



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

Melhoria contínua numa indústria metalomecânica - SMED e outras ferramentas *Lean*

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Autor

Ana Isabel Duarte Maia

Orientador

Ana Carla Vicente Vieira

Supervisor na empresa TEKA

Miguel Sebastião

Coimbra, novembro de 2025



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

AGRADECIMENTOS

Tudo o que sou hoje deve-se, em grande parte, ao ambiente que me rodeia. Esse ambiente engloba todas as experiências vividas e, sobretudo, todas as pessoas com quem cruzei caminhos, com quem partilhei um pouco de mim e de quem já recebi muito em troca.

Primeiramente, gostaria de agradecer, em especial, à minha segunda casa nos últimos cinco anos, o ISEC, e a todos os professores por quem me cruzei, principalmente à Professora Ana Vieira e ao Professor Luís Martinho. Sou grata pela oportunidade de aprender, por ter concluído dois estágios curriculares que tanto me acrescentaram, e por todo o apoio que me permitiu avançar no percurso para me tornar uma jovem engenheira. Reforço a gratidão pela minha professora e orientadora, a Professora Ana Vieira, por nunca desistir de mim e por ter aceitado orientar-me novamente neste trabalho. É sempre um gosto trabalhar consigo e valorizo profundamente o cuidado que demonstra com cada detalhe, mesmo aqueles que, por vezes, me passam despercebidos.

À TEKA Portugal, agradeço por, num ano tão atípico, ter recebido uma estagiária dedicada à melhoria contínua, apostando nos jovens para trazer novas ideias e melhorias, permitindo-nos aprender e crescer profissionalmente. Obrigada pela oportunidade. Ao meu orientador na empresa, Miguel Sebastião, agradeço pela paciência comigo, por me ensinar a manter a calma e a ser resiliente perante todos os desafios. O seu apoio ao longo destes meses foi fundamental e permitiu-me adquirir conhecimentos que levo para a vida. Agradeço também ao meu superior, Fernando Contezini, pelo interesse demonstrado no meu bem-estar na fábrica e na minha aprendizagem. Finalmente, agradeço a todos os colegas da TEKA que, de alguma forma, tornaram os meus dias mais agradáveis e me ensinaram sempre algo novo. Um agradecimento especial à Rute, à Liliana, ao Luís, ao Mário, à Alexandra e ao Bruno.

A todos os meus amigos, e principalmente às minhas grandes amigas e colegas nestes cinco anos de faculdade, a Inês, a Beatriz e a Mariana. Sou grata pelas amizades bonitas que fiz no ISEC e que serão para toda a vida. Obrigada a cada uma de vocês, especialmente à minha melhor amiga, a Inês, que tanto me apoiou este ano.

Por fim, e o mais importante, agradeço a toda a minha família, especialmente aos meus pais e à minha avó Mila. Aos meus pais, que além de serem um exemplo a seguir, constituem o meu grande pilar, sou profundamente e eternamente grata pela sorte de ter crescido numa família repleta de amor. À minha querida avó Mila, que me apoiou de forma incondicional ao longo destes meses de trabalho e que tanto se preocupa comigo, agradeço do fundo do coração tudo o que tem feito por mim.

RESUMO

O presente trabalho descreve as atividades desenvolvidas durante o estágio curricular de mestrado na TEKA Portugal. Este documento proporciona uma visão global das tarefas realizadas, evidenciando a aplicação prática, em contexto real de trabalho, dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial (MEGI), no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC).

O relatório inicia-se com uma contextualização do estágio e com a identificação dos objetivos definidos, seguindo-se uma apresentação da empresa onde decorreu o estágio, a TEKA Portugal, incluindo a sua organização e funcionamento. Posteriormente, são detalhados os dois setores onde incidiu a maior parte do trabalho prático desenvolvido, o setor das quinadoras e o setor das prensas progressivas, com foco principal na aplicação da metodologia SMED para redução dos tempos de *setup*. Paralelamente, foram aplicadas outras ferramentas *Lean* para melhorar os processos produtivos, melhorar o funcionamento da fábrica e eliminar desperdícios. Os dados recolhidos no início da análise dos processos, são o ponto de partida para analisar os principais problemas identificados, e fundamentar as propostas de melhoria mais relevantes, algumas das soluções implementadas e os resultados que se evidenciaram.

Adicionalmente, são destacadas as conclusões mais relevantes, incluindo as lições aprendidas e recomendações para futuras melhorias, demonstrando a importância de consolidar práticas de melhoria contínua em ambiente industrial.

Por fim, este relatório reforça ainda a necessidade de estabelecer padrões de trabalho consistentes, seja em métodos, rotinas, organização do posto de trabalho ou gestão de ferramentas, como forma de otimizar processos e promover a eficiência operacional.

Palavras-chave: SMED, Melhoria Contínua; Otimização de processos, Segurança e Ergonomia, Padronização.

"The most dangerous kind of waste is the waste we do not recognize."

Shigeo Shingo

ABSTRACT

This report describes the activities carried out during the Master's degree internship at TEKA Portugal. This document provides an overview of the tasks performed, highlighting the practical application, in a real work context, of the theoretical knowledge acquired throughout the Master's degree in Industrial Engineering and Management (MEGI) at the Coimbra Institute of Engineering (ISEC).

The report begins with a contextualisation of the internship and identification of the defined objectives, followed by a presentation of the company where the internship took place, TEKA Portugal, including its organisation and operation. Subsequently, the two sectors where most of the practical work was carried out are detailed, the bending sector and the progressive press sector, with main focus on the application of the SMED methodology to reduce setup times. At the same time, other Lean tools were applied to improve production processes, improve factory operations and eliminate waste. This document presents, the data collected at the beginning of the process analysis, the main problems identified, the most relevant improvement proposals, some of the solutions implemented, and the results that became evident.

In addition, the most relevant conclusions are highlight including lessons learned and recommendations for future improvements, demonstrating the importance of consolidating continuous improvement practices in industry.

Finally, this report also reinforces the need to establish consistent working standards, whether in methods, routines, workplace organisation or tool management, as a way of optimising processes and promoting operational efficiency.

Keywords: SMED, Continuous Improvement; Process Optimisation, Safety and Ergonomics, Standardisation.

"The most dangerous kind of waste is the waste we do not recognize."

Shigeo Shingo

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice.....	iv
Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos do estágio.....	2
1.3. Estrutura do relatório	2
2. Enquadramento teórico.....	4
2.1. Pensamento <i>Lean</i>	4
2.1.1. <i>Lean Thinking</i>	5
2.1.2. <i>Lean Production</i>	6
2.1.3. Desafios da aplicação <i>Lean</i>	7
2.2. <i>Toyota Production System</i>	8
2.3. Desperdícios <i>Lean</i>	10
2.3.1. Oitavo desperdício	13
2.3.2. Expansão dos desperdícios <i>Lean</i> para onze categorias	14
2.3.3. O “nono desperdício” segundo diferentes interpretações	14
2.4. SMED	15
2.4.1. Contexto	15
2.4.2. Etapas do SMED	17
2.4.3. Desafios na implementação do SMED	18
2.4.4. Redução de tempos de <i>setup</i> com outras ferramentas <i>Lean</i>	19
2.4.5. Desenvolvimento do SMED ao longo do tempo	20
2.4.6. Vantagens da aplicação do SMED	21
2.5. TPM	23
2.5.1. Objetivos do TPM e os seus pilares.....	24

2.5.2. Benefícios da aplicação do TPM	24
2.5.3. Métrica de avaliação de TPM.....	25
2.6. OEE.....	25
2.7. 5S	27
2.7.1. Breve descrição de cada Senso.....	27
2.7.2. Benefícios da aplicabilidade dos 5S.....	28
2.7.3. Desafios enfrentados na aplicação do 5S	29
2.7.4. Evolução do 5S para 6S e 7S	29
2.8. Resistência à mudança	30
2.9. Diagrama de Pareto.....	31
2.9.1. Objetivo da elaboração do diagrama de Pareto.....	32
2.9.2. Como é utilizado o diagrama Pareto.....	32
2.10. Diagrama <i>Spaguetti</i>	34
2.11. Implantação.....	35
2.11.1. Problemas associados ao <i>Layout</i> fabril e classificação dos mesmos	36
2.11.2. Principais tipos de <i>Layout</i>	37
2.11.3. Metodologia <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP)	38
2.11.4. Tendências Atuais e Novos Paradigmas no Planeamento de <i>Layouts</i> ..	39
2.11.5. Fatores Críticos no Planeamento do <i>Layout</i>	40
2.12. VSM.....	41
3. Apresentação da empresa.....	43
3.1. Grupo inicialmente: HERITAGE B.....	43
3.2. Grupo atualmente: MIDEA Group.....	44
3.3. A TEKA Portugal	45
3.4. História da empresa.....	46
3.5. Marcas do grupo TEKA.....	47
3.6. Organização da empresa.....	48
3.7. Produtos produzidos.....	50
3.8. Apresentação da planta da fábrica.....	53
3.9. Processo produtivo	54
3.10. Volume de produção	57
4. Atividades Práticas desenvolvidas durante o estágio	58
4.1. Setor das quinadoras	58

4.1.1. Introdução ao processo	59
4.1.2. Primeira análise dos tempos de <i>setup</i>	59
4.1.3. Levantamento de dúvidas em relação aos registos dos tempos de <i>setup</i> . 64	
4.1.4. Procedimento atual de <i>setup</i>	64
4.1.5. Levantamento de problemas identificados.....	67
4.1.6. Análise detalhada das principais causas e melhorias implementadas	69
4.1.7. Outras melhorias aplicadas com a metodologia do 5S	86
4.2. Setor das prensas progressivas.....	90
4.2.1. Introdução ao processo	91
4.2.2. Primeira análise dos tempos de <i>setup</i>	92
4.2.3. Procedimento atual de <i>setup</i>	93
4.2.4. Levantamento de problemas identificados.....	96
4.2.5. Análise detalhada das principais causas e melhorias implementadas	104
4.2.6. Outras melhorias desenvolvidas	112
4.3. Análise dos resultados obtidos	114
4.3.1. Análise dos resultados da prensa progressiva M1020	114
4.4. Outras atividades desenvolvidas.....	116
4.4.1. Auditorias no setor da pintura	116
4.4.2. <i>Workshop</i> SMED	116
4.4.3. Apresentação final.....	117
4.4.4. Análise transversal das limitações na melhoria contínua.....	117
5. Conclusão.....	118
Referências Bibliográficas.....	120
Anexos	128
Anexo 1 – Organograma	129
Anexo 2 – Exemplos de tarefas recolhidas na análise de <i>setup</i>	130
Anexo 3 – Listagem de matrizes existentes nas quinadoras.....	134
Anexo 4 – Listagem de punções existentes nas quinadoras.....	135
Anexo 5 – Listagem de ferramentas e respetiva localização	136
Anexo 6 – Tabela completa dos tempos de <i>setup</i> da prensa M1020.....	138
Anexo 7 – Tabela com tarefas organizadas por cada operadora	139
Anexo 8 – Plano de tarefas para execução de um <i>setup</i> completo.....	141
Anexo 9 – Diapositivos apresentados no <i>Workshop</i> de SMED	142

Anexo 10 – Diapositivos da apresentação de síntese e propostas de melhoria.	143
Anexo 11 – Evidência de divulgação do trabalho desenvolvido	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Diferentes níveis do <i>Lean</i>	5
Figura 2.2 - A casa do TPS.....	8
Figura 2.3 - Representação do lote económico de produção.....	23
Figura 2.4 - Diagrama de Pareto das áreas de foco.....	34
Figura 3.1 - logótipo da empresa MIDEA	44
Figura 3.2 - Unidade fabril da TEKA Portugal	45
Figura 3.3 - Mapa do mundo com todas as fábricas da TEKA.....	47
Figura 3.4 - marcas do grupo TEKA	47
Figura 3.5 - Departamentos do setor industrial da TEKA Portugal.....	49
Figura 3.6 - Todas as áreas do setor da produção da TEKA Portugal (ver Anexo 1).....	49
Figura 3.7 - produtos da gama de cavidades produzidos na TEKA Portugal	51
Figura 3.8 - produtos da gama de chaminés decorativas produzidos na TEKA.....	52
Figura 3.9 - produtos da gama de exaustores do grupo filtrante produzidos na TEKA	52
Figura 3.10 - produtos da gama de exaustores produzidos na TEKA	53
Figura 3.11 - Planta fabril	54
Figura 3.12 - Processo produtivo da maioria dos exaustores/chaminés e cavidades	55
Figura 3.13 - produção de chaminés/exaustores Vs cavidades no ano de 2023	58
Figura 4.1 - Representação gráfica do tempo de <i>setup</i> nas duas quinadoras.....	63
Figura 4.2 - diagrama pareto das atividades de <i>setup</i> no setor das quinadoras	69
Figura 4.3 - esbarro com representação de ordem de ajuste.....	72
Figura 4.4 - Régua metálica no esbarro.....	74
Figura 4.5 - Evolução das chaves de aperto para as quinadoras.....	76
Figura 4.6 - Tipos de ferramentas nas quinadoras.....	77
Figura 4.7 - Ferramentas: a) sem gravação a laser; b) com gravação a laser.....	78
Figura 4.8 - Configuração desejada da conformação da chapa.....	79

Figura 4.9 - Situação inicial da disposição das ferramentas sem calhas	80
Figura 4.10 - Situação final da disposição das ferramentas com calhas	80
Figura 4.11 - Identificação das ferramentas e respetiva localização afixada na zona das quinadoras	81
Figura 4.12 - Situação inicial VS situação final da gaveta de ferramentas da bancada da qualidade.....	83
Figura 4.13 - diagrama esparguete de um <i>setup</i> normal.....	84
Figura 4.14 - <i>Layout</i> inicial da zona das quinadoras.....	85
Figura 4.15 - Plano de novo <i>Layout</i> do setor das quinadoras.....	85
Figura 4.16 - Local para colocar o contentor cheio, próximo da máquina.	86
Figura 4.17 - Índice de um <i>dossiê</i>	88
Figura 4.18 - <i>Dossiês</i> por dentro, antes e depois da aplicação da metodologia 5S	88
Figura 4.19 - <i>Dossiês</i> por fora antes e depois da aplicação da metodologia 5S.....	89
Figura 4.20 - Contentor de amostras de vidros com melhorias implementadas.....	90
Figura 4.21 - Zona da bobine da máquina M1020	94
Figura 4.22 - Média de tempo de <i>setup</i> por atividade do operador 1 e operador 2.....	98
Figura 4.23 - Colaboradora a encolher-se entre a ferramenta e o operador	99
Figura 4.24 - Empilhador com paletes a passar perto das colaboradoras	99
Figura 4.25 - Trajeto inicial do empilhador	100
Figura 4.26 - Trajeto final do empilhador	101
Figura 4.27 - Novo corredor de passagem do empilhador atrás do parque de ferramentas da prensa M1020.....	102
Figura 4.28 - Esquema da nova disposição das ferramentas.....	104
Figura 4.29 - Nova disposição das ferramentas.....	104
Figura 4.30 - Marcação no chão das zonas de “Ferramenta IN” e “Ferramenta OUT”	105
Figura 4.31 - Listagem de tarefas pré <i>setup</i> para o <i>Team Leader</i>	106
Figura 4.32 - Marcação de algumas medidas no desenrolador	107
Figura 4.33 - Desenrolador com régua graduada e batente implementados.....	108
Figura 4.34 - Aparafusadora elétrica	109

Figura 4.35 - Diagrama esparguete de um <i>setup</i> na prensa M1020 realizado por duas colaboradoras	111
Figura 4.36 - Plano de tarefas para execução de um <i>setup</i> completo (ver Anexo 7).....	111
Figura 4.37 - Conjunto de chapas de identificação das ferramentas de prensa	113
Figura 4.38 - Protótipo de chapas de identificação para ferramentas de prensa.	113
Figura 4.39 - Quadro de apoio à atividade de separação das tarefas do <i>setup</i> , utilizado durante o <i>workshop</i> de SMED	116

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Proporção média do tempo dedicado a cada tarefa de <i>setup</i>	16
Tabela 2.2 - Vantagens e desvantagens associadas a elevados níveis de <i>stock</i>	22
Tabela 4.1 - Segmento de dados recolhidos dos tempos médios de <i>setup</i> das peças de quinadoras, e outras análises.....	60
Tabela 4.2 - média de tempo de <i>setup</i> geral, máximo e mínimo nas duas máquinas	61
Tabela 4.3 - Tempo médio de <i>setup</i> na máquina M797	62
Tabela 4.4 - Tempo médio de <i>setup</i> na máquina M1008.....	63
Tabela 4.5 - Distribuição do tempo total por categoria de atividade.....	68
Tabela 4.6 - Exemplo de uma ficha de parâmetros elaboradora para registo dos operadores	71
Tabela 4.7 - Segmento dos dados de <i>setup</i> na prensa M1020	92
Tabela 4.8 - Percentagem de tempo médio de <i>setup</i>	97
Tabela 4.9 - Listagem de ferramentas para o parque de ferramentas da prensa M1020	103
Tabela 4.10 - Tempo total das atividades externas e internas.....	114
Tabela 4.11 - Cálculo de custos do tempo de máquina parado em <i>setup</i>	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASQ	<i>Society for Quality</i>
B2B	<i>Business-to-Business</i>
B2C	<i>Business-to-Consumer</i>
ID	Investigação e Desenvolvimento
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
JIT	<i>Just-in-Time</i>
MEGI	Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial
SAT	Serviço de Assistência Técnica
SLP	<i>Systematic Layout Planning</i>
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

1. INTRODUÇÃO

O plano de estudos do segundo ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial (MEGI) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), prevê a realização de um estágio curricular à escolha do aluno, que visa a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

O estágio que serviu de base à redação deste documento teve a duração de nove meses, decorrendo entre 30 de setembro de 2024 a 30 de junho de 2025. O mesmo foi realizado numa fábrica metalomecânica dedicada à produção de eletrodomésticos de encastre, principalmente exaustores, chaminés decorativas, fornos e micro-ondas. A empresa onde decorreu o estágio foi a TEKA Portugal, localizada na Zona Industrial da Mota, em Ílhavo (Aveiro).

Neste capítulo apresenta-se um breve enquadramento do trabalho desenvolvido, são descritos os principais objetivos e, por fim, a estrutura geral do relatório.

1.1. Enquadramento

A cozinha, é um dos espaços centrais de qualquer habitação. É o local que une a família à mesa e onde as pessoas passam grande parte do tempo em que estão em casa, seja antes ou depois do trabalho. Assim sendo, o conforto, a estética e o bem-estar neste ambiente, assumem um papel cada vez mais relevante no quotidiano das famílias e de cada indivíduo.

Paralelamente, observa-se uma valorização crescente da alimentação caseira, associada à procura por refeições mais equilibradas, saudáveis, seguras e de qualidade, em linha com os objetivos de desenvolvimento sustentável. Esta tendência exige cozinhas bem equipadas com eletrodomésticos fiáveis, eficientes e esteticamente apelativos, que contribuam para a funcionalidade, ergonomia e harmonia do espaço doméstico.

Neste contexto, a TEKA Portugal, empresa dedicada à produção de eletrodomésticos de encastre, tem procurado responder às exigências de um mercado em constante evolução e cada vez mais competitivo, combinando qualidade, inovação e *design* nos seus produtos.

A TEKA Portugal atua tanto no segmento B2B (*Business-to-Business*), fornecendo produtos a outras empresas e distribuidores, bem como no segmento B2C (*Business-to-Consumer*), disponibilizando os seus eletrodomésticos diretamente ao consumidor final. Enquanto empresa no setor metalomecânico, a TEKA tem vindo a investir na melhoria contínua dos seus processos produtivos com o objetivo de garantir melhores eficiências, cumprimento de prazos e satisfação das exigências de todos os seus clientes.

1.2. Objetivos do estágio

O estágio curricular, realizado na TEKA Portugal, no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial (MEGI), teve os seguintes objetivos genéricos:

- Consolidar e apreender as matérias lecionadas durante os períodos académicos;
- Compreender a aplicabilidade dos conteúdos;
- Adquirir novos conhecimentos sobre como se organiza uma unidade fabril e todos os seus setores e departamentos;
- Visualizar e compreender dificuldades existentes no setor industrial e profissional;
- Crescimento pessoal e intelectual;
- Dar a conhecer à empresa novas ideias, diferentes maneiras de visionar um problema e de o resolver, com soluções dinâmicas e diferentes.

É de salientar a importância da realização de um estágio curricular, não apenas como requisito académico, mas sobretudo como uma oportunidade de aprendizagem prática, que permite aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico e desenvolver competências essenciais em ambiente industrial.

Como objetivo específico, a TEKA Portugal propôs o desenvolvimento de um projeto baseado na aplicação da ferramenta SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) em alguns setores da fábrica, identificados como prioritários para a melhoria da eficiência operacional.

O estágio decorreu no departamento de Melhoria Contínua e *Lean Production*, permitindo um contacto direto com as metodologias de otimização de processos, fundamentais para o aumento da produtividade, competitividade e redução de desperdícios.

O trabalho desenvolvido seguiu uma metodologia com base em abordagens qualitativas e quantitativas, tendo-se recorrido a observação, cronometragem e análise dos dados iniciais para determinar o ponto de situação da empresa no início do estágio, fazer o levantamento de problemas e identificar oportunidades de melhoria, sustentadas no conhecimento técnico-científico do enquadramento teórico.

1.3. Estrutura do relatório

Este relatório está dividido em 5 capítulos, sendo que o primeiro capítulo constitui a introdução do relatório, onde é apresentado o enquadramento geral, a estrutura do documento e os objetivos do estágio realizado.

