquer atividade que não acrescente valor.
<i>Overspray</i>	Conhecido por empoeiramento que corresponde à deposição de tinta seca sobre a superfície pintada, causando perda de brilho e picos na superfície.
PDCA	Ciclo de planejar, executar, verificar e agir a fim de padronizar e prevenir a recorrência de não conformidades.
<i>Poka-Yoke</i>	Expressão japonesa que significa "à prova de erro".
Setup	Atividades de mudança (<i>changeover</i>), ajuste e preparação do equipamento para fabrico de um novo lote ou produto.
<i>Six sigma</i>	Metodologia disciplinada que, através do uso de dados provenientes do processo, reduz a variação (<i>mura</i>) dos processos de forma sistemática. Para tal, baseia-se num conjunto de métodos, ferramentas estatística e planos, para observar e gerir as variáveis críticas dos processos, bem como a relação entre elas.
<i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	Métodos usados para melhorar o desempenho nas mudanças de ferramenta (<i>setup</i>).
<i>Standard work</i>	Ferramenta <i>Lean</i> que representa um conjunto de procedimentos de trabalho baseados em três elementos chave: tempo de ciclo para a produção de um produto, sequência de trabalho e quantidade mínima de stock necessária para assegurar a produção com um fluxo contínuo.
Stock	Quantidades ou existências de matérias-primas ou produtos em armazém.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO-AÇÃO ADAPTADO DE (SAUNDERS, LEWIS, & THORNHILL, 2009).	3
FIGURA 2 - A CASA DO TPS ADAPTADO DE (LIKER, 2004).	12
FIGURA 3 - MODELO 4P E OS 14 PRINCÍPIOS DA TOYOTA, ADAPTADO DE (LIKER & MEIER, 2006).	13
FIGURA 4 - CICLO PDCA ADAPTADO DE (HOSOTANI, 1992).	15
FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO DOS ERROS RELACIONADOS COM OS ESTUDOS MSA ADAPTADA DE (CHRYSLER GROUP LLC ET AL., 2010).	24
FIGURA 6 - ORGANOGRAMA DA SECÇÃO DA MECÂNICA.	29
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES.	31
FIGURA 8 - GABARI DE PROTEÇÃO DE PINTURA.	33
FIGURA 9 - PERCENTAGEM DE PRODUTO NÃO CONFORME RELATIVAMENTE À PRODUÇÃO TOTAL MENSAL DE JANEIRO A MAIO DE 2018.	36
FIGURA 10 - PARETO DOS DEFEITOS IDENTIFICADOS NOS MESES DE JANEIRO A MAIO DE 2018.	36
FIGURA 11 - COMPUTADOR COLOCADO NA SALA DE PREPARAÇÃO E CONTROLO PARA ACESSO AOS FICHEIROS DE GESTÃO.	39
FIGURA 12 - ETIQUETA COM INDICAÇÃO DA DATA DE ABERTURA DA EMBALAGEM E DATA NA QUAL EXPIRA A VALIDADE.	40
FIGURA 13 - ETIQUETA VERMELHA DE “APROXIMAÇÃO DE FIM DA VALIDADE”.	40
FIGURA 14 - ARMAZÉM DE TINTAS APÓS ALGUMAS AÇÕES DE MELHORIA.	41
FIGURA 15 - COMPARAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS COM SUCATA DE TINTAS E COMPONENTES.	42
FIGURA 16 - PICOS NA SUPERFÍCIE.	43
FIGURA 17 - DEFEITOS AO POLIR, LIXAR.	43
FIGURA 18 - ESCORRIMENTO DE TINTA.	44
FIGURA 19 - SUPERFÍCIE DANIFICADA (MOSSA).	44
FIGURA 20 - JANELA DE MOVIMENTAÇÃO DE PEÇAS ENTRE A SALA DE APOIO (ISOLADA) E A SALA DE CONTROLO.	47
FIGURA 21 - COLOCAÇÃO DE INTERCOMUNICADORES.	47
FIGURA 22 - BANCADAS DE PESAGEM.	48
FIGURA 23 - RESULTADOS ALCANÇADOS: PERCENTAGEM DE PRODUTO NÃO CONFORME EM JUNHO E JULHO.	51
FIGURA 24 - CARTA DE CONTROLO PADRONIZADA DO PROCESSO DE PINTURA (AMOSTRAS RECOLHIDAS DE JANEIRO A MAIO DE 2018).	52
FIGURA 25 - CARTA DE CONTROLO PADRONIZADA DO PROCESSO DE PINTURA (AMOSTRAS RECOLHIDAS EM JUNHO E JULHO DE 2018).	53
FIGURA 26 - MAPA DO PROCESSO DE PINTURA.	54
FIGURA 27 - REPRESENTAÇÃO DO <i>LAYOUT</i> DO GRUPO DE PINTURA.	73
FIGURA 28 - MATRIZ COM OS CÓDIGOS DE DEFEITOS.	74
FIGURA 29 - FOLHA DE INSERÇÃO DE DADOS PARA ATUALIZAÇÃO DE STOCKS.	75
FIGURA 30 - FOLHA DE PESQUISA POR COMPONENTE.	76

FIGURA 31 - FOLHA DE PESQUISA POR ESQUEMA DE PINTURA.	77
FIGURA 32 - FOLHA DE ANÁLISE GERAL DOS STOCKS.	78
FIGURA 33 - FOLHA DE REGISTO "GESTÃO DE STOCKS - TINTAS E COMPONENTES".	86
FIGURA 34 - FICHA DE REGISTO DE PREPARAÇÃO DE PINTURA.	87
FIGURA 35 - DIAGRAMA CAUSA-EFEITO PARA O DEFEITO DE PICOS NA SUPERFÍCIE.	88
FIGURA 36 - DIAGRAMA CAUSA-EFEITO PARA O DEFEITO DE ESCORRIMENTO DE TINTA.	88
FIGURA 37 - INDICAÇÕES FORNECIDAS AOS OPERADORES DE PINTURA PARA A REALIZAÇÃO DA MEDIÇÃO DA VISCOSIDADE.	89

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CONJUNTO DE TRABALHOS NO ÂMBITO DA ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS.	7
TABELA 2 - DEFINIÇÃO DOS 5S'S (IMMONEN, 2016; PINTO, 2014; PUROHIT & SHANTHA, 2015).	15
TABELA 3 - FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE USADAS NO TRABALHO.	19
TABELA 4 - ERROS RELACIONADOS COM OS ESTUDOS MSA (CHRYSLER GROUP LLC ET AL., 2010; JURAN & DE FEO, 2010).	23
TABELA 5 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE INSPEÇÃO (CHRYSLER GROUP LLC ET AL., 2010).	25
TABELA 6 - CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO KAPPA (CHRYSLER GROUP LLC ET AL., 2010).	25
TABELA 7 - PROBLEMAS IDENTIFICADOS NA PINTURA.	34
TABELA 8 - PROPOSTAS/SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS IDENTIFICADOS.	38
TABELA 9 - REFERÊNCIAS SELECIONADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE AÇÕES CORRETIVAS.	42
TABELA 10 - DEFEITOS CRÍTICOS DAS REFERÊNCIAS SELECIONADAS.	43
TABELA 11 - CAUSAS-RAIZ: 5 PORQUÊS DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE PICOS NA SUPERFÍCIE.	45
TABELA 12 - CAUSAS-RAIZ: 5 PORQUÊS DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE ESCORRIMENTO DE TINTA.	46
TABELA 13 - PROPOSTAS DE MELHORIA REALIZADAS E PLANEADAS.	50
TABELA 14 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS.	58
TABELA 15 - ESTADO DA IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES.	61
TABELA 16 - 50 AMOSTRAS RECOLHIDAS NO PERÍODO DE JANEIRO A MAIO DE 2018.	90
TABELA 17 - 20 AMOSTRAS RECOLHIDAS ENTRE JUNHO E JULHO DE 2018.	91
TABELA 18 - MATRIZ DE ENSAIOS.	92

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO DO TRABALHO	1
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	2
1.3	METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	2
1.4	CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4
2	REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1	ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS	7
2.2	O CONCEITO <i>LEAN</i>	11
2.2.1	<i>Toyota Production System</i>	11
2.2.2	<i>As fontes de desperdício</i>	13
2.3	SOLUÇÕES <i>LEAN</i>	14
2.3.1	<i>A melhoria contínua - Kaizen</i>	14
2.3.2	<i>A metodologia 5S</i>	15
2.3.3	<i>A metodologia Six Sigma</i>	16
2.4	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	18
2.5	VALIDAÇÃO DE PROCESSOS	21
2.5.1	<i>Implementação da validação de processos</i>	21
3	ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PINTURA	29
3.1	DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO	29
3.1.1	<i>Tratamento de superfícies</i>	30
3.1.2	<i>Pintura</i>	32
3.2	IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS	34
3.2.1	<i>Gestão dos stocks de pintura e componentes</i>	35
3.2.2	<i>Inspeção final no grupo de pintura</i>	35
3.2.3	<i>Qualificação do processo de pintura</i>	37
3.3	PROPOSTAS DE MELHORIA AO PROCESSO	38
3.3.1	<i>Desenvolvimento de uma ferramenta Excel de suporte à gestão dos stocks de componentes de pintura</i>	38
3.3.2	<i>Implementação de ações corretivas e preventivas na pintura</i>	42
3.3.3	<i>Desenvolvimento de um plano para qualificar o processo de pintura</i>	53
3.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	61
4.1	PRINCIPAIS CONTRIBUTOS DO TRABALHO	61
4.2	TRABALHO FUTURO	62
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	65

ANEXOS	73
ANEXO A. <i>LAYOUT</i> DO GRUPO DE PINTURA	73
ANEXO B. MATRIZ COM OS CÓDIGOS DE DEFEITOS	74
ANEXO C. FERRAMENTA EXCEL DE GESTÃO DE STOCKS	75
ANEXO D. PROCEDIMENTO “GESTÃO DE STOCKS DE TINTAS E COMPONENTES, MANUTENÇÃO, ARMAZENAMENTO E ACONDICIONAMENTO”	79
ANEXO E. REGISTO “GESTÃO DE STOCKS – TINTAS E COMPONENTES	86
ANEXO F. “FICHA DE REGISTO DE PREPARAÇÃO”	87
ANEXO G. DIAGRAMAS CAUSA-EFEITO DOS DEFEITOS DE PINTURA	88
ANEXO H. INDICAÇÕES PARA MEDIÇÃO DA VISCOSIDADE DA TINTA	89
ANEXO I. DADOS DAS AMOSTRAS - INSPEÇÃO VISUAL	90
ANEXO J. MATRIZ DE ENSAIOS (ME)	92

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.4 CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A atualidade é cada vez mais global, exigente e competitiva, o que obriga as empresas a, no seu dia a dia, serem mais dinâmicas, flexíveis, inovadoras, capazes de produzir com qualidade uma grande variedade de produtos, satisfazendo os seus clientes, e ao mesmo tempo serem mais produtivas, com menores custos de produção. Numa fase em que a crise socioeconómica ainda afeta o presente de algumas empresas, é imprescindível melhorar os modelos de gestão e os processos produtivos através de técnicas e ferramentas vocacionadas para o aumento da eficiência na utilização dos seus recursos.

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da dissertação de Mestrado do curso de Mecânica, vertente de Gestão Industrial, e tem como base de estudo o processo de pintura de uma empresa que opera no ramo da mecânica de precisão. Durante o período de estágio, compreendido entre janeiro e julho de 2018, foram aplicadas algumas metodologias e ferramentas *Lean Production* e da Qualidade, adequadas ao processo de pintura, vindo-se posteriormente a medir o impacto das melhorias implementadas com o seu uso.

Este capítulo introdutório compreende a apresentação e enquadramento do tema do projeto, a descrição dos principais objetivos e da metodologia de investigação utilizada e, por fim, a apresentação da estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento do trabalho

A empresa, onde foi desenvolvido este projeto, produz mecanismos mecânicos de alta qualidade para integrar em aparelhos óticos de precisão e é também fornecedora de indústrias muito exigentes, como a aeronáutica, sendo por isso categórica a aposta na melhoria contínua dos seus processos, de modo a corresponder às expectativas dos seus clientes e a obter maior rentabilidade.

Este projeto, cujo tema é “Análise e melhoria do processo de pintura de uma empresa industrial” surgiu da intenção de dar resposta a alguns problemas identificados pela

própria empresa no grupo da pintura, que faz parte do Tratamento de Superfícies (TS) da seção de mecânica, nomeadamente ao nível da gestão de stocks de matérias subsidiárias, condições do processo fora das especificações dos clientes e taxa de produto não conforme elevada. Desta forma, houve a necessidade de construir uma plataforma de gestão de stocks de matérias subsidiárias, implementar procedimentos, definir parâmetros de controlo e no geral melhorar o processo de pintura, com o auxílio de ferramentas *lean* e ferramentas da qualidade.

1.2 Objetivos do trabalho

O intuito deste projeto de análise e melhoria do processo pintura passa pela identificação e análise dos problemas existentes, pela apresentação e implementação de ações de melhoria e pela análise dos resultados obtidos. Esta análise propõe eliminar os desperdícios com stocks de materiais de pintura, reduzir a taxa de rejeição associada à inspeção final da pintura e a promover a qualificação do processo.

Deste modo, a realização deste trabalho compreende os seguintes objetivos:

- Desenvolvimento de uma ferramenta Excel de suporte à gestão dos stocks de tintas e componentes de pintura;
- Implementação de ações corretivas e preventivas na pintura;
- Desenvolvimento de um plano para qualificar o processo de pintura.

1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação utilizada no desenvolvimento deste projeto designa-se por *Action research* e tem como objetivo a resolução de problemas reais, através da conjugação de processos de investigação e de ação, que conduzem à produção de conhecimento e mudança (Coutinho et al., 2009).

Esta metodologia abrange um conjunto de fases, que se desenvolvem continuamente, sendo elas: diagnóstico ou identificação objetiva do problema e das causas-raiz, planificação de atividades, implementação de uma ação, observação e por fim reflexão/avaliação sobre os resultados produzidos. Após a conclusão de um ciclo, faz-se a reavaliação do problema e caso os resultados não sejam satisfatórios, dá-se início a um novo ciclo (ver Figura 1)(Coutinho et al., 2009; Koshy, 2005).

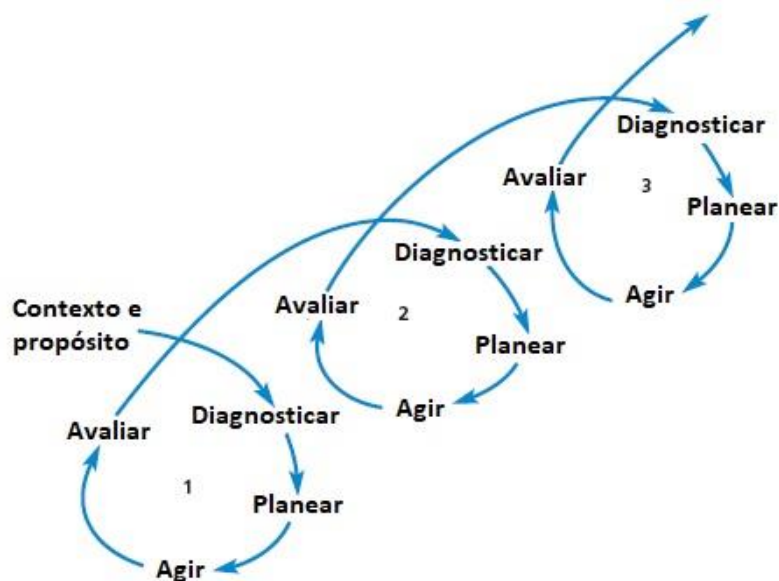


Figura 1 - Metodologia de investigação-ação adaptado de (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009).

O carácter cíclico da metodologia utilizada assemelha-se ao dos modelos PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) e DMAIC (*Define-Measure-Analyse-Improve-Control*) aplicados em melhoria contínua e abordados posteriormente na revisão da literatura.

A metodologia de investigação usada permite articular os conhecimentos académicos e a pesquisa bibliográfica efetuada, com a realidade e as necessidades existentes perante o caso de estudo, promovendo o trabalho colaborativo e a interação entre intervenientes, ou principais partes interessadas. Por fim, um dos objetivos desta metodologia é a partilha do conhecimento adquirido.

Assim, numa primeira fase acompanhou-se alguns operadores na realização das tarefas inerentes ao processo produtivo, em especial, ao processo de pintura. Através do conhecimento adquirido, da recolha de dados e da utilização de algumas ferramentas da qualidade (fluxograma, diagrama de Pareto e diagrama causa-efeito), completou-se o diagnóstico ao processo e definiram-se os objetivos do projeto. Em paralelo, foi feita uma revisão da literatura no âmbito da análise e melhoria de processos, conceito *Lean* e ferramentas da qualidade, recorrendo a artigos, a dissertações e a livros.

Na fase seguinte, perante uma análise dos problemas identificados, definiram-se algumas ações de melhoria com o intuito de eliminar ou reduzir os desperdícios, fazendo-se a descrição das ações implementadas numa fase posterior.

A quarta fase caracteriza-se pela avaliação do impacto das soluções implementadas, através da comparação dos dados atuais com os dados obtidos anteriormente, e pela apresentação dos principais resultados. Finalmente, com as propostas de trabalhos futuros, faz-se a reavaliação do problema e propõe-se o início a um novo ciclo.

1.4 Conteúdo e organização da dissertação

A dissertação apresentada está organizada em cinco capítulos. No primeiro capítulo, a “Introdução”, faz-se o enquadramento do tema, descrevem-se os principais objetivos e a metodologia de investigação utilizada.

O segundo capítulo, da “Revisão da literatura”, inclui a apresentação de alguns trabalhos especializados, no âmbito da análise e melhoria dos processos, fazendo referência às metodologias usadas e aos resultados obtidos. Neste capítulo também são apresentadas as metodologias e ferramentas *Lean* utilizadas no desenvolvimento deste projeto.

O terceiro capítulo compreende a “Análise e melhoria do processo de pintura”, isto é: faz-se a descrição de todo o processo produtivo, destacam-se os principais problemas e apresentam-se as propostas de melhoria para resolução dos mesmos. No final do capítulo, faz-se a análise dos resultados obtidos.

No quarto capítulo “Conclusões e propostas de trabalhos futuros” é efetuada a reflexão sobre os resultados obtidos relativamente aos objetivos iniciais e apresentadas as conclusões finais do projeto. Por fim, apresentam-se sugestões para possíveis desenvolvimentos, de modo a dar continuidade ao projeto.

O quinto capítulo “Bibliografia e Outras Fontes de Informação” apresenta artigos, publicações e outras fontes de informação, utilizadas na realização da dissertação.

Por último, são apresentados os respetivos anexos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS

2.2 O CONCEITO LEAN

2.3 SOLUÇÕES LEAN

2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

2.5 VALIDAÇÃO DE PROCESSOS

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentada a revisão da literatura efetuada, sobre os assuntos abordados neste projeto, e é feito o enquadramento teórico, através da descrição das metodologias e ferramentas mais importantes relacionadas com o conceito *Lean* e com a Qualidade.

2.1 Análise e melhoria de processos

Na literatura da especialidade, é possível encontrar vários trabalhos no âmbito da Análise e Melhoria de Processos (ver Tabela 1), onde foram aplicadas, de modo prático, as diferentes metodologias e ferramentas para os problemas encontrados.

Tabela 1 - Conjunto de trabalhos no âmbito da análise e melhoria de processos.

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
(Antoniolli, Guariente, Pereira, Ferreira, & Silva, 2017)	Neste trabalho, os autores tiveram o objetivo de implementar uma metodologia de <i>Standard work</i> numa linha de produção de ar condicionados, dessa forma, uniformizando operações, diminuindo ou eliminando atividades sem valor agregado, tornar a produção mais eficiente ao balancear as atividades de forma a garantir que os centros de trabalho apresentam velocidades de execução semelhantes, otimização do fluxo produtivo deslocando ou adquirindo máquinas de fabrico e, por último, aplicar ações de melhoria contínua durante todo o processo para eliminar os desperdícios. Após a implementação das alterações propostas, tanto a produtividade e eficiência das máquinas e trabalhadores melhoraram, o que representou um aumento de 16%, dos 70% para 86%, no OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>).
(Singh, Gohil, Shah, & Desai, 2013)	Neste trabalho, os autores implementaram o conceito TPM numa oficina mecânica numa empresa produtora de componentes automotivos. Com a implementação dos pilares do TPM, foi possível obter uma melhoria do OEE de 16%, de 63% para 79%, resultando numa maior produtividade e qualidade do produto.
(Caldas De Oliveira et al., 2014)	Neste trabalho, os autores avaliaram a qualidade da pintura de armários de casas de banho numa indústria de móveis, tendo o objetivo de melhorar o processo de pintura face aos defeitos que este apresentava. Com o auxílio de folhas de registo e diagramas de Pareto, foi possível identificar os principais defeitos no processo, que, por sua vez, foram estudados a partir de diagramas de causa e efeito para uma

	<p>melhor análise às possíveis ações corretivas a se realizarem. Em virtude das ferramentas da qualidade utilizadas, sensibilizando as pessoas relativamente às causas e implementando as ações corretivas, o número de componentes no setor da pintura com defeitos reduziu 46,4%.</p>
(Ahmad, Syazwan, & Soberi, 2018)	<p>Neste trabalho, os autores efetuaram um projeto de melhoria numa empresa de produção de materiais compósitos, focando-se no tempo de <i>setup</i> num dos processos avançados, sendo este o processo de corte dos compósitos a partir de uma máquina CNC de 5 eixos. A partir de diagramas causa efeito, a técnica dos cinco porquês, foi possível identificar as razões pelas quais o tempo de <i>setup</i> ser longo e, conseqüentemente, delinear as ações de melhoria (SMED) e corretivas a implementar. Após a implementação de todas as ações propostas, o tempo total de <i>setup</i> e o tempo total de atividades internas reduziram para 44% e 48%, respetivamente.</p>
(Jacques Neto, 2006)	<p>Neste trabalho, o autor tem por objetivo avaliar o sistema produtivo de máquinas têxteis de forma a reduzir o número de defeitos, os tempos excessivos de produção e retrabalhos e, por fim, tornar o processo mais eficiente. Com o auxílio de diagramas de Pareto, VSM e diagramas causa efeito foi possível identificar os principais defeitos e pontos específicos do processo que não agregavam valor ao produto, que podiam ser eliminados. Após a implementação das ações corretivas, obteve-se uma redução do número de peças com defeitos em 55,76%, o tempo e custo gerado pelos retrabalhos diminuíram 63,24% e as perdas de produtividade também decresceram em 61,54%.</p>
(Choomlucksana, Ongsaranakorn, & Suksabai, 2015)	<p>Neste trabalho, os autores demonstraram como a aplicação do <i>Lean Manufacturing</i> num processo de estampagem de chapas de metal pode ajudar a melhorar a eficiência do processo. Durante um período de 10 meses, utilizando ferramentas de melhoria e <i>Lean</i> (controlo visual, <i>Poka-Yoke</i> e 5S) foram identificadas áreas de oportunidade de redução de desperdícios e melhoria da eficiência dos processos produtivos. Dessas áreas destacam-se a rebarbagem e polimento, sendo estes os processos que apresentavam o maior valor de atividades que não agregavam valor ao produto final. Após a implementação de todas as ações sugeridas, obtiveram-se reduções de 62,5% e 66,5% do tempo de processamento do polimento e das atividades que não agregavam valor, respetivamente. Além disso, os custos em horas extras foram reduzidos em 1.764\$/ano.</p>
(Costa, Silva, & Pinto Ferreira, 2017)	<p>Neste trabalho, os autores tiveram o desafio, numa empresa de produção de pneus, de melhorar o processo de extrusão de borracha para dois componentes do pneu em si. Para tal, adotando a metodologia <i>Six Sigma</i> e utilizando o ciclo DMAIC, e com auxílio de diagramas de causa efeito e de Pareto, foi possível identificar as principais causas que originavam os componentes não conformes. Após a implementação das ações corretivas propostas para reduzir o número de não conformidades, foi possível obter resultados bastante satisfatórios. Houve uma diminuição de 0,89% de componentes não conforme (5 toneladas/dia) o que, estima-se, representar uma poupança anual aproximada de 165.000€.</p>