No segundo capítulo, aborda-se o enquadramento teórico, fundamental para garantir os alicerces das metodologias que poderão ser aplicadas na prática industrial. Este capítulo foca-se principalmente em conceitos relacionados com o Pensamento *Lean* e a melhoria contínua, incluindo ferramentas e diagramas que facilitam a análise e resolução de problemas.

O terceiro capítulo é dedicado à apresentação da empresa e do grupo a que esta pertence, introduzindo a sua origem, história e as principais alterações ao longo do tempo. São descritos os produtos fabricados, o processo produtivo e os diferentes departamentos da unidade fabril.

O quarto capítulo resume as atividades desenvolvidas ao longo dos nove meses de estágio, detalhando os passos seguidos para a implementação de diversas propostas de melhoria. Inicialmente, com base nos dados recolhidos, caracterizam-se os problemas gerais, identificando-se as suas causas. De seguida, descreve-se a metodologia utilizada para a resolução dos problemas, incluindo as atividades realizadas para a implementação de melhorias.

O quinto capítulo corresponde à conclusão, constituindo uma reflexão sobre os nove meses de aprendizagem e identificando as principais dificuldades encontradas e os maiores ganhos conseguidos.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas, bem como os doze anexos que complementam informações sobre o trabalho desenvolvido e apresentado no quarto capítulo.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar o enquadramento teórico que sustenta este trabalho, com foco na filosofia da melhoria contínua e nas principais ferramentas *Lean* que lhe estão associadas. Serão exploradas metodologias e técnicas orientadas para a eliminação de desperdícios, a otimização de processos e o aumento da eficiência. Este enquadramento teórico possibilita compreender de que forma estas abordagens podem ser aplicadas em contexto industrial, servindo de base à análise e ao desenvolvimento do trabalho prático realizado em chão de fábrica numa indústria metalomecânica, durante o estágio curricular, conforme descrito nos capítulos seguintes.

2.1. Pensamento *Lean*

O pensamento *Lean* é uma filosofia de gestão orientada para a eliminação sistemática de desperdícios e para a organização eficiente das atividades. Tendo como objetivo criar valor de forma contínua e sustentável, esta abordagem teve origem no Sistema de Produção da *Toyota* – *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido no período pós-Segunda Guerra Mundial. Inicialmente aplicado na indústria automóvel, evoluiu para um modelo global de gestão e melhoria contínua, sendo hoje utilizado em diversos setores (Farinha, 2018; Hines et al., 2004).

O propósito central do *Lean* é maximizar o valor entregue ao cliente com o mínimo de recursos possível - menos esforço humano, menos espaço, menos inventário e menos tempo. A sua base assenta em dois pilares: a criação de valor do ponto de vista do cliente e a eliminação de desperdícios, designados pelos termos japoneses muda, mura e muri (Bhadu et al., 2025; Cortes et al., 2016). Na prática, a filosofia *Lean* promove maior flexibilidade e uma resposta ágil às necessidades do mercado (Farinha, 2018; Hines et al.). Mais do que um conjunto de ferramentas, o *Lean* exige um compromisso organizacional e uma cultura transversal, em que a liderança assegura o alinhamento estratégico e o envolvimento dos colaboradores. (Mendoza-Sotomayor et al., 2024; Panigrahi et al., 2023).

Além dos benefícios operacionais, o *Lean* contribui para a sustentabilidade, ao reduzir desperdícios de materiais, energia e recursos. Este efeito tem-se refletido em melhorias visíveis em setores como a construção, nomeadamente ao nível da qualidade, segurança, redução de custos e prazos de execução, bem como no aumento da satisfação do cliente e na sustentabilidade dos projetos (Bhadu et al., 2025; Cortes et al., 2016).

Alguns autores sugerem a estruturação do pensamento *Lean* em dois níveis distintos - o estratégico e o operacional -, conforme ilustrado na Figura 2.1. Esta distinção é

essencial para uma abordagem holística à gestão da produção, permitindo alinhar a visão de longo prazo com a eficiência das operações no terreno (Hines et al., 2004).

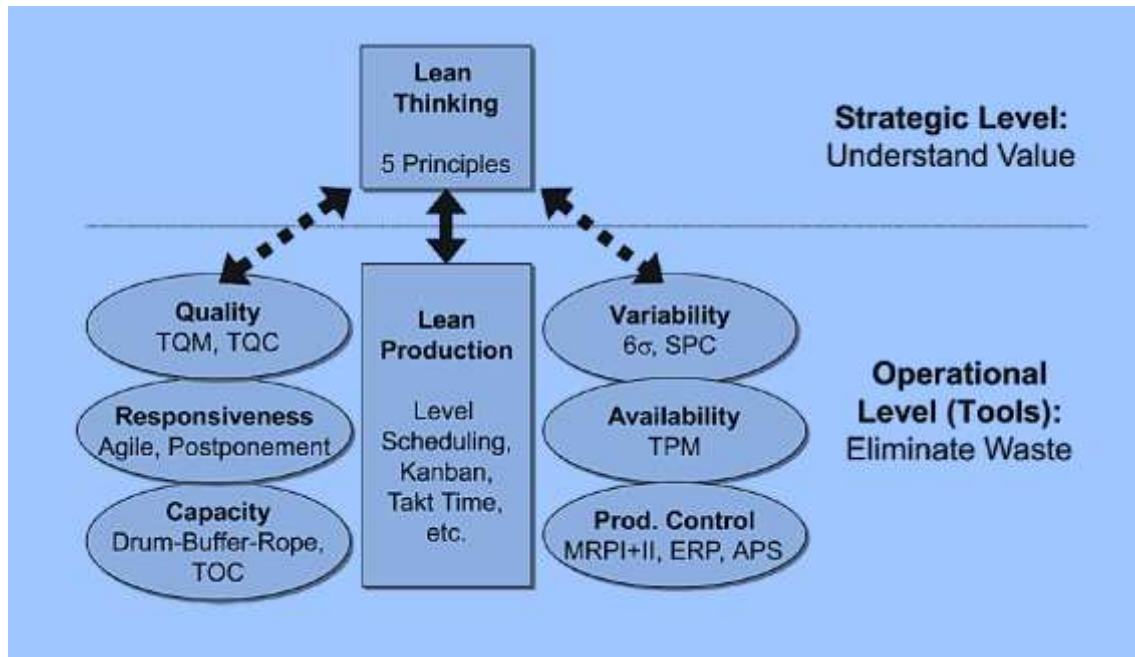


Figura 2.1 - Diferentes níveis do *Lean*

Fonte: (Hines et al., 2004)

2.1.1. *Lean Thinking*

No nível estratégico, o *Lean Thinking* abrange toda a organização, desde a gestão de topo até às equipas operacionais, com foco na compreensão da cadeia de valor e na melhoria contínua. A sua base são os cinco princípios fundamentais de Womack e Jones (Farinha, 2018; Haekal, 2022; Pinto, 2014; Rüttimann & Stöckli, 2016):

- identificação de valor;
- mapeamento do fluxo de valor;
- criação do fluxo contínuo;
- implementação do Sistema *Pull*;
- procura pela perfeição.

O primeiro princípio consiste em compreender as necessidades, desejos e expectativas do cliente relativamente ao produto ou serviço, de forma a identificar aquilo que efetivamente representa valor para o cliente. O foco recai sobre os elementos que realmente importam, sendo eliminados aqueles que não contribuem para satisfazer essas necessidades (Farinha, 2018; Haekal, 2022; Hines et al., 2004; Pinto, 2014).

O segundo princípio refere-se ao mapeamento do fluxo de valor. Aqui é permitido identificar todas as etapas e todos os processos necessários à entrega do produto ou serviço. O seu propósito é eliminar desperdícios e evidenciar oportunidades de melhoria ao longo de todo o fluxo (Farinha, 2018; Haekal, 2022; Hines et al., 2004; Pinto, 2014).

O terceiro princípio implica o estabelecimento de um fluxo de trabalho contínuo, sem interrupções, atrasos ou acumulação de inventário, assegurando que o trabalho avança de forma fluida entre as diferentes etapas do processo (Farinha, 2018; Haekal, 2022; Hines et al., 2004; Pinto, 2014).

Em quarto lugar, destaca-se a implementação do sistema pull, no qual a produção é acionada de acordo com a procura real do cliente - nas quantidades e no momento em que o produto ou serviço é necessário - em vez de se basear em previsões ou stocks. Este sistema permite reduzir os desperdícios relativamente ao excesso de inventário (Farinha, 2018; Haekal, 2022; Hines et al., 2004; Pinto, 2014).

Por fim, o quinto princípio corresponde à procura contínua pela perfeição. Este pressupõe o desenvolvimento de uma cultura organizacional orientada para a melhoria contínua, a aprendizagem e a inovação em todos os processos (Farinha, 2018; Haekal, 2022; Hines et al., 2004; Pinto, 2014).

2.1.2. Lean Production

A nível operacional, a filosofia *Lean* assume a designação de *Lean Production*, que corresponde à sua aplicação prática no contexto produtivo. Enquanto o *Lean Thinking* estabelece os princípios orientadores, o *Lean Production* traduz-se em metodologias e ferramentas que permitem eliminar desperdícios, otimizar o fluxo de valor e melhorar a eficiência dos processos (Farinha, 2018; Haekal, 2022; Hines et al., 2004; Pinto, 2014).

Entre as diversas ferramentas *Lean* que existem, algumas delas destacam-se particularmente. Uma delas é o Value Stream Mapping (VSM) que permite representar graficamente as etapas de produção e distinguir atividades que agregam ou não valor (Farinha, 2018; Hines et al.; Panigrahi et al., 2023; Pinto).

Outro exemplo é o *Kaizen*, associado à melhoria contínua com envolvimento das equipas. O *Kaizen* representa a busca constante por pequenas melhorias. A sua metodologia passa pela definição do problema, medição, análise, implementação e controlo dos resultados (Farinha, 2018; Hines et al., 2004; Pinto, 2014). O Kanban, por sua vez, é um sistema visual de controlo da produção e dos fluxos de materiais, baseado em sinais visuais para manter níveis adequados de stock e evitar excessos (Farinha, 2018; Hines et al., 2004; Pinto, 2014).

A explicação detalhada de algumas destas ferramentas será desenvolvida em subcapítulos seguintes, dada a sua relevância no contexto do estudo.

2.1.3. Desafios da aplicação Lean

Apesar dos benefícios amplamente reconhecidos, a implementação do *Lean* enfrenta desafios técnicos e organizacionais que variam consoante o setor e a maturidade da empresa. Muitas das indústrias com processos contínuos, enfrentam dificuldades específicas, nomeadamente na padronização de operações, o que compromete a flexibilidade necessária à aplicação das ferramentas *Lean*. Já as pequenas e médias empresas (PMEs) lidam com recursos humanos e financeiros mais limitados, bem como com menor acesso a conhecimento técnico especializado, o que dificulta a adoção estruturada da filosofia *Lean*. Outros obstáculos incluem resistência cultural, falta de formação, pouco envolvimento da gestão e barreiras económicas (Bhadu et al., 2025; Cortes et al., 2016; Mendoza-Sotomayor et al., 2024; Rojas et al., 2024).

Em indústrias mais avançadas, a crescente digitalização dos processos produtivos, no contexto da Indústria 4.0, introduz novos desafios à integração com o *Lean*. Embora a combinação de ambas abordagens seja promissora, a sua concretização requer investimentos significativos, formação de colaboradores com competências digitais e uma mudança profunda nos modelos de gestão e cultura organizacional. A complexidade tecnológica associada pode ainda contrariar o princípio de simplicidade operacional característico do *Lean*, gerando tensões entre os dois paradigmas (Cortes et al., 2016; Panigrahi et al., 2023; Rojas et al., 2024).

Adicionalmente, o desempenho *Lean* pode ser comprometido quando aplicado em contextos de elevada incerteza sistémica (como falhas de equipamento) ou incerteza ambiental (como oscilações na procura ou ruturas na cadeia de abastecimento). Nestes casos, torna-se essencial recorrer a abordagens quantitativas robustas que suportem a tomada de decisão e permitam manter os níveis de desempenho operacional esperados (Bhadu et al., 2025; Cortes et al., 2016; Panigrahi et al., 2023; Rojas et al., 2024; Smith A, 2015).

Diversos estudos indicam que a aplicação da filosofia *Lean* tem um impacto direto positivo no desempenho operacional, sendo a Gestão da Qualidade Total (TQM) uma das que apresenta maior influência. Este desempenho operacional reforçado demonstra que os efeitos do *Lean* não se manifestam de forma imediata nos indicadores financeiros, mas sim como resultado de uma melhoria estrutural e contínua dos processos (Panigrahi et al., 2023).

Neste sentido, o *Lean* deve ser encarado como uma filosofia operacional de longo prazo, ao invés de uma estratégia de ganhos financeiros imediatos. Para garantir o sucesso da sua implementação, é essencial ter a perceção que os ganhos manifestam-se de forma gradual e sustentada, reforçando que o *Lean* deve ser entendido como uma filosofia de longo prazo, integrada na estratégia da organização e suportada por indicadores alinhados com a criação de valor (Cortes et al., 2016; Smith A, 2015).

2.2. Toyota Production System

O *Toyota Production System* (TPS), foi criado pelo engenheiro Taiichi Ohno nos anos quarenta e mais tarde desenvolvido pelo engenheiro japonês Shigeo Shingo (Farinha, 2011; Pinto, 2014; A. J. R. Santos, 2008). Este sistema promotor de uma cultura de trabalho em equipa e colaboração, surgiu da necessidade de maximizar a produtividade com recursos limitados, combinando práticas de redução de desperdício, produção puxada (*pull system*) e melhoria contínua. No fundo, reduzir custos de forma sustentada, garantindo qualidade e eficiência através da eliminação sistemática de desperdícios. O TPS é apresentado como “o berço” das ferramentas *Lean* modernas, tendo sido adaptado e renomeado por empresas fora do Japão (G M, 2020; Yamamoto & Lloyd, 2019).

O TPS foi estruturado para atingir três metas principais: Aumentar a eficiência otimizando e reduzindo variações; eliminar desperdícios (muda); melhorar a qualidade - assegurando que cada etapa entrega um produto sem defeitos à seguinte.

Para uma melhor compreensão do conceito TPS, é comum utilizar uma imagem metafórica de um edifício para ilustrar os seus princípios, como mostra a Figura 2.2.



Figura 2.2 - A casa do TPS

Fonte:(Rüttimann & Stöckli, 2016)

Na base do edifício do *Toyota Production System* encontram-se os elementos essenciais que sustentam todo o sistema: a filosofia *Toyota Way*, a gestão visual e o 5S, o trabalho padronizado e o nivelamento da produção (*Heijunka*). Ao mesmo tempo, integram o princípio do “respeito pelas pessoas”, fundamental para fornecer as ferramentas e soluções necessárias para melhorar continuamente o desempenho dos colaboradores. Para o TPS, o capital humano não é apenas um recurso, mas parte

integrante do sistema. A participação de todos, desde a gestão até aos operadores, é vista como condição indispensável para sustentar melhorias, traduzido no empoderamento dos trabalhadores para identificar problemas e propor soluções. O TPS, promotor de um trabalho em equipa, incentiva as equipas a partilhar conhecimentos, a comunicar abertamente, principalmente em ambientes de mudança, a trocar informações e a colaborar em conjunto na resolução de problemas, com vista a fortalecer a comunicação entre os membros da equipa, criando um ambiente de trabalho saudável, respeitoso e harmonioso, e aumentando a eficiência das operações (Adler et al., 1999; M. H. A. Soliman, 2017; Yamamoto & Lloyd, 2019).

Para suportar qualquer edifício, são precisos pilares fortes, consistentes e estáveis. O edifício do TPS não é diferente, pelo que apresenta dois pilares resistentes que dão estabilidade a esta metodologia, o *Jidoka* e o *Just-in-Time* (JIT).

O conceito *Jidoka*, permite que os sistemas sejam projetados para parar automaticamente a produção sempre que ocorra uma falha na produção. Embora a autonomia esteja frequentemente associada às máquinas, deve dar também o poder ao próprio operador para parar o processo sempre que for detetada uma anomalia, permitindo a resolução imediata e eficaz dos problemas, cancelando a propagação dos defeitos e evitando uma produção de baixa qualidade. No conceito do *Jidoka*, está subjacente a ideia de que apenas é permitido que uma peça produzida numa determinada estação de trabalho avance para a estação seguinte se corresponder às exigências estabelecidas. Esta abordagem visa eliminar a propagação de defeitos uma vez que ao permitir que uma máquina ou um operador pare a produção, é possível reagir prontamente ao defeito, tornando o problema visível para o supervisor. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar e eliminar as causas do problema evitando que este se repita e aumentando a eficiência da linha (Adler et al., 1999; M. H. A. Soliman, 2017; Yamamoto & Lloyd, 2019)

O segundo pilar (JIT) visa melhorar a produtividade ao cumprir prazos de entrega e horários de produção, mas não se fica por aqui. O JIT, assim como a casa do TPS, tem bases que o sustentam. As bases em questão começam pelo foco na criação de valor acrescentado nos fluxos de produção e informação, procurando produzir sempre mais com cada vez menos, e reduzindo os desperdícios; baseia-se também na liderança sistemática com uma visão empreendedora com o objetivo de conhecer a fundo as necessidades e os desejos do cliente; o fluxo de informação deve estar à disposição de todos os colaboradores, deve manter um ritmo contínuo e cadenciado, pelo que a cadência e um fluxo contínuo e puxado fazem parte de uma das bases do JIT; são precisos também especialistas responsáveis para ultrapassar os obstáculos encontrados e manter um fluxo de produção e informação com o máximo de valor acrescentado; e por último, aplicar a engenharia em simultâneo, proposta do TPS em incorporar o máximo de departamentos possível em todos os projetos iniciados (Adler et al., 1999; M. H. A. Soliman, 2017; Yamamoto & Lloyd, 2019)

Outro aspeto que é importante realçar acerca do TPS é a eliminação de desperdícios em todas as áreas, principalmente os sete desperdícios identificados por Taiichi Ohno que serão estudados mais à frente. Neste sistema, a padronização de processos e a gestão visual assumem um papel importante. A padronização de processos estipula orientações precisas para cada fase do procedimento, garantindo uniformidade e facilitando a identificação de anomalias (G M, 2020; Haekal, 2022; M. H. A. Soliman, 2017).

Para além da eliminação dos desperdícios, a metodologia TPS foca-se também na flexibilidade e capacidade de resposta. Procura desenvolver sistemas de produção aptos para rapidamente se adaptarem e dar resposta às mudanças ou solicitações exigidas pelos clientes (Farinha, 2018; M. H. A. Soliman, 2017).

Muitas empresas que tentam implementar práticas *Lean*/TPS falham por não alinhar os indicadores de melhoria (como redução de desperdício ou aumento de eficiência) com as métricas financeiras e estratégicas da organização. Sem este alinhamento, as melhorias não se traduzem em ganhos globais para a empresa. Além disso em sistemas de produção tradicionais, aumentar a flexibilidade (capacidade de adaptação a diferentes produtos ou variações de procura) tende a reduzir a eficiência (produtividade e estabilidade dos processos). Contudo, com uma boa aplicação do TPS é possível atenuar este *trade-off*, mantendo simultaneamente elevada eficiência e alta flexibilidade, mesmo com trocas frequentes de modelo. Quando o TPS é aplicado de forma consistente, aparecem benefícios como redução no tempo de ciclo; aumento na produtividade; redução no inventário; melhoria na qualidade dos produtos; redução de 75% na utilização de espaço físico (Adler et al., 1999; G M, 2020; Yamamoto & Lloyd, 2019).

Assim, todos estes elementos pertencentes à casa do *Toyota Production System*, no seu conjunto, contribuem tanto para alcançar a excelência operacional, como para criar valor sustentável para os clientes e ainda fortalecer a organização como um todo. O TPS não é apenas um sistema de produção, é uma abordagem filosófica que procura promover uma cultura de melhoria contínua, eficiência e cooperação em todos os patamares de uma organização.

2.3. Desperdícios *Lean*

Após abordar os pilares do TPS, é pertinente analisar os desperdícios *Lean*, pelo que a eliminação sistemática de atividades que não acrescentam valor é essencial para aumentar a eficiência e reduzir custos. Este princípio é particularmente relevante no contexto industrial, onde a competitividade depende da capacidade de produzir com o mínimo de desperdício possível. Diversos estudos analisam o impacto da eliminação dos sete desperdícios clássicos, agrupados em *Transportation, Excess Inventory, Excess Motion, Waiting, OverProduction, Overprocessing and Defects*, referidos com a sigla TEEWOOD (Deshmukh et al., 2022; El-Namrouty, 2013; Noor et al., 2020).

Em primeiro lugar, o desperdício de transporte, que se refere à movimentação de peças entre departamentos ou setores que não acrescenta valor. Ocorre sempre que tempo e recursos são gastos a deslocar materiais sem geração de valor, ocupando espaço, prolongando o lead time e aumentando custos. Para minimizar este desperdício, é fundamental reduzir as distâncias percorridas, otimizar os fluxos internos e diminuir stocks intermédios. Algumas medidas como a reconfiguração dos *Layouts* fabris, assim como o planeamento das operações são essenciais para uma maior fluidez operacional (Chahal & Narwal, 2017; Deshmukh et al., 2022; El-Namrouty, 2013; Farinha, 2018; Gibbons et al., 2012; Haekal, 2022; Noor et al., 2020; Pinto, 2014).

O inventário em excesso corresponde à acumulação de materiais em stock ou em processo (*Work in Progress* – WIP), que ocupam espaço físico e imobilizam capital. Este desperdício ocorre sempre que a quantidade de stock disponível ultrapassa o necessário para satisfazer a procura real do cliente, resultando em custos adicionais e ineficiências. Uma forma eficaz de identificar este tipo de desperdício numa fábrica é observar os pontos onde existe maior tendência para acumulação de materiais. Entre as principais causas deste problema encontram-se os elevados tempos de troca de ferramentas, a aceitação do excesso de stock como uma prática normal, *Layouts* ineficientes, defeitos ou inspeções que interrompem o fluxo, e a antecipação da produção com base em previsões, conhecida como *Just-in-Case* (JIC). Neste sistema, as empresas produzem com base em expectativas futuras, ao contrário do modelo *Just-in-Time* (JIT), que procura alinhar a produção com a procura real, em tempo útil. Tal como existem causas identificadas para o excesso de inventário, existem também estratégias para o eliminar, tais como a transição para sistemas de produção puxada, a redução dos tempos de *setup*, a melhoria da qualidade dos processos e o reforço do planeamento e controlo das operações. (Chahal & Narwal, 2017; El-Namrouty, 2013; Farinha, 2018; Gibbons et al., 2012; Haekal, 2022; Noor et al., 2020; Pinto, 2014).

O desperdício associado a movimentos desnecessários ocorre sempre que os operadores se deslocam mais do que o estritamente necessário para realizar as suas tarefas. Estas movimentações excessivas podem incluir percursos repetidos até ao escritório, à fotocopiadora ou ao armazém, e são frequentemente consequência de *Layouts* desorganizados, postos de trabalho mal estruturados ou falta de planeamento dos fluxos operacionais. Além disso, a má organização das ferramentas e materiais, que obriga os colaboradores a procurá-los constantemente, contribui significativamente para este tipo de desperdício. A sua eliminação requer uma análise cuidadosa do ambiente de trabalho, com foco na ergonomia, na normalização dos métodos e na reorganização física dos espaços (Chahal & Narwal, 2017; El-Namrouty, 2013; Farinha, 2018; Gibbons et al., 2012; Haekal, 2022; Noor et al., 2020; Pinto, 2014).

O desperdício associado ao tempo de espera manifesta-se de forma transversal, afetando diversas áreas da fábrica. É comum observar operadores à espera de materiais, supervisores dependentes de aprovações ou responsáveis comerciais a

aguardar validações por parte dos clientes. Este tipo de desperdício inclui também situações em que materiais ficam parados em fila para serem processados, sem qualquer valor acrescentado durante esse tempo. A sua ocorrência está frequentemente associada a falhas no fluxo produtivo, provocadas por avarias, acidentes, defeitos de qualidade, novamente problemas de *Layout* mal estruturado ou atrasos nas entregas por parte dos fornecedores. Para minimizar este desperdício, podem ser adotadas medidas como a implementação de *Layouts* organizados por produto ou serviço, a redução dos tempos de *setup*, o balanceamento dos postos de trabalho e o aperfeiçoamento das áreas operacionais, de forma a garantir fluidez no processo produtivo (Chahal & Narwal, 2017; El-Namrouty, 2013; Farinha, 2018; Gibbons et al., 2012; Haekal, 2022; Noor et al., 2020; Pinto, 2014).

Outro desperdício correspondente à sobreprodução ocorre quando se fabricam quantidades superiores às efetivamente necessárias numa determinada fase do processo produtivo. Este acontecimento rompe o equilíbrio do fluxo de trabalho, gera sobrecarga de recursos e vai contra os princípios fundamentais do sistema *Just-in-Time* (JIT), que defende a produção apenas na quantidade e no momento certos. Produzir em excesso significa executar atividades desnecessárias, em volumes acima do planeado e fora do tempo adequado, o que contribui para a ineficiência do sistema. Entre as causas mais comuns deste desperdício destacam-se: a criação de stocks de segurança para compensar defeitos; atrasos de entrega ou danos em equipamentos; a tentativa de rentabilizar tarefas que não agregam valor, como transportes, inspeções ou *Setups*; e, ainda, a produção em grandes lotes. As consequências passam por ocupação de espaço, consumo excessivo de energia e materiais, perda de flexibilidade e aumento de custos (El-Namrouty, 2013; Farinha, 2018; Gibbons et al., 2012; Haekal, 2022; Noor et al., 2020; Pinto, 2014).

Já o sobreprocessamento corresponde à realização de tarefas que não acrescentam valor ao produto ou serviço, sendo frequentemente motivado por falhas de padronização ou por exigências internas desnecessárias. Este desperdício manifesta-se, por exemplo, através da execução de múltiplas inspeções no acabamento sem que tal seja requerido pelo cliente, ou pela repetição de operações decorrentes de processos mal definidos. Trata-se de uma atividade não solicitada pelo cliente e que, por isso, não contribui para o valor final do produto. Muitas vezes, estas tarefas resultam de projetos excessivamente complexos ou de procedimentos implementados sem uma avaliação criteriosa da sua real necessidade. Embora todos os processos incorporem alguma perda, é fundamental adotar medidas que permitam reduzir ao máximo o sobreprocessamento. Para o reduzir, recomendam-se automatização de tarefas repetitivas, formação e substituição de processos redundantes por alternativas mais adequadas (Chahal & Narwal, 2017; El-Namrouty, 2013; Farinha, 2018; Gibbons et al., 2012; Haekal, 2022; Noor et al., 2020; Pinto, 2014).

Por fim, o desperdício associado aos defeitos diz respeito a todos os produtos que apresentam falhas e que, por esse motivo, não satisfazem os requisitos definidos ou as especificações do cliente. Estes defeitos podem assumir diversas formas, como

costuras mal executadas, cortes imprecisos, variações de tonalidade, rachas em peças, entre outros. Sempre que ocorrem, exigem retrabalho ou, em casos mais graves, levam à rejeição e ao descarte do produto, implicando perdas significativas de material, tempo e mão de obra. A origem deste desperdício pode estar na ausência de padrões operacionais, na falta de autocontrolo ou de inspeção adequada, em falhas humanas, ou ainda em acidentes e descuidos durante o transporte e a movimentação de materiais. O erro humano, em particular, é uma causa frequente que, além de comprometer a qualidade, conduz a reclamações por parte dos clientes. Quando a taxa de defeitos se eleva, a tendência é aumentar o nível de inspeção e criar stocks adicionais para compensar as perdas, o que, por sua vez, gera outros tipos de desperdício. A resposta passa por normalização das operações, automatização quando possível e qualidade na origem, evitando a criação de outros desperdícios (El-Namrouty, 2013; Farinha, 2018; Gibbons et al., 2012; Haekal, 2022; Noor et al., 2020; Pinto, 2014).

2.3.1. Oitavo desperdício

O oitavo desperdício do modelo *Lean* refere-se à incapacidade das organizações em utilizar plenamente o talento, as competências e o conhecimento dos seus colaboradores - *Workforce*. Ao contrário dos restantes desperdícios, que se manifestam de forma mais tangível no processo produtivo, este está associado a fatores de natureza humana e organizacional, e apresenta consequências significativas na motivação, produtividade e desempenho global das equipas (Ferreira Brito et al., 2019; Hartanti et al., 2022).

Este tipo de desperdício ocorre, por exemplo, quando os trabalhadores não são envolvidos nos processos de melhoria contínua, quando as suas ideias não são valorizadas ou quando as suas capacidades analíticas e criativas permanecem subutilizadas. Estas situações representam uma perda real de potencial que, não sendo adequadamente gerida, compromete a capacidade de inovação e o compromisso dos colaboradores com os objetivos da organização (Ferreira Brito et al., 2019; Hartanti et al., 2022).

Um estudo conduzido com executivos de várias empresas portuguesas procurou compreender as causas desta forma de desperdício. Aos participantes foi colocada a pergunta: “Por que razão os colaboradores não usam todo o seu talento?”. As respostas permitiram identificar nove fatores principais: falta de recompensas, falta de reconhecimento, perceção de injustiça organizacional, ausência de feedback, desmotivação, inexistência de objetivos definidos, baixa autoestima, falta de formação e falta de recursos. Estes elementos revelam que o desperdício de talento está profundamente ligado à cultura e às práticas de gestão das organizações (Ferreira Brito et al., 2019; Hartanti et al., 2022;).

O estudo revelou ainda que os trabalhadores com funções polivalentes, maior autonomia e envolvimento em diferentes tarefas tendem a sentir-se mais valorizados, ao passo que os que desempenham funções repetitivas e com pouca margem de

decisão são os mais afetados por este tipo de desperdício. A percepção de subaproveitamento é especialmente comum entre os colaboradores em funções operacionais, o que levanta a necessidade de repensar a forma como estas funções são estruturadas e acompanhadas. Apesar disto, é importante referir que o talento não aproveitado não se limita apenas ao setor industrial e pode ocorrer em qualquer organização, assumindo diferentes formas consoante o ambiente em que se insere (Ferreira Brito et al., 2019; Hartanti et al., 2022).

A conclusão que se retira é clara: o desperdício de talento é um fenómeno real, mensurável e com impacto direto na sustentabilidade das organizações. A sua eliminação requer uma gestão mais humana, participativa e centrada na valorização dos colaboradores, promovendo um ambiente de trabalho mais justo, motivador e produtivo (Ferreira Brito et al., 2019; Hartanti et al., 2022).

2.3.2. Expansão dos desperdícios *Lean* para onze categorias

Para além dos sete desperdícios identificados por Taiichi Ohno e do oitavo desperdício relacionado com o desperdício do não aproveitamento do potencial humano, anteriormente abordado, alguns autores propõem listas mais abrangentes que incluem novas categorias operacionais que integra um total de onze desperdícios (Chahal & Narwal, 2017).

A lista inclui sobreprodução, espera, inventário, transporte, sobreprocessamento, movimento, defeitos, *Workforce*, como referido anteriormente, com a nova adição de:

- Fadiga do trabalhador – referente ao desgaste físico ou mental que compromete o desempenho e pode gerar erros e atrasos.
- Trabalho em curso (WIP) – caracterizado pela acumulação excessiva de produtos intermédios que prolonga o ciclo de produção e aumenta a necessidade de espaço.
- Falhas de processo – interrupções ou erros que impedem a conclusão do trabalho conforme planeado.

Esta perspetiva amplia o campo de atuação do *Lean*, incluindo desperdícios de natureza ergonómica e organizacional, como a fadiga ou o uso inadequado de mão de obra, que não surgem explicitamente na formulação original (Chahal & Narwal, 2017).

2.3.3. O “nono desperdício” segundo diferentes interpretações

A designação de “nono desperdício” não é uniforme na literatura. No modelo acima, oriundo do estudo de onze desperdícios, o nono desperdício corresponde à fadiga do trabalhador, entendida como um fator operacional e ergonómico que afeta a produtividade e a qualidade (Bengtsson & Osterman, 2014).

No entanto, noutros casos de tudo o “nono desperdício” refere-se a melhorias em vão (*improvements in vain*). Este desperdício ocorre quando são implementadas ações de melhoria que não resultam em benefícios reais ou sustentáveis. Entre as situações apontadas estão:

- Melhorias sem foco claro ou alinhamento com as necessidades reais;
- Intervenções que resolvem sintomas, mas não causas;
- Falta de coordenação entre áreas, originando esforços duplicados ou contraditórios;
- Continuação de iniciativas antigas sem revisão da sua pertinência.

Esta interpretação difere substancialmente da perspetiva operacional, centrando-se na gestão do próprio sistema de melhoria contínua. Ao incluir este conceito, a análise dos desperdícios *Lean* incorpora também um alerta para o risco de gerar desperdício através de iniciativas de melhoria mal direcionadas (Bengtsson & Osterman, 2014).

2.4. SMED

O método SMED reduz o tempo de preparação de troca de ferramenta/produção, através da análise e racionalização sistemática de todas as atividades do *setup*. Sempre que possível, o método privilegia a conversão de todos os passos a realizar enquanto a máquina está a funcionar (preparação externa) e a simplificação ou eliminação dos passos realizados apenas durante o tempo de paragem da máquina (preparação interna). Esta abordagem torna o fluxo de mudança mais organizado, previsível e eficiente, reduzindo significativamente a inatividade e aumentando a produtividade e a flexibilidade (Hys & Domagala, 2021).

Originalmente desenvolvida por Shingo (1985), a metodologia SMED foi posteriormente validada em diversos contextos industriais. A literatura recente reforça que a essência desta abordagem reside na distinção entre operações internas e externas, permitindo a racionalização do *setup* e a redução de tempos de inatividade (Cesar Mendez Bravo et al., 2025).

A sua implementação exige também ajustes organizacionais, gestão visual e formação. A comunicação de benefícios e o envolvimento das equipas ajudam a superar resistências iniciais. Integrado numa estratégia *Lean*, o SMED contribui para melhor produtividade, menores tempos de mudança e maior competitividade (Juárez-Vite et al., 2023).

2.4.1. Contexto

É comum compensar defeitos fabricando acima do pedido, por exemplo, fabricar 230 unidades para satisfazer uma encomenda de 200. Se apenas 20 artigos apresentarem defeito, ainda restam 10 em excesso. No entanto, quando não existe

uma nova encomenda semelhante, esses produtos tornam-se desnecessários e acabam frequentemente por ser armazenados ou descartados, representando o desperdício de excesso de inventário (Hys & Domagała, 2021; Shingo, 1985).

Acresce a este desperdício a chamada produção antecipada, que apesar de muitas vezes ser vista como uma forma de garantir entregas pontuais e evitar ruturas, esta prática conduz à imobilização de recursos, à ocupação de espaço e ao aumento de stock (Juárez-Vite et al., 2023; Shingo, 1985; Silva et al., 2020).

Grande parte desta realidade está associada à crescente complexidade da produção moderna, marcada por procura diversificada e volumes reduzidos por tipo de produto. Por exemplo, empresas como a IKEA, Volkswagen, Apple, Nike, Samsung ou Nokia, que inicialmente ofereciam um único modelo ou gama restrita, foram obrigadas a adaptar-se às novas exigências dos consumidores, diversificando o seu portefólio com novos produtos e variedades (Hys & Domagała, 2021; Shingo, 1985).

Neste contexto, os tempos de preparação (*setup*) assumem um papel estratégico. Antes da aplicação do SMED, muitas empresas enfrentavam atrasos significativos nos tempos de preparação e falhas na comunicação entre colaboradores. A ausência de um modelo estruturado de *setup* levava a trocas que se prolongavam por horas ou dias, comprometendo a flexibilidade e a capacidade de resposta à procura. (Hys & Domagała, 2021; Shingo, 1985).

Com o objetivo de compreender melhor como o tempo de *setup* é despendido, é útil observar a distribuição das tarefas envolvidas nas operações de preparação tradicionais. A Tabela 2.1 seguinte ilustra a proporção média do tempo dedicado a cada uma dessas atividades (Juárez-Vite et al., 2023; Shingo, 1985; Silva et al., 2020).

Tabela 2.1 - Proporção média do tempo dedicado a cada tarefa de *setup*

Fonte: (Shingo, 1985)

Operação	Percentagem de tempo
Preparação, ajustes após o processo e verificação de matéria-prima, ferramentas, moldes, peças de teste de qualidade, etc.	30%
Montagem	5%
Centragem, dimensionamento e definição de outros parâmetros	15%
Testes, ajustes e afinação	50%

A análise dos tempos médios evidencia que grande parte do *setup* se concentra em testes e afinações, o que confirma a importância de normalizar fases anteriores. Os casos de estudo sugerem que a padronização e simplificação destas etapas é o

caminho mais eficaz para reduzir a complexidade e encurtar a duração das trocas (De Menezes & Santiago, 2023; Hys & Domagala, 2021; Juárez-Vite et al., 2023).

2.4.2. Etapas do SMED

A implementação do método SMED (*Single-Minute Exchange of Dies*), conforme proposto por Shingo, segue uma estrutura clássica composta por quatro etapas fundamentais:

- Estudo preliminar com observação e registo dos processos atuais;
- Separação de atividades internas e externas;
- Conversão de atividades internas em externas;
- Otimização ou melhoria contínua de todas as atividades.

Esta estrutura visa reduzir drasticamente o tempo de *setup*, tornando o processo de mudança mais eficiente e menos dispendioso, em termos de paragem de produção (Hys & Domagala, 2021; Junior et al., 2022; Ribeiro et al., 2022; Shingo, 1985). Mais tarde alguns autores acrescentam uma quinta etapa correspondendo à padronização das tarefas de trabalho já melhoradas.

A etapa do estudo preliminar consiste numa avaliação sistemática do estado atual do *setup*. Esta fase tem como objetivo compreender o fluxo de atividades e distinguir operações necessárias daquelas que podem ser eliminadas ou deslocadas para preparação externa (Hys & Domagala, 2021; Junior et al., 2022; Ribeiro et al., 2022; Shingo, 1985). Nesta etapa observam-se todas as atividades e descrevem-se as tarefas de forma detalhada. Para uma recolha de dados mais rigorosa, é comum recorrer a métodos como gravações em vídeo, que posteriormente facilitam uma análise minuciosa.

A segunda etapa apresentada consiste na separação sistemática das atividades internas e externas. As primeiras apenas podem ser realizadas com a máquina parada, enquanto as externas podem decorrer durante o seu funcionamento. Esta classificação é fundamental para evitar que tarefas que poderiam ser realizadas previamente sejam executadas com a máquina parada. A utilização de listas de verificação, tabelas visuais com a disposição das ferramentas e componentes, quadros de sombra, são algumas das técnicas simples e eficazes para garantir que todos os elementos necessários estão prontos e funcionais antes do início da configuração interna. Não obstante como referido anteriormente, um ambiente organizado e arrumado, complementa e facilita a implementação de todas as ações de melhoria e de técnicas eficazes à preparação do *setup*. Esta abordagem reduz o tempo de paragem e evita erros e perdas por improvisação (Das, 2024; Hys & Domagala, 2021; Ribeiro et al., 2022).

A etapa seguinte envolve a conversão de atividades internas em externas. Para isso, é necessário reavaliar criticamente cada operação interna e identificar oportunidades

para realizá-las de forma antecipada. Esta etapa foca-se em deslocar tarefas que tradicionalmente exigiriam a paragem da máquina para momentos de preparação externa. Entre os exemplos apontados pela literatura estão operações de pré-montagem e ajustes preliminares, que quando antecipados contribuem significativamente para reduzir o tempo de paragem efetiva (Barbieri-Silva et al., 2022; Juárez-Vite et al., 2023; Junior et al., 2022; Ribeiro et al., 2022; Shingo, 1985).

A última etapa concentra-se na racionalização e melhoria contínua de todas as atividades de *setup*, tanto internas como externas. Aqui, eliminam-se passos redundantes, combinam-se operações e otimizam-se os movimentos e ferramentas utilizados. Técnicas como o uso de dispositivos de fixação fáceis, ferramentas padronizadas, operações paralelas, organização visual (como quadros de sombra), e metodologias *Lean* como o 5S e Poka-Yoke são aplicadas com o objetivo de minimizar o tempo e o esforço envolvidos nas trocas (Barbieri-Silva et al., 2022; Chląd, 2022; Juárez-Vite et al., 2023; Junior et al., 2022; Ribeiro et al., 2022; Shingo, 1985).

A verificação do funcionamento de equipamentos e ferramentas durante a preparação externa é igualmente essencial. Muitas falhas ou avarias só são identificadas durante a configuração interna, quando já é demasiado tarde para evitar atrasos. Garantir a manutenção preventiva dos equipamentos, bem como testar previamente o estado funcional dos dispositivos, reduz falhas e contribui para a fluidez do processo (Shingo, 1985; Silva et al., 2020).

A execução eficaz destas etapas permite atingir reduções substanciais no tempo de *setup*. Ainda que o modelo clássico preveja quatro fases, muitas abordagens diferentes incluem etapas adicionais, como sessões de brainstorming, validações e formações específicas. No entanto, estas variações continuam baseadas nos princípios estabelecidos por Shingo, sendo extensões e refinamentos da metodologia original (Junior et al., 2022; Ribeiro et al., 2022; Shingo, 1985).

Por fim, é importante destacar que mesmo com operadores experientes, a variabilidade e os imprevistos podem tornar o processo de *setup* dependente de tentativas e erros. Assim, a aplicação sistemática de técnicas SMED funciona também como um suporte técnico e organizacional para reduzir essa variabilidade, tornando o processo mais robusto e previsível (Chląd, 2022; Shingo, 1985).

2.4.3. Desafios na implementação do SMED

Os principais desafios enfrentados durante a implementação da SMED neste caso giram em torno de fatores humanos e organizacionais. Diferenças ergonómicas/experiência (idade, estatura, destreza) afetam a execução e a padronização; ambientes de vários turnos dificultam a definição de valores representativos (médias, variabilidade) e o estabelecimento de padrões de trabalho. Requer-se uma perspetiva além de “tempo bruto” e “n.º de passos”, considerando ergonomia e capacidade dos operadores (Hys & Domagala, 2021).

Muitas indústrias encontram também várias barreiras na adoção de melhorias mais automatizadas e digitais. Por exemplo, a integração de tecnologias da Indústria 4.0 requerem conhecimentos e formação especializados. A complexidade destas ferramentas requer pessoal com conhecimentos técnicos especializados, que muitas vezes não existem (Cesar Mendez Bravo et al., 2025).

Elevados custos de investimento inicial são também um problema para algumas empresas. Desde investimentos para atualização de máquinas, novas ferramentas, sensores com inteligência artificial, software de modelação e sistemas de realidade aumentada implicam despesas de capital substanciais. (Cesar Mendez Bravo et al., 2025).

Além de fatores que influenciam investimento e tecnologias, a resistência organizacional e cultural à mudança por parte do pessoal condiciona muito o sucesso da implementação da ferramenta SMED, principalmente na padronização de tarefas ou na mudança de hábitos antigos (Cesar Mendez Bravo et al., 2025; Ito et al., 2021).