(Sutari, 2015)	<p>Neste trabalho, os autores tiveram o objetivo de melhorar o processo de manufatura da unidade de enclausuramento de uma turbina, ao nível dos tempos de produção e custos associados a retrabalhos e à manufatura em si. Foi estudado todo o processo produtivo e, com o auxílio de diagramas de Pareto e causa efeito, foram identificados os principais defeitos. A eliminação destes defeitos originou uma avaliação técnica aos materiais utilizados e à respetiva quantidade utilizada. Com a implementação de novos materiais, <i>Standard works</i> e metodologia <i>Kaizen</i>, foram alcançados os objetivos inicialmente propostos: uma redução de 18,45% no tempo de produção e uma redução de 142.500 INR (cerca de 1.700€) por cada conjunto de enclausuramento produzido.</p>
(Veres, Marian, & Moica, 2017)	<p>Neste trabalho, os autores pretenderam implementar um projeto <i>Kaizen</i> numa empresa Romena produtora de tratores florestais articulados, com auxílio da metodologia PDCA. O objetivo passou por reduzir o número de intervenções, durante o período de garantia, para reparações do produto. Através de sucessivos diagramas de Pareto foi possível identificar o principal componente a melhorar devido ao número de reparações exigidas e custos associados. Após terem sido implementadas as ações de melhoria do componente, num período de avaliação de três meses, o número de defeitos por unidade reduziu 21%, houve também uma redução do número <i>scrap</i> e custos de serviço de garantia e, por fim, a capacidade da empresa produzir uma unidade sem defeitos aumentou 2,3%.</p>
(Jirasukprasert, Garza-Reyes, Soriano-Meier, & Rocha-Lona, 2012)	<p>Neste trabalho, os autores tiveram como objetivo reduzir o número de produtos defeituosos numa empresa de produção de luvas de borracha. Com o auxílio do <i>Six Sigma</i>, utilizando a metodologia DMAIC, foi possível identificar que a temperatura do forno e a velocidade da esteira tinham influência direta ao número de produtos defeituosos. Foram então elaborados estudos que resultaram numa correlação entre a temperatura do forno e a velocidade de esteira, o que permitiu reduzir em 50% um dos principais defeitos dos produtos, como também o número de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) de 195.095 para 83.750.</p>
(M Kumar et al., 2006)	<p>Neste trabalho, os autores através do <i>Lean Sigma</i>, com auxílio das ferramentas 5S, TPM e VSM utilizando uma metodologia DMAIC, pretenderam reduzir o número defeitos no produto final (acessórios de automóveis) produzidos num processo de fundição injetada, melhorar os custos e ganhar a lealdade do cliente. A densidade da fundição foi identificada como sendo a característica da qualidade do produto mais importante do todo o processo, sendo que esta está relacionada com 67% dos defeitos encontrados. Após implementadas as ações corretivas e de melhoria, foi possível:</p> <ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="576 1783 1369 1854">• Melhorar o processo de fundição injetada com uma melhoria de 12% sobre a densidade da fundição;<li data-bbox="576 1872 1369 1944">• Uma melhoria significativa nas principais métricas de desempenho (DPU, capacidade, OEE, entre outras);<li data-bbox="576 1962 1002 1982">• Poupanças em cerca de 140.000\$/ano.

(Rojasra & Qureshi, 2013)	Neste trabalho, os autores propuseram implementar a metodologia 5S numa pequena empresa de plásticos na Índia, com o objetivo de aumentar a eficiência do sistema de produção da mesma. Com esta implementação, após 10 semanas, foi verificado um aumento da eficiência do processo produtivo de 21,8%, de 67% para 88,8%.
(Jeong & Yoon, 2016)	Neste trabalho, os autores tiveram o objetivo de implementar o VSM numa empresa de Tecnologia de Informação, na busca de oportunidades de melhoria relativamente ao <i>lead-time</i> . Foi descoberto que, de todo o <i>lead-time</i> , 92% é dedicado a atividades sem valor agregado. Todo o processo foi reavaliado e, após serem planeadas todas as ações de melhoria, foi possível concluir que o <i>lead-time</i> do novo processo pode ser reduzido de 20 para 3 dias, correspondendo à eliminação, quase total, das atividades sem valor agregado.
(Morreira & Garcez, 2013)	Neste trabalho, o autor demonstrou como a implementação da metodologia SMED em pequenas-médias empresas pode apresentar resultados bastante interessantes, apesar de não lhe ser dada a devida atenção. O caso de estudo envolveu a alteração/melhoria dos tempos de <i>setup</i> de uma máquina, que transforma blocos de espuma de poliéster e poliuretano em rolos, de forma a eliminar desperdícios e tarefas sem valor agregado ao produto final. Otimizando o processo, definindo tarefas executáveis sem paragem da máquina, e redefinindo o layout, foi possível reduzir o tempo de <i>setup</i> de 114 para 40min, o custo de produção reduziu 13% e, por consequência, o custo estimado anual de produção decresceu em cerca de 238.584€.
(Maneesh Kumar, Antony, Antony, & Madu, 2006)	Neste trabalho, os autores tiveram como objetivo reduzir os defeitos de fundição num motor de combustão. Com esse intuito, e com o auxílio da metodologia DMAIC do <i>Six Sigma</i> , todo o processo produtivo foi estudado e foram identificadas as causas responsáveis pelo principal defeito no produto (porosidade), em cerca de 80% dos casos. Após a implementação das ações de melhoria, houve um decréscimo considerável ao número de defeitos por unidade (DPU), de 0,194 para 0,029, um aumento da capacidade do processo, de 0,49 para 1,28, e, por fim, uma poupança anual de \$110.000. A empresa foi contactada passado um ano da execução deste trabalho e, desde essa altura, já apresentou um valor de poupanças superior a \$250.000.
(Azizi & Manoharan, 2015)	Neste trabalho, os autores procuraram melhorar a produtividade de uma pequena-média empresa, em que parte da sua produção são placas de PCB, desenvolvendo um VSM eficiente para eliminar as atividades sem valor agregado ao produto. Com o auxílio da metodologia <i>Kaizen</i> , em conjunto com SMED, foi possível reduzir o WIP e <i>lead-time</i> do processo. O gargalo da linha produtiva relativamente ao tempo de <i>setup</i> , com o auxílio do SMED, reduziu de 145 para 54 segundos.
(Stadnicka & Ratnayake, 2017)	Neste trabalho, os autores propuseram implementar a metodologia VSM, numa empresa prestadora de serviços de manutenção de aeronaves, com o intuito de reduzir o <i>lead-time</i> dos serviços de manutenção e, por consequência, minimizar os custos dos respetivos serviços. Aquando o estudo do processo, verificou-se um

elevado tempo de espera entre e durante os processos, tanto devido à carga de trabalho como devido ao sequenciamento do processo em si. Com a adição de mais um colaborador e uma melhor definição do processo, colocando algumas tarefas em paralelo, foi possível reduzir o *lead-time* em 63%.

2.2 O conceito *Lean*

O termo *Lean Production* foi usado pela primeira vez por Krafcik em 1988 para descrever o sistema de produção da Toyota (*Toyota Production System – TPS*), desenvolvido pelo engenheiro Taiichi Ohno (1912-1990) na década de 40, com o intuito de eliminar todos os desperdícios e inconsistências que não acrescentavam valor ao produto de forma a reduzir os custos de produção (Krafcik, 1988).

Contudo, foi apenas em 1990, através de James Womack e Daniel Jones, que o conceito *Lean Production* foi publicado e ganhou maior importância, sendo hoje em dia uma metodologia aplicada em todas as áreas da atividade económica e até em organizações sem fins lucrativos (Jasti & Kodali, 2015).

Os autores ainda identificaram cinco princípios da filosofia de gestão *Lean*: criar valor, definir a cadeia de valor para cada produto, otimizar o fluxo de valor, aplicar o sistema de produção puxada (*pull*) e procurar a perfeição ou zero defeitos (Pinto, 2014).

Atualmente o *Lean Thinking* (outra designação conhecida) é uma filosofia, uma metodologia, um conjunto de ferramentas que procuram desenvolver e envolver as pessoas dentro das organizações, na eliminação de desperdícios e criação de valor para os clientes e demais partes interessadas, assentando numa cultura pró-ativa e de constante melhoria.

2.2.1 *Toyota Production System*

O sistema produtivo da Toyota é frequentemente representado como uma casa com várias divisões interligadas (ver Figura 2), onde o telhado simboliza os objetivos da empresa, sustentado por dois pilares: *Just-in-time* (JIT) que consiste na produção do necessário, na quantidade necessária, no tempo necessário e *Jidoka* que é definido como um mecanismo ou sistema de automação auxiliado pela intervenção humana que torna os problemas visíveis e impede que um defeito prossiga para o posto

seguinte sem ser detetado (Liker, 2004; Ohno, 1988). Segundo Jasti & Kodali (2015) o TPS não só elimina as atividades que não acrescentam valor ao processo como também melhora a qualidade do produto com a ajuda do *Jidoka*.

No centro da estrutura estão os recursos humanos e a cultura organizacional de melhoria contínua. Por último, existem os elementos necessários à sustentação do TPS: *heijunka* (produção nivelada), normalização e a estabilização de processos, gestão visual, metodologia 5S, entre outros (Liker, 2004; Pinto, 2014).

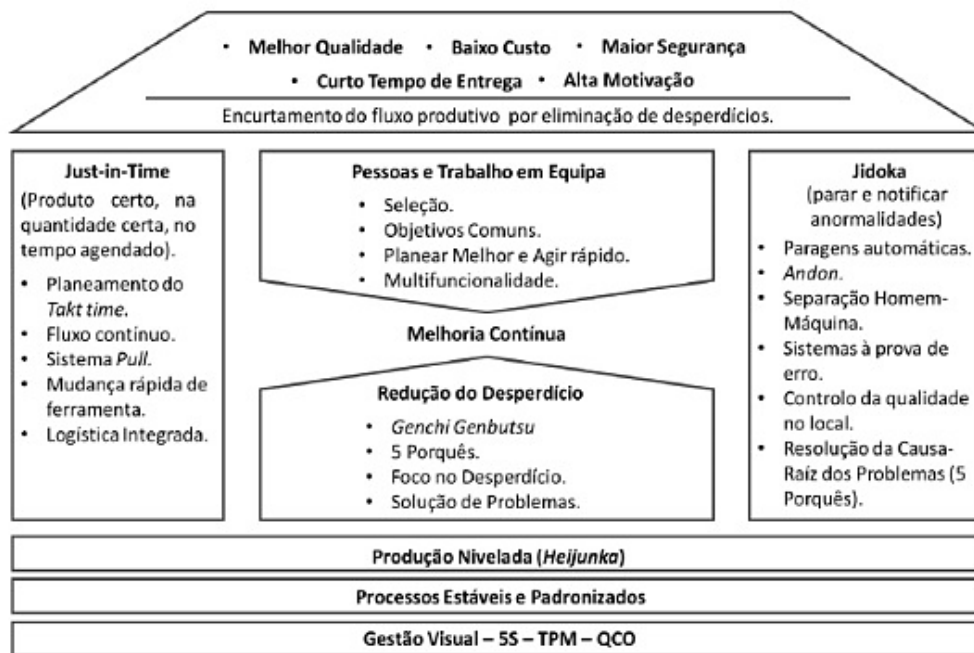


Figura 2 - A casa do TPS adaptado de (Liker, 2004).

Liker, J. K. e Meier (2006) defendem que antes do uso das ferramentas e técnicas do TPS é necessária uma mudança cultural na empresa que deverá ser inicializada pelos quadros superiores da mesma, através da aplicação do modelo 4P (*Problem Solving, People and Partners, Process, Philosophy*) e dos 14 princípios de gestão da Toyota apresentados na Figura 3.

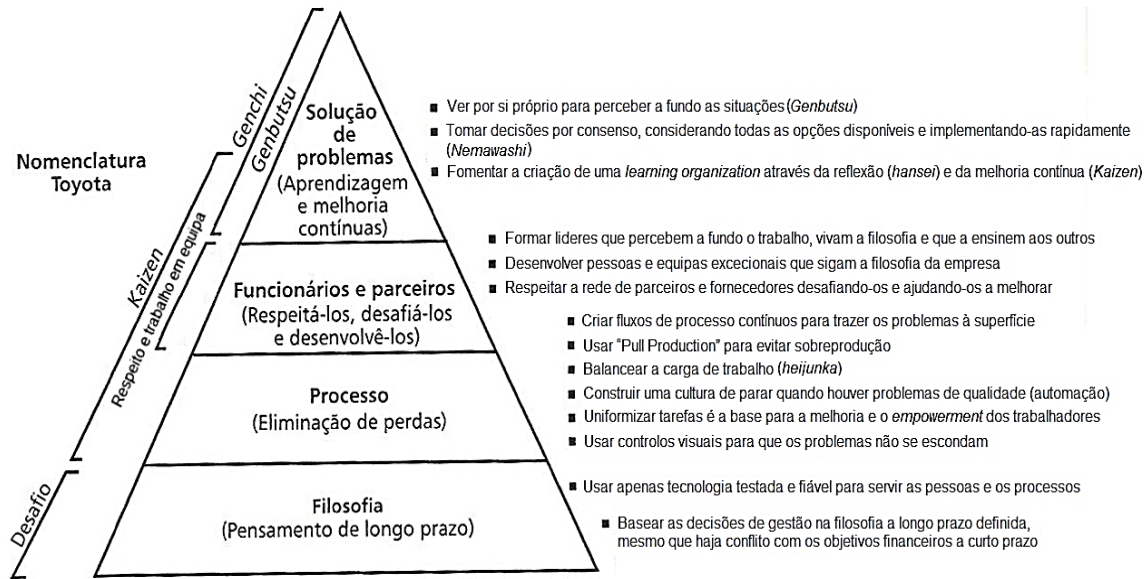


Figura 3 - Modelo 4P e os 14 princípios da Toyota, adaptado de (Liker & Meier, 2006).

2.2.2 As fontes de desperdício

“Desperdício (*muda* em japonês) é qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não agrega valor, como: erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, acumulação de mercadorias de stocks, etapas de processamento que na verdade não são necessárias” (Womack & Jones, 2003).

Taiichi Ohno em 1988 identificou as sete principais formas de desperdício: Excesso de Produção, Tempos de Espera, Transporte, Sobreprocessamento, Stocks, Movimentações e Defeitos, às quais, mais tarde, foi acrescentado um oitavo desperdício, a Criatividade não usada (Liker, 2004).

Assim, é importante distinguir o tipo de atividades que decorrem em cada organização para ser mais fácil localizar e eliminar os desperdícios. De acordo com Pinto, J. P. (2014) as atividades podem dividir-se em três tipos:

- Atividades que acrescentam valor;
- Atividades que não acrescentam valor, mas são necessárias;
- Atividades que não acrescentam valor e não são necessárias.

2.3 Soluções *Lean*

À medida que o conceito *Lean* vai sendo objeto de estudo e implementado em diversos ambientes industriais, ou mesmo nos serviços, vão surgindo inúmeras ferramentas, métodos ou técnicas. Ainda assim, a ideia-chave mantém-se a mesma: maximização da produtividade, flexibilidade e agilização de processos, criação valor, qualidade, eficácia e maior rentabilidade (Pereira, 2016).

Para atingir o sucesso da implementação de qualquer solução *Lean*, não basta o domínio prático da mesma. É necessário, para além disso, desenvolver os aspetos menos tangíveis como a cultura empresarial, a liderança de equipas e a gestão de processos (Pinto, 2014).

No desenvolvimento deste trabalho, foram aplicadas algumas das soluções que apoiam este conceito, as quais serão abordadas seguidamente.

2.3.1 A melhoria contínua - *Kaizen*

Um dos alicerces do *Lean* é a filosofia *Kaizen* que em japonês significa “mudar para melhor”. Esta é tida como uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade nas organizações, independentemente da área de atividade, no entanto, requer sólidos hábitos de proatividade e a interceção entre o conhecimento, o desejo e o saber fazer (Pinto, 2014).

O *Kaizen* foi introduzido no Ocidente por Masaaki Imai com o seu livro *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* em 1986, onde apresentava o conceito como sendo “a melhoria constante de toda a gente, de todos os dias, em todo o lado”, conseguida através de muito esforço, trabalho e dedicação. Esta melhoria é obtida através da realização de “*Kaizen events*” (formação de grupos de trabalho para implementação de melhorias) envolvendo todos os colaboradores da área, desde a gestão de topo até ao operador, centrando esforços na eliminação de todo o tipo de desperdício, com o objetivo de aumentar a produtividade (António, Teixeira, & Rosa, 2016; Knechtges & Decker, 2014). Para isso, deve-se “ir e ver” (*genchi genbutsu*) o que acontece no local de trabalho (*gemba*) e aplicar, por exemplo, a ferramenta 5W (5 Porquês), para identificar as causas de determinados problemas. Outra ferramenta utilizada para desenvolver os eventos *Kaizen* é o ciclo PDCA, Plan-Do-Check-Act (planear, executar,

verificar e agir), desenvolvido por Deming em 1930 e popularizado no Japão, em 1950. Este ciclo está dividido em quatro fases sequenciais utilizadas com o intuito de melhorar continuamente os processos e produtos de forma a alcançar os objetivos estabelecidos (Pinto, 2014). Na Figura 4 encontra-se representado o ciclo PDCA.



Figura 4 - Ciclo PDCA adaptado de (Hosotani, 1992).

2.3.2 A metodologia 5S

A metodologia 5S surgiu na década de 50 no Japão, com a finalidade de aumentar a produtividade, qualidade e competitividade organizacional através da criação de um ambiente laboral limpo, organizado e mais seguro (Ho, 1999; K. Kumar & Kumar, 2012). Ho (1999) aponta a utilização desta metodologia como o primeiro passo para a melhoria contínua. Porém, o seu sucesso depende da autodisciplina e motivação dos colaboradores e do comprometimento da gestão de topo (Ablanedo-Rosas, Alidaee, Carlos Moreno, & Urbina, 2010; Pheng & Khoo, 2001).

Os 5S's representam um sequência de 5 sentidos (ver Tabela 2) que ajudam a tornar os problemas visíveis através da integração de controlos visuais (*me-de-miru kanri*) e sistemas de informação (Hirano, 1995; K. Kumar & Kumar, 2012).

Tabela 2 - Definição dos 5S's (Immonen, 2016; Pinto, 2014; Purohit & Shantha, 2015).

Senso	Palavra-Chave	Definição
Seiri	Organização	Selecionar os itens úteis à execução das tarefas no local de trabalho e eliminar os desnecessários. Distingui-los quanto à frequência de utilização.
Seiton	Arrumação	Definir um local para cada item selecionado de acordo com a frequência de utilização, de modo a tornar mais acessíveis os itens mais utilizados. Colocar etiquetas ou outras ajudas visuais para identificar o sítio onde cada item deve ser mantido. Esta etapa segue o mantra "Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar".

Seiso	Limpeza	Promover uma atitude de responsabilidade e envolvimento dos colaboradores em tarefas de manutenção e limpeza do local de trabalho e/ou dos equipamentos, mantendo a organização do espaço, eficiência e conforto.
Seiketsu	Normalização	As práticas executadas deverão ser normalizadas, registadas e disponibilizadas aos colaboradores, através de procedimentos, instruções de trabalho ou um plano de limpeza. Desta forma, pretende-se sustentar os três primeiros “S”, evitando um retrocesso no processo. Isto é, criar regras simples e visuais para que os três primeiros “S” sejam respeitados.
Shitsuke	Autodisciplina	Para que os resultados sejam eficazes e visíveis a longo prazo, numa base de melhoria contínua, é necessário motivar os colaboradores e inculcar a autodisciplina e responsabilidade sobre os espaços de trabalho. Simultaneamente deverá ser monitorizado o estado de implementação das ações através da criação de sistemas de avaliação/verificação ou da realização de auditorias internas.

Resumindo, a metodologia 5S ajuda as empresas a eliminar alguns desperdícios derivados da desorganização no chão de fábrica e a reduzir o risco de acidentes, resultando em maior eficiência e segurança, maior comunicação visual e maior disponibilidade dos colaboradores para novas implementações.

2.3.3 A metodologia *Six Sigma*

A metodologia *Six Sigma* foi adotada no final dos anos 80 pela Motorola, que perante o estudo da concorrência japonesa, viu-se obrigada a iniciar programas de melhoria sobre os seus processos produtivos, com o objetivo de alcançar o nível de qualidade 6σ . A implementação bem-sucedida da metodologia *Six Sigma* resultou na redução significativa dos defeitos e do *lead time*, traduzindo-se em mais-valias financeiras para a empresa e num crescente interesse, por parte de outras empresas em adotar as mesmas práticas (Yang, 2012).

O *Six Sigma* trata-se de uma metodologia formal e disciplinada, amplamente utilizada, que permite reduzir a variação dos processos de forma sistemática e contínua e, conseqüentemente, garantir a satisfação do cliente, a redução de custos e o alcance de uma sólida vantagem competitiva em relação à concorrência. O foco desta metodologia é a análise dos dados dos processos críticos para o cliente, identificação das fontes de erros (p. ex. variabilidade nas entradas dos processos) e desenvolvimento e controlo de estratégias para a sua eliminação (Chakraborty & Tan, 2012; Chua, 2001). Para isso, são utilizados métodos estatísticos e ferramentas da

qualidade. Aliás, Chakraborty & Tan (2012) refere que o *Six Sigma* é uma extensão lógica do modelo CEP (Controlo Estatístico de Processos), o que evidencia a importância dos métodos estatísticos para esta metodologia.

Para avaliar os níveis de desempenho dos processos, as duas principais métricas são o Nível Sigma e o número DPMO (número de defeitos por milhão de oportunidades). Este número pode ser determinado a partir da equação 2.1, onde o número de oportunidades de defeito equivale ao número de características críticas para a qualidade (Truscott, 2003).

$$DPMO = \frac{N^{\circ} \text{ de Defeitos}}{\text{Total de Oportunidades} \times \text{Quantidade inspecionada}} \times 10^6 \quad \text{equação 2.1}$$

Em geral, não é possível manter um processo totalmente centrado porque existem pequenas variações na média devido a condições ambientais, por exemplo. Por isso, a Motorola sugeriu uma variação natural de $\pm 1,5\sigma$. Deste modo, a relação entre o número DPMO e Nível Sigma considerando o desvio de $1,5\sigma$ pode ser aproximada à equação 2.2 (Breyfogle III, 2003).

$$\text{Nível Sigma} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times \ln DPMO} \quad \text{equação 2.2}$$

Perante estas condições para alcançar a qualidade *Six Sigma* (nível sigma=6), um processo não pode gerar mais do que 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), o que não é possível a todas as empresas (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000). Normalmente, as empresas aceitam níveis de desempenho de 3σ ou 4σ , que originam entre 6,2 mil a 67 mil defeitos por milhão de oportunidades (DPMO).

2.3.3.1 A metodologia DMAIC

A metodologia *Six Sigma* aplicada à melhoria contínua dos processos decorre em cinco fases sequenciais, conhecidas por DMAIC (*Define-Measure-Analyse-Improve-Control*) (Pinto, 2014):

- 1) Definir os problemas e situações a melhorar.
- 2) Medir: estabelecer as variáveis a medir e recolher os respetivos dados.

- 3) Analisar os dados resultantes: identificar a natureza e a extensão do problema ou dos defeitos e se possível estabelecer padrões de desempenho para o novo processo ou produto.
- 4) Melhorar: implementar melhorias nos processos de forma a alcançar os padrões de desempenho pretendidos.
- 5) Controlar: monitorizar e rever o progresso assegurando que o produto e/ou processo está de acordo com o esperado.

O sucesso dos projetos *Six Sigma*, depende do envolvimento de toda a organização. Para Pande et al. (2000), é muito importante uma estrutura organizacional hierarquizada para a condução dos objetivos, a abordagem de modelação dos processos de negócio, a realização de um projeto de melhoria, o acompanhamento das diversas fases da estruturação do projeto e a definição de uma sequência estruturada de um conjunto de ferramentas analíticas e organizacionais.

2.4 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são instrumentos visuais de recolha, organização e análise de dados dos processos, utilizadas sobretudo na resolução de problemas relacionados com a qualidade. Através do seu uso é possível detetar-se a causa de problemas que possam estar a interferir com o bom desempenho de um processo, produto ou serviço.

A variedade de ferramentas da qualidade, aplicadas por diferentes autores, em programas de melhoria da qualidade é bastante grande. Porém, as mais conhecidas e utilizadas são as “sete ferramentas básicas da qualidade”, ou também denominadas por métodos estatísticos elementares, propostas por Kaoru Ishikawa em 1976: histogramas, diagramas causa-efeito, folhas de verificação, diagramas de Pareto, fluxogramas, cartas de controlo e diagramas de dispersão (António et al., 2016; Fonseca, Lima, & Silva, 2015). Na Tabela 3 apresentam-se as ferramentas utilizadas no decorrer deste trabalho.

Tabela 3 - Ferramentas básicas da qualidade usadas no trabalho.

Ferramenta	Descrição
Diagrama causa-efeito ou de Ishikawa	<p>Introduzido por Ishikawa, caracteriza-se por uma importante ferramenta de apoio quando se pretende identificar as possíveis causas de um problema (efeito). É amplamente utilizada em sessões de <i>brainstorming</i> para avaliar os fatores que poderão estar a influenciar determinadas situações. As causas são, por vezes, agrupadas em categorias “6M”, tais como mão-de-obra, materiais, métodos, máquinas, medida e meio ambiente. Cada categoria é um ramo do diagrama que pode ser dividido em outros, uma vez que se pretende descobrir as causas da causa do problema (Sarrico, Rosa, Moura e Sá, & Sampaio, 2014). Normalmente, este diagrama apresenta o formato de espinha de peixe.</p>
Diagrama de Pareto	<p>Constitui um gráfico de barras em que as frequências das ocorrências encontram-se ordenadas da esquerda para a direita, de forma decrescente, permitindo estabelecer prioridades na resolução dos problemas. A altura das barras traduz a gravidade dos diferentes problemas incluindo também uma curva de frequências relativas acumuladas (%). O diagrama fornece de imediato a perceção sobre as áreas onde se devem concentrar os esforços de melhoria de forma a conseguir obter a máxima eficácia (António et al., 2016; Caldas De Oliveira et al., 2014).</p>
Fluxograma	<p>Representação gráfica que permite uma fácil visualização das várias fases de um processo, apoiada por uma simbologia específica. Tem como objetivo identificar o caminho ideal, pontos de controlo e os pontos críticos para os produtos ou serviços através da análise dos desperdícios, da produtividade, do tempo e da capacidade do processo (Paladini, 2009).</p>
Carta de controlo	<p>As cartas de controlo são elaboradas com o objetivo de monitorizar os processos e verificar o seu estado de controlo estatístico: controlado/estável ou fora de controlo/instável. No primeiro estado verifica-se, apenas, a presença de causas normais de variação, de cariz aleatório e previsível, que determinam a capacidade do processo em condições específicas para as quais foi projetado.</p> <p>O segundo estado compreende a existência simultânea de causas normais de variação e causas especiais (presentes quando o processo está fora de controlo). A deteção de causas especiais permite concluir que o processo está sujeito a outros fatores, para além dos intrínsecos e comuns, pondo em evidência a necessidade de agir corretivamente sobre este (António et al., 2016).</p> <p>A distinção entre variação natural e devida a causas especiais é efetuada a partir dos limites que separam as zonas da carta. Estes limites (limite superior e limite inferior de controlo - LSC e LIC) são determinados a partir da média aritmética (μ) e desvio padrão (σ) dos dados recolhidos do próprio processo (quando sobre este só atuam causas comuns), sendo a média correspondente à linha central (LC) em torno da qual se distribuem aleatoriamente as observações efetuadas (ver equação 2.3). Assim, supondo que a amostra segue uma distribuição normal, a probabilidade de um ponto se situar dentro dos limites definidos por Shewart (1931) é de 99,73% (Requeijo & Pereira, 2012; SAF - Sistemas Avançados de Formação, 1993).</p>

$$\begin{aligned}LSC &= \mu + 3\sigma \\LC &= \mu \\LIC &= \mu - 3\sigma\end{aligned}\quad \text{equação 2.3}$$

Caso o processo se encontre descontrolado, existindo pontos fora dos limites definidos, ou tendo-se verificado não aleatoriedade em torno da LC, é necessário identificar a razão dessas causas especiais ou analisar a tendência dos pontos. Após identificadas as causas, estas devem ser eliminadas e os limites de controlo recalculados para a nova carta de controlo.

Existem vários tipos de carta de controlo, classificadas de acordo com o tipo de dados. As mais utilizadas são as cartas de controlo para variáveis contínuas, no entanto, neste trabalho, apenas se utilizou uma das cartas de controlo para variáveis discretas ou atributos, isto é, a carta p para a proporção de não conformes (António et al., 2016). Esta carta só pode ser utilizada nos casos em que as grandezas tomam dois valores: conforme/não conforme.

Sabendo o valor de p (proporção de não conformes numa amostra de dimensão n), a variável Y (número de não conformes) que segue uma distribuição Binomial com os parâmetros n e p , e ainda os valores μ (média) = p e σ (desvio padrão), é possível determinar os limites de controlo a partir da equação 2.4 (SAF - Sistemas Avançados de Formação, 1993).

$$\begin{aligned}LSC &= p + 3\sqrt{p(1-p)/n} \\LC &= p \\LIC &= p - 3\sqrt{p(1-p)/n}\end{aligned}\quad \text{equação 2.4}$$

Quando não existem dados históricos confiáveis, ou seja, não se dispõe de um grande número de dados do passado em que o processo se manteve estável, p tem de ser estimado através da equação 2.5, onde m é o número de amostras e n a dimensão ($m \geq 20$ e $n \geq 50$).

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i}{\sum_{i=1}^m n_i} = \frac{n^{\circ} \text{ total de unidades não conformes}}{n^{\circ} \text{ total de unidades}} \quad \text{equação 2.5}$$

As cartas de controlo apresentadas, normalmente, são aplicadas a processos com grande produção de um único tipo de produto, onde os dados podem ser obtidos em grandes quantidades e num curto período de tempo. Contudo, existem situações em que o processo não é contínuo, pois são produzidos vários tipos de produtos a partir do mesmo processo e, conseqüentemente, os lotes produzidos são de menores dimensões e de tamanho variável.

Como tal, apresenta-se uma abordagem que utiliza cartas de controlo padronizadas, cuja LC assume o valor 0, o LSC e LIC os valores 3 e -3, respetivamente, e a variável utilizada no gráfico (Z) é determinada a partir da equação 2.6, no qual p corresponde à proporção de unidades não conformes obtida (Montgomery, 2008).

$$Z_i = \frac{(p - \hat{p})}{\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n_i}}}\quad \text{equação 2.6}$$

2.5 Validação de processos

A validação de processos consiste no estabelecimento de um conjunto de evidências objetivas que atestam que determinados processos, quando operados dentro de limites estabelecidos, funcionam de forma consistente e reproduzível de modo a obter produtos em conformidade com as especificações pré-estabelecidas e com os atributos de qualidade. A validação é necessária, principalmente, no caso de processos cujas saídas não podem ser verificadas por monitorização ou medição, sem comprometimento ou destruição do produto resultante (ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2015; Zhao et al., 2017).

As razões apontadas para a validação de um processo, normalmente, estão relacionadas com: garantia da satisfação dos clientes, redução de custos, melhoria da qualidade do produto e cumprimento dos requisitos normativos. Um processo validado e controlado diminui os índices de perdas e de retrabalho, além de diminuir as reclamações de clientes (Hojo, 2004).

2.5.1 Implementação da validação de processos

Segundo ANVISA (2015) a validação faz parte do ciclo de vida de um produto e divide-se em três etapas:

- 1) Desenho do processo (projeto/design)
- 2) Qualificação do processo
- 3) Verificação contínua do processo

Este autor refere ainda que a etapa de qualificação do processo, que abrange processos já devidamente instalados, inclui a qualificação das instalações, equipamentos e utilidades e a qualificação do desempenho do processo. Hojo (2004) acrescenta mais uma fase, a qualificação operacional, antes da qualificação do desempenho do processo.

Assim, a qualificação das instalações, equipamentos e utilidades consiste num conjunto de tarefas e planos, tais como: verificação do estado da instalação, gestão de EMMs (verificação/calibração dos equipamentos de monitorização e medição), limpeza e manutenção preventiva, inspeções de segurança, gestão de documentações de fornecedores, desenhos, manuais, softwares, condições ambientais, entre outros.

No decorrer desta fase, poderá ser realizada uma análise ao sistema de medição (MSA) a fim de o qualificar e uma análise aos modos de falha e seus efeitos (FMEA) para determinar as causas dos problemas críticos do processo tendo como resultado a criação de um plano de controlo com ações preventivas e corretivas que, por vezes, pode incluir a realização de um estudo experimental utilizando o modelo *Design of Experiments* (DOE). A fase seguinte, qualificação operacional, é conhecida como o teste ao pior cenário, ou seja, os parâmetros de entrada do processo são testados nos limites das janelas de operação, a fim de verificar a capacidade do processo. Por último, a qualificação do desempenho tem como objetivo demonstrar que o processo produzirá produtos aceitáveis sob condições normais de operação. Esta fase caracteriza-se pela simulação da produção real, onde todas as condições devem ser ensaiadas e repetidas, as vezes suficientes, para garantir que os resultados são significativos e consistentes (Nocera, 2007). Normalmente, a partir desta fase é utilizado o controlo estatístico de processos (CEP) para monitorização dos resultados. De acordo com Hojo (2004) e Zhao et al. (2017) um típico programa de validação deve incluir as seguintes atividades:

- 1) Constituição da equipa de validação e definição das respetivas responsabilidades.
- 2) Determinar o objetivo e o âmbito da validação.
- 3) Identificar e descrever o processo produtivo.
- 4) Especificar os parâmetros críticos do processo.
- 5) Definir o programa de amostragem.
- 6) Criar um plano mestre de validação.
- 7) Determinar os critérios de aceitação e selecionar os métodos e ferramentas de teste e os métodos estatísticos a utilizar.
- 8) Elaborar protocolos de validação.
- 9) Implementar e documentar os resultados de:
 - a. Qualificação das instalações
 - b. Qualificação operacional
 - c. Qualificação do desempenho.
- 10) Determinar quais os controlos a efetuar e monitorizar o processo (caráter contínuo).

2.5.1.1 Análise ao sistema de medição (MSA)

A análise ao sistema de medição (MSA) corresponde a um conjunto de estudos estatísticos que visa, verificar a capacidade e a adequação dos sistemas de medição às características a serem medidas e assegurar que os mesmos se mantêm adequados para controlar um determinado processo ou produto. Um sistema de medição pode ser considerado uma das fontes de variabilidade que influencia o processo e que afeta as características da qualidade do produto resultante (Montgomery, 2009).

Os estudos de MSA avaliam a variação dos sistemas de medição relativamente ao valor de referência em termos de localização, os quais incluem a avaliação de tendência, estabilidade e linearidade, e em termos de amplitude em que se avalia o sistema face à repetibilidade e reprodutibilidade (Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, & General Motors Corporation, 2010). Na Tabela 4 apresenta-se a descrição dos referidos erros, sendo que os mesmos estão representados na Figura 5.

Tabela 4 - Erros relacionados com os estudos MSA (Chrysler Group LLC et al., 2010; Juran & De Feo, 2010).

Conceito	Descrição
Tendência	Diferença entre o valor de referência e a média das medições da mesma característica na mesma peça, usando o mesmo sistema de medição. É considerada um componente do erro sistemático de um sistema de medição.
Estabilidade	Variação total nas medições da mesma característica na mesma peça ou peça padrão, usando o mesmo sistema de medição ao longo do tempo. Isto é, fornece a variação da tendência no decorrer do tempo.
Linearidade	Diferença da tendência esperada do equipamento de medição ao longo do tempo de operação e, tal como a tendência, é um componente do erro sistemático do sistema de medição.
Repetibilidade	Variação nas medições obtidas com um equipamento de medição quando usado várias vezes por um controlador, ao medir uma característica idêntica na mesma peça. Ou seja, pode ser definida como a variação em ensaios sucessivos (de curto prazo) em condições iguais ou semelhantes.
Reprodutibilidade	Variação na média das medições efetuadas por diferentes controladores, usando o mesmo equipamento ao medir a mesma característica na mesma peça.

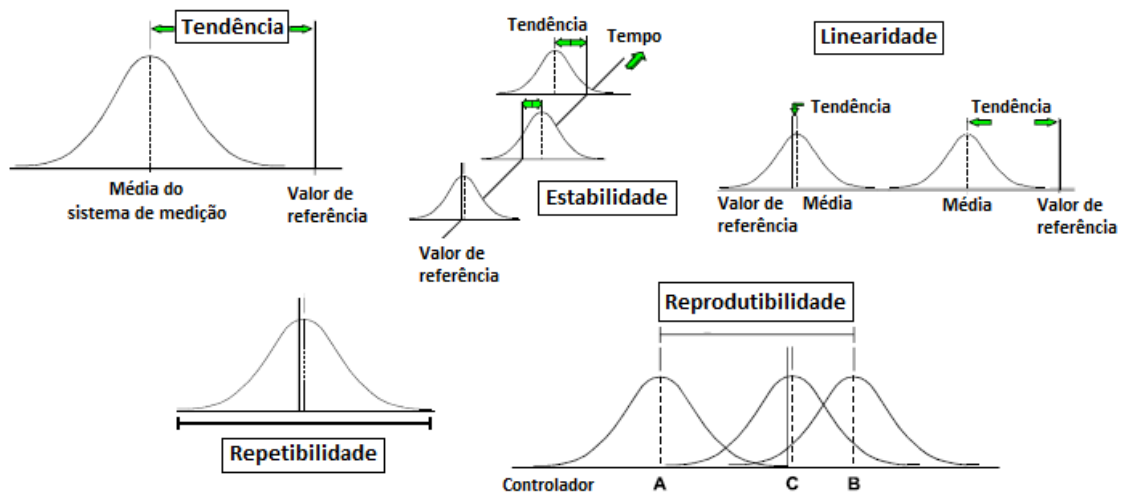


Figura 5 - Representação dos erros relacionados com os estudos MSA adaptada de (Chrysler Group LLC et al., 2010).

A análise ao sistema de medição também depende do tipo de dados utilizados que podem ser variáveis aleatórias numéricas ou atributos (dados binários e nominais) (Sheehy et al., 2002). Os estudos com variáveis numéricas abrangem a análise de tendência, estabilidade, linearidade e GRR (repetibilidade e reprodutibilidade de variáveis numéricas) enquanto que, os estudos com atributos apenas compreendem a análise R&R (repetibilidade e reprodutibilidade de atributos). Neste projeto, apenas será abordada a análise R&R.

Análise R&R

A análise R&R permite determinar a capacidade ou eficácia de cada controlador em detetar repetidamente peças não conformes e também determinar a concordância dos resultados entre diferentes controladores e relativamente à referência ou padrão (Chrysler Group LLC et al., 2010; Pires, 2018). Seguidamente, apresentam-se os diversos passos para a realização de uma análise R&R.

- Começar por seleccionar o número suficiente de peças ($n \geq 18$), de entre as quais estejam, aproximadamente, 1/3 de peças conformes, 1/3 de não conformes e 1/3 de marginais. Estas, por sua vez, devem estar divididas em 1/2 marginalmente conformes e 1/2 marginalmente não conformes.
- Classificar as peças e numera-las de 1 a n.
- Seleccionar 2 controladores, sendo que cada um deve analisar cada peça, aleatoriamente, 4 vezes.

- Somar o número de peças conforme que foram corretamente identificadas, por inspetor.
- Somar o número de peças não conforme que foram corretamente identificadas, por inspetor.
- Somar o número de peças rejeitadas erradamente, por inspetor (falso alarme).
- Somar o número de peças aceites erradamente, por inspetor (classificação errada).
- Determinar os valores de eficácia, falso alarme e classificação errada através da equação 2.7, equação 2.8 e equação 2.9. Para avaliar a capacidade de inspeção podem ser utilizados os critérios da Tabela 5. Neste caso, os resultados de cada controlador têm que ser aceitáveis nas três categorias para que a inspeção seja considerada capaz.

$$Eficácia = \frac{n^{\circ} \text{ de peças corretamente avaliadas}}{\text{total de oportunidades de estar correto}} \quad \text{equação 2.7}$$

$$Classificação errada = \frac{n^{\circ} \text{ de falhas}}{n^{\circ} \text{ de oportunidades para falha}} \quad \text{equação 2.8}$$

$$Falso alarme = \frac{n^{\circ} \text{ de falsos alarmes}}{n^{\circ} \text{ de oportunidades para falsos alarmes}} \quad \text{equação 2.9}$$

Tabela 5 - Critérios de avaliação da capacidade de inspeção (Chrysler Group LLC et al., 2010).

Decisão	Eficácia	Falso Alarme	Classificação Errada
Aceitável	≥ 90%	≤ 5%	≤ 2%
Marginalmente Aceitável	≥ 80%	≤ 5%	< 5%
Inaceitável	< 80%	> 10%	> 5%

- A concordância dos resultados entre os diferentes controladores e com a referência determina-se a partir do cálculo do índice *Kappa*, mas para isso deverá utilizar-se um *software* como o Minitab, cujos critérios de aceitação se encontram representados na Tabela 6.

Tabela 6 - Critérios de aceitação *Kappa* (Chrysler Group LLC et al., 2010).

Decisão	Kappa
Bom	≥ 0.75
Aceitável	0.40-0.75
Inaceitável	< 0.40

3 ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PINTURA

3.1 DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO

3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

3.3 PROPOSTAS DE MELHORIA AO PROCESSO

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3 ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PINTURA

3.1 Descrição geral do processo produtivo

O processo produtivo da empresa, onde foi desenvolvido este projeto, é constituído por três secções: Mecânica, Ótica e Montagem. Por sua vez, a secção de Mecânica está dividida em duas áreas produtivas: Maquinagem e Tratamentos de Superfície, sendo que da última faz parte o grupo da Pintura, abordado posteriormente neste trabalho. De seguida, através da Figura 6 é possível visualizar o organograma da secção da Mecânica.

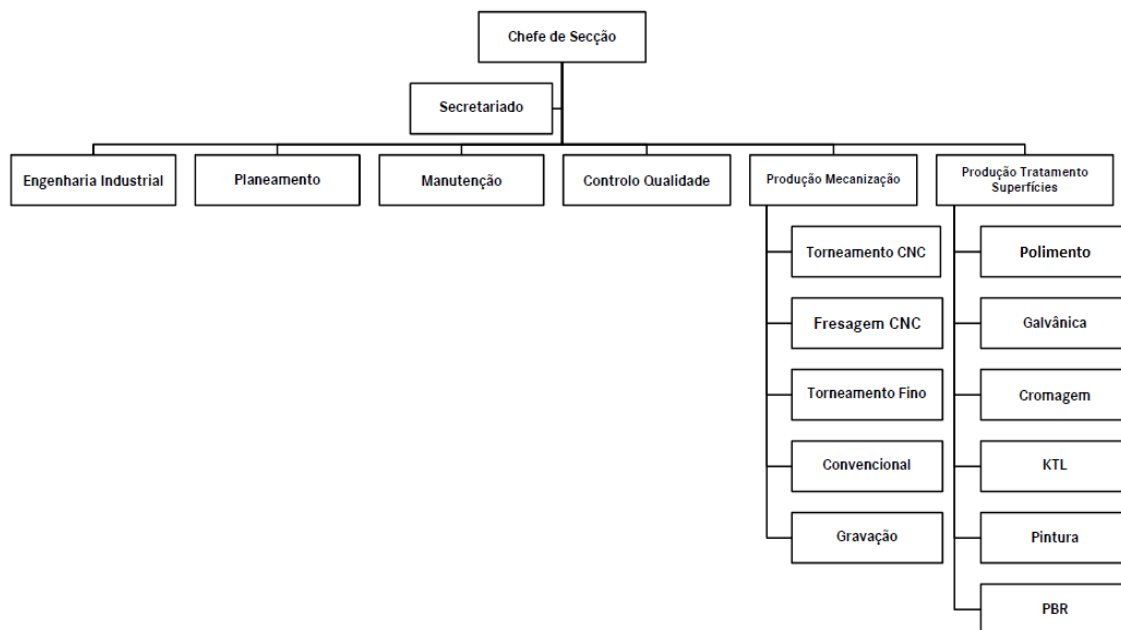


Figura 6 - Organograma da secção da Mecânica.