2.4.4. Redução de tempos de *setup* com outras ferramentas Lean

No universo da filosofia *Lean*, as diferentes ferramentas estão interligadas e complementam-se dependendo do contexto e do objetivo definido. No caso concreto de redução de tempos de *setup* associados à aplicação do SMED, o recurso a ferramentas como o Kanban, TPM, 5S, VSM, *Kaizen*, entre outras, contribuem para o sucesso da redução de tempos de troca de ferramenta, potenciando a eficácia de melhorias implementadas.

Por exemplo, o Kanban, ferramenta de otimização de gestão do inventário, utiliza sinais visuais, como quadros ou cartões, para controlar o reabastecimento de peças sobressalentes. Define níveis mínimos ou máximos de stock prevenindo ruturas e permitindo a reposição *Just-in-Time* de consumíveis. Desta forma, assegura que as peças necessárias estão sempre disponíveis no local de trabalho, evitando atrasos provocados pela sua falta e eliminando substituições de última hora durante as trocas de *setup*.

Por outro lado, o TPM (Total Productive Maintenance) tem como principal função melhorar a disponibilidade e o estado dos equipamentos. A sua aplicação baseia-se em manutenções preventivas, com inspeções regulares e reparações realizadas antes da ocorrência de avarias. Inclui ainda a manutenção autónoma, em que os operadores são formados para limpar, inspecionar e realizar pequenas intervenções nos equipamentos. Esta abordagem reduz falhas não planeadas que poderiam atrasar a troca de *setup*, aumenta o tempo útil de atividade das máquinas e garante maior fiabilidade dos equipamentos, assegurando que os trabalhos decorrem dentro do previsto (Montes-Cabrera et al., 2025).

Também o 5S, como será aprofundado no capítulo seguinte, desempenha um papel complementar na redução dos tempos de *setup*. Ao promover a organização do ambiente de trabalho, assegura a disposição adequada de ferramentas, materiais e

consumíveis, além de incentivar a limpeza e a disciplina, fatores que simplificam e agilizam a execução das atividades de *setup*.

De forma mais abrangente, o VSM (Value Stream Mapping) constitui uma metodologia relevante, uma vez que, ao mapear o fluxo de atividades atuais, permite identificar etapas que podem ser eliminadas, combinadas ou reduzidas, oferecendo uma visão clara do processo e dos desperdícios associados. Associado a este, o Diagrama de Spaghetti facilita a análise dos movimentos de pessoas e materiais durante o *setup*, apoiando a reorganização do *Layout* de forma a reduzir deslocamentos desnecessários e a aumentar a eficiência.

Por fim, destaca-se o *Kaizen*, um dos pilares centrais da filosofia *Lean*, que sustenta a mentalidade de melhoria contínua através de pequenas e grandes mudanças nos processos. No contexto do *setup*, esta abordagem promove o envolvimento dos colaboradores, aumenta a motivação e impulsiona ações rápidas de melhorias (Ebrahimi et al., 2023; Junior et al., 2022).

2.4.5. Desenvolvimento do SMED ao longo do tempo

Ao longo dos anos, muitos estudos procuraram desenvolver e expandir a técnica SMED original de quatro fases, inicialmente introduzida por (Shingo, 1985).

Em várias investigações, a metodologia foi combinada com outros conceitos, de forma a melhorar as atividades de *setup* e reduzir os tempos de preparação. Em determinados casos, alguns autores propõem a integração do SMED com a análise dos 5 Porquês, de modo a identificar estados não otimizados do processo de *setup* e, assim, reduzir o esforço e o custo associados à sua execução. Para além disso, alguns estudos sugerem a combinação do SMED com o método *fuzzy* de *Taguchi*, permitindo uma melhoria mais eficaz do processo de *setup* em comparação com a aplicação convencional da metodologia (Ebrahimi et al., 2023; Kemal Karasu et al., 2014).

O método de *Taguchi* em termos simples, consiste em realizar um conjunto de testes inteligentes para encontrar a melhor combinação de parâmetros, reduzindo o número de experiências necessárias e, conseqüentemente, o tempo e o custo associados. Este método apresenta quatro fases de implementação (Ebrahimi et al., 2023; Kemal Karasu et al., 2014):

- **Definir a característica de desempenho e medição** – após identificar o problema, seleciona-se a forma de medir o desempenho e definem-se os critérios que permitirão reduzir os tempos de teste para resolver o problema em análise.
- **Identificar os fatores influentes** - recorrem-se frequentemente a sessões de *brainstorming* com especialistas e a ferramentas de análise como o diagrama de espinha de peixe, que ajudam a identificar as principais causas do problema.
- **Definir níveis de parâmetros e matriz ortogonal** - com base em experiências anteriores, são estabelecidos diferentes níveis para cada fator

identificado, os quais são organizados em matrizes ortogonais, permitindo selecionar de forma eficiente as combinações a testar.

- **Testes, análises e resultados** - realizam-se as experiências definidas pela matriz ortogonal, analisam-se os dados obtidos e, a partir daí, identifica-se o conjunto de parâmetros mais adequado. No caso do *setup*, a aplicação do método demonstra uma redução significativa no número de tentativas necessárias, traduzindo-se numa melhoria da eficiência global e numa poupança de tempo no processo de troca.

O método *fuzzy* de *Taguchi* pode ser visto como uma evolução do método *Taguchi* tradicional, ao integrar os princípios do planeamento de experiências com a lógica difusa. O método *fuzzy Taguchi* amplia a abordagem ao permitir a análise de múltiplos critérios de desempenho, mesmo quando os dados são incertos, qualitativos ou subjetivos (Kemal Karasu et al., 2014; Yazıcı et al., 2021).

2.4.6. Vantagens da aplicação do SMED

É evidente que os inventários tendem a desaparecer quando encomendas de grande diversidade e baixo volume são processadas através da produção em pequenos lotes. Contudo, a combinação entre elevada diversidade e lotes reduzidos aumenta substancialmente o número de operações de preparação necessárias. A aplicação do SMED altera de forma decisiva este cenário, ao permitir reduzir tempos de *setup* que antes poderiam durar duas horas para apenas três minutos. Assim, o SMED constitui o caminho essencial para conciliar a produção de alta diversidade em pequenos lotes com níveis mínimos de inventário (Shingo, 1985; Hys & Domagala).

Neste sentido, a aplicação do SMED apresenta vantagens relevantes, como o aumento da rotação do capital, a utilização mais eficiente do espaço fabril devido à redução de stocks e a melhoria da produtividade pela eliminação de operações de movimentação de inventário (Shingo, 1985; Junior et al., 2022; Ribeiro et al., 2022).

Por outro lado, quando se analisa a opção entre manter inventários elevados ou produzir em pequenos lotes, (Junior et al., 2022; Ribeiro et al., 2022; Shingo, 1985) identifica vantagens e desvantagens associadas. A Tabela 2.2 apresenta de forma comparativa esses aspetos, ilustrando que, embora a existência de stock possa, em alguns casos, oferecer benefícios imediatos (como responder a encomendas urgentes ou compensar avarias), os seus efeitos negativos - custos adicionais, desperdício de espaço e deterioração da qualidade - tornam-se predominantes a longo prazo (Shingo, 1985).

Tabela 2.2 - Vantagens e desvantagens associadas a elevados níveis de *stock*

Fonte: (Shingo, 1985)

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ○ Reduz o impacto relativo do tempo de preparação, otimizando a relação entre <i>setup</i> e operação. ○ A combinação de operações de <i>setup</i> contribui para maior produtividade. ○ Facilita o nivelamento da carga de trabalho. ○ Atua como amortecedor em caso de defeitos ou avarias. ○ Possibilita resposta imediata a encomendas urgentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Diminui a rotação do capital e aumenta os encargos financeiros. ○ O stock não acrescenta valor e ocupa espaço produtivo relevante. ○ Exige investimento em sistemas de armazenamento e gestão logística adicionais. ○ Implica maior esforço humano em transporte e movimentação. ○ Alongamento dos prazos de entrega, com risco de desalinhamento face à procura real. ○ Necessidade de escoar existências em mudanças de modelo, gerando descontos ou desperdício. ○ Suscetibilidade à deterioração e obsolescência das existências ao longo do tempo.

Tendo em conta estas vantagens e desvantagens, verifica-se que a produção em grandes lotes tende a reduzir os custos associados a longos tempos de preparação, mas, em contrapartida, aumenta os custos de armazenagem devido ao crescimento dos stocks. O modelo clássico da Quantidade Económica de Encomenda (EOQ) permite ilustrar o equilíbrio entre custos de *setup* e custos de inventário. Este enquadramento não só diminui o custo associado a cada troca, como desloca o ponto ótimo para lotes mais pequenos, facilitando a produção flexível e alinhada à procura real.

Na Figura 2.3 observa-se este *trade-off*: a curva descendente que representa os custos de preparação (P) e a curva crescente dos custos de inventário (S) intersectam-se no ponto E, designado por tamanho de lote económico. Este ponto corresponde ao equilíbrio em que as vantagens e desvantagens de cada componente se compensam, resultando no custo total mínimo para a organização (Agarwal, 2014; Shingo, 1985).

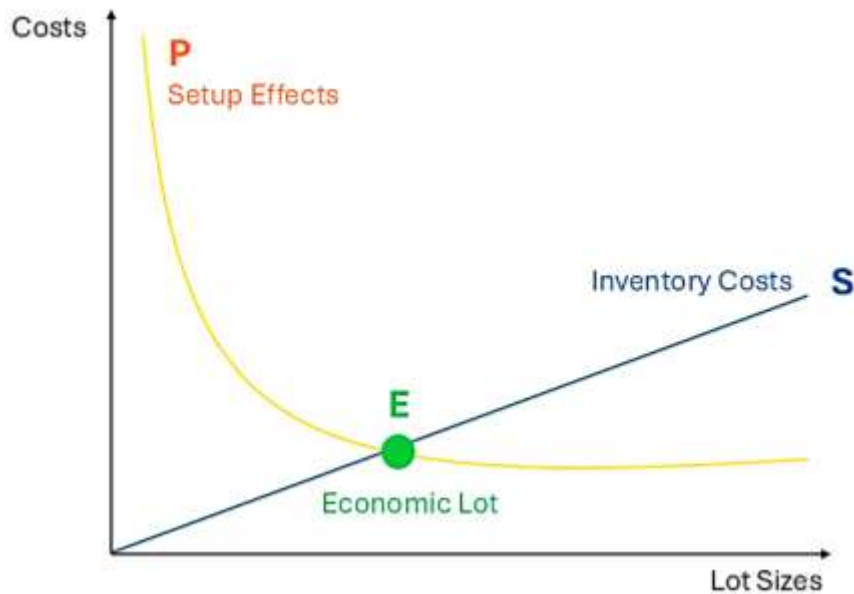


Figura 2.3 - Representação do lote económico de produção

Adaptado de: (Agarwal, 2014)

Finalmente, a medição sistemática dos tempos de *setup* sustenta a gestão de desempenho: controla melhorias, estabelece padrões/objetivos, apoia decisões baseadas em dados e motiva equipas (Junior et al., 2022).

2.5. TPM

O *Total Productive Maintenance* (TPM) pode ser entendido como um verdadeiro “guarda-chuva” de conceitos destinados a gerir e racionalizar a manutenção, tendo sempre em consideração a especificidade dos ativos físicos. Trata-se de um sistema proativo orientado para manter e melhorar a integridade dos processos de produção e de qualidade, envolvendo simultaneamente equipamentos, métodos e pessoas que acrescentam valor à organização (Farinha, 2018; Shannon et al., 2023; Xiang & Feng, 2020).

O TPM centra-se na manutenção dos equipamentos em condições ideais de funcionamento, prevenindo avarias e atrasos que possam comprometer a continuidade da produção. Para tal, defende que todos os colaboradores - desde operadores até técnicos de manutenção - partilham a responsabilidade pela conservação dos ativos. Assim, é indispensável o envolvimento de toda a força de trabalho, promovendo um verdadeiro sentimento de responsabilidade e de propriedade sobre os equipamentos.

Além disso, o TPM é reconhecido como uma estratégia organizacional de classe mundial, frequentemente integrado em filosofias como o *Lean Manufacturing* e o *Lean Production*, por estar diretamente associado à redução de desperdícios, ao aumento da

fiabilidade e à melhoria da produtividade (Farinha, 2018; Meca Vital & Camello Lima, 2020; Ngoy & Israel, 2021; Shannon et al., 2023; Xiang & Feng, 2020).

2.5.1. Objetivos do TPM e os seus pilares

Esta ferramenta *Lean* tem como principal objetivo aumentar a produtividade das fábricas através de uma gestão racional da manutenção. Para isso procura maximizar a eficácia global dos equipamentos (OEE) através da eliminação de falhas, da redução de perdas e da criação de condições adequadas entre operadores e máquinas. Para além do impacto na produção, a aplicação do TPM deve refletir-se na elevação do moral dos trabalhadores, na satisfação no trabalho e na melhoria contínua do ambiente organizacional.

O TPM estrutura-se em oito pilares principais: que devem ser vistos como um sistema integrado, em que cada dimensão contribui de forma complementar para a melhoria da produtividade.

Os pilares em questão são os seguintes (Ahuja & Khamba, 2008; Meca Vital & Camello Lima, 2020; Ngoy & Israel, 2021; Shannon et al., 2023):

- Manutenção Autónoma
- Manutenção Planeada
- Manutenção da Qualidade
- Melhoria Focada
- Gestão Inicial de Equipamentos
- Educação e Treinamento
- Segurança, Saúde e Meio Ambiente
- TPM Administrativo (Office TPM)

2.5.2. Benefícios da aplicação do TPM

A implementação do *Total Productive Maintenance* (TPM) tem-se revelado uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho industrial, mesmo em contextos de recursos limitados, como no caso das pequenas e médias empresas. Os principais benefícios identificados na literatura são (Ahuja & Khamba, 2008; Xiang & Feng, 2020):

- Redução significativa de quebras inesperadas de máquinas e consequente diminuição de custos de manutenção;
- Aumento da disponibilidade dos equipamentos, resultando em menos paragens e maior estabilidade dos processos;
- Evolução positiva dos indicadores globais de desempenho, com destaque para o OEE, que em muitos casos ultrapassa os 85% considerados de classe mundial;

- Melhoria da qualidade e da produtividade, pela maior fiabilidade dos equipamentos;
- Maior motivação e envolvimento dos operadores, sobretudo através da participação ativa na manutenção autónoma.

2.5.3. Métrica de avaliação de TPM

Amplamente reconhecido como a principal métrica de avaliação do sucesso do *Total Productive Maintenance* (TPM), entra o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Ngoy & Israel, 2021; Shannon et al., 2023; Xiang & Feng, 2020).

A análise do OEE, possibilita identificar áreas críticas de intervenção e quantificar os ganhos obtidos com a implementação dos pilares do TPM. Considerado um indicador quantitativo da eficiência do sistema produtivo, o OEE é frequentemente usado como métrica de referência internacional, sendo que valores em torno de 85% são apontados como *benchmark* de classe mundial.

Neste sentido, o TPM não deve ser entendido apenas como uma política de manutenção, mas como uma filosofia organizacional abrangente, orientada para maximizar a performance dos equipamentos, prolongar o seu ciclo de vida e garantir maior disponibilidade (Ngoy & Israel, 2021; Shannon et al., 2023; Xiang & Feng, 2020).

2.6. OEE

Atualmente, a competitividade industrial está diretamente ligada à forma como as organizações utilizam os seus recursos e os seus processos produtivos. As indústrias de referência mundial que estão bem posicionadas no *ranking*, distinguem-se pela capacidade de manter as suas fábricas eficazes, capazes de produzir bens de qualidade e no momento certo das exigências do mercado.

Neste contexto, surge uma métrica de referência, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)¹, ferramenta que ajuda compreender melhor o desempenho de uma área de produção e a identificar o que está a limitar uma maior eficiência (CEN/TC 319, 2019; Hansen, 2001).

O OEE é considerado um dos indicadores mais relevantes da melhoria contínua e na manutenção produtiva total, visto que permite identificar em que medida o potencial produtivo disponível está a ser realmente aproveitado. A partir da sua análise, é possível compreender a origem de perdas, priorizar ações de melhoria e

¹ Na nova versão da norma NP EN15341, este indicador vem referenciado como T.E.E. (*Total Equipment Effectiveness*)

avaliar o impacto das mesmas na rentabilidade da empresa (Corrales et al., 2020; Hansen, 2001; Prakash et al., 2019).

Para determinar o OEE, é feito um cálculo baseado na multiplicação de três fatores fundamentais: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade.

A disponibilidade corresponde à relação entre o tempo efetivo de operação e o tempo de produção planeado, refletindo perdas causadas por falhas, *Setups* ou paragens inesperadas.

O desempenho mede a diferença entre a taxa de produção real e a taxa de produção ideal, captando perdas resultantes de microparagens ou funcionamento abaixo da velocidade nominal.

Por fim, a qualidade, que representa a proporção de produtos conformes em relação ao total produzido, traduzindo o impacto dos defeitos e do retrabalho.

Assim, a fórmula (2.1) permite calcular o indicador (Hansen, 2001; Shree & Ganesa Velan, 2019).

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (2.1)$$

Para além desta métrica, alguns autores referem o *Total Effective Equipment Performance* (TEEP), que amplia a análise ao considerar não apenas o tempo planeado de produção, mas todo o tempo de calendário disponível (Shree & Ganesa Velan, 2019).

Como em tudo há prós e contras, existem 6 grandes perdas que muitos estudos e muitos autores identificam como as “seis grandes perdas” que afetam diretamente o OEE, listadas abaixo (Hansen, 2001; Prakash et al., 2019):

- Falhas de equipamento
- *Setups* e ajustes
- Paragens e microparagens
- Redução da velocidade
- Defeitos de processo
- Perdas de arranque

Esta classificação facilita a análise sistemática das principais causas de ineficiência e serve de guia para a definição de estratégias de melhoria.

2.7. 5S

De origem japonesa, o 5S é uma metodologia estruturada em cinco etapas principais - *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* - que procura estabelecer padrões de organização, limpeza e disciplina. Ao mesmo tempo, essa prática integra uma filosofia de gestão que contribui para transformar a cultura organizacional (Carrera et al., 2021; Farinha, 2011; Gapp et al., 2008).

2.7.1. Breve descrição de cada Senso

O primeiro S, *Seiri*, ou senso de utilização, está relacionado com a organização do ambiente de trabalho para manter apenas os itens realmente necessários, conforme sua frequência de uso, eliminando o que for desnecessário. Esta prática reduz a desordem e os obstáculos à produtividade, facilitando o acesso rápido e eficiente aos recursos necessários para a produção. O segundo S, *Seiton*, ou senso de ordenação, procura garantir que todos saibam onde procurar e guardar objetos, por meio da padronização de nomes, uso de etiquetas e cores, separação de objetos diferentes e definição de locais específicos, evitando obstruções nas passagens. Isso reduz tempo de procura, melhora a logística, evita compras desnecessárias e danos, além de facilitar limpeza e organização. O terceiro S, *Seiso*, senso de limpeza, destaca a importância de manter tudo limpo como sinónimo de qualidade e segurança, incentivando cada pessoa a limpar após usar, conservar equipamentos, eliminar lixo e manter áreas sob responsabilidade definida, o que aumenta produtividade, minimiza perdas e favorece o bom relacionamento. O quarto S, *Seiketsu*, senso de padronização, envolve higiene e manutenção da limpeza e ordem, refletindo-se no modo de vida dos colaboradores, requerendo aplicação dos três Ss anteriores, formação, eliminação de condições inseguras e promoção de um ambiente cooperativo, trazendo segurança, prevenção de danos, melhoria da imagem organizacional e maior motivação. Por fim, o quinto S, *Shitsuke*, senso de autodisciplina, representa o compromisso com a melhoria contínua, através de criatividade, boa comunicação, alinhamento com valores da organização, formação contínua e avaliação do programa, facilitando operações, evitando perdas e proporcionando previsibilidade nos resultados (Carrera et al., 2021; Farinha, 2011, 2018).

Todos estes pilares juntos e combinados ajudam a manter um ambiente de trabalho organizado, limpo e funcional, promovendo ganhos, quer de produtividade como de qualidade.

2.7.2. Benefícios da aplicabilidade dos 5S

A metodologia em estudo apresenta diversas vantagens, nomeadamente ao nível da produtividade, segurança, qualidade, eliminação de desperdícios e envolvimento dos funcionários. Está associada ao aumento da qualidade dos produtos e à criação de um ambiente de trabalho mais seguro e organizado. Uma melhor organização e limpeza permitem minimizar os acidentes de trabalho e melhorar o clima organizacional, gerando condições laborais mais favoráveis e um desempenho mais elevado (Correa Castañeda & Montoya Cárdenas, 2022; Farinha, 2011; Gapp et al., 2008; Vargas Crisóstomo & Camero Jiménez, 2021).

Esta ferramenta contribui para a eliminação de perigos e riscos no local de trabalho, aumentando a segurança dos trabalhadores, independentemente da complexidade das tarefas que executam. Normalmente, após a implementação do 5S, verifica-se uma redução do tempo operacional global. A padronização dos processos e a eliminação de desperdícios tornam-se evidentes, o que conduz à diminuição de movimentos desnecessários e à otimização da qualidade e produtividade (Duarte Maia & Vieira, 2025; Farinha, 2011; Gapp et al., 2008; Manzanares-Cañizares et al., 2022).

Ao criar um local de trabalho padronizado, as empresas conseguem aplicar de forma mais eficaz os princípios *Lean* de redução de desperdício. A implementação do 5S favorece um ambiente de trabalho mais eficiente e organizado, reduzindo a probabilidade de erros e defeitos nos produtos, como falhas nas juntas de soldagem, que podem originar custos elevados com retrabalho e comprometer a segurança do produto final (Correa Castañeda & Montoya Cárdenas, 2022; Farinha, 2011; Manzanares-Cañizares et al., 2022).

Além disso, esta metodologia contribui para a sustentabilidade, ao otimizar a utilização de materiais e recursos. A eliminação de excessos e a organização adequada permitem reduzir o desperdício e melhorar a eficiência no uso dos recursos, com um impacto ambiental mais reduzido.

Destacando as empresas japonesas, estas são focadas no envolvimento de indivíduos e grupos de trabalho em todos os níveis, tanto no desenvolvimento como na execução do 5S, promovendo uma abordagem inclusiva que reforça o compromisso e a apropriação dos processos. A metodologia fomenta uma cultura de disciplina, aumentando o empenho e o compromisso dos trabalhadores, o que, por sua vez, conduz a um ambiente de trabalho mais eficiente.

Tanto o 5S como o *Kaizen* valorizam a participação dos funcionários nas melhorias dos processos. A implementação do 5S incentiva os trabalhadores a apropriarem-se dos seus espaços de trabalho e a contribuírem com ideias para melhorias adicionais, capacitando assim a força de trabalho. O aspeto da disciplina (*Shitsuke*) envolve formação e educação com vista a aumentar a moral e a qualidade do trabalho, promovendo uma cultura de auto-disciplina e melhoria contínua (Farinha, 2011; Gapp et al., 2008; Manzanares-Cañizares et al., 2022; Shahriar et al., 2022).

2.7.3. Desafios enfrentados na aplicação do 5S

Existem diversos fatores que influenciam o insucesso da implementação do método 5S. Um dos principais obstáculos é a falta de conhecimento adequado, formação e conscientização dos profissionais acerca da metodologia a implementar. Além disso, há resistência à mudança por parte dos trabalhadores e da gestão, que muitas vezes preferem manter as práticas tradicionais, mesmo que desorganizadas e ineficientes. A cultura organizacional tradicional e de que os métodos antigos são suficientes, dificultam a introdução do 5S, assim como a falta de busca pela perfeição e pela melhoria contínua diária. Essa resistência pode ser influenciada pela percepção de aumento na carga de trabalho, pelo nível de autonomia no trabalho e pela autoeficácia dos funcionários. Outros fatores que contribuem para esses desafios incluem a limitação de recursos financeiros para realizar treinamentos e manter os padrões do sistema, além da ausência de uma implementação consistente e da falta de suporte e comprometimento da alta gestão. Esses obstáculos combinados dificultam a aplicação efetiva do 5S, prejudicando os potenciais benefícios de maior organização, segurança e eficiência nos processos de construção.

Outra contribuição importante é a sugestão de que melhorar a autonomia no trabalho e promover o autoconhecimento dos colaboradores podem ajudar a reduzir a resistência, fornecendo orientações práticas para estratégias de gestão de mudanças. Há estudos que evidenciam que a resistência não é apenas uma barreira teórica, mas uma realidade empírica com efeitos práticos que devem ser considerados pelos gestores de topo e chefias. Quando os trabalhadores sentem que a organização os valoriza e apoia, desenvolvem uma atitude positiva em relação às iniciativas organizacionais, incluindo os processos de mudança. Essa percepção promove sentimentos de lealdade, empenho e responsabilidade para com a organização, tornando mais provável que os funcionários participem ativamente nas iniciativas de mudança e se preparem mental e emocionalmente para a implementação, reduzindo a resistência e facilitando transições mais suaves. Portanto, uma gestão que promova justiça e estabeleça relacionamentos de alta qualidade entre líderes e subordinados pode diminuir a resistência dos colaboradores às mudanças organizacionais (Jaramillo et al., 2012; Rehman et al., 2021).

2.7.4. Evolução do 5S para 6S e 7S

Para atender à necessidade de garantir níveis adequados de segurança e saúde ocupacional, especialmente em ambientes industriais com alto risco de acidentes, surgiu um sexto “S”, dedicado à Segurança. A sua origem nasceu da preocupação não apenas com a organização e a eficiência do espaço de trabalho, mas também com a conformidade em relação a requisitos de segurança, certificações de máquinas e o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) pelos trabalhadores (Jiménez et al., 2019).

O procedimento do 6S envolve três etapas principais: organização do espaço, padronização dos processos e adoção de medidas de segurança específicas. Essas

ações possibilitam que os trabalhadores tenham acesso a recursos de proteção personalizados, fortalecendo a prevenção de acidentes. A fase de Segurança é considerada essencial para assegurar que todas as operações estejam em conformidade com as normas de saúde e segurança no trabalho.

Desta forma, a aplicação do 6S tem impacto positivo na redução de riscos e na promoção de uma cultura de segurança, contribuindo para o objetivo de alcançar a condição de zero acidentes. Essa evolução do 5S tornou-se uma estratégia essencial para empresas que procuram otimizar os seus processos produtivos e proteger os seus colaboradores (Duarte Maia & Vieira, 2025; Jiménez et al., 2019).

A metodologia *Lean*, e em especial as ferramentas 5S e 6S, já são amplamente utilizadas por empresas de diferentes setores para melhorar organização, produtividade, segurança e qualidade nos ambientes de trabalho. Como evolução natural desse processo, foi proposta a criação da metodologia 7S, que inclui a Sustentabilidade como o sétimo S. Essa ampliação visa consolidar uma gestão que alie eficiência operacional, ética, responsabilidade social e compromisso ambiental. A transição do *Lean* 5S para o 7S reflete as necessidades crescentes das organizações em relação à segurança, sustentabilidade e impacto social positivo (Carrera et al., 2021; He et al., 2024; Jiménez et al., 2019).

2.8. Resistência à mudança

A resistência à mudança, embora frequentemente vista como uma barreira, pode também constituir uma oportunidade para ajustar processos, desde que seja compreendida e gerida de forma adequada. Entre os fatores que contribuem para reduzir esta resistência, destacam-se: a percepção de justiça organizacional, que aumenta o apoio percebido e melhora a qualidade das relações com as chefias; níveis elevados de apoio organizacional percebido e de qualidade da relação líder-membro, que se associam a uma maior preparação para a mudança e a uma menor oposição. Ter relações positivas e suporte efetivo por parte da liderança funcionam como mediadores importantes para transformar atitudes negativas em abertura à mudança (Canning & Found, 2015; Rehman et al., 2021).

A resistência pode assumir formas distintas - ativa, passiva ou agressiva - e manifestar-se a nível organizacional, grupal ou individual. Entre os fatores críticos que a potenciam encontram-se a falta de comunicação clara, a baixa participação dos colaboradores, a insegurança laboral e a percepção de injustiça nos processos. Experiências passadas negativas e culturas organizacionais demasiado normativas e conformistas tendem a reduzir a abertura à inovação e a dificultar a adoção de novas práticas. Pelo contrário, a participação ativa e a comunicação bidirecional contribuem de forma significativa para a sua mitigação. É igualmente recomendado adaptar programas de mudança às características culturais e subculturais existentes para aumentar a aceitação (Asamoah, 2012; Canning & Found, 2015).

No contexto tecnológico, surgem fontes específicas de resistência, como a percepção de vigilância excessiva, o medo de perda de autonomia ou de emprego, a sobrecarga de trabalho e a indefinição dos valores organizacionais. A resistência tende a ser maior quando as novas tecnologias são percebidas como uma ameaça à competência ou à estabilidade do trabalhador. Nestes casos, estratégias eficazes incluem comunicação transparente sobre objetivos, envolvimento dos trabalhadores na implementação e formação orientada para a adaptação às novas ferramentas. Tais barreiras apresentam raízes semelhantes às mudanças processuais, sendo igualmente influenciadas por percepções de justiça e participação (Ito et al., 2021).

Poder-se-á ainda afirmar que a baixa participação dos trabalhadores nas decisões e a falta de confiança na gestão são fatores determinantes para a resistência, agravados por comunicação deficiente e por fluxos de informação interrompidos. Para contrariar este cenário, recomenda-se incentivar a participação, construir confiança, aceitar críticas construtivas, comunicar de forma clara a necessidade de mudança e garantir que o suporte da gestão de topo é explícito. A qualidade da informação transmitida, quando válida e fiável, reduz o medo do desconhecido, enquanto lacunas no fluxo de informação alimentam a oposição (Damawan & Azizah, 2020; Rehman et al., 2021).

Entre os fatores situacionais que reforçam a resistência, destacam-se o cinismo, o silêncio organizacional, culturas fracas, insegurança no emprego, ausência de informação e falta de apoio organizacional. Para os ultrapassar, é aconselhável introduzir gradualmente as mudanças, promover a participação ampla dos envolvidos, assegurar uma comunicação aberta, fornecer apoio adicional - incluindo escuta ativa, formação e, se necessário, reforço temporário de pessoal - e, em casos específicos, recorrer a agentes de mudança internos ou externos (Damawan & Azizah, 2020).

Em termos práticos, a resistência tende a surgir quando os colaboradores antecipam um aumento de carga de trabalho e uma diminuição do seu controlo sobre as tarefas. Reforçar a autonomia e a competência, através de formação e de oportunidades de decisão, ajuda a reduzir a oposição e a preservar os resultados operacionais. A evidência empírica mostra que a autonomia e a autoeficácia estão negativamente associadas à resistência, enquanto o impacto negativo percebido se associa positivamente a ela; por sua vez, a resistência afeta de forma adversa a responsividade e o desempenho (Jaramillo et al., 2012).

2.9. Diagrama de Pareto

O princípio de Pareto, também conhecido como regra 80/20, foi formulado no século XIX pelo economista Vilfredo Pareto, que observou que 80% das terras em Itália pertenciam a apenas 20% da população, verificando-se a mesma proporção na distribuição da riqueza. Posteriormente, Joseph M. Juran, pioneiro da gestão da

qualidade, adaptou este conceito ao contexto empresarial e industrial, acrescentando a linha cumulativa ao gráfico e introduzindo os termos *vital few* e *trivial many* (Alkiayat, 2021; Chen et al., 1994; Shi et al., 2023).

Reconhecido como uma das sete ferramentas básicas da qualidade pela *American Society for Quality* (ASQ) e também listado por *Ishikawa*, o princípio de Pareto sustenta que uma pequena parte das causas é responsável pela maioria dos efeitos. A sua aplicabilidade estende-se a diversas áreas, incluindo economia, sociologia, informática, desporto e gestão industrial (Alkiayat, 2021; Chen et al., 1994; Shi et al., 2023).

O diagrama de Pareto é a representação gráfica deste princípio, composto por barras ordenadas da maior para a menor frequência, acompanhadas de uma linha de percentagem acumulada. Esta configuração permite identificar visualmente os fatores mais relevantes - *vital few* - e distingui-los dos menos significativos - *trivial many*. Apesar do seu uso generalizado, estudos matemáticos indicam que a proporção nem sempre se verifica exatamente como 80/20, nem se mantém constante ao longo do tempo (Alkiayat, 2021; Chen et al., 1994; Germanova-Krasteva & Dimcheva, 2020; Shi et al., 2023).

2.9.1. Objetivo da elaboração do diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é utilizado para identificar e priorizar os fatores mais relevantes que influenciam um problema ou resultado. Atuar primeiro sobre as causas mais significativas permite reduzir tempo, custos e esforços para alcançar os objetivos. Pode ser aplicado tanto na fase inicial de diagnóstico como na avaliação de resultados após a implementação de melhorias.

No contexto industrial, é amplamente usado para analisar defeitos e perdas na produção, permitindo priorizar problemas com maior impacto financeiro e operacional. Para além disso, também pode ser aplicado como ferramenta de gestão visual e transparência de dados, promovendo melhoria contínua, como demonstrado na monitorização de indicadores clínicos em neurocirurgia pediátrica.

Modelos de simulação oferecem ainda suporte teórico para compreender quando e como a regra 80/20 se verifica, analisando fatores que podem alterar a sua estabilidade ao longo do tempo (Alkiayat, 2021; Chen et al., 1994; Germanova-Krasteva & Dimcheva, 2020).

2.9.2. Como é utilizado o diagrama Pareto

O diagrama de Pareto pode ser aplicado a diferentes contextos, desde a análise de erros até ao controlo de qualidade e gestão operacional. A aplicação prática do diagrama de Pareto envolve a organização dos fatores que contribuem para o problema em causa, por ordem decrescente de frequência (eixo X), representados por barras, acompanhados por uma linha de percentagem acumulada. Quando esta linha atinge aproximadamente 80%, identifica-se o conjunto de causas principais.

Esta visualização é útil para comunicar resultados a gestores e orientar recursos para onde terão maior impacto.

O processo de construção do gráfico pode seguir um guião prático (Alkiayat, 2021; Shi et al., 2023):

- Listar os fatores que contribuem para o problema;
- Registrar a frequência de ocorrência de cada fator;
- Ordenar os fatores por ordem decrescente de frequência;
- Calcular as frequências e percentagens acumuladas;
- Inserir uma linha de referência dos 80%;
- Criar o gráfico, combinando barras (frequência) e linha (percentagem acumulada).

No contexto industrial, um exemplo prático inclui a identificação de defeitos na produção de encostos de cabeça para automóveis, onde três problemas concentravam 76% do desperdício. A análise permitiu segmentar defeitos por origem - costura decorativa, costura de fecho, operações preparatórias ou defeitos de material - e implementar medidas corretivas específicas, como formação de operadores e revisão de parâmetros.

Por outro lado, no setor da saúde, a adaptação como *living Pareto chart* permitiu o registo em tempo real de eventos adversos em hospitais pediátricos, incentivando mudanças comportamentais e maior adesão a protocolos de prevenção (Alkiayat, 2021; Germanova-Krasteva & Dimcheva, 2020; Shi et al., 2023).

Segue-se, na Figura 2.4, um exemplo ilustrativo do princípio de Pareto. Este gráfico evidencia que cerca de 80% das horas de execução de um projeto concentram-se em apenas duas das etapas analisadas - *Development* e *Planning*. Esta distribuição ilustra graficamente o princípio de Pareto, permitindo priorizar essas fases no planeamento de melhorias de produtividade e reforçando a ideia de que focar esforços no pequeno conjunto mais relevante dos elementos pode gerar ganhos significativos na eficiência global do processo.

O diagrama permite ainda relacionar defeitos com tipos de materiais e identificar operadores que mais erravam, levando a ações como:

- Treino e formações adicionais;
- Comunicação com fornecedores para reforço do controlo de qualidade;
- Inspeções a 100% em alguns itens onde cada unidade produzida é verificada, uma a uma, para detetar defeitos;
- Revisão de tempos-padrão.

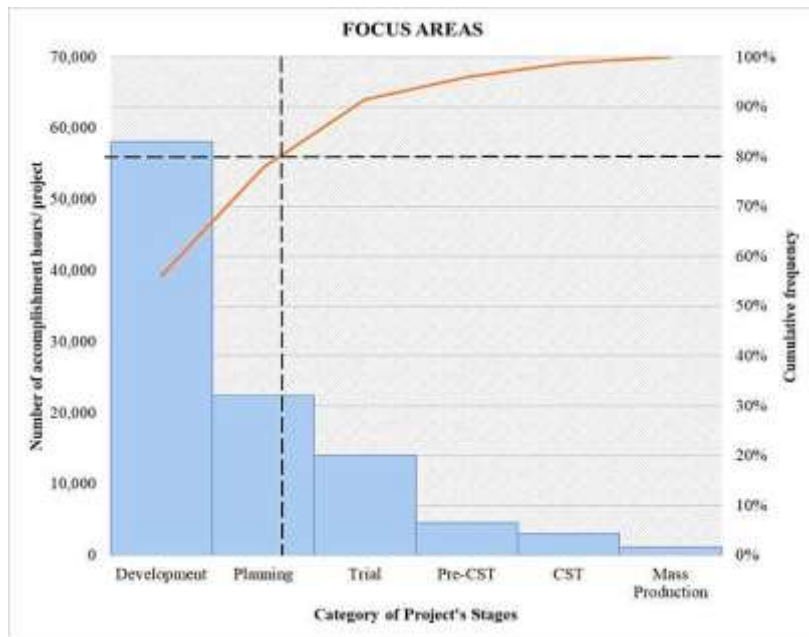


Figura 2.4 - Diagrama de Pareto das áreas de foco

Fonte: (Azlan et al., 2019)

A elaboração do diagrama de Pareto é útil em várias fases de um projeto de melhoria da qualidade, ajudando a reduzir tempo, custos e esforços. Direciona o foco para as causas mais dispendiosas e frequentes, permitindo priorizar medidas corretivas com maior impacto. É uma ferramenta simples e de baixo custo para promover mudanças, ainda que nem todos os problemas sejam resolvidos apenas com transparência. Deve-se ter sempre em atenção que a proporção 80/20 não é fixa e depende de fatores como entrada de novos elementos e obsolescência dos antigos.

2.10. Diagrama Spaguetti

O diagrama *Spaguetti*, ou em português, digrama de esparguete, também designado *spaghetti chart* ou *spaghetti plot*, é uma ferramenta visual utilizada para representar, através de linhas contínuas, o percurso percorrido por um elemento dentro de um sistema, seja este um operador, um material ou um equipamento. O traçado obtido, frequentemente irregular e cruzado, assemelha-se a fios de esparguete, originando a sua designação. Esta técnica enquadra-se nas metodologias *Lean* como instrumento de diagnóstico e melhoria, permitindo identificar desperdícios de movimento e transporte, detetar percursos redundantes e visualizar sobreposições que afetam a eficiência (Raikar, 2015; Senderská et al., 2017).

A sua aplicação é particularmente relevante na análise de *Layouts* de postos e áreas produtivas, sendo utilizada tanto para avaliar o estado atual como para comparar propostas de reorganização. Entre as vantagens identificadas nos estudos analisados, destacam-se a capacidade de quantificar métricas como o tempo despendido em

deslocações, a distância percorrida, o número de pontos visitados e a frequência de movimentos, além de servir de base objetiva para decisões de reorganização física ou de reestruturação das tarefas no posto de trabalho (Daneshjo et al., 2021; Hys & Domagala, 2018; Senderská et al., 2017).

A elaboração de um diagrama de esparguete envolve, de forma geral, várias etapas comuns. A primeira consiste no levantamento do *Layout* da área em análise, que pode ser obtido através de desenhos técnicos 2D ou 3D, ficheiros CAD, esboços à escala ou modelos digitais simplificados (Hys & Domagala, 2018; Senderská et al., 2017). Seguidamente, definem-se os pontos relevantes no espaço - postos de trabalho, zonas de passagem ou pontos de transição - com as respetivas coordenadas. O registo dos percursos é realizado através de observação direta, análise de vídeo ou medições no local com recurso a fita métrica e cronómetro (Hys & Domagala, 2018; Raikar, 2015).

Com base nesses dados, traçam-se as rotas no diagrama, manualmente ou com recurso a aplicações dedicadas, como as desenvolvidas em ambiente Excel/VBA, que permitem automatizar o desenho e o cálculo de indicadores (Daneshjo et al., 2021; Senderská et al., 2017).

Os movimentos registados são depois classificados segundo critérios pré-definidos, e é efetuado o cálculo da distância total percorrida, tempo despendido e número de deslocações por categoria. Por fim, os resultados obtidos são comparados entre diferentes cenários (*Layout* atual versus alternativas propostas), possibilitando a identificação das mudanças mais vantajosas (Hys & Domagala, 2018; Raikar, 2015).

Embora o diagrama de esparguete se revele eficaz, alguns estudos apontam limitações práticas. A sua aplicação é mais eficiente em áreas de menor dimensão ou postos com até cerca de 20 posições de trabalho. A elaboração de diagramas para vários elementos pode exigir cerca de 90 minutos, aumentando proporcionalmente com a complexidade do processo. Além disso, a representação de movimentos aleatórios ou não estruturados é menos imediata nas ferramentas atualmente utilizadas Spaghetti diagram appli... Para garantir resultados fiáveis, é fundamental dispor de dados precisos e de um conhecimento detalhado do processo analisado (Daneshjo et al., 2021; Senderská et al., 2017).

Por fim, o diagrama de esparguete representa uma base sólida para detetar e qualificar os desperdícios relativos aos deslocamentos desnecessários. Este diagrama está consequentemente relacionado com a otimização de *Layouts*, com a reorganização do trabalho e melhoria da eficiência operacional.

2.11. Implantação

Um dos principais fatores que comprometem a eficiência das operações numa indústria é a forma como os equipamentos e materiais estão organizados dentro da planta fabril.

As ineficiências operacionais significativas são frequentemente causadas por um *Layout* inadequado, onde as máquinas estão distribuídas de forma desorganizada e onde há uma falta de fluxo lógico de produção. Por norma, nestes ambientes há frequentemente movimentos cruzados de materiais entre setores; atrasos operacionais causados por congestionamento de operadores e empilhadores; percursos longos e desnecessários que conseqüentemente aumentam o esforço físico, o tempo de processamento e o risco de acidentes; e ainda, perdas de produtividade associadas à má gestão do espaço e à falta de coordenação entre etapas do processo (Badharinath et al., 2024).

2.11.1. Problemas associados ao *Layout* fabril e classificação dos mesmos

Dado a variedade de problemas causados pela ausência de um *Layout* organizado e bem estruturado, é possível categorizar os mesmos em problemas estáticos, dinâmicos, robustos e estocásticos.

Em primeiro lugar, nos problemas estáticos assume-se que as variáveis envolvidas permanecem constantes ao longo do tempo. Nestes casos, o *Layout* é planeado considerando um volume de produção, uma gama de produtos e um conjunto de processos fixos. É o tipo mais tradicional e abordado na literatura, geralmente aplicando métodos como o *Systematic Layout Planning* (SLP) que é um método estruturado para o planeamento de *Layouts* físicos de instalações industriais, desenvolvido por *Richard Muther*. São também aplicados métodos de programação matemática ou algoritmos heurísticos. O objetivo é minimizar o custo de movimentação ou maximizar a eficiência, assumindo que as condições permanecem constantes (Pérez-Gosende et al., 2021).