Nas referidas áreas produtivas, as matérias-primas (ligas de alumínio, latão, magnésio, aço, titânio para séries especiais e alguns materiais poliméricos) são transformadas em peças de grande qualidade técnica e de excelente acabamento superficial.

A maquinagem está equipada com máquinas CNC de última geração e alguns equipamentos convencionais, que oferecem capacidade produtiva adicional, sendo utilizados sobretudo em intervenções simples. Esta é composta pelos seguintes grupos:

- Torneamento, que corresponde à primeira fase do processo de produção de peças de revolução;
- Fresagem, que trabalha blocos maciços, peças fundidas ou pré-maquinadas;
- Torneamento fino responsável por acabamentos técnicos mais exigentes, como por exemplo a função de roscar e tirar rebarba;
- Maquinação convencional onde são retiradas as arestas vivas das peças e feitas algumas furações;
- Gravação de caracteres, por penetração em peças cilíndricas e superfícies planas.

Após um conjunto de operações de maquinação, as peças são sujeitas aos processos de tratamento de superfície, a fim de melhorar a sua resistência mecânica, resistência à corrosão e adquirir o acabamento superficial requerido pelo cliente. Entretanto, entre os vários processos de tratamento superficial, as peças podem ser novamente maquinadas para que, por exemplo, sejam abertos furos normais e/ou roscados. Contudo, antes de serem sujeitas ao tratamento seguinte, são lavadas através de processos químicos e por ultrassons para remover o óleo e possíveis resíduos.

3.1.1 Tratamento de superfícies

O tratamento de superfície (TS) tem início com o processo de polimento e esmerilagem das peças provenientes da maquinagem, geralmente peças fresadas. Esta fase é minuciosa e requer cuidado individual com cada peça, de forma a garantir uma rugosidade constante nas zonas visíveis. Após o polimento manual e esmerilagem, a peça é sujeita a diferentes tipos de tratamento superficial (indicados no roteiro da mesma), de acordo com o aspeto final requerido. Um processo muito comum é o areamento por jato abrasivo (vidro, corundum, granalha de aço), que confere o efeito mate antes dos tratamentos de revestimento. Na Figura 7 está representado o fluxograma do processo de tratamento de superfícies.

No grupo da Galvânica é promovido, essencialmente, o processo de conversão eletroquímico de anodização do alumínio, que confere resistência e elevada qualidade no acabamento estético das peças, sobretudo a negro e a incolor. A oxidação a negro e o azulamento apesar de serem menos comuns também são desenvolvidos pela galvânica.

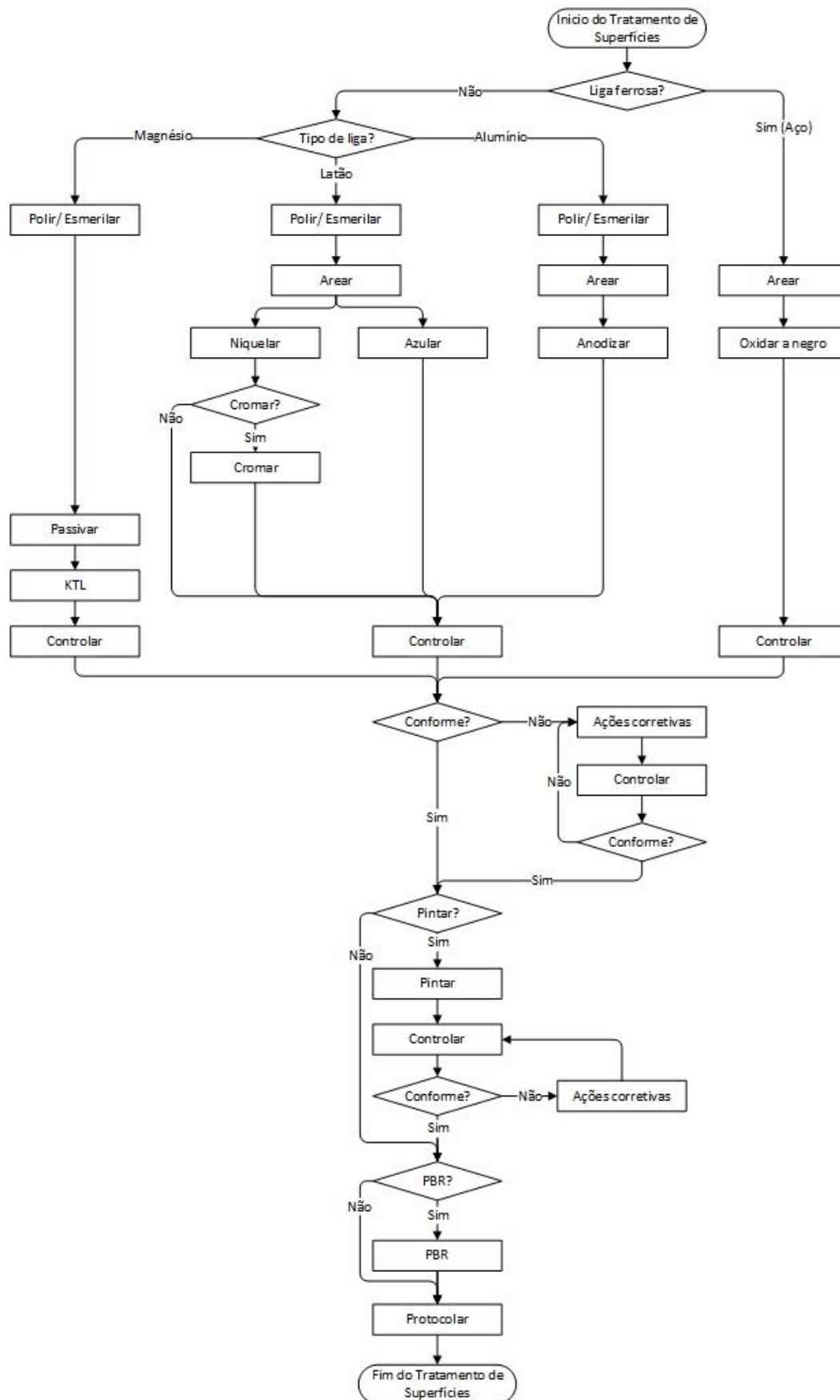


Figura 7 - Fluxograma do processo de tratamento de superfícies.

Tal como a anodização, os processos de niquelagem e de cromagem (eletrodeposição) tem a finalidade de conferir resistência a peças de latão e garantir uma elevada qualidade estética, a negro ou a cinza.

No grupo KTL (pintura cataforética) realiza-se o processo de revestimento por eletrodeposição em peças de magnésio, com o objetivo de aumentar a sua resistência à corrosão.

No final dos referidos processos é efetuada a inspeção e controlo das peças e, caso se verifique a existência de não conformes, são executadas ações corretivas (p. ex. decapagem, despolimento, passivação, etc.), sob orientação da engenharia TS e da qualidade. A inspeção realizada nos processos de tratamento de superfícies é sobretudo visual, a 100% das unidades produzidas, conforme o nível de qualidade acordado com o cliente. Na sequência da inspeção, as peças rejeitadas são retrabalhadas consoante o tipo de defeito, e só em situações excecionais é que são sucatadas.

O processo de proteção anticorrosiva e decoração das peças pode ser completo no grupo da Pintura (pintura convencional com pistola) ou então no grupo PBR (pintura de baixo relevo), onde as peças gravadas a baixo relevo são pintadas manualmente. Após a qualidade verificar/protocolar o cumprimento das especificações das peças produzidas, estas seguem para a montagem ou são embaladas e expedidas, seguidamente.

3.1.2 Pintura

Tal como referido anteriormente, o trabalho desenvolvido durante o estágio centrou-se no grupo da Pintura que abrange três fases do processo produtivo do TS: preparação para a pintura (que inclui tarefas de despolir, limpar, montar mecanismo/gabari de proteção ou suporte de pintura, etc.), pintura e inspeção. Estas atividades são pouco mecanizadas, caracterizadas sobretudo por um trabalho muito manual e mão-de-obra muito especializada.

Atualmente, a Pintura labora no turno normal das 7h30 às 16h15 e é constituída por nove pintores, duas controladoras de qualidade, seis preparadores/despolidores e um elemento responsável pelo planeamento, organização e apoio direto à produção (chefe de grupo). O fluxo produtivo é caracterizado por pequenas e médias séries de

produtos muito diversificados (variando o tipo de revestimento, geometria e dimensões) o que requer grande flexibilidade para atender às exigências dos clientes, maioritariamente, internacionais.

O revestimento orgânico aplicado sobre as peças, além de ser funcional, em certos casos, e de proteger contra a corrosão, tem também a função estética, o que obriga à produção em sala limpa, afastada de contaminações. Existem duas salas de pintura que estão equipadas com um sistema de controlo de temperatura e humidade, cabines com exaustão individualizada e cortinas de água para remoção das partículas em suspensão no ar. Encontra-se também uma sala de apoio com ligação à sala de pintura 2 (identificada no layout apresentado no Anexo A), um armazém de tintas, onde são preparadas as misturas, e uma sala de preparação e controlo com um acesso à câmara de entrada para as salas limpas e acesso para a restante área fabril da Mecânica.

A operação de pintura é promovida através do uso de pistolas convencionais de atomização, com recurso a ar comprimido para pulverizar a tinta contida nos recipientes de alimentação por gravidade e é realizada peça a peça, de modo a garantir que todas as zonas são devidamente pintadas, principalmente geometrias complexas. Na Figura 8 está representado um gabari de proteção de pintura.



Figura 8 - Gabari de proteção de pintura.

Cada peça é desenhada em CAD 3D, sendo entregue ao chefe de grupo o desenho geral 2D e/ou respetiva instrução de trabalho, em formato papel, onde indica o sistema de pintura a utilizar. O sistema de pintura é um documento desenvolvido pela tecnologia da empresa mãe que especifica a composição mássica da(s) mistura(s), viscosidade, nível de brilho, espessura de camada de tinta, pressão de ar da pistola,

validade das embalagens de tinta após abertura, pré-tratamento, *pot life* da mistura, tempo de evaporação do solvente e condições de secagem/polimerização em estufa.

A operação de pintura, normalmente, inclui a aplicação de um primário e um *top coat* de acabamento, após a secagem (evaporação do solvente) do primeiro. As tintas utilizadas são, maioritariamente, do tipo bicomponente, constituídas por base mais aditivo (endurecedor ou retardador), que reagem entre si num período de tempo definido como *pot life*, sendo ajustada a viscosidade com um solvente ou diluente.

O controlo de cor e de brilho das peças pintadas é feito por comparação com a amostra padrão, efetuando-se, por vezes, o teste de brilho e de espessura para verificação. Também é identificada e registada, informaticamente, a quantidade por tipo de defeito significativo (cuja dimensão é superior ao especificado pela norma interna) e o total de peças inspeccionadas (OK e NOK). As peças identificadas como NOK são retrabalhadas (despolidas ou decapadas, se o defeito for mais profundo) e pintadas novamente. Quando não é possível eliminar o defeito, são sucataadas. No Anexo B é possível visualizar a matriz com os códigos de defeitos utilizada na empresa.

Na linha produtiva, o transporte das peças é efetuado em *blisters* plásticos ou em cestos de grelha metálica pelos operadores da pintura, ou pelo *Mizu* (comboio logístico da secção), sendo as peças acompanhadas da ordem de produção (em formato papel) onde indica o número de ordem, referência, produto a que pertencem, quantidade, descrição das operações (roteiro da peça), centros de trabalho, data de início e data de fim.

3.2 Identificação dos problemas

No decorrer do estágio foram identificados e medidos (quando possível), alguns problemas inerentes ao processo de pintura, que se encontram resumidos na Tabela 7.

Tabela 7 - Problemas identificados na Pintura.

Problemas	Descrição
Gestão dos stocks de pintura e componentes	Grande quantidade de produtos fora do prazo de validade, de valor equivalente a 8.880€
Inspeção final no grupo de pintura	Elevada taxa de produto não conforme após operação de pintura, cerca de 18%
Processo de pintura não está qualificado	A qualificação é um requisito da norma ISO 9001:2015 e uma exigência de alguns clientes

3.2.1 Gestão dos stocks de pintura e componentes

Os componentes de pintura (tintas, endurecedores e diluentes) são considerados matéria subsidiária (MS), indispensável à produção, no entanto, não estão incluídos nas listas técnicas BOM dos produtos, pois, à data, a empresa não possui dados da relação de consumo de tinta e as referências de peças produzidas. Como se tratam de tintas especiais, com *lead times* de entrega elevados, há necessidade de se criar stock. A gestão da MS é efetuada pela logística, que define os pontos de encomenda para cada componente, no software de gestão SAP. Quando os pontos de encomenda são atingidos ou ultrapassados, são gerados automaticamente alertas para efetuar requisições de compra e repor os stocks no armazém de MS, mesmo no caso de serem componentes de séries especiais e limitadas, que não se produzem novamente. Devido à natureza destes materiais (com prazos de validade entre 3 meses e 2 anos) e à irregularidade da procura de peças pintadas, não é possível o estabelecimento de consumos exatos, o que por vezes põe em risco a produção a uma eventual rutura de stocks ou obriga a empresa a sucatar material, que não foi consumido em tempo útil. Este fator de risco é agravado pelo facto de não se considerar, para efeitos de gestão de stocks, as datas de validade das embalagens nem os números de lote, uma vez que, a versão do SAP disponível na empresa, não dispõe de campos para introdução dessa informação.

No final do ano fiscal de 2018 (31 de março de 2018), a empresa sucitou o equivalente a 8 880€ representando cerca de 27% do valor total de tintas e componentes de pintura em armazém.

3.2.2 Inspeção final no grupo de pintura

Por ser o único posto de controlo, de algumas das referências produzidas na seção de mecânica, o grupo de pintura apresenta uma taxa de produção de não conformes bastante elevada, cerca de 18%. Através da Figura 9 é possível visualizar a percentagem de produto não conforme relativamente à produção total mensal, para os meses de janeiro a maio de 2018.

Na Figura 9 é demonstrado que nos meses de maior produção (janeiro e fevereiro) a taxa de não conformes foi mais baixa, comparativamente com os meses de março, abril e maio, em que a produção de peças pintadas baixou. Isto está relacionado com a

conclusão de alguns projetos consolidados e o início de novos projetos, que apresentam menores volumes de produção e maior taxa de rejeição e ainda, com fatores inerentes ao processo no período referido.

A elevada taxa de produto não conforme traduz-se, sobretudo, no aumento das atividades de retrabalho (atividades necessárias, mas que não acrescentam valor), o que afeta a produtividade e faz aumentar os custos de produção e de qualidade.

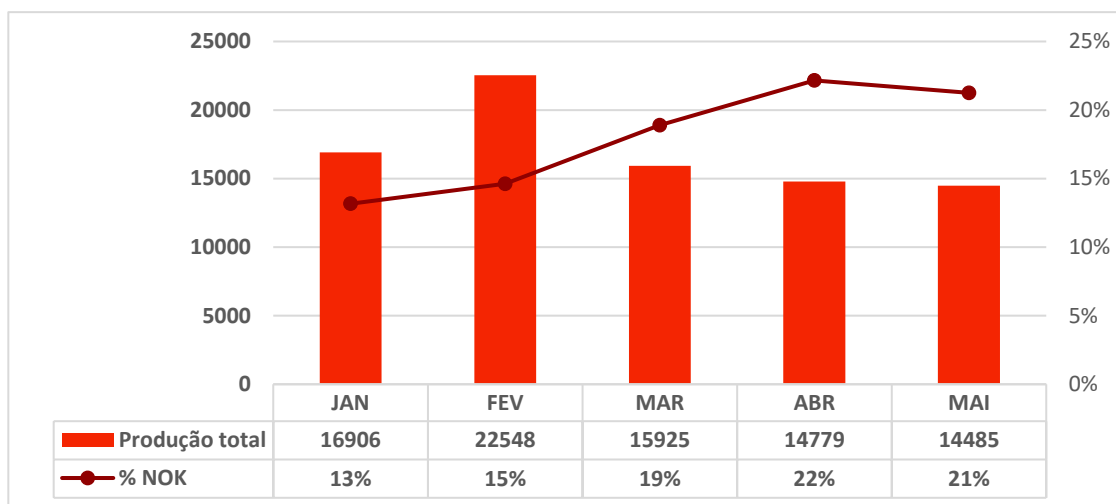


Figura 9 - Percentagem de produto não conforme relativamente à produção total mensal de janeiro a maio de 2018.

Após o processo de pintura são vários os tipos de defeitos que podem ser detetados, como se pode constatar através da Figura 10, onde estão identificados os defeitos com maior expressão, nos meses de janeiro a maio de 2018.

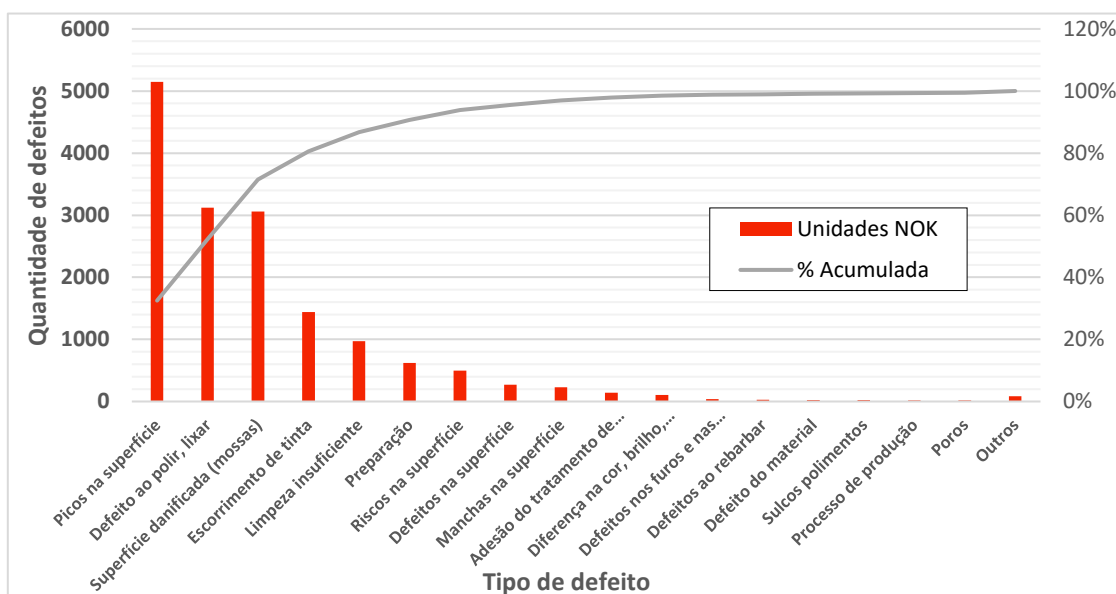


Figura 10 - Pareto dos defeitos identificados nos meses de janeiro a maio de 2018.

De acordo com a Figura 10, os quatro tipos de defeito mais expressivos (defeitos críticos), que representam 81% dos defeitos identificados, são os picos na superfície, defeitos ao polir/lixar, superfícies danificadas (mossas) e ainda escorrimentos de tinta. Ou seja, dois deles são externos ao processo de pintura e dois são internos, representando 40% e 41% das ocorrências de defeitos, respetivamente. Isto deve-se ao facto de muitos dos defeitos de produção só serem detetados após a pintura, por inexistência de controlos anteriores e também devido à instabilidade do processo de pintura. Assim, o desenvolvimento de ações corretivas e preventivas sobre o processo de pintura e em processos anteriores poderá permitir uma melhoria significativa da taxa de produto não conforme.

Para o estado anterior (considerando os dados de janeiro a maio), determinou-se o nível sigma do processo de pintura, que dá indicação da sua capacidade para produzir peças não defeituosas. O número de defeitos por milhão de oportunidade (DPMO) ascende a 10.399, para as 18 oportunidades de defeito apresentadas na Figura 10, o que resulta num valor sigma de 3,8.

Ainda relacionado com a análise dos defeitos de pintura, achou-se que o histórico dos dados contém uma tipificação de defeitos muito extensa e simultaneamente pouco elucidativa, aspeto esse que é ocasionado pela ambiguidade da própria matriz de defeitos.

3.2.3 Qualificação do processo de pintura

O processo de pintura por definição é um processo especial cujas saídas não podem ser verificadas por monitorização ou medição, sem comprometimento ou destruição do produto resultante. Por esse motivo, é um processo que requer validação/qualificação, através do estabelecimento de evidências objetivas, que comprovem que o mesmo produz peças, de forma consistente, em conformidade com as especificações e atributos pré-estabelecidos pelo cliente.

A validação/qualificação dos processos é um requisito da norma ISO 9001:2015 (8.5.1 - controlo da produção e da prestação do serviço), pela qual a empresa está certificada. Para além disso, hoje em dia, a empresa também sente maior pressão por parte dos seus clientes para validar/qualificar os seus processos. Neste sentido, uma vez que o

processo de pintura da empresa está instalado, mas não está qualificado, achou-se necessário, durante o estágio, dar-se início ao programa para a sua qualificação.

3.3 Propostas de melhoria ao processo

A partir da identificação dos problemas associados à pintura, tentou-se identificar as causas que estão na sua origem e propor algumas melhorias, de forma a eliminar ou reduzir essas mesmas causas, trazendo vantagens para o processo. Na Tabela 8 são apresentadas as propostas/soluções encontradas no decorrer deste projeto, considerando as limitações atuais do próprio processo.

Tabela 8 - Propostas/soluções para os problemas identificados.

Problemas	Propostas/Soluções
Gestão dos stocks de componentes de pintura	Desenvolvimento de uma ferramenta Excel de suporte à gestão dos stocks de componentes de pintura
Inspecção final no grupo de pintura	Implementação de ações corretivas e preventivas na pintura
Qualificação do processo de pintura	Desenvolvimento de um plano com vista à futura qualificação do processo de pintura

Seguidamente faz-se uma breve descrição da análise efetuada e a explicação das propostas de melhoria apresentadas.

3.3.1 Desenvolvimento de uma ferramenta Excel de suporte à gestão dos stocks de componentes de pintura

De modo a eliminar os desperdícios com sucata de tintas e componentes de pintura fora da validade, desenvolveu-se e implementou-se uma ferramenta em Excel para auxiliar na gestão dos stocks (ver Anexo C: Figura 29, Figura 30, Figura 31 e Figura 32). Este ficheiro permite ao utilizador/gestor saber, de forma simples e rápida, as quantidades (em quilos) disponíveis em cada armazém (MS e pintura), quantidades encomendadas, números de lote, números de encomenda, datas de validade, consumos, alcances, datas limite para efetuar encomendas (cujos alertas são lançados automaticamente de acordo com os *lead times* e os consumos) e ainda uma indicação do total de peças a pintar com cada tinta ou componente (obtida pela ligação aos dados exportados do SAP), não sendo possível, no entanto, estimar a quantidade necessária, pois, como referido anteriormente, não existem dados para tal (ver Figura

32). Através do uso desta ferramenta, também é possível pesquisar os esquemas de pintura associados a um dado código de componente (Figura 30) ou a composição usada e a quantidade disponível (Figura 31), estando a atualização da informação que suporta a aplicação sob responsabilidade da engenharia TS. Para facilitar o acesso e uso desta ferramenta foi colocado um computador na sala de preparação e controlo da pintura, como mostra a Figura 11, tendo sido dada formação ao chefe de grupo para a sua utilização.