Em segundo lugar, os problemas dinâmicos, onde se reconhece que as condições da fábrica podem variar ao longo do tempo, seja por alterações de volume, de produtos, introdução de novos equipamentos, ordens de fabrico ou alterações tecnológicas. Desta forma, é necessário que o *Layout* seja reconfigurável ou adaptável. Este tipo de problema lida tanto com mudanças planeadas (como expansões) ou cíclicas (como sazonalidade), exigindo abordagens que integrem replaneamento ao longo de vários períodos. Para lidar com estas situações, o planeamento dinâmico organiza-se habitualmente em três fases distintas: a fase de antecipação, que corresponde à análise preventiva de alterações futuras que possam vir a impactar o *Layout*; a fase de adaptação, em que são feitas modificações estruturais para responder a mudanças já em curso; e, por fim, a fase de reconfiguração, que implica o redesenho parcial ou total do *Layout* com base em novas exigências operacionais ou estratégicas. Esta estrutura sequencial permite atuar com maior eficácia perante a instabilidade ou evolução dos processos, garantindo que o *Layout* continua ajustado à realidade da produção (Isnaini et al., 2025; Pérez-Gosende et al., 2021).

Como ferramenta de apoio à tomada de decisão neste tipo de ambientes, destaca-se a utilização de um checklist prático que permite aos gestores e engenheiros avaliar a necessidade de reconfiguração do *Layout* e a sua capacidade de adaptação. Esse

checklist baseia-se numa análise crítica da literatura e de casos de estudos, reunindo os critérios mais relevantes no planeamento dinâmico de instalações. Encontra-se organizado em quatro áreas principais (Isnaini et al., 2025):

- Ambiente de produção, onde é avaliada a estabilidade da procura, a variação dos produtos e a frequência de mudanças nos processos;
- Flexibilidade do *Layout* atual, que analisa a facilidade com que o espaço existente pode ser modificado (por exemplo, mobilidade dos equipamentos);
- Capacidade de resposta, que observa a existência de sistemas e métodos que possibilitem reagir com rapidez às alterações;
- E os critérios de reconfiguração, que incluem distâncias de movimentação, custos operacionais, impacto nos fluxos e o alinhamento com os objetivos estratégicos da organização.

Este instrumento não só ajuda a determinar se é realmente necessária uma intervenção, como também orienta a direção e a profundidade da própria mudança.

Relativamente aos problemas robustos, o principal objetivo é projetar um *Layout* que seja capaz de lidar com incertezas, mas sem necessidade de reconfiguração constante. O *Layout* robusto é planeado para manter bom desempenho sob diferentes cenários possíveis, mesmo que não seja o ideal para nenhum deles. A robustez é valorizada em ambientes onde há imprevisibilidade na procura, nos tempos de operação ou na entrada de novos produtos (Pérez-Gosende et al., 2021).

Por fim, os problemas estocásticos, onde são consideradas variáveis aleatórias no processo de planeamento, como tempos de processamento, intervalos de chegada de materiais ou probabilidades de rotas alternativas. A diferença em relação ao *Layout* robusto é que, neste caso, trabalha-se com modelos de probabilidade, exigindo simulações ou métodos analíticos mais complexos. São particularmente relevantes em ambientes de produção onde o fluxo de materiais não segue um padrão (Pérez-Gosende et al., 2021).

2.11.2. Principais tipos de *Layout*

No planeamento de instalações industriais, a escolha do tipo de *Layout* constitui uma decisão estratégica com impacto direto na eficiência dos processos produtivos. Existem vários modelos de *Layout*, sendo que os mais comuns são:

- *Layout* por processo;
- *Layout* por produto;
- *Layout* celular;

A escolha do tipo de *Layout* deve ser feita, após uma análise cuidada do fluxo de materiais e das operações envolvidas, com base em fatores como o volume de

produção, variedade de produtos, natureza do processo e espaço físico disponível (Liu et al., 2020).

O *Layout* por processo, também designado por *Layout* funcional, organiza os recursos de acordo com funções semelhantes. Por exemplo, todas as máquinas de perfuração podem estar concentradas numa área, enquanto as máquinas de soldadura estão noutra. Este tipo de configuração é habitualmente utilizado em sistemas de produção intermitente ou personalizada, em que os produtos seguem trajetos distintos consoante as suas especificações. A principal vantagem deste modelo é a flexibilidade, permitindo responder a uma ampla variedade de encomendas. No entanto, esta mesma flexibilidade pode gerar movimentações internas frequentes, com trajetos longos e complexos, o que tende a aumentar os custos logísticos e o tempo de produção (Liu et al., 2020; Pérez-Gosende et al., 2021; L. C. Santos et al., 2012).

Já o *Layout* por produto organiza os equipamentos e postos de trabalho segundo a sequência lógica de operações necessárias para a produção de um item específico. É característico de ambientes de produção em massa ou contínua, como linhas de montagem. Este modelo facilita o fluxo contínuo, reduzindo os tempos de transporte e os níveis de inventário em processo. No entanto, apresenta menor adaptabilidade a alterações de produtos e requer altos volumes de produção para justificar o investimento e garantir eficiência económica (Liu et al., 2020; Pérez-Gosende et al., 2021; L. C. Santos et al., 2012).

Por sua vez, o *Layout* celular representa uma combinação entre os dois modelos anteriores. Nesta configuração, diferentes máquinas são agrupadas numa mesma célula com o objetivo de fabricar uma família de produtos que partilhem operações semelhantes. Este tipo de *Layout* permite reduzir tempos de *setup*, simplificar os fluxos internos e aumentar a autonomia das equipas operacionais, sendo particularmente útil em sistemas de produção flexíveis, a produção de lotes pequenos (Liu et al., 2020; Pérez-Gosende et al., 2021; L. C. Santos et al., 2012).

A decisão sobre qual tipo de *Layout* adotar deve ter por base uma análise cuidadosa de fatores como o volume de produção, a diversidade de produtos, a natureza dos processos envolvidos e as condições físicas do espaço disponível. Além disso, é fundamental avaliar o fluxo de materiais e a sequência das operações, de forma a assegurar que o *Layout* esteja alinhado com os objetivos estratégicos da organização e contribua efetivamente para a melhoria do desempenho global (Liu et al., 2020; Pérez-Gosende et al., 2021; L. C. Santos et al., 2012).

2.11.3. Metodologia *Systematic Layout Planning* (SLP)

A metodologia *Systematic Layout Planning* (SLP), desenvolvida por Richard Muther, constitui uma abordagem estruturada e prática para o planeamento físico de instalações. A sua principal função é orientar a organização eficiente dos recursos dentro de uma planta, com base na análise das atividades desenvolvidas, dos fluxos

de materiais, pessoas ou informação e das relações espaciais entre áreas (Elahi, 2021; Pérez-Gosende et al., 2021; L. C. Santos et al., 2012).

O método é composto por quatro fases, e tanto podem ser aplicadas a contextos industriais como a outras realidades organizacionais. A primeira fase corresponde à recolha e levantamento de dados, onde são identificadas as necessidades espaciais, os setores existentes, os fluxos predominantes e as eventuais restrições físicas ou operacionais (Elahi, 2021; L. C. Santos et al., 2012).

A segunda fase inclui a análise da relação entre as áreas, através da construção de uma matriz que classifica a necessidade de proximidade entre os setores com base na frequência e intensidade das interações. Esta matriz serve de base à terceira fase, dedicada à geração de alternativas de *Layout*, na qual são criados diagramas de adjacência e esboços espaciais com diferentes arranjos possíveis, considerando acessos, fluxos e dimensão das áreas (Elahi, 2021; L. C. Santos et al., 2012).

Por fim, a avaliação e seleção da melhor alternativa é feita com base em critérios técnicos, como funcionalidade e viabilidade, bem como aspetos qualitativos como ergonomia, facilidade de comunicação ou segurança (Elahi, 2021; L. C. Santos et al., 2012).

Esta metodologia, embora frequentemente aplicada no setor industrial, é suficientemente flexível e robusta para ser adaptada a outros contextos, como demonstrado em estudos no setor dos serviços. Desde que o fluxo predominante (de pessoas, materiais ou informação) seja corretamente identificado e valorizado, o SLP mantém a sua aplicabilidade e utilidade (Elahi, 2021; L. C. Santos et al., 2012).

O processo pode ser conduzido com recurso a ferramentas simples, sem necessidade de software especializado, o que reforça o seu caráter prático. A sua aplicação tem mostrado resultados consistentes, como a redução de deslocações internas, a melhoria do aproveitamento do espaço disponível, a diminuição de tempos mortos e a organização lógica das áreas produtivas (Elahi, 2021; L. C. Santos et al., 2012).

2.11.4. Tendências Atuais e Novos Paradigmas no Planeamento de *Layouts*

Com a evolução da indústria, tem-se tornado cada vez mais evidente a necessidade de integrar novos paradigmas no planeamento de *Layouts* fabris, acompanhando as transformações tecnológicas, ambientais e operacionais do setor. A sustentabilidade, atualmente uma das tendências com maior destaque, tem impulsionado a conceção de *Layouts* orientados para a redução do impacto ambiental. Entre as estratégias adotadas, destacam-se a minimização de deslocações internas, a utilização eficiente do espaço físico e a poupança de recursos energéticos, contribuindo para uma produção mais limpa e responsável (Elahi, 2021; Pérez-Gosende et al., 2021).

No mesmo sentido, o *Lean Manufacturing* tem influenciado fortemente a forma como se pensa o *Layout* fabril. Diversos estudos apontam para a importância de alinhar a disposição física das áreas produtivas com os princípios *Lean*, como a eliminação de desperdícios, a melhoria do fluxo contínuo e a entrega de valor ao cliente com o

menor consumo possível de recursos. Neste contexto, a organização do espaço no chão de fábrica assume um papel crucial no suporte à implementação eficaz das práticas *Lean* (Pérez-Gosende et al., 2021).

Adicionalmente, o avanço das tecnologias digitais tem vindo a transformar significativamente o planeamento e a gestão de *Layouts*. O uso de sensores inteligentes, sistemas de monitorização em tempo real, simulações avançadas e ferramentas digitais de apoio à decisão permite não só monitorizar o desempenho das instalações com maior precisão, como também ajustar e otimizar o *Layout* de forma mais rápida e fundamentada. Esta digitalização crescente tem reforçado a agilidade e a capacidade de resposta das organizações face à complexidade dos sistemas produtivos atuais (Pérez-Gosende et al., 2021).

2.11.5. Fatores Críticos no Planeamento do *Layout*

O planeamento de um *Layout*, não se rege apenas na organização física dos equipamentos. Envolve uma compreensão profunda sobre os custos operacionais, fluxos de trabalho e interdependências funcionais. Todos estes fatores, se forem ignorados podem comprometer tanto a eficiência como a produtividade e ainda a competitividade da instalação industrial (Liu et al., 2020).

Dentro dos custos operacionais, encontram-se os custos de manuseamento de materiais, um dos principais critérios na avaliação de *Layouts* industriais. Alguns autores destacam que a movimentação excessiva de materiais - seja em distância, frequência ou complexidade - representa um custo oculto significativo para a organização. Um *Layout* mal planeado pode levar a trajetos redundantes, congestionamentos e retrabalhos, aumentando o tempo de produção e o consumo de energia. Desta forma, minimizar a distância total percorrida pelos materiais entre setores ou postos de trabalho é um objetivo essencial do planeamento do *Layout* (Liu et al., 2020).

Outro aspeto fundamental é o equilíbrio entre os diferentes postos de trabalho ao longo das linhas de produção. Num *Layout*, é importante distribuir as tarefas de forma equilibrada para evitar falhas, esperas e acumulação de trabalho em processo, contribuindo para desperdícios. Um bom balanceamento contribui para aumentar a produtividade da produção, reduzir tempos de espera, tempos de *setup* e melhorar a eficiência geral da linha (Elahi, 2021; Liu et al., 2020; L. C. Santos et al., 2012).

Não obstante, é importante também analisar as relações de proximidade entre diferentes áreas funcionais da planta fabril, como receção de materiais, áreas de produção, armazenamento, inspeção e expedição. Uma disposição eficiente deve favorecer a continuidade do fluxo, facilitar a supervisão e garantir a segurança dos trabalhadores. Para isso, recomenda-se o uso de ferramentas como diagramas de relacionamento (REL *charts*), abordado anteriormente, que ajudam a determinar quais as áreas que devem estar mais próximas entre si, tendo em conta a frequência de interação ou na sensibilidade do processo (Elahi, 2021; Liu et al., 2020; L. C. Santos et al., 2012).

2.12. VSM

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta visual e analítica associada ao pensamento *Lean*, utilizada para mapear e compreender os fluxos de material e de informação ao longo de um processo ou cadeia de valor. A sua função principal é identificar atividades que agregam valor, atividades necessárias, mas que não agregam valor e atividades que não agregam valor, possibilitando a identificação e posterior eliminação de desperdícios (Andreadis et al., 2017; Bizuneh & Omer, 2024).

O VSM distingue-se de outras ferramentas de mapeamento por representar simultaneamente os fluxos físicos e de informação, oferecendo uma visão integrada do sistema. A sua aplicação tem sido documentada em diversos setores, desde a manufatura industrial até indústrias labor-intensivas como o vestuário e encontra-se muitas vezes associada a fases iniciais de projetos *Lean*, funcionando como facilitador na criação de um plano de ação para melhorias (Andreadis et al., 2017; Bizuneh & Omer, 2024).

Do ponto de vista metodológico, a elaboração do VSM inicia-se com a recolha de dados sobre o estado atual do processo (*current state*), que inclui tempos de ciclo, tempos de mudança, níveis de inventário, capacidade e intervalos de transporte. Estes dados são representados de forma padronizada, permitindo a visualização clara de gargalos e desperdícios. A partir desta representação, desenvolve-se o *future state map*, que incorpora práticas e soluções *Lean* - como nivelamento da produção, sistemas pull, implementação de pacemakers e uso de supermercados - de forma a reduzir desperdícios e melhorar a eficiência (Andreadis et al., 2017; Bizuneh & Omer, 2024; M. Soliman et al., 2022).

A literatura evidencia que o VSM, por si só, é eficaz na identificação de desperdícios, mas a sua capacidade de eliminação direta é limitada, exigindo a aplicação subsequente de outras ferramentas *Lean*, como 5S, *Kaizen*, *Just-in-Time* (JIT) ou *Total Productive Maintenance* (TPM). Em casos práticos, esta integração resultou em ganhos significativos: reduções de lead time, diminuição de inventário em processo, aumento do rácio de valor agregado e melhoria da eficiência global (Andreadis et al., 2017; Bizuneh & Omer, 2024; M. Soliman et al., 2022).

Evoluções recentes da ferramenta têm procurado colmatar algumas limitações do VSM tradicional. Um exemplo é a combinação com simulação de eventos discretos (DES), que permite testar cenários e analisar o impacto de mudanças antes da sua implementação, introduzindo uma componente dinâmica na análise. Outra evolução é o VSM inteligente (*Intelligent VSM*), que integra tecnologias da Indústria 4.0, recolhendo dados em tempo real através de sensores e sistemas ciberfísicos, tornando o mapeamento adaptativo e continuamente atualizado (Mariappan et al., 2023; M. Soliman et al., 2022).

Apesar das suas vantagens, a implementação do VSM pode enfrentar barreiras como falta de compromisso da gestão, ausência de processos documentados, limitações financeiras e deficiências nos sistemas de informação a conceptual. Entre os fatores

críticos de sucesso destacam-se o apoio ativo da gestão, a formação adequada das equipas, uma cultura organizacional orientada para a melhoria contínua e a monitorização rigorosa das etapas do mapeamento (Bizuneh & Omer, 2024; M. Soliman et al., 2022).

Para concluir o tema, o VSM é assim uma ferramenta fundamental no contexto *Lean*, oferecendo uma visão abrangente, completa e clara do sistema, facilitando a identificação de desperdícios e servindo de base para a definição e priorização de intervenções. A sua eficácia aumenta quando é integrada num conjunto de metodologias e tecnologias de apoio, assegurando que a análise se traduz em melhorias reais e sustentáveis.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente capítulo dedica-se à caracterização da empresa onde foi realizado o estágio curricular, com a duração de nove meses, enquadrando-a no grupo empresarial a que pertence. Serão igualmente descritas as áreas fabris, o processo produtivo, os produtos fabricados e outros aspetos considerados relevantes para a compreensão global da organização.

3.1. Grupo inicialmente: HERITAGE B

O HERITAGE B é um grupo empresarial que reúne diversas marcas dedicadas a diferentes setores de atividade comercial. Com sede na Suíça, o grupo é composto por 65 entidades legais e opera com mais de 20 fábricas distribuídas pela Europa, América e Ásia. Conta com cerca de 5.000 colaboradores espalhados por quatro continentes (HERITAGE B, 2025).

Enquanto estrutura central de gestão, o HERITAGE B desempenha um papel estratégico, fornecendo suporte em áreas essenciais como finanças, recursos humanos, auditoria, fiscalidade e questões jurídicas. O grupo compreende duas unidades de negócio principais: a THIELMANN e o grupo TEKA (HERITAGE B, 2025).

A THIELMANN, conhecida como "*The Container Company*", foi fundada na Alemanha em 1740 e é líder mundial na fabricação de sistemas de contentores em aço inoxidável. Com cerca de 500 colaboradores, a empresa tem operações na Europa e na América, servindo uma ampla gama de indústrias, incluindo os setores alimentar, de bebidas, químico, farmacêutico, nuclear e petrolífero (HERITAGE B, 2025).

Já o grupo TEKA, fundado em 1924, consolidou-se como um dos principais fornecedores mundiais de cozinhas, contando com mais de 100 milhões de clientes. A sua produção foca-se principalmente em eletrodomésticos de encaixe e lava-louças de alta qualidade (TEKA, 2025).

Apesar da longa ligação entre o grupo TEKA e o HERITAGE B, no verão de 2024, em Madrid, foi concluído um processo de venda concorrencial. O HERITAGE B chegou a um acordo para integrar a TEKA no grupo empresarial chinês MIDEA, um grande grupo do setor tecnológico fundado em 1968. Esta transação estratégica permitirá à TEKA reforçar a sua posição competitiva, preservando o legado da marca, que conta com mais de um século de história. O negócio esteve sujeito à aprovação das entidades reguladoras competentes e foi formalmente concluído no início de 2025 (TEKA, 2025).

3.2. Grupo atualmente: MIDEA Group

A MIDEA, novo grupo líder da TEKA, é uma referência mundial no fabrico de tecnologia robótica e automação. Fundada em 1968, a empresa integra a prestigiada lista Fortune 500 e tem registado um crescimento robusto em diversos setores. Conta com mais de 190.000 colaboradores em todo o mundo e tem a sua sede em Foshan, na província chinesa de Guangdong. Entre as suas marcas, destaca-se a “MIDEA Home Appliances”, que oferece uma das gamas de produtos mais abrangentes do mercado de eletrodomésticos. A empresa especializa-se em soluções para climatização, refrigeração, lavandaria, eletrodomésticos de cozinha (tanto grandes como pequenos), purificação de água, tratamento de pavimentos e iluminação.

Para além do segmento doméstico, a MIDEA atua em áreas estratégicas como tecnologia industrial, tecnologias para construção, robótica, automação e negócios emergentes ligados à energia e logística inteligente. A sua estrutura de inovação é composta por 33 centros de investigação e desenvolvimento espalhados pela China, Estados Unidos, Alemanha, Itália, Japão, Israel, Hungria, Suíça, Coreia e Singapura, entre outros países. Esta rede apoia o desenvolvimento de produtos inovadores e soluções digitais, com mais de 100 000 pedidos de patentes e 80 000 já concedidas.

Nos últimos anos, a empresa tem investido fortemente na digitalização e integração da inteligência artificial e IoT, através do programa “Digital MIDEA 2025”, que aposta na automação industrial, plataformas digitais e sistemas inteligentes de logística, fabrico e serviços. Em 2023, a MIDEA alcançou receitas de 373,7 mil milhões de RMB², (cerca de 48 mil milhões de euros) posicionando-se entre os maiores grupos industriais do mundo.



Figura 3.1 - logótipo da empresa MIDEA

Fonte: <https://www.sgtmidea.com/>

Com esta nova aquisição, a TEKA tem agora uma oportunidade de crescimento tanto a nível industrial como empresarial, beneficiando da experiência, inovação e presença global do grupo MIDEA para reforçar ainda mais a sua posição no mercado internacional, cada vez mais competitivo e em constante transformação.

² Remimbi ou remmimbi é a moeda oficial da República Popular da China.

3.3. A TEKA Portugal

A TEKA Portugal é uma indústria metalomecânica localizada na zona industrial da Mota, no concelho de Ílhavo, distrito de Aveiro. Integrada no grupo TEKA, uma multinacional alemã, a empresa destaca-se na produção de eletrodomésticos de encastre, produtos de cozinha em inox de qualidade e soluções para casa de banho (TEKA, 2025; Documentos internos).

Com uma presença global consolidada, a TEKA comercializa os seus produtos em mais de 120 países, abrangendo todos os continentes. A nível industrial, opera com 15 fábricas na Europa, Ásia e América, produzindo anualmente cerca de 15 milhões de unidades (TEKA, 2025; Documentos internos).

A história da TEKA Portugal teve início em 1978, com a sua fundação em Ílhavo. Inicialmente dedicada exclusivamente à produção e comercialização de lava-louças em aço inoxidável, a empresa expandiu gradualmente o seu portefólio, diversificando a oferta ao longo dos anos. Atualmente, já não fabrica o produto que marcou o início da sua operação no país, contudo, especializou-se na produção de micro-ondas, fornos de vapor, exaustores, chaminés decorativas, gavetas de aquecimento e máquinas de café (TEKA, 2025; Documentos internos).