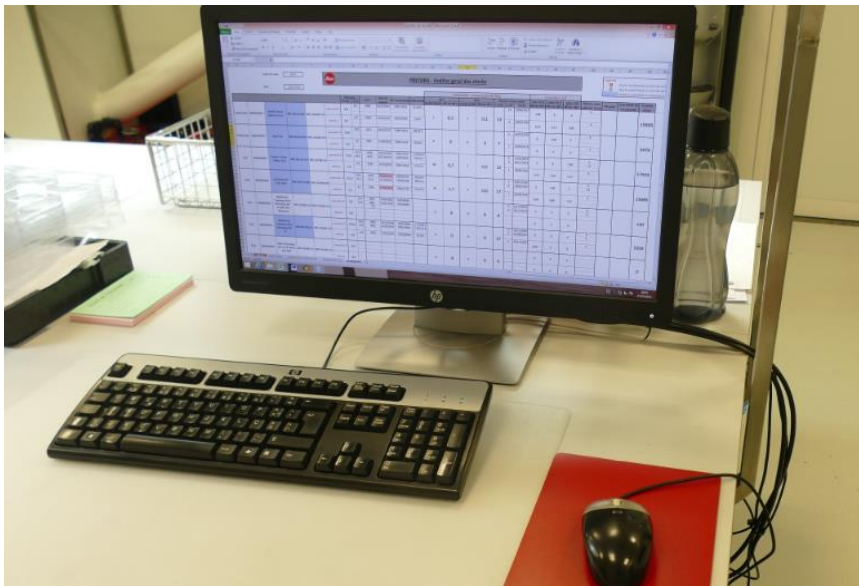


Figura 11 - Computador colocado na sala de preparação e controlo para acesso aos ficheiros de gestão.

Em paralelo com o desenvolvimento desta ferramenta e com as tarefas inerentes à gestão de inventário, foi elaborado e implementado no grupo de pintura o procedimento “Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento” (ver anexo Anexo D), no qual estão definidos os seguintes pontos: responsabilidades, registos a efetuar, controlos de validade, condições de armazenamento e inventário.

Na gestão dos armazéns instituiu-se a metodologia FEFO (*First expired, first out*) de modo a que sejam utilizadas sempre, em primeiro lugar, as embalagens com data de validade mais curta.

O controlo das validades é um ponto importante na gestão de stocks, tendo-se estabelecido, nesse sentido, algumas diretrizes:

- Antes de se iniciar qualquer trabalho de pintura deve-se assegurar que a data de validade das embalagens é superior à data atual;
- Sempre que é aberta uma nova embalagem, deve ser colada no exterior da mesma, uma etiqueta com a indicação do dia de abertura e o dia em que expira a validade, conforme especificação do cliente, as especificações internas (sistema de pintura) ou as recomendações do fornecedor (ver exemplo da Figura 12);
- As embalagens, cuja data de validade tiver sido ultrapassada, devem ser colocadas na zona de não conformidade, para serem sucatas;
- Devem ser consideradas para efeitos de conformidade as datas de validade mais curtas entre a indicada pelo fornecedor, no rótulo da embalagem, e a da etiqueta.
- Os produtos cuja data de validade termina no mês seguinte devem ser sinalizados com uma etiqueta vermelha (“aproximação de fim da validade”). Idealmente, estes produtos devem ser consumidos nesse mesmo mês, de forma a evitar sucata (ver exemplo da Figura 13).

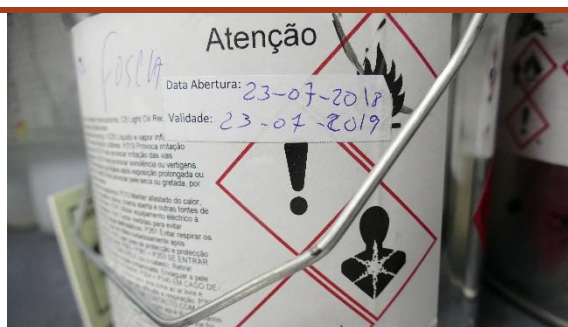


Figura 12 - Etiqueta com indicação da data de abertura da embalagem e data na qual expira a validade.

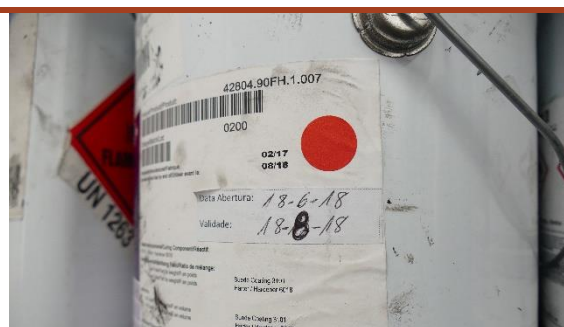


Figura 13 - Etiqueta vermelha de “aproximação de fim da validade”.

De modo a manter o ficheiro Excel atualizado, foi necessário estabelecer o preenchimento de dois registos em papel, sendo a informação neles contida introduzida semanalmente no ficheiro Excel pelo chefe de grupo da pintura. O registo “Gestão de stocks - tintas e componentes” é da responsabilidade do chefe de grupo, que preenche as entradas e saídas de tintas e componentes do armazém de MS, para dar entrada no armazém da pintura (anexo Anexo E). O segundo registo “Ficha de

registo de preparação” (anexo Anexo F) é preenchido pelos pintores, aquando da preparação de tinta, e compreende a recolha de informação a partir dos rótulos das embalagens utilizadas, da consulta do respetivo esquema de pintura e do registo das pesagens efetuadas. Para além da informação, que serve para atualizar o ficheiro Excel, este registo também permite rastrear a produção de peças pintadas.

Após a atualização do ficheiro, compete ao chefe de grupo a análise dos consumos, a avaliação dos stocks e a execução dos pedidos de encomenda, se necessário. Com a realização de um inventário mensal (como ação corretiva dos stocks) é garantida a fiabilidade da informação.

Assim, para manutenção desta ferramenta, também se envolveu os operadores de pintura nas tarefas de organização, arrumação e limpeza do armazém de tintas, sensibilizando-os para a importância de manter essas mesmas boas práticas.

Na Figura 14 apresenta-se o armazém de tintas da pintura após algumas ações de melhoria, nomeadamente: organização dos componentes por fornecedor e prateleira, corte do tecido em rolo usado para filtros de tinta e acondicionamento em caixas com identificação da micragem (até então eram cortados em função da necessidade), colocação de placas de inox nas paredes para facilitar a limpeza, substituição do pavimento e pintura das paredes, prateleiras e móvel de gabaris.



Figura 14 - Armazém de tintas após algumas ações de melhoria.

Com a utilização da ferramenta de gestão de stocks espera-se eliminar os custos correspondentes à sucata de tintas e componentes, o que já se verifica pela tendência de redução deste desperdício comparando a média quadrimestral do ano fiscal de 2018 com o primeiro quadrimestre do ano fiscal de 2019 (iniciado a 1 de abril de 2018), aquando da sua implementação (ver Figura 15).

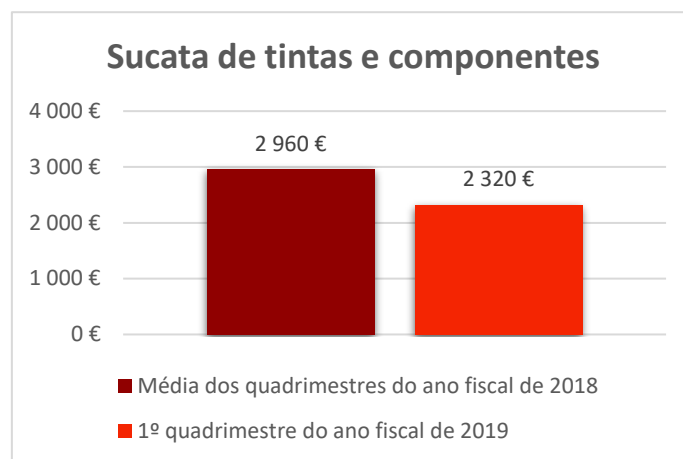


Figura 15 - Comparação dos desperdícios com sucata de tintas e componentes.

3.3.2 Implementação de ações corretivas e preventivas na pintura

Através de uma análise ao histórico do controlo final da pintura, foi possível estabelecer algumas prioridades de atuação, nomeadamente, pela seleção das referências com maior representatividade (elevada taxa de produto não conforme e, ao mesmo tempo, elevada produção). Na Tabela 9 são apresentadas as referências selecionadas para o desenvolvimento de ações corretivas. Algumas destas referências são produzidas formando pares, mas a inspeção é realizada individualmente.

Tabela 9 - Referências selecionadas para o desenvolvimento de ações corretivas.

Referência	% Produto não conforme	Média da produção semanal (unid)
420-300.100-006	29%	360
420-302.320-006	16%	427
434-467.212-003	36%	46
434-467.213-003	36%	46
434-475.212-010	19%	151
434-475.213-010	19%	150
434-493.112-010	30%	190
434-493.113-010	18%	129

De acordo com os dados históricos, o desenvolvimento de ações de melhoria sobre as referências indicadas pode significar numa redução de 6% da taxa de não conformidade da pintura. Mais uma vez, para as referências selecionadas, identificou-se os principais defeitos (Tabela 10), sobre os quais incidirá a análise causa-efeito. Destaca-se a similaridade dos dados da Tabela 10, com os obtidos na Figura 10.

Tabela 10 - Defeitos críticos das referências selecionadas.

Tipo de defeitos	Percentagem de defeitos
Superfície danificada (mossas)	35%
Picos na superfície	22%
Defeito ao polir, lixar	18%
Escorrimento de tinta	10%
Restantes tipos	15%

As figuras seguintes (Figura 16, Figura 17, Figura 18 e Figura 19) representam exemplos dos quatro defeitos críticos no controlo final da pintura. O defeito denominado como picos na superfície está relacionado com a existência de saliências nas zonas visíveis da peça (impregnação de pelos, limalha, granalha, resíduos secos de tinta e outras impurezas). Os defeitos de polir/lixar podem ser vários, nomeadamente, arestas boleadas, diferença de rugosidade das superfícies, presença de rebarba ou riscos profundos e/ou alinhados. Os defeitos de escorrimento de tinta apresentam zonas de acumulação de tinta com a aparência de escorridos. Por último, as mossas são marcas de choques ocorridos antes das peças serem pintadas.



Figura 16 - Picos na superfície.



Figura 17 - Defeitos ao polir, lixar.



Figura 18 - Escorrimento de tinta.



Figura 19 - Superfície danificada (mossa).

Sabendo que os defeitos externos da pintura (defeitos de polir/lixar e mossas) influenciam negativamente a taxa de rejeição, tentou-se envolver os grupos de maquinaria e de TS, donde são originários tais defeitos, na identificação das suas causas através da apresentação de alguns exemplos fotográficos recolhidos.

A partir desta cooperação, identificaram-se algumas causas bastante comuns, nomeadamente, falta de autocontrolo sobre as tarefas realizadas, instruções de trabalho com indicações insuficientes no grupo de polimento e problemas no acondicionamento das peças durante o transporte ao longo da linha de produção. Com isto, tentou-se apelar aos grupos para que desenvolvessem e pudessem colocar em prática ações preventivas sobre os seus processos, com especial foco nas referências estudadas.

3.3.2.1 Identificação das causas de defeitos

Para a identificação das possíveis causas que estão na origem dos defeitos internos da pintura apresentados (picos na superfície e escorrimento de tinta), realizou-se pequenas sessões de *brainstorming*, com os operadores de pintura e o responsável de TS, utilizando para tal uma ferramenta de análise conhecida como diagrama causa-efeito ou de Ishikawa (no Anexo G pode ser visualizado o resultado dessas sessões). De acordo com a análise, os picos na superfície podem ser consequência de:

- Equipamento – utilização de recipientes inadequados para a preparação da tinta, cujo formato permite a acumulação de resíduos secos, mesmo com uma boa lavagem;

- Método – má homogeneização da tinta (a agitação é promovida manualmente pelo operador, não estando estabelecido tempo mínimo para esta tarefa);
- Material – sujidade na superfície das peças derivada de processos anteriores (óleo, limalha e granalha);
- Ar ambiente – contaminações por *overspray* e outras impurezas transportadas pelo ar (pelos, pó e fibras) para o interior das salas de pintura.

Quanto aos defeitos de escorrimento, estes podem ser originados devido a:

- Mão-de-obra – a técnica de pintura usada pode ser uma das causas e revela falta de formação;
- Método – baixa viscosidade da mistura de tinta para a aplicação.

Identificadas as possíveis causas que estão na origem dos dois defeitos internos ao processo de pintura, recorreu-se à ferramenta “os 5 Porquês”, de modo a determinar as causas-raiz, como se pode observar na Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 11 - Causas-raiz: 5 Porquês das possíveis causas de picos na superfície.

Causa possível	Equipamento	Método	Material (peças)	Ar ambiente		
	Recipientes inadequados	Má homogeneização da tinta	Sujidade na superfície	<i>Overspray</i>	Impurezas	Impurezas
Porquê?	O seu formato potencia a acumulação de resíduos de tinta	Devido ao modo como é promovida a agitação	Inexistência de verificação à saída dos processos anteriores	Partículas de tinta ficam em suspensão no interior da cabine	Entrada de contaminantes nas salas limpas	Limpeza insuficiente das áreas de pintura e armazém de tintas
Porquê?	-	A agitação é manual e não está definido um tempo mínimo para a tarefa	Por vezes não está definida nos roteiros e não é praticado o autocontrolo	O sistema de limpeza do ar não é eficaz	Devido à abertura simultânea das janelas de movimentação de peças	Falta de mão-de-obra
Porquê?	-	Porque não existe equipamento e o tempo de agitação não é um parâmetro a medir	-	A cortina de água está distante da bancada de pintura	Necessidade de comunicação entre operadores	Condições do contrato com prestadora de serviços de limpeza
Porquê?	-	-	-	Layout	-	-
Porquê?	-	-	-	-	-	-

Tabela 12 - Causas-raiz: 5 Porquês das possíveis causas de escorrimento de tinta.

Causa possível	Método	Mão-de-obra
	Baixa viscosidade	Falta de formação
Porquê?	Não existem equipamentos para medir a viscosidade da tinta	-
Porquê?	-	-
Porquê?	-	-
Porquê?	-	-
Porquê?	-	-

A partir das causas-raiz identificadas definiu-se as prioridades de ação, tendo-se explorado, principalmente, algumas soluções de fácil implementação e que pudessem influenciar a diminuição da taxa de defeitos de picos na superfície e de escorrimento de tinta.

3.3.2.2 Propostas de Melhorias – redução da taxa de NC da pintura

Seguidamente são abordadas as propostas de melhoria apresentadas, bem como a explicação de outras melhorias que não foram implementadas.

Controlo visual à entrada

Relativamente à informação constante na Tabela 11, considerou-se necessário como primeira ação, até melhorar as condições das peças recebidas, fazer o controlo visual à entrada da pintura das referências mencionadas na Tabela 9. Desta forma, foi necessário reforçar a equipa para a garantir a mesma capacidade produtiva.

As peças identificadas com sujidade são separadas das restantes, passando por uma operação adicional de limpeza antes de serem pintadas. Neste controlo também se separa para sucata peças com defeitos incorrigíveis (grandes mossas em zonas visíveis ou arestas bastante boleadas) que, caso contrário, seriam pintadas e retrabalhadas várias vezes sem certeza de passarem no controlo final, acarretando maiores custos.

A par desta ação, promoveu-se a mudança de hábitos junto da equipa e restantes grupos, de modo a eliminar-se o uso do papel e do cartão (fibras celulósicas), no acondicionamento das peças em *blisters*, antes de chegarem à pintura.

Colocação de intercomunicadores

A comunicação entre a equipa no interior e exterior das salas isoladas é uma das causas apontadas para a contaminação do ar interior, pois criou-se o hábito de se usar para o efeito as janelas de movimentação de peças abertas em simultâneo (ver Figura 20), sendo que no exterior, na sala de preparação e controlo, procede-se a tarefas de despolimento, podendo existir impurezas no ar.

Deste modo, sendo importante manter a comunicação, e fundamental, evitar as contaminações, colocou-se um intercomunicador em cada sala como é mostrado na Figura 21.



Figura 20 - Janela de movimentação de peças entre a sala de apoio (isolada) e a sala de controlo.



Figura 21 - Colocação de intercomunicadores.

Aquisição de novos recipientes para a preparação das misturas

Os recipientes onde são preparadas as misturas de tinta (reutilizações de outras aplicações), apesar de serem inertes, não permitem uma boa eliminação por meio de lavagem com solventes dos resíduos de tinta agarrados à base do recipiente, pelo que se propôs a sua substituição por outros mais apropriados (descartáveis) que não proporcionassem contaminações.

Tempo mínimo de agitação e colocação de extratores de gases

Para melhorar a homogeneização das bases e das misturas de tinta, foi considerada a hipótese de aquisição de agitadores pneumáticos para o cumprimento da tarefa, no entanto, como não existe espaço disponível para a colocação de tais equipamentos no armazém de pintura, abandonou-se esta solução.

Assim, mantendo o mesmo modo de agitação, estabeleceu-se um tempo mínimo para a tarefa de 3 minutos, fazendo-se o registo do valor cronometrado na “Ficha de registo de preparação” (Anexo F). Este valor foi estabelecido com base em indicações dadas pelos fornecedores. Além de intensificar a cor e o brilho da tinta, uma boa homogeneização reduz a possibilidade de ocorrência de aglomerados de pigmento e, por conseguinte, a ocorrência de defeitos por picos. Contudo, verificou-se que durante a operação de agitação manual, os pintores estão expostos a vapores de COVs potencialmente perigosos, pois não existe extração de gases sobre as bancadas de pesagem, conforme se pode observar na Figura 22. Neste sentido, considerou-se importante a colocação de um sistema de extração para reduzir a exposição e o risco de problemas de saúde associados, estando a intervenção definida para o mês de outubro.



Figura 22 - Bancadas de pesagem.

Plano de manutenção e limpeza (não realizada)

Apesar dos cuidados com os acessos às salas limpas, vestuário apropriado e tratamento do ar, observou-se falta de limpeza de algumas zonas e acumulação de impurezas que podem ser transportadas pelo ar. Por isso, foi proposto à empresa um plano de manutenção e limpeza que definisse pontos a intervir, responsabilidades e frequência, no entanto, como implicaria o aumento de custos com os serviços de limpeza prestados, não se teve apoio para avançar com esta ação.

Alteração do *layout* das cabines de pintura (não realizada)

Em relação às contaminações por *overspray* é apontado como causa-raiz o *layout* das cabines de pintura, porém, dado as infraestruturas serem bastante recentes e o investimento ser substancialmente elevado, face a um possível retorno, não se considerou a hipótese de intervir sobre o *layout*.

Aquisição de equipamento para medição da viscosidade

Conforme mencionado na Tabela 12, uma das causas para os defeitos de escorrimento de tinta é a baixa viscosidade das misturas. Com o acompanhamento efetuado na pintura, constatou-se que este parâmetro não é medido por falta de equipamento, o que se revela bastante grave, uma vez que, cerca de metade dos esquemas de pintura utilizados não referem a composição total da mistura, indicando, simplesmente, a viscosidade final após a adição de diluente.

Visto isto, adquiriu-se três copos de viscosidade calibrados a 25°C (Ford4, DIN4 e AFNOR4), com suporte e respetivos cronómetros.

Uma vez que esta foi uma das últimas ações de melhoria efetivamente implementadas, apenas se deram algumas indicações aos pintores para a realização da medição da viscosidade, tal como é mostrado no Anexo H. Novamente, os valores medidos são apontados na “Ficha de registo de preparação”.

Formação técnica especializada (não realizada)

A ocorrência de defeitos de escorrimento de tinta também está, fortemente, relacionada com a técnica de pintura e com a experiência do pintor. No caso particular desta empresa, que conta com operadores bastante experientes, a técnica de pintura

poderá não ser a mais adequada ao tipo de produto, que é de grande exigência estética e rigorosa inspeção visual.

Como técnica de pintura, compreendem-se as noções teóricas e práticas para obter a espessura da camada de tinta desejada, combinando o número de passagens sobre a mesma superfície, a vazão de tinta e a velocidade de aplicação, o posicionamento e orientação da pistola em função da geometria da peça e dos mecanismos de pintura utilizados, a afinação da viscosidade da tinta, entre outras.

Perante isto, a formação especializada será a melhor solução para o aperfeiçoamento da técnica, até porque, foi revelado pelos próprios operadores, a falta deste tipo de formação. Foi então proposta esta melhoria, que não pôde ser realizada até ao final do estágio, por não se terem reunido as condições necessárias.

Na Tabela 13 estão destacadas, resumidamente, as melhorias realizadas e as planeadas bem como custos, datas de implementação e situação.

Tabela 13 - Propostas de melhoria realizadas e planeadas.

Proposta de melhoria	Justificação	Custo	Data de implementação	Situação
Controlo visual à entrada	Identificar, separar e atuar sobre as peças com sujidade e defeitos significativos, antes de pintar	11.000 €/ano	Desde Jun. 2018	A decorrer
Estabelecimento do tempo mínimo de agitação	Reduzir a possibilidade de ocorrência de aglomerados de pigmento	0 €	Jun. 2018	Concluído
Colocação de intercomunicadores	Tornar a comunicação mais fácil sem entrada de impurezas nas salas limpas	200 €	Jul. 2018	Concluído
Aquisição de equipamento para medição da viscosidade	Medição da viscosidade da tinta antes de aplicar	<700 €	Jul. 2018	Concluído
Colocação de extratores de gases sobre as bancadas de pesagem	Reduzir a exposição dos pintores a agentes potencialmente perigosos durante a agitação da tinta	****	Out. 2018	Em espera
Aquisição de outro tipo de recipientes para a preparação das misturas	Não permitir a acumulação de resíduos secos de tinta que contaminem outras preparações	Despesa fixa	Out. 2018	Em espera

Tal como foi sendo explicado, de um modo geral, tentou-se apresentar à empresa soluções simples e que não envolvessem investimentos avultados, mas sim necessários.

Nesta fase constatou-se que, apesar de algumas propostas implicarem a mudança de hábitos, houve boa receptividade e grande envolvimento por parte da equipa com este projeto.

Concluído o estágio, ficaram duas melhorias planeadas para o mês de setembro, que não puderam ser implementadas antes.

Com o conjunto de melhorias realizadas baixou-se o valor da taxa de rejeição até 7% (ver Figura 23), tendo-se aumentado o nível sigma para 4,1. A manter-se estes valores, estima-se uma poupança na ordem dos 10.000€ anuais e um aumento da capacidade produtiva da pintura que pode atingir as 2000 unidades por mês.