A fábrica (Figura 3.2) ocupa uma área de 23.000 m², distribuída por 13 pavilhões, numerados do número 1 ao 13 e emprega cerca de 370 colaboradores. Enquanto os escritórios funcionam em horário diurno, a produção fabril opera em dois turnos de 8 horas: das 6h30 às 15h e das 15h às 23h30.



Figura 3.2 - Unidade fabril da TEKA Portugal

Fonte: <https://www.teka.com/pt>

Atualmente, a TEKA Portugal é a única unidade industrial da Península Ibérica dedicada à produção de micro-ondas, exportando os seus produtos para mais de 50 países. Em 2022, atingiu um volume de vendas de 102 milhões de euros e produziu para mais de 40 marcas (TEKA, 2025; Documentos internos).

Os princípios que orientam a TEKA assentam em três valores fundamentais: honestidade, generosidade e originalidade. A transparência e a responsabilidade guiam a comunicação com os clientes, permitindo compreender as suas necessidades e desenvolver soluções inovadoras para a cozinha. A generosidade reflete-se no compromisso em oferecer tecnologia de excelência, combinando inovação e design

a preços justos. Já a originalidade define a identidade da marca, promovendo experiências que vão além da funcionalidade dos produtos, criando uma ligação única com os consumidores (TEKA, 2025; Documentos internos).

3.4. História da empresa

A TEKA, que conta com uma trajetória de 100 anos a nível global e mais de 40 anos de presença em Portugal, teve uma origem distinta da situação atual, começando pelo fabrico de maquinaria agrícola (TEKA, 2025; Documentos internos).

A história da TEKA remonta para o ano de 1924, quando *Karl Thiemann* fundou uma empresa dedicada à produção de equipamentos agrícolas na Alemanha. Quatro anos depois, expandiu a atividade com a construção de uma fábrica em Haiger, onde começaram a ser produzidos e comercializados os primeiros fornos esmaltados.

Em 1936, *Thiemann* adquiriu os direitos para o processamento de aço inoxidável, um marco que impulsionou a empresa. O crescimento acelerado levou à construção de três novas fábricas na Alemanha em 1942, em resposta à elevada procura por produtos fabricados com esse material (TEKA, 2025; Documentos internos).

A marca TEKA foi oficialmente criada cerca de 30 anos após a fundação da empresa, quando *Karl Thiemann*, em parceria com o seu sócio Helmut Klein, decidiu unir as suas iniciais para formar o nome "TEKA".

Inicialmente, a produção focava-se exclusivamente em lava-louças, mas com o sucesso crescente, a empresa expandiu-se para novos segmentos, começando a fabricar fornos, fogões, chaminés e máquinas de lavar roupa (TEKA, 2025; Documentos internos).

Em 1964, a TEKA estabeleceu-se em Espanha, dando início a um processo de internacionalização. A expansão começou pela Europa e, posteriormente, atingiu outros continentes. Atualmente, a marca está presente em cerca de 30 países, incluindo Chile, México, Venezuela e Peru na América; Marrocos em África; Emirados Árabes Unidos no Médio Oriente; China, Indonésia e Tailândia na Ásia; e em grande parte da Europa, com presença em países como Alemanha, Itália, Portugal e Rússia (Figura 3.3). A sede principal da sua atividade comercial está localizada na capital de Espanha, Madrid (TEKA, 2025; Documentos internos).

A diversificação da produção foi progredindo ao longo das décadas e em 1978, a TEKA lançou mundialmente a primeira placa de gás de encastrado, marcando um avanço significativo no setor (TEKA, 2025; Documentos internos).

Já em 2014, a TEKA atingiu a impressionante marca de 75 milhões de euros em vendas de lava-louças, consolidando-se como o segundo maior fabricante mundial nesse segmento. Dois anos depois, tornou-se a marca líder no mercado português, representando um em cada quatro eletrodomésticos de encastrado vendidos no país.



Figura 3.3 - Mapa do mundo com todas as fábricas da TEKA

Adaptado de: <https://pt.vecteezy.com/>

Para além do setor industrial, a TEKA destacou-se no desporto. Desde meados da década de 1970, tornou-se um dos maiores patrocinadores desportivos do mundo, apoiando grandes equipas como o Real Madrid, tanto no futebol como no basquetebol.

Atualmente, os produtos TEKA continuam a ser amplamente reconhecidos pela sua qualidade e inovação, sendo particularmente bem-sucedidos no mercado espanhol, onde estão presentes na maioria das habitações. Ao longo dos anos, a empresa expandiu a sua gama de produtos, mantendo um forte compromisso com o design e a funcionalidade. Em 2024, a marca celebrou o seu centenário com mais de 300 milhões de produtos vendidos em todo o mundo, reafirmando a sua posição como uma referência global no setor (TEKA, 2025; Documentos internos).

3.5. Marcas do grupo TEKA

O grupo TEKA é composto por várias marcas líderes mundiais, ilustradas na Figura 3.4, as quais se destacam as três principais: *Küppersbusch*, *Intra scandinavian design*, e a própria marca TEKA, a única presente em todos os mercados dos 5 continentes (TEKA, 2025; Documentos internos).



Figura 3.4 - marcas do grupo TEKA

Fonte: <https://www.teka.com/pt-pt/>

A seguinte marca do grupo TEKA, a *Küppersbusch*, é uma marca premium, especializada em cozinhas domésticas e profissionais. Esta marca premium, que começou por ser uma empresa dedicada à produção de fogões domésticos, foi fundada a 1875 por Friedrich *Küppersbusch*. Foi líder na Europa na produção dos seus principais produtos fabricando uns anos mais tarde, todo o tipo de eletrodomésticos para casa (TEKA, 2025; Documentos internos).

Em 1999, a *Küppersbusch* passa a fazer parte do Grupo TEKA, passando a ocupar o segmento mais premium das marcas do grupo alemão. Da ligação de ambas as empresas, resulta um grupo com mais de 5.000 trabalhadores a nível mundial.

Por fim, a *Intra Scandinavian Design*, uma marca dedicada ao design de produtos siderúrgicos, especialmente em aço inoxidável. Desenvolve produtos de cozinha como lava-louças, para além dos acessórios de banho para casas de banho publicas.

A sua história começa em 1871, quando um mestre ferreiro juntamente com o seu filho, arrendaram uma fazenda em Mölntorp, na Suécia. Nos primeiros tempos, esta empresa era dedicada à produção de recipientes de estanho para o setor de laticínios, no entanto, com o seu desenvolvimento e crescimento, começou a produzir e a comercializar lava-louças em aço inoxidável a partir de 1920.

Foi em 2007 que o Grupo TEKA adquiriu a Intra AS, que, na época, já detinha 40% de participação no mercado escandinavo. Nos anos seguintes, a empresa ampliou a sua presença internacional, com a Alemanha e os Estados Unidos tornando-se os principais mercados de exportação.

Com mais de 140 anos de história, a Intra é reconhecida pela sua inovação e qualidade no design, e fabricação de produtos de aço inoxidável (TEKA, 2025; Documentos internos).

3.6. Organização da empresa

A TEKA Portugal está aliada à TEKA de Espanha, partilhando o mesmo CEO responsável por ambas. Relativamente à empresa de Portugal, abaixo do CEO, encontram-se três grandes setores com os seus diretores. O setor industrial, o setor administrativo e financeiro, e o setor das compras.

Relativamente ao setor industrial, como pode observar-se o diagrama da Figura 3.5, este está dividido em vários departamentos, os quais: Produção; Cadeia de Abastecimento/Logística; Investigação e Desenvolvimento (ID); Qualidade; Higiene e Segurança. No que diz respeito ao departamento de Produção, este encontra-se subdividido em nove departamentos, a que se juntam duas secções de apoio, nomeadamente o Departamento de Melhoria Contínua, onde está inserido o estágio curricular, e o elemento de apoio, denominado “back office”. A Produção é organizada pelas seguintes áreas: Montagem de exaustores e chaminés; Montagem de cavidades (micro-ondas, fornos, gavetas, entre outros); Reprografia e Colagem; Pintura e Serigrafia; Prensas grandes de estampagem e Soldadura; Laser,

Paneladoras, Quinadoras e Prensas pequenas de estampagem. Cada uma destas áreas é supervisionada por um responsável, apoiado por um "team leader", que coordena os colaboradores e assiste o responsável do departamento nas suas funções. Ainda no departamento da Produção, estão incluídos mais três departamentos: o departamento da Ferramentaria; o departamento da Manutenção; e por fim, o departamento da Engenharia; cada um destes com os seus técnicos coordenados pelo responsável do setor. Para uma melhor compreensão, pode observar-se a Figura 3.6.

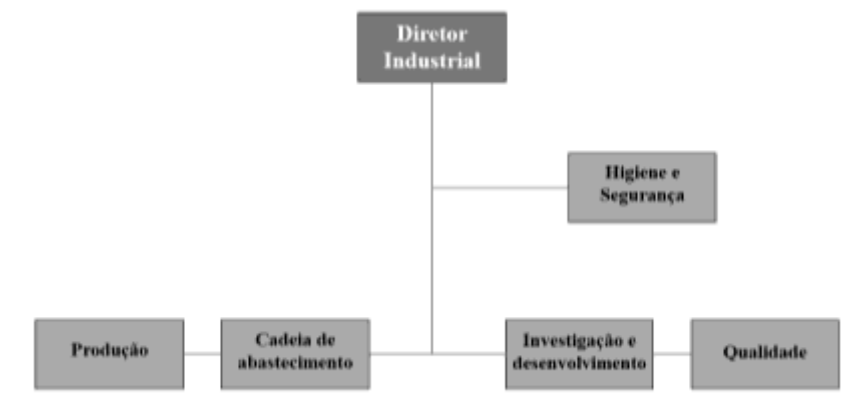


Figura 3.5 - Departamentos do setor industrial da TEKA Portugal

Adaptado de: (Documentos internos)

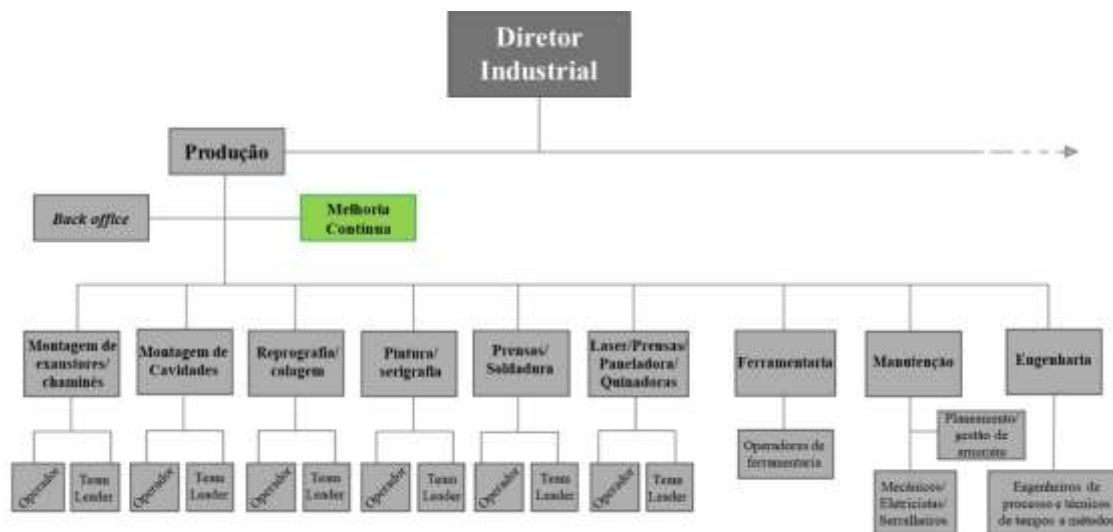


Figura 3.6 - Todas as áreas do setor da produção da TEKA Portugal (ver Anexo 1)

Adaptado de: (Documentos internos)

Quanto ao departamento da Cadeia de Abastecimento, o diretor é responsável pela gestão dos setores de planeamento e armazém, bem como pelo abastecimento de matérias-primas e materiais a todas as linhas e setores da fábrica. O setor de planeamento divide-se em três áreas: planeamento da produção, aprovisionamento de material e transporte. O setor de armazém e abastecimento é composto pela receção de material, pelos armazéns da fábrica e pela logística interna que garante o abastecimento das linhas de produção.

O departamento de Investigação e Desenvolvimento (ID) é supervisionado pelo respetivo diretor, que conta também com o apoio de um elemento de “back office”. Este departamento de projetos de novos produtos abrange várias áreas, incluindo o desenho técnico, onde um responsável coordena os projetistas e designers de projeto, e vários laboratórios, desde laboratórios de teste de cavidades, de exaustores e chaminés, e laboratório de eletrónica.

O departamento de Qualidade, liderado pelo diretor da Qualidade que tem também um elemento de apoio “back office”, divide-se em diferentes unidades: laboratórios de teste de garantias e de produto acabado; inspeção e teste de vida útil dos produtos; inspeção da qualidade na receção de material; e o laboratório de metrologia.

Por último, o departamento de Higiene e Segurança é coordenado pelo responsável do departamento e que conta com o apoio e trabalho de um elemento técnico e operador.

De seguida, o setor Administrativo e Financeiro, dividido em três áreas: controlo e gestão; tesouraria; Impostos, Auditoria Interna, Contabilidade.

Por fim o último grande setor, o setor das compras, que se divide também em várias áreas coordenadas pelo responsável por cada uma delas: Compras, Logística, Telecomunicações; Marketing; Serviços de Pós-Venda e por fim, os Recursos Humanos.

Todos os diretores devem manter uma ligação entre si, de forma a garantir que haja comunicação eficaz entre todos, assegurando que todas as ações e decisões sejam tomadas de forma consciente, consensual e alinhada.

Todos os diretores devem manter uma ligação entre si, de forma a garantir que haja comunicação eficaz entre todos, assegurando que todas as ações e decisões sejam tomadas de forma consciente, consensual e alinhada.

3.7. Produtos produzidos

A marca TEKA é reconhecida como mestre em eletrodomésticos de encastrar e em produtos de cozinha, como lava-louças e torneiras. Na unidade fabril de Portugal, são produzidos apenas alguns dos itens do catálogo da marca.

Embora tenha sofrido variações ao longo do tempo, atualmente, na TEKA Portugal, a produção centra-se em dois grandes grupos: Chaminés decorativas/Exaustores, e

cavidades (fornos, micro-ondas, gavetas e máquinas de café). Para uma melhor compreensão, apresenta-se a seguinte Figura 3.7 com os produtos produzidos na zona industrial da Mota, em Ílhavo (TEKA, 2025; Documentos internos).

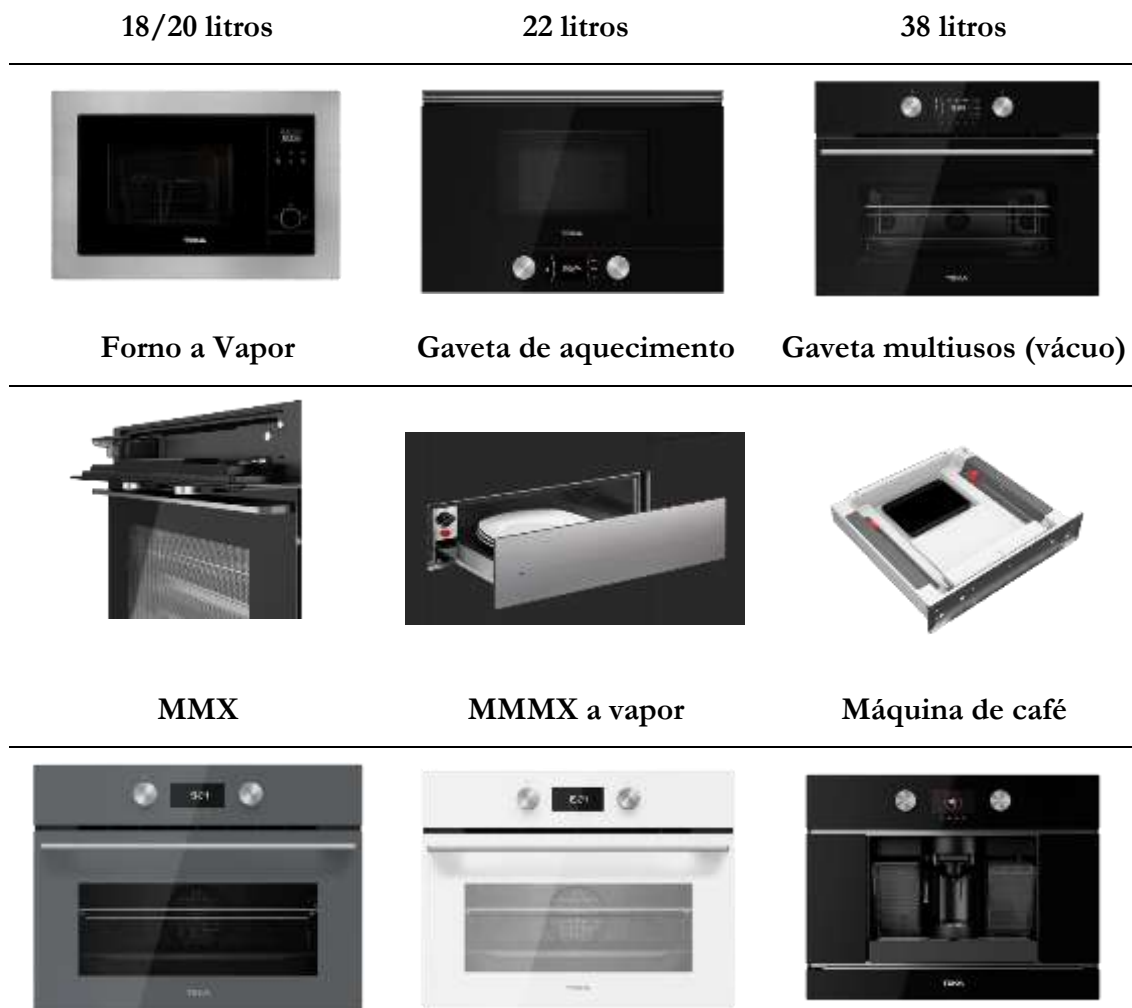


Figura 3.7 - produtos da gama de cavidades produzidos na TEKA Portugal

Adaptado de: <https://www.teka.com/pt-pt/>

Em 2023, a produção dos modelos MMX e MMX a vapor foi transferida para a unidade fabril de Madrid, em Espanha. Estes produtos apresentam-se como cavidades de 38 litros com turbo na parte traseira, resistência superior e inferior, e diferem dos modelos convencionais e a vapor. O modelo convencional possui uma grelha na porta, própria para refletir as micro-ondas dentro da cavidade, impedindo que escapem para o exterior, enquanto o modelo a vapor conta apenas com o vidro da porta e um depósito superior para água, semelhante ao sistema utilizado nos fornos a vapor, como ilustrado na Figura 3.7 acima.

As cavidades de 18/20 litros, 22 litros e 38 litros variam em volume, design e características. As cavidades de 18/20 litros e 22 litros oferecem opções com e sem grill, enquanto as de 38 litros possuem grill, turbo e a funcionalidade de forno.

Além disso, a TEKA fabrica máquinas de café de encastre e duas gavetas: uma de aquecimento e outra de multiusos, que utiliza vácuo para conservar alimentos e que é bastante utilizada na restauração.

A nível de chaminés e exaustores, a TEKA Portugal produz uma grande variedade dos mesmos, como se ilustra nas Figura 3.8, Figura 3.9 e Figura 3.10, desde chaminés decorativas de três tipos diferentes, a exaustores de encastre de vários modelos diferentes características e capacidades (TEKA, 2025; Documentos internos).



Figura 3.8 - produtos da gama de chaminés decorativas produzidos na TEKA

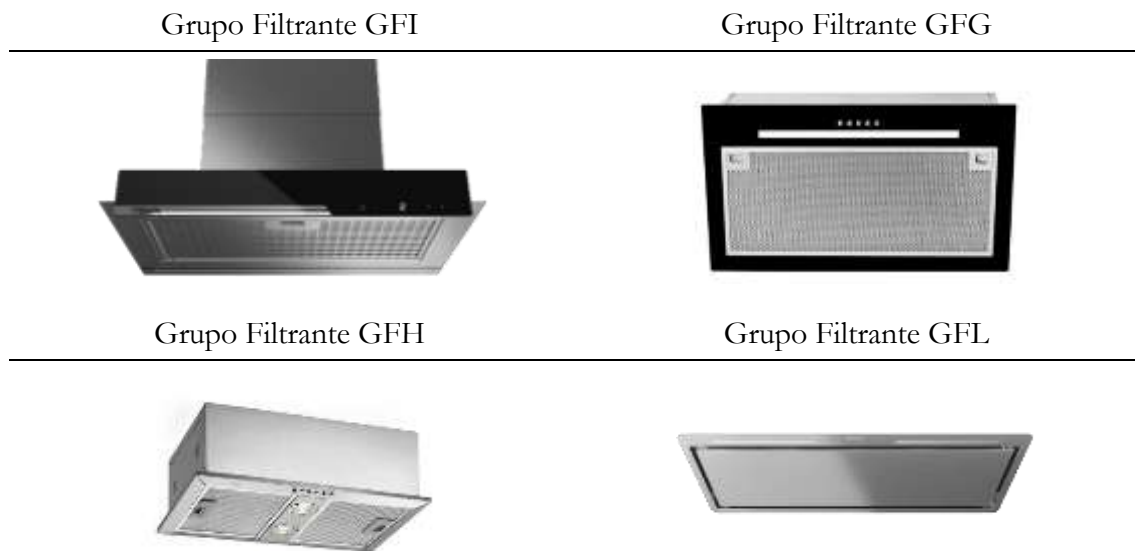


Figura 3.9 - produtos da gama de exaustores do grupo filtrante produzidos na TEKA



Figura 3.10 - produtos da gama de exaustores produzidos na TEKA

3.8. Apresentação da planta da fábrica

Com o objetivo de proporcionar uma visão mais clara da unidade fabril da TEKA Portugal e ainda uma melhor compreensão do seu processo produtivo, que será apresentada logo de seguida, foi realizado um esquema para identificar as diferentes áreas na planta do chão de fábrica.