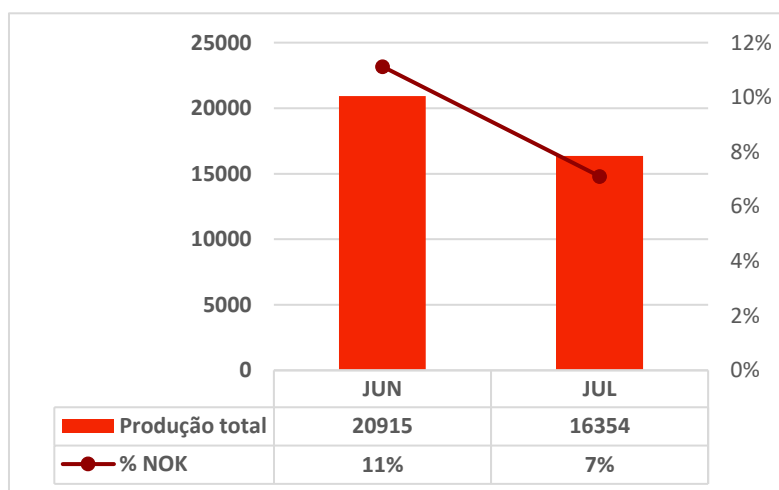


Figura 23 - Resultados alcançados: Percentagem de produto não conforme em junho e julho.

3.3.2.3 Controlo do processo de pintura

Com o objetivo de fazer a comparação do estado anterior e estado atual (após as melhorias) do processo de pintura, elaborou-se duas cartas de controlo de fração de unidades defeituosas, para a análise de estabilidade.

Tendo em consideração a variação do tamanho de lotes produzidos (amostras de dimensão variável) e os diferentes tipos de peças, nomeadamente, as referências apontadas na Tabela 9, optou-se pela abordagem usando cartas de controlo padronizadas (ver subcapítulo 2.4). Para a determinação da proporção de unidades

defeituosas média, calculada para cada referência estudada (equação 2.5), utilizou-se dados históricos relativos ao ano de 2017.

A Figura 24 demonstra o gráfico de controlo obtido, a partir de 50 amostras recolhidas no período de janeiro a maio de 2018 (consultar cartas de controlo do subcapítulo 2.4 e dados da Tabela 16 do Anexo I).

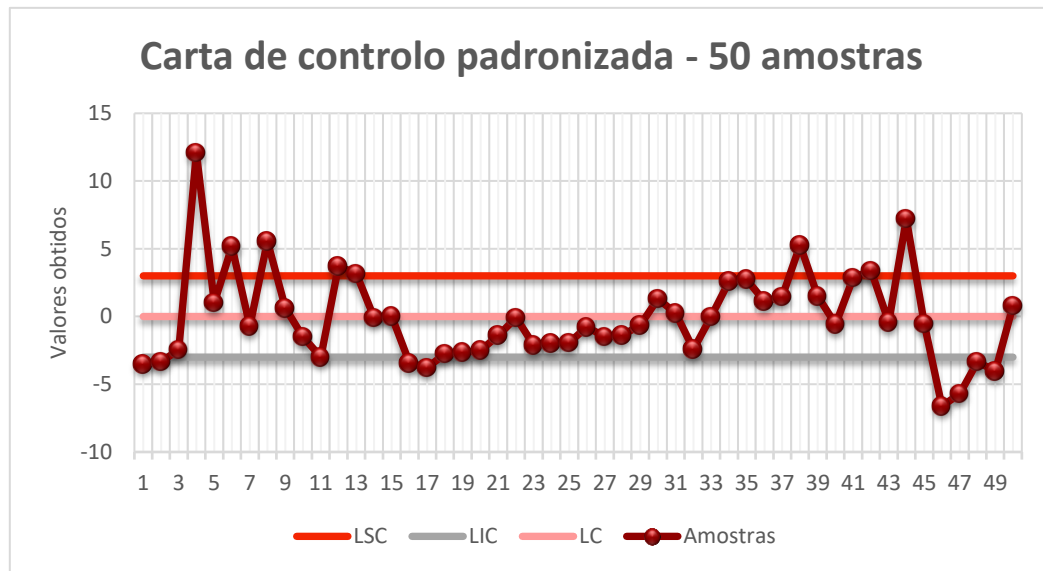


Figura 24 - Carta de controlo padronizada do processo de pintura (amostras recolhidas de janeiro a maio de 2018).

Conforme se pode observar através da Figura 24, o processo de pintura no período de janeiro a maio de 2018 não estava sob controlo estatístico: existem vários pontos amostrais (valores de Z) fora dos limites de controlo (causas especiais de variação) e verifica-se uma tendência contrária ao comportamento aleatório de um processo estável em torno do limite central (causas comuns).

Entretanto, com o início das intervenções descritas no subcapítulo 3.3.2.2, verificou-se uma grande alteração no comportamento do processo, como se pode observar pela Figura 25 (consultar dados da Tabela 17 do Anexo I).

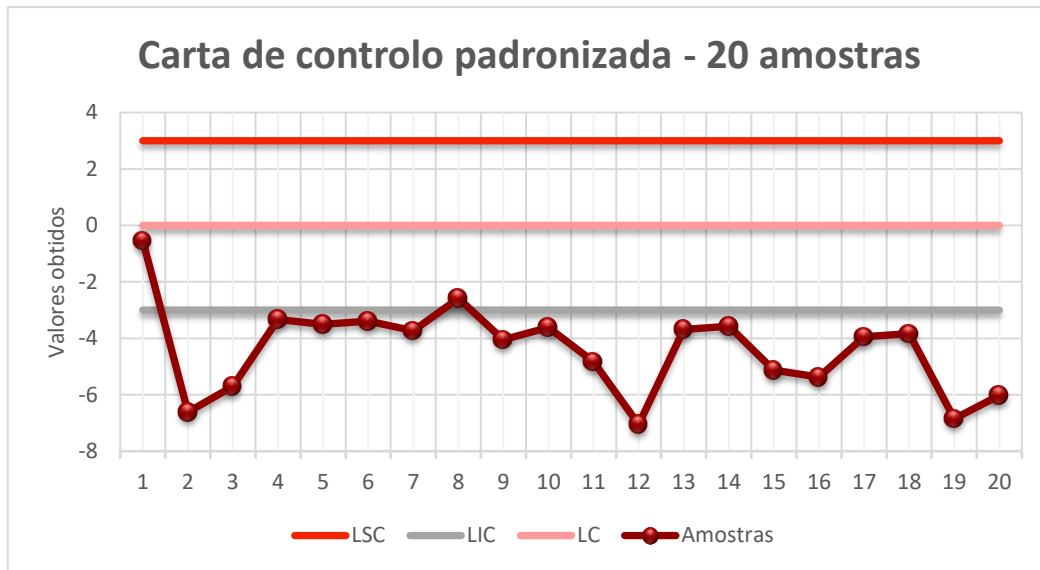


Figura 25 - Carta de controlo padronizada do processo de pintura (amostras recolhidas em junho e julho de 2018).

Quase todos os pontos da carta da Figura 25 encontram-se abaixo do limite inferior de controlo, o que significa que, o processo de pintura sofreu grandes alterações entre junho e julho, com efeito na fração de unidades defeituosas que baixou, consideravelmente, em relação aos valores médios. Esta melhoria sobre o processo deverá ser efetivada, para futura monitorização, fazendo-se a determinação dos novos valores da fração de unidades defeituosas média. Para isso, deverão ser recolhidos dados suficientes de cada referência, de modo a poder-se estimar estes valores.

Considera-se que a carta de controlo é uma ferramenta importante, sobretudo, na monitorização de processos cuja inspeção é feita por amostragem, pois permite atitudes proativas em relação ao surgimento de erros. Ainda assim, não sendo este o caso (pois efetua-se inspeção a 100%), acredita-se que a adoção desta ferramenta como indicador de qualidade da pintura, poderá melhorar o controlo e contribuir para um maior envolvimento e interesse da equipa no próprio trabalho.

3.3.3 Desenvolvimento de um plano para qualificar o processo de pintura

O plano apresentado, seguidamente, não foi implementado na empresa por não haver tempo, nem estarem reunidas algumas das condições necessárias. Contudo, apresentam-se as principais orientações que devem ser seguidas para uma futura implementação.

A qualificação do processo de pintura é um programa complexo e contínuo que se desenvolve em várias etapas e que requer a constituição de uma equipa multidisciplinar, estruturada e empenhada na sua implementação. Neste sentido, será necessário formar uma equipa com elementos de engenharia do processo e elementos da qualidade para integrar este projeto, definindo-se responsabilidades, prazos, prioridades e os produtos que farão parte da qualificação. Também, será importante desenvolver um dossier do processo com a descrição do mesmo, que inclua todos os documentos, registos e outras evidências das etapas de qualificação e respetiva monitorização e melhoria.

3.3.3.1 Qualificação das instalações, equipamentos e utilidades

Para qualificar as instalações, equipamentos e utilidades será necessário: reunir a informação dos esquemas de montagem e manuais dos equipamentos que fazem parte da pintura, elaborar um plano de limpeza e manutenção preventiva e garantir a gestão adequada dos EMMs. Nesta fase, também será fundamental analisar o sistema de medição. Por isso, procedeu-se à avaliação do processo de pintura com base na consulta das normas internas, das instruções técnicas de alguns produtos e dos requisitos dos clientes, a fim de identificar as variáveis do processo (ver Figura 26), os métodos de avaliação (ensaios destrutivos e não destrutivos realizados no produto resultante) e os critérios de aceitação conforme apresentado na matriz de ensaios no Anexo J.



Figura 26 - Mapa do processo de pintura.

De acordo com as indicações da qualidade, as características críticas do processo de pintura são a espessura do revestimento, o nível de brilho e a presença ou não de defeitos detetáveis visualmente, sendo por isso mais prioritárias. Estas características são medidas através do uso de um medidor de espessura (pelo método de Foucault), de um medidor de brilho a 60° e pelas duas controladoras visuais, respetivamente. Assim, para se garantir a qualificação do sistema de medição, dever-se-á realizar um MSA para cada característica, sendo que para a espessura e brilho deverá ser realizada uma análise do tipo variáveis aleatórias numéricas e para a inspeção visual uma por atributos. Na revisão da literatura (subcapítulo 2.5.1.1) apresentam-se os diversos passos para a realização de uma análise R&R ao controlo visual.

Completadas as análises MSA será possível tirar conclusões quanto à capacidade e a adequação do sistema de medição ao processo de pintura e, caso seja necessário, deverá ser desenvolvido um plano de ações com base numa análise FMEA, no sentido de assegurar a adequação, monitorização e manutenção do sistema de medição.

3.3.3.2 Qualificação operacional

A qualificação operacional, é conhecida como o teste ao pior cenário, ou seja, nesta fase deverão realizar-se testes com o objetivo de forçar o processo a operar nas condições limite dos parâmetros de entrada, de acordo com as indicações da ficha técnica de cada produto. Uma vez que, estes parâmetros foram testados e aprovados pela investigação, exclui-se a necessidade de se realizar um estudo experimental utilizando o modelo DOE. Contudo, considera-se importante nesta fase, visto o processo de pintura ser promovido por diferentes pintores, proceder-se à sua qualificação, por meio de formação teórica e prática.

Como resultado da qualificação operacional deverá conhecer-se quais os parâmetros de entrada que mais afetam o produto final e com isto, poderá atualizar-se o FMEA, bem como o plano de ações.

3.3.3.3 Qualificação do desempenho

Por último, a qualificação do desempenho permitirá evidenciar através do controlo estatístico de todas as variáveis do processo, que o mesmo a operar em condições normais, sem causas especiais de variação, produz dentro das especificações.

As novas referências produzidas nesta fase podem ser comercializadas desde que tenha sido elaborado e aprovado o relatório de qualificação. A requalificação do processo será obrigatória, sempre que haja intervenção suscetível de alterar as capacidades iniciais da instalação e dos equipamentos ou a alteração de materiais, parâmetros e de critérios de aceitação.

3.4 Análise dos resultados

No âmbito da análise dos resultados das oportunidades de melhoria implementadas, tem-se, para as atividades desenvolvidas no grupo de pintura, um resumo com as principais conclusões.

Perante o estudo inicial do processo, identificou-se como principais problemas os desperdícios com stocks e com defeitos e a necessidade de qualificar o processo de pintura. O desperdício com stocks verificou-se através do valor de sucata de tintas e outros componentes utilizados na pintura, que só no ano fiscal de 2018, ascendeu a 8.880€. Estes materiais não foram utilizados dentro do seu período de vida útil porque as quantidades compradas não tinham em consideração os consumos mensais nem as validades dos produtos em stock. Assim, a ferramenta Excel desenvolvida veio facilitar a gestão de stocks e de encomendas, a análise dos consumos e a consulta da informação relativa aos esquemas de pintura. Com o uso desta ferramenta foi possível reduzir o valor de sucata no primeiro quadrimestre do ano fiscal de 2019 relativamente à média quadrimestral do ano fiscal de 2018, e a tendência será de eliminar este desperdício após toda a quantidade adquirida antes da implementação desta ferramenta tiver sido utilizada, ou porventura sucutada. Outra das vantagens trazidas com esta implementação foi o hábito de registar as preparações das misturas efetuadas que auxiliam na gestão de stocks e, ao mesmo tempo, permitem rastrear a produção de peças pintadas. Para além disso, envolveu-se os operadores de pintura nas tarefas de organização, arrumação e limpeza do armazém de tintas, motivando-os para manterem as mesmas boas práticas.

No que diz respeito ao desperdício com defeitos, verificou-se que o indicador de rejeição na inspeção final da pintura era bastante alto para um processo de acabamento, cujo o valor médio entre janeiro e maio foi de 18%. Deste modo,

utilizando como base o DMAIC mediu-se e analisou-se o problema, tendo-se identificado os tipos de defeitos que mais contribuíam para o elevado valor da taxa de rejeição (picos na superfície, mossas, defeitos ao polir, lixar e escorrimento de tinta), bem como as referências com maior representatividade, que seriam o foco das ações implementadas. Dos quatro tipos de defeitos indicados dois deles eram externos ao processo de pintura e outros dois eram derivados de causas internas. Com isto, identificou-se as causas-raiz que estavam na origem desses defeitos. Os defeitos externos estavam relacionados com a falta de autocontrolo sobre as tarefas realizadas, instruções de trabalho com indicações insuficientes no grupo de polimento e problemas no acondicionamento das peças durante o transporte ao longo da linha de produção. Os defeitos internos tinham origem no próprio processo de pintura e estavam associados com a utilização de recipientes inadequados, má homogeneização da tinta, sujidade na superfície das peças derivada de processos anteriores, contaminações por *overspray* e outras impurezas, técnica de pintura usada e com a baixa viscosidade da mistura de tinta. Com base na análise das causas-raiz, apresentou-se algumas propostas de melhoria, das quais a maioria foi aprovada pela empresa. O conjunto de melhorias realizadas permitiu baixar o valor da taxa de rejeição até 7% tendo-se aumentado o nível sigma para 4,1. A manter-se estes valores, estima-se uma poupança na ordem dos 10.000€ anuais e um aumento da capacidade produtiva da pintura que pode atingir as 2000 unidades por mês.

Relativamente à qualificação do processo de pintura, verificou-se existir a necessidade de se dar início ao projeto, não só pela exigência normativa, mas também para responder às exigências dos clientes. No entanto, não foi possível no decorrer do estágio desenvolverem-se ações neste sentido e como tal, apresentou-se um plano com as orientações para uma futura implementação. Destaca-se que o projeto de qualificação é bastante complexo pois obriga à articulação de uma equipa especializada em conjunto com os operadores além do investimento económico, para se alcançar o objetivo final.

Em suma, na Tabela 14, apresenta-se uma análise das diferentes mais-valias que as soluções implementadas trazem à empresa.

Tabela 14 - Análise dos resultados das soluções implementadas.

Propostas/Solução	Ganhos Qualitativos	Ganhos Quantitativos
Desenvolvimento de uma ferramenta Excel de suporte à gestão dos stocks de tintas e componentes de pintura	<p>Melhor gestão dos stocks.</p> <p>Histórico de consumo mensal.</p> <p>Facilidade em saber as quantidades disponíveis, lotes e validades.</p> <p>Menos problemas com rutura de stocks.</p> <p>Respeito do FEFO.</p> <p>Maior responsabilidade pela arrumação e limpeza do armazém de pintura.</p>	<p>Eliminação dos custos correspondentes aos desperdícios com sucata de tintas e componentes de pintura.</p>
Implementação de ações corretivas e preventivas na pintura	<p>Maior conhecimento da origem dos defeitos.</p> <p>Maior responsabilização.</p> <p>Maior controlo do processo de pintura.</p>	<p>Redução da taxa de rejeição até 7%, estimando-se uma poupança de 10.000 € anuais e um aumento da capacidade produtiva até 2000 unidades por mês.</p> <p>Aumento do nível sigma do processo em 0,3.</p>
Desenvolvimento de um plano para qualificar o processo de pintura	<p>Orientação para colocar em prática o programa de qualificação da pintura.</p>	<p>Não é possível quantificar.</p>

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Ramo Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto e foi realizado em contexto de trabalho no grupo de pintura de uma empresa do setor da mecânica de precisão.

4.1 Principais contributos do trabalho

Os principais contributos do trabalho realizado são:

- Desenvolvimento de uma ferramenta Excel de suporte à gestão dos stocks de tintas e componentes de pintura para evitar a criação de sucata.
- Diminuição da taxa de produto não conforme no controlo final da pintura até ao valor mínimo de 7% e redução subsequente do retrabalho.
- Desenvolvimento de um plano para orientar a qualificação do processo de pintura.

Na Tabela 15 encontram-se indicados os estados de implementação, relativos às soluções que foram descritas anteriormente.

Tabela 15 - Estado da implementação das soluções.

Proposta/Solução	Estado da implementação
Desenvolvimento de uma ferramenta Excel de suporte à gestão dos stocks de tintas e componentes de pintura	O uso desta ferramenta e a adoção de novos hábitos inerentes da sua implementação, permitiu reduzir os desperdícios com a sucata de materiais de pintura. Espera-se que com a continuação do seu uso, sejam eliminados permanentemente os custos associados à compra desajustada destes materiais.
Implementação de ações corretivas e preventivas na pintura	As ações de melhoria implementadas tiveram efeito na redução da taxa de produto não conforme. De momento, aguarda-se a implementação de mais duas melhorias propostas, que permitirão maior redução da respetiva taxa ou, pelo menos, a manutenção do valor alcançado. Adicionalmente, estas

	melhorias trarão melhores condições de trabalho para os operadores de pintura.
Desenvolvimento de um plano para qualificar o processo de pintura	Este projeto não foi implementado no decorrer do estágio por falta de tempo e por não estarem reunidas algumas condições. Contudo, apresentou-se à empresa orientações para colocar em prática o programa de qualificação da pintura.

4.2 Trabalho futuro

O trabalho futuro no grupo de pintura estará direcionado, principalmente, para a qualificação do processo. Ainda assim, sugere-se que a curto prazo sejam adotadas as cartas de controlo para monitorização do mesmo, pois além de trazer vantagens para controlo, a equipa já estará familiarizada com esta ferramenta antes da qualificação. Com isto, deverão ser recolhidas amostras para determinar os novos limites de controlo, após as ações de melhoria implementadas.

No futuro também deverão ser desenvolvidas ações de melhoria de modo a minimizar os defeitos resultantes de processos anteriores ao processo de pintura, podendo eliminar-se o controlo de peças à sua entrada.

**5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS
FONTES DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Ablanedo-Rosas, J. H., Alidaee, B., Carlos Moreno, J., & Urbina, J. (2010). Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of Mexican organisations. *International Journal of Production Research*, 48(23), 7063–7087. <https://doi.org/10.1080/00207540903382865>
- Ahmad, R., Syazwan, M., & Soberi, F. (2018). Changeover process improvement based on modified SMED method and other process improvement tools application: an improvement project of 5-axis CNC machine operation in advanced composite manufacturing industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 433–450. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0827-7>
- António, N. S., Teixeira, A., & Rosa, Á. (2016). *Gestão da Qualidade - De Deming ao modelo de excelência de EFQM* (2nd ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.09.173>
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2015). *GUIA PARA A ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO SUMÁRIO DE VALIDAÇÃO DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MEDICAMENTOS*.
- Azizi, A., & Manoharan, T. a/p. (2015). Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 2, 153–158. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2015.07.027>
- Breyfogle III, F. W. (2003). *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods*. John Wiley & Sons.
- Caldas De Oliveira, C., Oliveira, V., De Oliveira, A., Gabriel, M., Moro, A., Moro, P., & Silva, V. (2014). Utilização das ferramentas da qualidade como suporte para melhoria do processo de produção. In *VIII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial*.
- Chakraborty, A., & Tan, K. C. (2012). Qualitative and Quantitative Analysis of Six Sigma in Service Organizations. In *Total Quality Management and Six Sigma*. Rijeka: InTech. <https://doi.org/10.5772/46104>
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2, 102–107.

<https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2015.07.090>

Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, & General Motors Corporation. (2010). *MSA - Measurement System Analysis* (4 ed). Automotive Industry Action Group (AIAG).

Chua, R. C. H. (2001). *What You Need to Know About Six Sigma*. *Productivity Digest*.

Costa, T., Silva, F. J. G., & Pinto Ferreira, L. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing*, 13, 1104–1111. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.09.171>

Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J. R. C., & Vieira, S. R. (2009). Investigação-acção: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Psicologia, Educação e Cultura*, XIII, 355–379.

Fonseca, L., Lima, V., & Silva, M. (2015). UTILIZATION OF QUALITY TOOLS: DOES SECTOR AND SIZE MATTER? *International Journal for Quality Research*, 9(4), 605–620. Retrieved from http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/7259/1/ART_FonsecaL_2015.pdf

Hirano, H. (1995). *5 pillars of the visual workplace*. Productivity Press.

Ho, S. K. M. (1999). 5-S practice: The first step towards total quality management. *TOTAL QUALITY MANAGEMENT*, 10(3), 345–356. <https://doi.org/10.1080/0954412997875>

Hojo, T. (2004). *Quality Management Systems-Process Validation Guidance*.

Hosotani, K. (1992). *The Qc Problem Solving Approach: Solving Workplace Problems the Japanese Way*. Quality Resources.

Immonen, N. (2016). *Implementation of 5S Methodology*. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.

Jacques Neto, M. V. (2006). Perdas de produtividade devido à produção de peças defeituosas: um estudo de caso no setor de montagem em uma indústria fabricante de máquinas têxteis. *Revista Intersaberes*, 1(1), 137–167.

Jasti, N. V. K., & Kodali, R. (2015). Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867–885. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937508>

Jeong, B. K., & Yoon, T. E. (2016). Improving IT process management through value stream mapping approach: A case study. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 13(3), 389–404. <https://doi.org/10.4301/S1807-17752016000300002>

Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, J. A., Soriano-Meier, H., & Rocha-Lona, L. (2012). A Case Study of Defects Reduction in a Rubber Gloves Manufacturing Process by Applying Six Sigma Principles and DMAIC Problem Solving Methodology. In

- Industrial Engineering and Operations Management Istanbul* (pp. 472–481).
- Juran, J. M., & De Feo, J. A. (2010). *Juran's quality handbook: The complete guide to performance excellence* (6 ed). McGraw Hill.
- Knechtges, P., & Decker, M. C. (2014). Application of kaizen methodology to foster departmental engagement in quality improvement. *Journal of the American College of Radiology*, 11(12), 1126–1130. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.08.027>
- Koshy, V. (2005). *Action research for improving practice : a practical guide*. Thousand Oaks, CA.
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*, 30(1), 41–52.
- Kumar, K., & Kumar, S. (2012). STEPS FOR IMPLEMENTATION OF 5S. *International Journal of Management, IT and Engineering*, 2(6), 402–416.
- Kumar, M., Antony, J., Antony, F. J., & Madu, C. N. (2006). Winning customer loyalty in an automotive company through Six Sigma: a case study. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(7), 849–866. <https://doi.org/10.1002/qre.840>
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., Tiwari, M. K., Perry, D., Kumary, M., ... Perry, D. (2006). Production Planning and Control Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. *Production Planning & Control*, 17(4), 407–423. <https://doi.org/10.1080/09537280500483350>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way - 14 management principles the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook*. McGraw-Hill.
- Montgomery, D. C. (2008). *Introduction to statistical quality control* (6th ed.). Wiley.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (6 ed). John Wiley & Sons, Inc.
- Morreira, A. C., & Garcez, P. M. T. (2013). Implementation of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in Small to Medium-sized Enterprises: A Portuguese Case Study. *International Journal of Management*, 30(1), 66–87. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4025.2329>
- Nocera, E. de C. (2007). *VALIDAÇÃO DE PROCESSOS NA INDÚSTRIA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

- Paladini, E. P. (2009). *Gestão Estratégica da Qualidade - Princípios, Métodos e Processos* (2nd ed.). Atlas.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma way: How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. McGraw-Hill.
- Pereira, V. M. N. (2016). *Estudo e Implementação da Metodologia SMED para a Redução de Tempos de Setup em Linhas de Produção de Componentes Eletrónicos*. Universidade de Coimbra.
- Pheng, S. L., & Khoo, S. D. (2001). Team performance management: enhancement through Japanese 5-S principles. *Team Performance Management: An International Journal*, 7(7/8), 105–111. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/13527590110411000>
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean* (6th ed.). Lisboa: Lidel - Edições Técnicas.
- Pires, A. R. (2018). *Estatística para a Qualidade* (1 ed.). Edições Sílabo.
- Purohit, S. R., & Shantha, V. (2015). Implementation of 5S Methodology in a Manufacturing Industry. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(8).
- Requeijo, J. F. G., & Pereira, Z. P. do P. S. L. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos* (2nd ed.). Lisboa: FFCT - Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Rojasra, P. M., & Qureshi, M. N. (2013). Performance Improvement through 5S in Small Scale Industry: A case study. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(3), 1654–4660.
- SAF - Sistemas Avançados de Formação. (1993). *CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO : MANUAL DE APOIO*. Lisboa: ISQ-Instituto de Soldadura e Qualidade.
- Sarrico, C. S., Rosa, M. J., Moura e Sá, P., & Sampaio, P. (2014). *Qualidade em Ação*. (Edições Sílabo, Ed.) (1st ed.). Lisboa.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Sheehy, P., Navarro, D., Silvers, R., Keyes, V., Dixon, D., & Picard, D. (2002). *The black belt memory jogger: A pocket guide for six sigma success* (1st ed.). Goal/QPC.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. *Procedia Engineering*, 51, 592–599. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2013.01.084>
- Stadnicka, D., & Ratnayake, R. M. C. (2017). Enhancing Aircraft Maintenance Services: A VSM Based Case Study. *Procedia Engineering*, 182, 665–672. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.03.177>

- Sutari, O. (2015). Process Improvement Using Lean Principles on the Manufacturing of Wind Turbine Components – a Case Study. *Materials Today: Proceedings*, 2(4–5), 3429–3437. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2015.07.318>
- Truscott, W. T. (2003). *Six sigma: continual improvement for business - a practical guide*. Butterworth-Heinemann. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/book/9780750657655/six-sigma>
- Veres, C., Marian, L., & Moica, S. (2017). Case Study Concerning Effects of Japanese Management Model Application in Romania. *Procedia Engineering*, 181, 1013–1020. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.02.501>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean thinking*. Simon & Schuster.
- Yang, C.-C. (2012). *The Integration of TQM and Six-Sigma*. Chung-Yuan Christian University. <https://doi.org/10.5772/48731>
- Zhao, Y., Sheng, K., Wang, Z., Zhang, X., HengyiYang, & Miao, R. (2017). Process Validation and Revalidation in Medical Device Production. *Procedia Engineering*, 174, 686–692. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.01.207>

ANEXOS

ANEXO A. LAYOUT DO GRUPO DE PINTURA

ANEXO B. MATRIZ COM OS CÓDIGOS DE DEFEITOS

ANEXO C. FERRAMENTA EXCEL DE GESTÃO DE STOCKS

ANEXO D. PROCEDIMENTO “GESTÃO DE STOCKS DE TINTAS E COMPONENTES, MANUTENÇÃO, ARMAZENAMENTO E ACONDICIONAMENTO”

ANEXO E. REGISTO “GESTÃO DE STOCKS – TINTAS E COMPONENTES

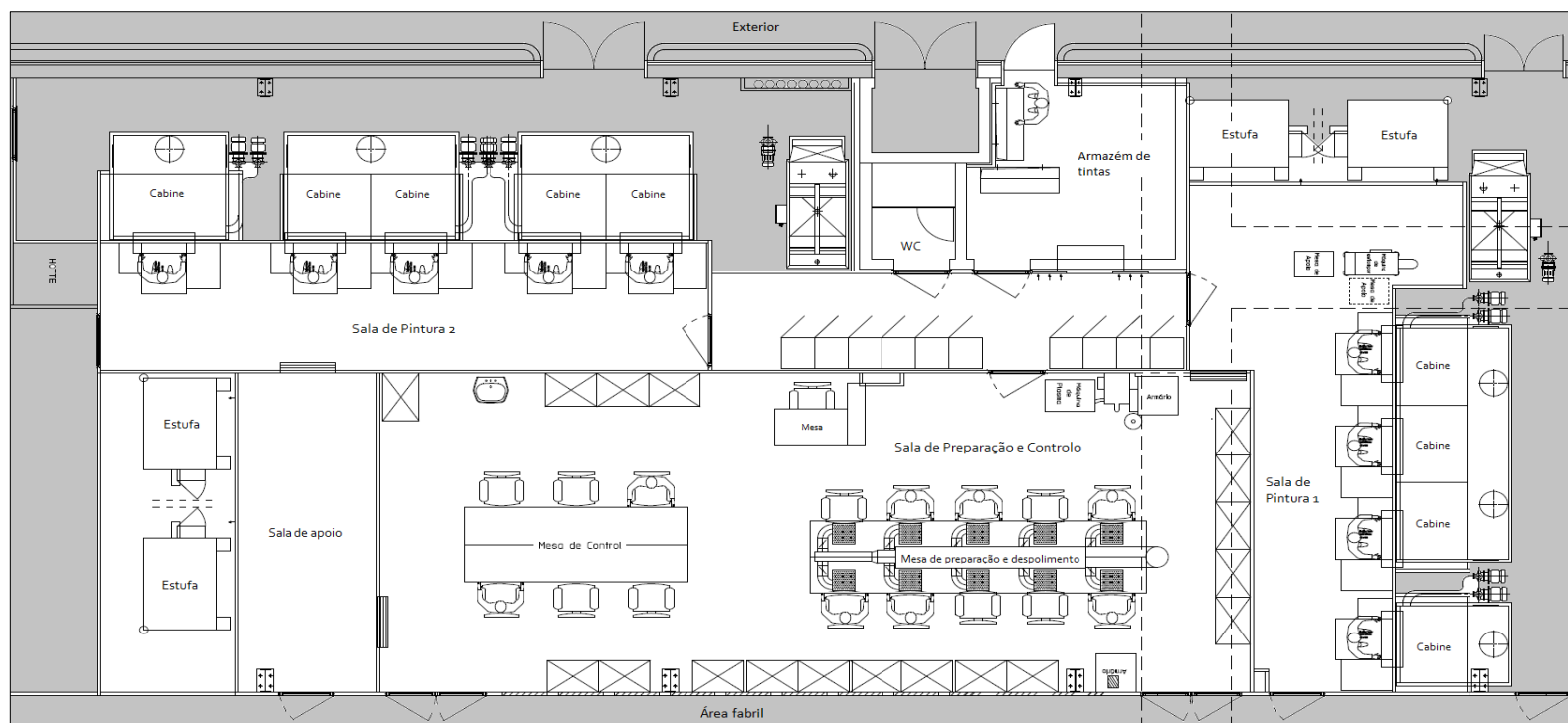
ANEXO F. “FICHA DE REGISTO DE PREPARAÇÃO”

ANEXO G. DIAGRAMAS CAUSA-EFEITO DOS DEFEITOS DE PINTURA

ANEXO H. INDICAÇÕES PARA MEDIÇÃO DA VISCOSIDADE DA TINTA

ANEXO I. DADOS DAS AMOSTRAS - INSPEÇÃO VISUAL

ANEXOS

Anexo A. *Layout do grupo de Pintura*Figura 27 - Representação do *layout* do grupo de pintura.

Anexo B. Matriz com os códigos de defeitos

		Código de Defeitos																		
		Alt. 00 - Tradução do documento																		
		Alt. 01 – Melhoria das descrições técnicas dos defeitos (0201; 0214; 0301; 0303; 0309; 0310; 0314 e 0315)																		
		Tipo de erro	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	
E M O	00	Erro de concepção, organização, logística	Peça não corresponde à encomenda	Desenho falso	AU falso	Processo de produção	Mecanismo Ferramenta	N.º de alteração falso ou ultrapassado	Danificado No transporte/armazenamento	Danos devido ao processo de inspeção	Alteração na construção	Outros defeitos (ver lista anexa)	Quantidade incorrecta (faltam peças)	Retrabalho em peças (Dekotec/ "Injecta")	Documentação de inspeção não enviada	Documentação de inspeção incompleta	Documentação de inspeção não fiável	Embalagem de transporte suja	Falta de fase de trabalho	
M	01	Erro de processamento e defeito do material	Poros	Impurezas	Matéria prima falsa	Desvio da forma	Defeito de dureza	Deficiência no tratamento MP após obtenção	Empenado, torcido, destruído	Bolhas	Estrias	Superfícies amolgadas, marcas	Rupturas/ Fissuras	Defeito de fundição/ injeção	Adesão do cromo	Mancha de água	Crateras	Defeito do material	Mau preenchimento das gravações	
E M O	02	Defeito de mecanização	Superfície Defeituosa por corte ou estampagem (arestas, cantos)	Defeitos de gravação ou estampagem	Defeitos ao rebarbar	Defeitos nos furos e nas roscas	Defeitos na recartilha/ engrenagens	Desvio de medidas	Defeito de ângulos	Força da mola/ fora da tolerância	Defeito ao polir, lixar	Sulcos polimentos	Sulco do trabalho na superfície ainda visíveis	Sulcos da mecanização defeituosa	Pino sangrar a peça	Desvios na forma/ simetria/ geometria	Preparação	Defeitos na superfície		
M O	03	Defeitos na superfície	Superfície porosa	Adesão do tratamento de superfície	Medidas alteradas pela anodização	Espessura do tratamento de superfície	Defeito de galvanização/ anodização	Limpeza insuficiente	Falta a superfície/ superfície errada	Corrosão, oxidação, ferrugem, fungo	Diferença na cor, brilho, estrutura	Manchas na superfície	Riscos na superfície	Superfície muito áspera/ muito fina	Formação de bolhas	Picos na superfície	Escorrimento de tinta	Superfície danificada (mossas)	Zonas brilhantes	
IMP-O-30/01																				

Figura 28 - Matriz com os códigos de defeitos.

Anexo C. Ferramenta Excel de gestão de stocks

The image shows an Excel spreadsheet with a dark grey background. At the top, the title "Atualizar stocks" is centered. Below it, there is a button labeled "INSERIR DADOS". A modal window titled "Inserir Dados" is open, displaying a form for "Registos Pintura". The form contains the following fields:

- Centro de Custo: dropdown menu
- Tipo Registo: dropdown menu
- Código: text input with radio buttons for "Novo" and "Antigo"
- Armazem: dropdown menu
- Lote: dropdown menu
- Quantidade (kg): text input
- Validade (dd-mm-aaaa): text input
- Nº Encomenda: text input
- Data Entrada (dd-mm-aaaa): text input

At the bottom of the form, there are three buttons: "LIMPAR", "Introduzir", and "PESQUISAR". The spreadsheet's grid is visible in the background, with columns labeled A through AD and rows numbered 1 through 41. The status bar at the bottom shows the active sheet as "Inserir dados" and other sheets like "pesquisa por componente", "pesquisa por EP", and "análise geral".

Figura 29 - Folha de inserção de dados para atualização de stocks.

PINTURA - Pesquisa por componente

PESQUISA

Código SAP antigo:

Código SAP novo:

RESULTADOS

Equivalência para código SAP novo: Nome do componente: Tipo do componente:

ARMAZÉM 11	Stock	Data de validade	Lote	n.º Encomenda
	1 kg	01/06/2019	84381	7200183814
	1 kg	01/05/2019	83913	7200182523

Esquemas de pintura:

PINTURA	Stock	Data de validade	Lote	n.º Encomenda
	2,35 kg	01/10/2018	79630	engenharia
	1 kg	01/05/2019	83913	7200182523

Figura 30 - Folha de pesquisa por componente.

PINTURA - Pesquisa por Esquema de Pintura

PESQUISA

EP antigo:

EP novo:

RESULTADOS

Equivalência para EP novo: Situação do EP: Centro de Custo:

Componentes:	Código SAP atual	Código SAP novo	Tipo de componente	Nome do componente	Massa de componente em 100g de mistura (g)	Validade no EP
1	890-100.110-016	890-130.000-155	Tinta	[REDACTED]	71,9	Validade do fornecedor
2	890-100.110-086	890-130.000-950	Retardador	[REDACTED]	1,4	Validade do fornecedor
3	890-100.119-040		Diluyente	[REDACTED]	26,6	Validade do fornecedor

Componente:	Stock	Data de validade	Lote		
1	10 kg			A R M A Z É M	
2	10 kg				
3	30 kg	01/04/2020	2839301		11

Stock	Data de validade	Lote		
8,8 kg	01/02/2019	81716	P I N T U R A	
0,94 kg	01/03/2019	82635		
5,23 kg	01/01/2020	2800901		

Figura 31 - Folha de pesquisa por esquema de pintura.

Anexo D. Procedimento “Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento”

	Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento	
	IT-F-112/00	Pág. 1 de 7

❖ Índice

1. Objectivo
2. Campo de aplicação
3. Responsabilidades
4. Definições - Terminologia
5. Documentos e registos
6. Componentes
7. Produtos com data de validade
8. Gestão de stocks

1. Objectivo

Este procedimento tem como objectivo definir o método utilizado pela Engenharia, para assegurar a correta gestão de stocks, manutenção, armazenamento e acondicionamento de tintas, componentes de pintura e produtos químicos utilizados nos processos de galvanização e cromagem, pintura e PBR (pintura de baixo relevo).

2. Campo de aplicação

Este procedimento aplica-se aos componentes de pintura e produtos químicos utilizados no tratamento de superfícies.

3. Responsabilidades

A elaboração deste procedimento é da responsabilidade do departamento de Engenharia de TS sendo aprovado pelo responsável do mesmo.

4. Definições – Terminologia

FEFO – *First expired, first out*

5. Documentos e registos

5.1. Documentos internos

Não aplicável

5.2. Documentos externos

ISO 9001:2008 “Sistemas de Gestão de Qualidade – Requisitos”;

5.3. Registos

Ficheiro Excel “gestão de stocks”

IMP-F-117/00 “Gestão de stocks – tintas e componentes”

IMP-F-118/00 “Ficha de registo de preparação”

	Elaborado/Alterado	Verificado e Aprovado	Alterações:
Em			
Por			
Rubrica			

IMP-F-116/00

	Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento	
	IT-F-112/00	Pág. 2 de 7

6. Componentes

6.1. Cuidado a ter com os componentes

O manuseamento de componentes considerados frágeis, deve ser supervisionado pelo responsável de grupo, devendo o operador ter o cuidado de realizar as operações necessárias de modo a não deteriorar os mesmos.

6.2. Armazenamento dos componentes

O armazenamento é efectuado após a realização da etapa de inspecção. Cabe ao responsável de grupo a tarefa discriminada.

6.3. Acesso aos produtos armazenados

O acesso aos produtos armazenados é da responsabilidade de cada grupo (pintura, PBR ou galvânica). Apenas os responsáveis de grupo estão autorizados a ir buscar produtos ao armazém.

7. Produtos com data de validade

7.1. Controlo da data de validade dos produtos de pintura

Mensalmente o responsável de grupo de pintura realiza um inventário aos produtos com data de validade mais apertada (bases, endurecedores e diluentes), retificando/atualizando a informação no ficheiro Excel "gestão de stocks".

As embalagens de pintura, que tenham passado a data de validade, deverão ser colocadas na zona de não conformidade para serem sucataadas. Os produtos cuja data de validade termina no mês seguinte devem ser sinalizados com uma etiqueta vermelha ("aproximação de fim da validade"). Idealmente, estes produtos devem ser consumidos nesse mesmo mês, de forma a evitar sucata.

A marcação das datas de validade dos componentes, após a abertura da embalagem, deve ser cumprida segundo a ordem:

- 1) Especificações do cliente
- 2) Especificações internas (sistema de pintura)
- 3) Recomendações do fornecedor

	Elaborado/Alterado	Verificado e Aprovado	Alterações:
Em			
Por			
Rubrica			

IMP-F-116/00

	Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento	
	IT-F-112/00	Pág. 3 de 7

Especificações	Data de validade após abertura
Cliente	Bases - 6 Meses
	Endurecedores – 3 Meses
	Diluentes – 1 ano
Internas	Indicado no esquema de pintura
Outras pinturas industriais	Bases - 2 Anos
	Endurecedores – 2 Anos
	Diluentes – sem data de validade

Nota: A data de validade após abertura nunca pode ultrapassar a data de validade dada pelo fornecedor.

7.2. Controlo da data de validade dos produtos químicos

Relativamente aos produtos químicos o método é análogo, sendo o chefe de grupo, o responsável pela sua gestão. Este procedimento aplica-se também ao armazém e ao laboratório. O registo deve ser feito na FSPP-Q. As soluções realizadas em laboratório devem sempre ser etiquetadas (nome e fórmula química da solução, data de realização e nº de PV associado, data de validade, simbologia de perigosidade e rúbrica do responsável). As soluções preparadas internamente devem ser datadas com 6 meses de validade. As soluções e produtos químicos comprados ao exterior devem ser datados de 1 ano de validade após abertura.

7.3. Gestão dos ingredientes

7.3.1. Manutenção da pintura e componentes

A manutenção das embalagens de pintura em termos de visualização quotidiana das datas de validade é realizada pelos pintores. Cabe ao responsável de secção assegurar-se que essa visualização é realizada.

7.3.2. Armazenamento da pintura e componentes

A pintura e componentes são armazenados por referência e por fornecedor. A temperatura de armazenamento da pintura deve estar compreendida entre 5 °C e 35 °C. Caso sejam ultrapassados esses limites a composição química da pintura pode ser alterada.

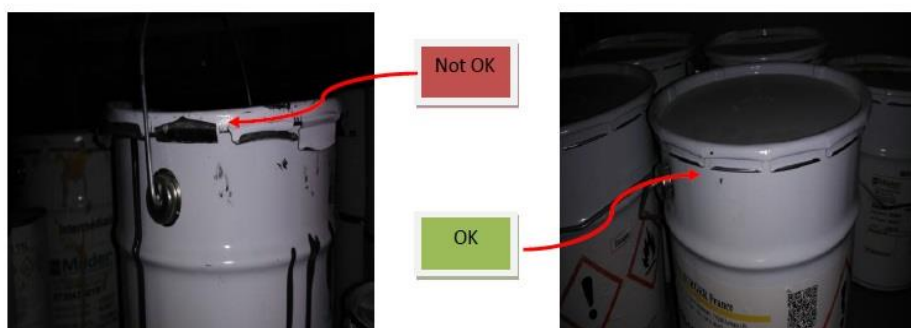
	Elaborado/Alterado	Verificado e Aprovado	Alterações:
Em			
Por			
Rubrica			

IMP-F-116/00

	Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento	
	IT-F-112/00	Pág. 4 de 7

A variação da temperatura no armazém é controlada através de um medidor de temperatura e humidade. Relativamente ao medidor, o engenheiro do processo, é responsável por descarregar os dados do aparelho mensalmente e verificar se os valores da temperatura ao longo do mês estão conformes. Caso se revele que a variação de temperatura excedeu algum limite mencionado, far-se-á o levantamento das ordens de produção nas quais a pintura foi utilizada e avisar-se-á o cliente, que tomará uma decisão quanto ao procedimento a seguir.

Nota: *As embalagens de pintura depois de abertas e usadas terão que ser fechadas de forma correta de modo a proporcionar a maior estanquicidade possível.*



7.3.3. Armazenamento de produtos químicos

- **Em laboratório**

- As soluções e outros produtos químicos em estado líquido armazenados em recipientes de vidro transparente, devem ser armazenados ao abrigo da luz;
- Todos os produtos devem estar armazenados em bacias de retenção, que tenham capacidade absorver o volume total em caso de derrame;
- Não poderão ser guardados no mesmo sítio produtos incompatíveis (ácidos e bases), tendo que ser respeitada a tabela de incompatibilidade de produtos;

- **Em armazém**

- Todos os produtos devem estar armazenados em bacias de retenção, que tenham capacidade absorver o volume total em caso de derrame;
- Não poderão ser guardados no mesmo sítio produtos incompatíveis (ácidos e bases), tendo que ser respeitada a tabela de incompatibilidade de produtos;

Nota: *Em caso de derrame devem ser accionados os respectivos procedimentos de HST.*

	Elaborado/Alterado	Verificado e Aprovado	Alterações:
Em			
Por			
Rubrica			

IMP-F-116/00

	Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento	
	IT-F-112/00	Pág. 5 de 7

7.4. Acesso ao armazém

7.4.1. Acesso ao armazém para levantamento de pintura

Apenas o responsável de grupo está autorizado a retirar componentes de pintura do armazém. Antes de começar qualquer trabalho de pintura o pintor deve assegurar-se que:

- A data de validade das embalagens é superior à data actual;
- A etiqueta de validade após abertura da embalagem foi colocada e está a ser respeitada;
- A referência interna do componente, na embalagem, está conforme a indicada no esquema de pintura.

Nota: *Aquando da abertura de uma nova embalagem de pintura, o pintor deve colocar a data de abertura, de modo a respeitar a utilização máxima, após abertura da mesma.*

7.4.2. Acesso ao armazém para levantamento de produtos químicos

Apenas o responsável de grupo está autorizado a retirar produtos químicos do armazém. Antes de utilizar um produto químico o técnico deve assegurar-se que:

- A data de validade dos produtos químicos é superior à data actual;
- Os produtos químicos possuem etiquetas e é respeitada a data de validade máxima após abertura de 1 ano.

8. Gestão de stocks

8.1. Pintura

8.1.1. FEFO

O FEFO (*First expired, first out*) deve ser seguido com rigor. Todos os meses aquando da realização do inventário, o responsável pelo armazém deve colocar os produtos nas prateleiras de acordo com as datas de validade, sendo que os que têm data de validade mais curta devem ser colocados para sair primeiro.

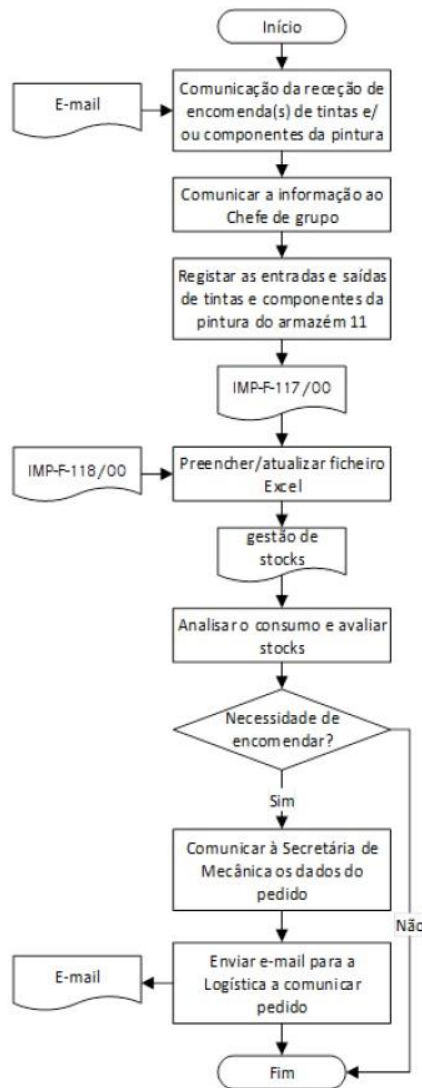
O responsável de pintura deve ter o cuidado de respeitar este sistema, utilizando primeiro as embalagens com data de validade mais curta. O mesmo se aplica aos produtos químicos e outros que tenham data de validade.

	Elaborado/Alterado	Verificado e Aprovado	Alterações:
Em			
Por			
Rubrica			

IMP-F-116/00

	Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento	
	IT-F-112/00	Pág. 6 de 7

8.1.2. Fluxograma



	Elaborado/Alterado	Verificado e Aprovado	Alterações:
Em			
Por			
Rubrica			

IMP-F-116/00

	Gestão de stocks de tintas e componentes, manutenção, armazenamento e acondicionamento	
	IT-F-112/00	Pág. 7 de 7

8.1.3. Explicação complementar

1º - Aquando da recepção de componentes de pintura a logística informa a secção de mecânica via correio electrónico;

2º - A secção de mecânica informa o chefe de grupo da pintura sobre a recepção da encomenda dos componentes de pintura, imprimindo o e-mail enviado pela logística, que ficará arquivado na pintura;

3º - O chefe de grupo regista através do impresso IMP-F-117/00 as entradas e saídas de tintas e componentes do armazém 11 (matéria subsidiária), cumprindo a metodologia FEFO;

4º - Semanalmente, o chefe de grupo procede à atualização do ficheiro de gestão de stocks através dos impressos IMP-F-117/00 e IMP-F-118/00. Em paralelo, analisa o consumo, avalia os stocks e se necessário procede ao pedido de encomenda de produtos. Nesta análise deve ser considerado o lead time de entrega do produto desde a data de encomenda. Os stocks de segurança (se aplicáveis) devem também ser considerados.

5º - Caso seja necessário efectuar encomenda, o chefe de grupo comunica à secção de mecânica as suas necessidades, que por sua vez comunica o pedido à logística, via correio electrónico. O pedido deverá ficar registado e datado no ficheiro "gestão de stocks".

Nota: A pintura deve ser informada, com um mínimo de um mês de antecedência das necessidades do prestador de serviços, de forma a assegurar os seus stocks para satisfazer a produção.

8.2.PBR

No PBR (pintura de baixo relevo), o responsável de grupo deve ter o cuidado de aplicar e respeitar o FEFO, tal como na pintura. Neste caso, é também o chefe de grupo, o responsável pela colocação das etiquetas com a indicação da validade após abertura da embalagem e por rejeitar, para sucata, as embalagens após expirarem o prazo de validade. Após abertas, as embalagens devem ser marcadas com as datas de validade de acordo com as especificações do cliente (se aplicável), especificações internas (esquema de pintura) ou ainda de acordo com as recomendações do fornecedor.

	Elaborado/Alterado	Verificado e Aprovado	Alterações:
Em			
Por			
Rubrica			

IMP-F-116/00

Anexo F. “Ficha de registo de preparação”

		FICHA DE REGISTO DE PREPARAÇÃO			FR-PP
		Preparação de Pintura			Página 1 de 1
Rastreabilidade		Ordem de Produção:			Esquema de pintura/Especificação:
		Base	Endurecedor	Diluyente	Retardador
Referência interna					
Fabricante					
Nº de Lote					
Data de validade (indicada pelo fornecedor)		__/__/__	__/__/__	__/__/__	__/__/__
Data de validade (após abertura da embalagem)		__/__/__	__/__/__	__/__/__	__/__/__
Composição					
Tempo de agitação (min.)					
Viscosidade medida (s): _____	DIN/ Ford/ Afnor nº: _____	Temperatura: _____ C°			
Tempo de agitação da mistura (min.)		<p>O tempo de agitação da mistura deverá ser realizado de acordo com o procedimento associado, monitorizado e registado.</p> <p>(*) Caso não esteja especificado, deve considerar-se 8h.</p>			
Hora da mistura					
Tempo de estabilização					
Pot life (*)					
Hora limite de aplicação					
Hora de aplicação					
Data: __/__/__	Operador: _____				

IMP-F-118/00

Figura 34 - Ficha de registo de preparação de pintura.

Anexo G. Diagramas causa-efeito dos defeitos de pintura

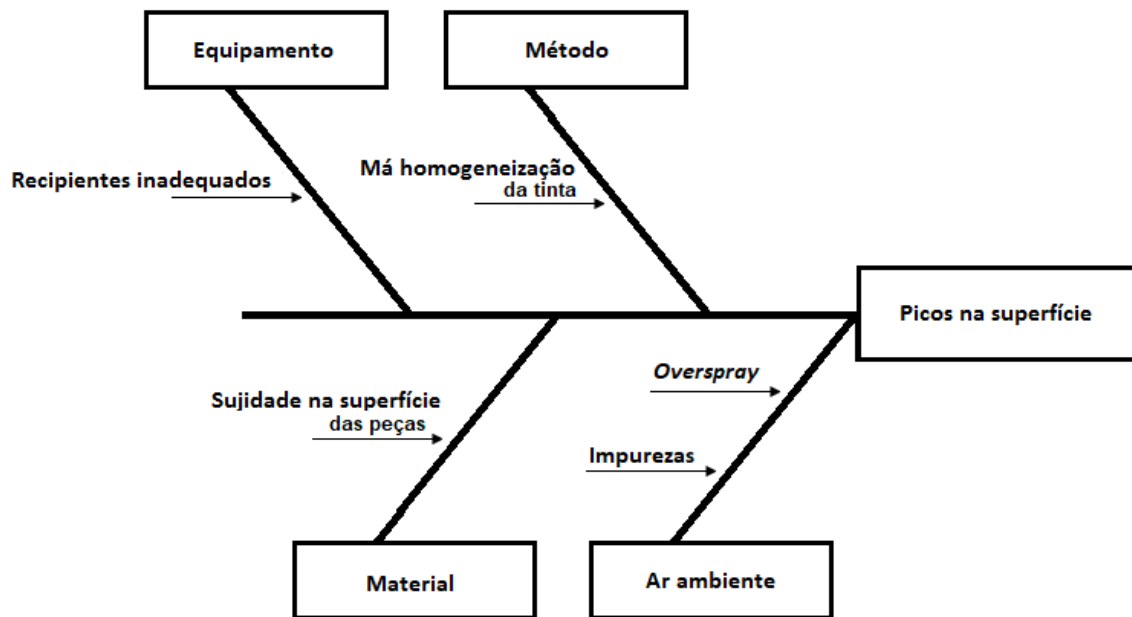


Figura 35 - Diagrama causa-efeito para o defeito de picos na superfície.

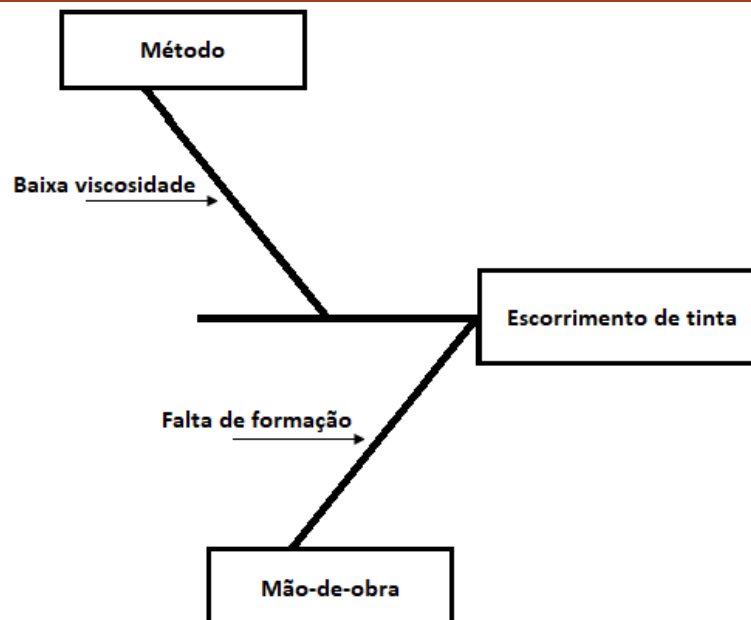


Figura 36 - Diagrama causa-efeito para o defeito de escorrimento de tinta.

Anexo H. Indicações para medição da viscosidade da tinta

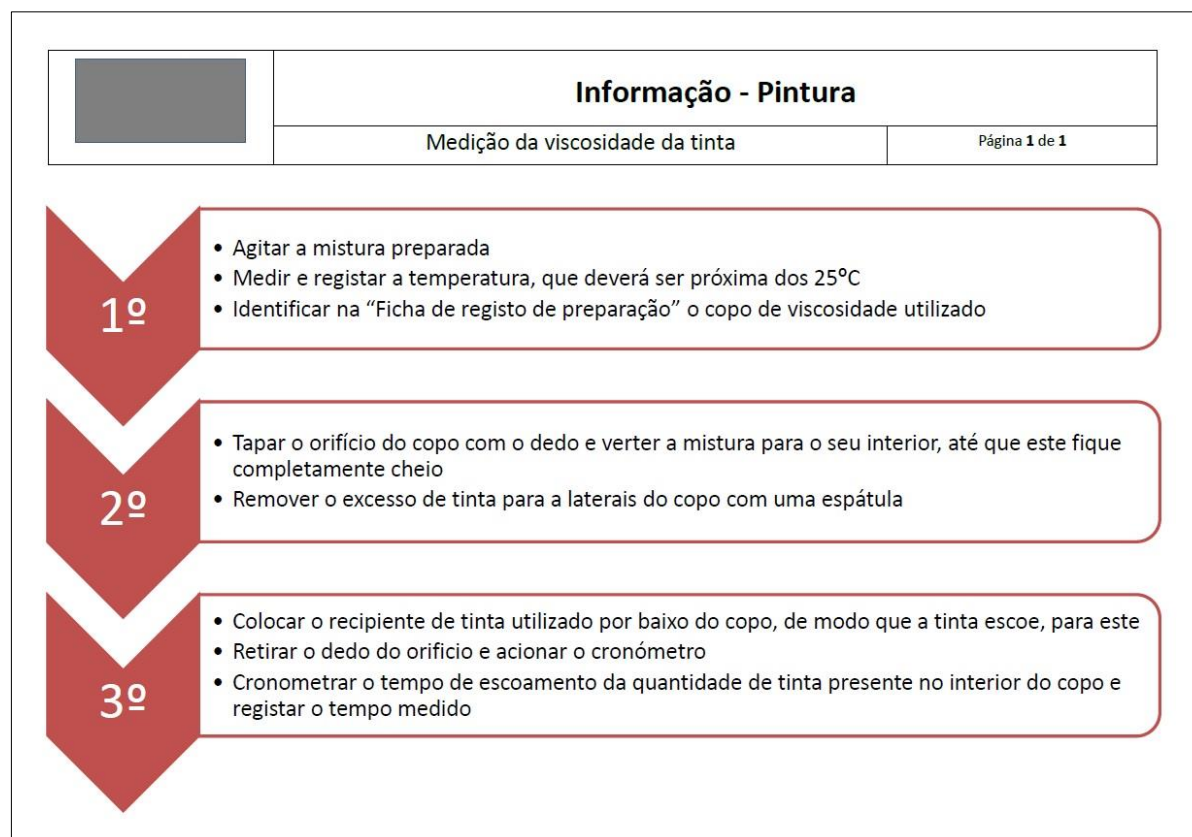


Figura 37 - Indicações fornecidas aos operadores de pintura para a realização da medição da viscosidade.

Anexo I. Dados das amostras - inspeção visual

Tabela 16 - 50 amostras recolhidas no período de janeiro a maio de 2018.

Amostra	Referência	$\hat{p}^{(a)}$	Semana	Unidades não conformes	Total	P	Z
1	434-475.212-010	0,166	3	6	123	0,049	-3,499
2	434-475.213-010	0,162	3	6	120	0,050	-3,335
3	434-493.112-010	0,296	3	53	237	0,224	-2,435
4	434-493.113-010	0,172	4	86	162	0,531	12,089
5	434-475.213-010	0,162	5	21	106	0,198	1,001
6	434-493.112-010	0,296	5	69	139	0,496	5,181
7	434-493.113-010	0,172	5	22	147	0,150	-0,725
8	434-467.212-003	0,349	6	131	254	0,516	5,564
9	434-467.213-003	0,346	6	39	104	0,375	0,628
10	434-475.212-010	0,166	6	12	107	0,112	-1,503
11	434-475.213-010	0,162	6	6	107	0,056	-2,979
12	434-493.113-010	0,172	7	46	163	0,282	3,719
13	434-467.213-003	0,346	8	69	147	0,469	3,153
14	434-475.212-010	0,166	8	17	104	0,163	-0,077
15	434-475.213-010	0,162	8	17	104	0,163	0,033
16	420-300.100-006	0,287	10	33	190	0,174	-3,444
17	434-467.213-003	0,346	11	24	128	0,188	-3,764
18	434-475.212-010	0,166	11	9	122	0,074	-2,744
19	434-475.213-010	0,162	11	9	122	0,074	-2,651
20	434-493.113-010	0,172	11	19	185	0,103	-2,505
21	420-300.100-006	0,287	12	74	296	0,250	-1,395
22	434-467.213-003	0,346	12	40	117	0,342	-0,087
23	434-475.212-010	0,166	12	23	206	0,112	-2,105
24	434-475.213-010	0,162	12	23	206	0,112	-1,970
25	434-493.113-010	0,172	12	11	108	0,102	-1,937
26	420-300.100-006	0,287	13	51	195	0,262	-0,776
27	434-475.212-010	0,166	13	15	128	0,117	-1,491
28	434-475.213-010	0,162	13	15	128	0,117	-1,383
29	420-300.100-006	0,287	14	76	282	0,270	-0,637
30	420-302.320-006	0,173	14	28	129	0,217	1,318
31	434-475.212-010	0,166	14	28	162	0,173	0,225
32	434-475.213-010	0,162	14	28	262	0,107	-2,432
33	420-302.320-006	0,173	15	34	197	0,173	-0,021
34	434-475.212-010	0,166	15	29	113	0,257	2,580
35	434-475.213-010	0,162	15	29	113	0,257	2,721
36	434-475.212-010	0,166	16	24	117	0,205	1,129
37	434-475.213-010	0,162	16	25	118	0,212	1,462
38	420-300.100-006	0,287	16	105	238	0,441	5,271

Amostra	Referência	$\hat{p}^{(a)}$	Semana	Unidades não conformes	Total	P	Z
39	434-475.212-010	0,166	17	28	130	0,215	1,504
40	434-475.213-010	0,162	17	17	119	0,143	-0,574
41	420-300.100-006	0,287	17	80	213	0,376	2,870
42	420-300.100-006	0,287	18	60	145	0,414	3,385
43	434-475.213-010	0,162	18	27	180	0,150	-0,446
44	420-300.100-006	0,287	18	93	174	0,534	7,229
45	434-467.213-003	0,346	18	39	121	0,322	-0,541
46	434-475.212-010	0,166	19	5	276	0,018	-6,610
47	434-475.213-010	0,162	19	7	247	0,028	-5,709
48	434-493.112-010	0,296	20	29	164	0,177	-3,339
49	420-300.100-006	0,287	20	19	142	0,134	-4,028
50	420-302.320-006	0,173	21	37	190	0,195	0,787

Tabela 17 - 20 amostras recolhidas entre junho e julho de 2018.

Amostra	Referência	$\hat{p}^{(a)}$	Semana	Unidades não conformes	Total	P	Z
1	434-467.213-003	0,346	23	39	121	0,322	-0,541
2	434-475.212-010	0,166	23	5	276	0,018	-6,610
3	434-475.213-010	0,162	23	7	247	0,028	-5,709
4	434-493.112-010	0,296	23	29	164	0,177	-3,339
5	434-475.212-010	0,166	25	13	185	0,070	-3,507
6	434-475.213-010	0,162	25	13	185	0,070	-3,394
7	434-493.113-010	0,172	26	6	127	0,047	-3,730
8	434-475.212-010	0,166	26	10	125	0,080	-2,590
9	434-475.212-010	0,166	27	7	155	0,045	-4,049
10	434-475.213-010	0,162	27	17	229	0,074	-3,613
11	434-493.112-010	0,296	27	18	153	0,118	-4,829
12	420-300.100-006	0,287	28	25	270	0,093	-7,052
13	434-475.212-010	0,166	28	12	184	0,065	-3,681
14	434-475.213-010	0,162	28	12	184	0,065	-3,570
15	434-493.112-010	0,296	28	43	277	0,155	-5,127
16	434-467.212-003	0,349	29	12	112	0,107	-5,376
17	434-475.212-010	0,166	29	12	196	0,061	-3,950
18	434-475.213-010	0,162	29	12	196	0,061	-3,837
19	420-300.100-006	0,287	30	7	162	0,043	-6,852
20	420-302.320-006	0,173	30	10	277	0,036	-6,028

(a) proporção de unidades defeituosas média, determinada a partir de dados históricos relativos ao ano de 2017.

Anexo J. Matriz de ensaios (ME)

Tabela 18 - Matriz de ensaios.

Tipo de teste	Testes de Qualificação					Testes periódicos de monitorização					Testes de aceitação/inspeção			
	Método	Periodicidade	Frequência	Critério	Norma/Especificação	Método	Periodicidade	Frequência	Critério	Norma/Especificação	Método	Amostragem	Critério	Norma/Especificação
Visual	Inspeção visual à distância 40 a 50 cm	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	mínimo Classe B	Norma do cliente	Inspeção visual à distância 40 a 50 cm	A definir internamente	mínimo 1 provete por esquema de pintura	mínimo Classe B	Norma do cliente	Inspeção visual à distância 40 a 50 cm	100% do lote	mínimo Classe B	Norma do cliente
Polimerização	Verificação da polimerização do revestimento	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	O substrato não pode ficar sem revestimento após 25 passagens de um pano embebido em MEK	standard MIL-PRF-85285	Verificação da polimerização do revestimento	A definir internamente	mínimo 1 provete por esquema de pintura	O substrato não pode ficar sem revestimento após 25 passagens de um pano embebido em MEK	standard MIL-PRF-85285	-	-	-	-
Espessura do revestimento	Secção transversal polida ou corrente de Foucault (3 medições do primário e 5 medições do <i>finishcoat</i>)	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	Definido pelo cliente durante a qualificação	standard ISO 2808	Secção transversal polida ou corrente de Foucault (3 medições do primário e 5 medições do <i>finishcoat</i>)	A definir internamente	mínimo 1 provete por esquema de pintura	Definido pelo cliente durante a qualificação	standard ISO 2808	Secção transversal polida ou corrente de Foucault (3 medições do primário e 5 medições do <i>finishcoat</i>)	1 peça por lote ou um provete por lote	Definido no plano de inspeção (depende da geometria da peça)	standard ISO 2808; plano de inspeção
Adesão inicial do revestimento	Teste de corte transversal e fita adesiva com adesão igual ou superior a 6N para 25mm e alongamento na rutura <3% (filmes secos com espessura ≤ 250µm)	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	Classe ≤ 1	DIN EN ISO 2409	Teste de corte transversal e fita adesiva com adesão igual ou superior a 6N para 25mm e alongamento na rutura <3% (filmes secos com espessura ≤ 250µm)	A definir internamente	mínimo 1 provete por esquema de pintura	Classe ≤ 1	DIN EN ISO 2409	Teste da fita adesiva com adesão igual ou superior a 6N para 25mm e alongamento na rutura <3% (filmes secos com espessura ≤ 250µm)	1 peça por lote	Não adesão do revestimento à fita adesiva	DIN EN ISO 2409
Adesão húmida do revestimento	Teste de resistência à imersão em água desionizada à temperatura ambiente por 14 dias	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	Classe ≤ 1	DIN EN ISO 2409	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adesão do revestimento	<i>Pull-off test</i> ou teste de resistência ao arranque (filmes secos com espessura ≤ 250µm)	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	≥ 4 MPa (rutura coesiva)	ISO 4624	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor	Inspeção visual ou medição da cor por comparação com amostra padrão	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	de acordo com a especificação técnica ou aplicar ΔE≤3 em caso de não ser definido	standard NORMDEF 0001, FED-STD 595 ou British Standard	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nível de Brilho	Elcometer a 60°	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	de acordo com especificação técnica	DIN EN ISO 2813	Elcometer a 60°	A definir internamente	mínimo 1 provete por esquema de pintura	de acordo com especificação técnica	DIN EN ISO 2813	Elcometer a 60°	1 peça por lote	de acordo com especificação técnica	DIN EN ISO 2813
Corrosão	Teste de névoa salina	A definir aquando da Auditoria	mínimo 1 provete por esquema de pintura	Ausência de bolhas ou manchas de corrosão nos painéis	ISO 9227	-	-	-	-	-	-	-	-	-