A unidade fabril da TEKA em Portugal, tem uma área total de 23.000 m² e é composta por 13 pavilhões numerados do número 1 ao número 13 como mostra a Figura 3.11 abaixo (TEKA, 2025; Documentos internos).

O pavilhão 1 integra as oficinas da manutenção, as oficinas da ferramentaria, as quatro quinadoras manuais da fábrica, as prensas pequenas e uma paneladora (quinadora automática). No pavilhão do lado, com o número 2 localizam-se as duas máquinas de corte a laser, a segunda paneladora, a uma das áreas de soldadura para retoques de peças e um espaço de refeições e lazer. O Pavilhão 3 é dedicado à soldadura para produção e às linhas de montagem de cavidades de 38 litros e de 18/20 litros, enquanto o Pavilhão 4 acolhe as linhas de montagem de máquinas de café, a reprografia e a área de colagem. Já o Pavilhão 5 é ocupado pelas linhas de montagem de cavidades de 22 litros, de gavetas de aquecimento e pela serigrafia, dispondo igualmente de uma área de refeições e lazer.

O Pavilhão 6 funciona como armazém, sendo metade destinado a componentes e matéria-prima e a outra metade a produto acabado. O Pavilhão 7 é responsável pela receção de material, contando com gabinetes para análise da qualidade, e alberga ainda o armazém de ventiladores e de esferovites utilizados no embalamento. O Pavilhão 8 é exclusivamente dedicado ao armazenamento de ventiladores, enquanto o Pavilhão 9 se destina ao armazenamento de cartão.

No Pavilhão 10 encontra-se o armazém de sucata e peças rejeitadas, bem como peças de baixo movimento, como gabaritos não utilizados ou ferramentas obsoletas que possam vir a ser reaproveitadas. O Pavilhão 11 integra a área de pintura, o armazém de chapa e os gabinetes do Serviço de Assistência Técnica (SAT). O Pavilhão 12 contém as prensas grandes de estampagem, uma pequena área de soldadura e o

armazém de bobines e chapa. Por fim, o Pavilhão 13 está destinado às linhas de montagem de exaustores e chaminés.

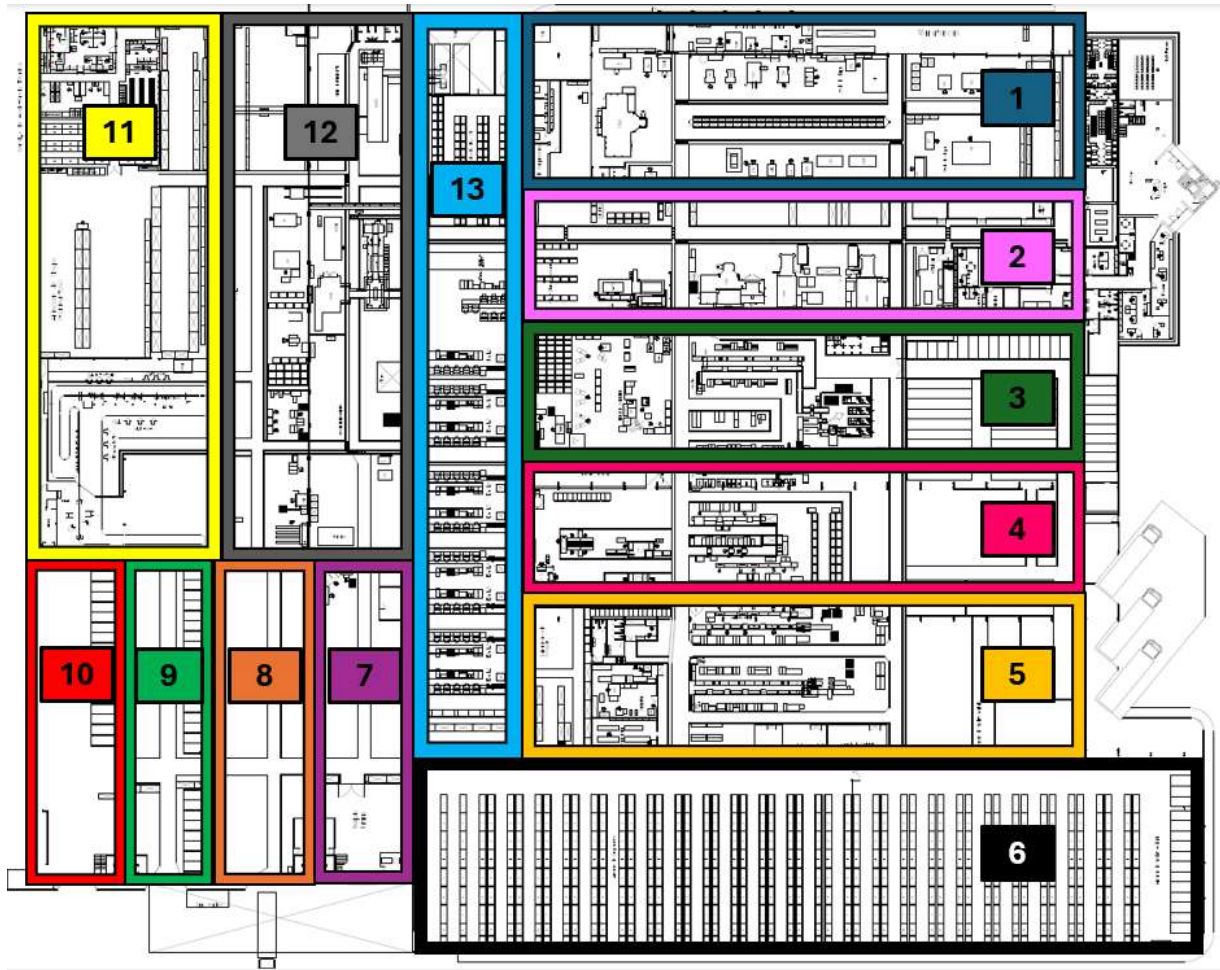


Figura 3.11 - Planta fabril

Adaptado de: Documentos internos

3.9. Processo produtivo

O processo de fabrico dos produtos da TEKA Portugal varia de produto para produto. Assim sendo, com base no volume de vendas e, conseqüentemente, no volume de produção, será dada ênfase a dois tipos de produtos em geral, embora existam sempre características distintas de modelo para modelo. Para uma melhor compreensão do processo produtivo será feita uma breve explicação do roteiro da produção da maioria dos exaustores/chaminés, marcado a linha azul e das cavidades, a linha vermelha com demonstra a seguinte Figura 3.12.

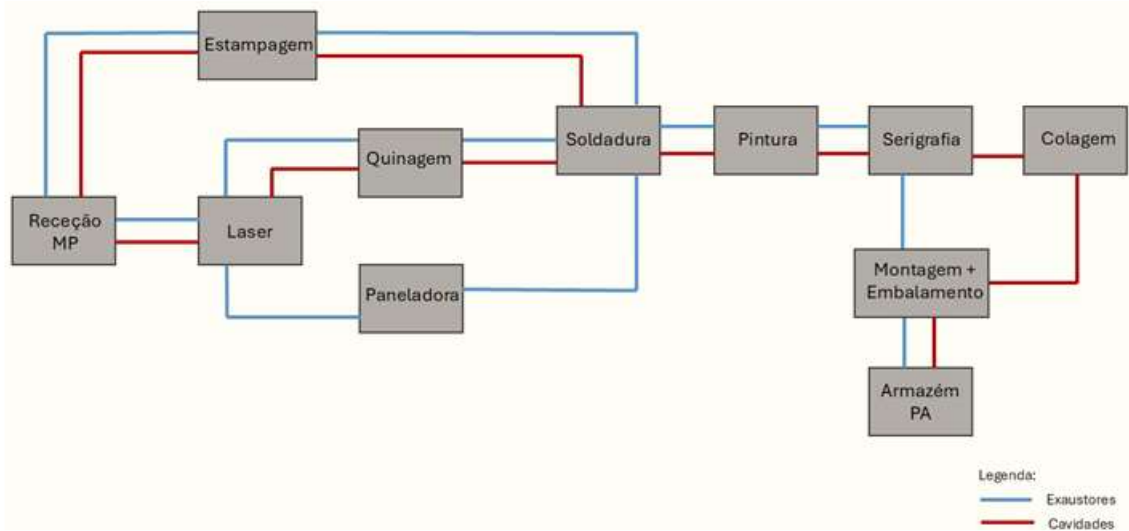


Figura 3.12 - Processo produtivo da maioria dos exaustores/chaminés e cavidades

Tanto para a produção de exaustores e chaminés, como de cavidades, o processo começa com a receção do material e análise da qualidade. Depois de tudo aprovado e verificado, o material conforme segue para o armazém de matéria-prima e de seguida para o abastecimento das máquinas da fábrica das linhas de produção.

Para a maioria da produção de componentes dos exaustores e chaminés, o processo de fabrico inicia-se com o corte de chapa nas máquinas de corte a laser (duas existentes). As chapas, com uma média aproximada de 2,60 m² de área, são alimentadas na máquina e após o corte são direcionadas para as quinadoras ou paneladoras, dependendo do tipo de peça a ser produzida. Este procedimento embora pertença ao setor dos exaustores e chaminés, em alguns casos é também utilizado pelo setor das cavidades, visto que ambos necessitam de materiais cortados.

A zona das quinadoras tem 4 máquinas, sendo que são mais utilizadas duas delas, a M1008 e a M797. Relativamente às paneladoras, estas são apenas duas, pelo que, em caso de avaria ou falha, podem ser substituídas por quinadoras (embora algumas peças, devido à sua dimensão, sejam mais difíceis de trabalhar manualmente nas quinadoras e possa afetar a produtividade). Ambos os dois tipos de máquina são utilizados para dobramento de chapa, com a grande diferença que uma das máquinas é manual (quinadora) e a outra automática (paneladora).

Para o caso da maioria das cavidades, as peças são estampadas nas prensas da fábrica. Podem ser prensas manuais, alimentadas com chapa já cortada do fornecedor, ou prensas progressivas, alimentadas por bobines.

Depois da chapa conformada, seja em paneladoras, quinadoras ou prensas de estampagem, alguns dos componentes passam para a fase de soldadura. Nesta fase tanto podem ser soldadas peças independentes (para unir laterais por exemplo), como várias peças juntas, produzidas em chão de fábrica. Após a soldadura, as peças passam para a pintura, com exceção das peças em inox, que ultrapassa este passo.

Os modelos que requerem pintura podem ser feitos em até 5 cores (antracite, bege, branco, cinza e preto), com variações de tons em algumas delas. Nesta etapa, a secção é dividida em 4 estágios, enquanto os componentes são transportados por uma linha suspensa, a uma velocidade baixa e constante. Primeiramente, as peças passam pelo Túnel de Tratamento de Superfícies (TTS), onde estas são limpas e desengorduradas, passando por quatro momentos para remover impurezas, (óleo e sujeira). O segundo estágio corresponde à secagem, onde as peças passam pela estufa para secar, saindo da mesma para serem resfriadas ao ar. A terceira etapa, passa pelo processo de pintura propriamente dito. Neste processo, com as peças limpas e secas, é aplicada uma tinta em pó através de pistolas automáticas móveis que se deslocam verticalmente. Em algumas peças onde é difícil o acesso das pistolas automáticas, encontra-se um pintor a dar auxílio dentro da câmara de pintura. O pintor com uma pistola de tinta manual, cobre com tinta as zonas onde as pistolas automáticas não chegam (normalmente cantos e superfícies internas das peças). Por fim, o último estágio, que corresponde ao Forno de Polimerização. Neste forno, a aproximadamente 200 °C, devido à combinação das cargas elétricas opostas entre o pó e o componente metálico, ocorre a fusão da tinta em pó, permitindo a sua fixação na peça.

Depois de todos os passos descritos, as peças que ficam na frente do produto, visível para o cliente, como os frontais dos exaustores, ou as portas das cavidades, passam para a serigrafia. Nesta etapa, as peças são serigrafadas com o logótipo da marca e com desenhos específicos, como a identificação de botões.

A última fase da produção pertence à pré montagem e montagem, no entanto, os frontais das cavidades passam antes pela colagem. Na colagem existem dois tipos de cola diferentes: bicomponente (com um tempo de cura de meia hora) e monocomponente (com tempo de cura de 4 horas). O tempo de cura corresponde ao tempo que a cola demora a secar totalmente de forma que o vidro e a porta das cavidades fique consolidado.

A pré montagem consiste na preparação de pequenos componentes como por exemplo os ventiladores dos exaustores.

A montagem de exaustores e chaminés divide-se em 11 linhas de trabalho (da linha 31 à linha 41), com 8 para exaustores e as restantes 3 para chaminés. A linha 31 corresponde à montagem de modelos “GF”, as linhas 32 e 33 para “CNL”, as linhas 34 e 35 para “TL”, 36 para “GFI”, que está incluído nos “GF”; 37 e 38 para “Classic”, as linhas 39 e 40 para chaminé horizontal e a linha 41 para chaminé vertical.

Por outro lado, a montagem de todo o tipo de cavidades, prolonga-se nos pavilhões 3 e 4 ao longo 9 linhas. Devido à diminuição da produção de cavidades e da passagem de alguns modelos para a fábrica de Espanha, a montagem das cavidades funciona apenas num único turno, no turno da manhã e a primeira linha encontra-se desativada de momento. A linha 2 destina-se à montagem de cavidades de 38 litros, as linhas 3 e 4 para as cavidades 18/20 litros, a linha 5 para máquinas de café, a linha

6 para a montagem de gavetas, as linhas 7 e 8 para cavidades de 22 litros, e a linha 9 para fornos a vapor.

A montagem de ambos os grupos produtivos é feita manualmente e no fim, os equipamentos são testados na própria linha para testar a qualidade e eficiência. No fim da linha, os equipamentos são embalados e etiquetados, prontos para seguir para o armazém de produto acabado.

Não obstante que para a montagem dos equipamentos nas linhas, é necessário ter sempre todos os componentes prontos e em stock perto dos colaboradores e para isso, são necessários os abastecedores. Estes colaboradores do setor da logística estão responsáveis por garantir o abastecimento das linhas e ainda por transportar materiais de todos os setores, seja das áreas de corte, conformação de chapa ou pré-montagem. Os abastecedores circulam por toda a fábrica utilizando porta paletes, *stackers* ou comboios logísticos conduzidos pelos mesmos.

3.10. Volume de produção

Relativamente ao volume de produção da TEKA Portugal, a família de produtos que mais se produz são exaustores e chaminés decorativas, contrariamente à família das cavidades com menos volume de produção.

Foram recolhidos os dados de produção referentes a 2023 e 2024, de modo a facilitar a perceção do volume produtivo da fábrica na atualidade. Importa salientar que, entre estes dois anos, a produção dos modelos de cavidades MMX e MMX Vapor foi transferida para a TEKA de Espanha, motivo pelo qual em 2024 estes já não se encontram representados nos registos. Observe-se a Figura 3.13 abaixo com o seguinte gráfico.

Verifica-se que a produção de chaminés e exaustores (colunas azuis) é consistentemente superior à das cavidades (colunas vermelhas) em todos os meses do ano. O maior pico de produção ocorre em março, com mais de 38 000 unidades, enquanto a produção de cavidades atinge nesse mês o seu máximo anual, próximo das 12 000 unidades. Os meses de agosto e setembro registam os valores mais baixos, em consequência do período de férias de verão, situação que também se repete em dezembro e janeiro devido à pausa de fim de ano, dedicada ao inventário e às férias de Natal.

No total, em 2023 foram produzidas 435 138 unidades, e em 2024, com variações sazonais semelhantes, a produção atingiu as 449 625 unidades. No que respeita aos modelos, dentro da família de exaustores e chaminés, o modelo “TL” apresenta a maior produção em ambos os anos, enquanto que nas cavidades destacam-se as de 18/20 litros como as mais representativas.

No ano de 2024 as variações de produção, seja por cada um dos meses do ano, seja por família de produto são bastante semelhantes, contando com uma produção total anual de 449 625 unidades.

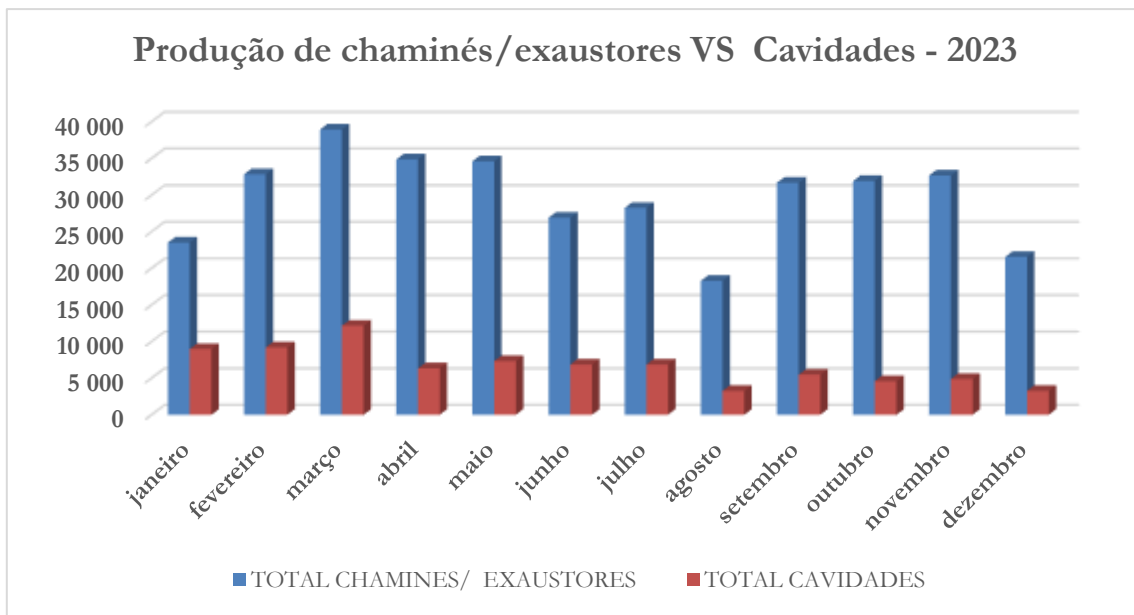


Figura 3.13 - produção de chaminés/exaustores Vs cavidades no ano de 2023

4. ATIVIDADES PRÁTICAS DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO

No capítulo dedicado às atividades práticas desenvolvidas ao longo dos nove meses de estágio curricular, será apresentado todo o trabalho realizado, incluindo a identificação dos problemas existentes, a análise efetuada, as soluções implementadas e as propostas de melhoria futuras.

O presente trabalho, centrado na aplicação da metodologia SMED, incidiu principalmente sobre dois setores da fábrica: o setor das quinadoras, localizado no Pavilhão 1, onde se desenvolveu a maior parte da intervenção, e o setor das prensas progressivas, situado no Pavilhão 12.

4.1. Setor das quinadoras

O setor das quinadoras foi aquele onde se concentrou a principal intervenção do projeto, uma vez que este representa a “zona crítica” da empresa. Este setor caracteriza-se por apresentar menores níveis de eficiência, *Setups* particularmente demorados para os equipamentos que são, e ainda afinações complexas, que afetam diretamente a produtividade e a qualidade dos produtos. Acresce ainda o facto de não existir qualquer forma de parametrização do processo, não estarem definidas instruções de trabalho ou de *setup* e não existir trabalho padronizado, o que reforça

a necessidade de intervenção e melhoria por parte do departamento de melhoria contínua e *Lean Production* onde está inserido o estágio.

4.1.1. Introdução ao processo

A TEKA Portugal dispõe de quatro quinadoras, embora apenas duas sejam utilizadas de forma contínua ao longo do horário de trabalho. Uma das máquinas é dedicada exclusivamente para operações de aplastagem de chapa, enquanto que a mais antiga de menor rendimento, é utilizada com menor frequência. Assim, o estudo concentrou-se nas duas quinadoras mais relevantes para a produção: a M1008 e a M797.

As quinadoras são equipamentos de conformação de chapa cuja principal função consiste em dobrar uma chapa plana através da ação combinada de um punção e de uma matriz, aplicando a pressão controlada pela própria máquina. Existe uma sequência de operações a qual não pode ser arbitrária, uma vez que tanto a geometria da peça como as ferramentas utilizadas impõem restrições à ordem das quinagens. Além disso, a mesma dobra pode ser realizada de diferentes formas, dependendo da orientação da peça na máquina.

Estas máquinas estão equipadas com um painel de controlo CNC, que permite introduzir programas e ajustar parâmetros operacionais. Através deste painel é possível definir a sequência de operações, as dimensões e tolerâncias necessárias, entre outros valores relevantes. Estes ajustes consideram ainda características do material, como a espessura da chapa, garantindo precisão e repetibilidade no processo de fabrico.

4.1.2. Primeira análise dos tempos de *setup*

Numa primeira fase, analisaram-se os dados de 2024, que foram trabalhados de forma a verificar se existiam variações nos registos de tempo de *setup* entre as diferentes máquinas. Para tal, foi elaborada uma tabela com os produtos produzidos nesse período de análise, indicando a que família de produtos pertenciam, em que máquina foram quinadas essas peças, a média de tempo de *setup* registada, bem como o número de ocorrências de cada peça. Este último fator é particularmente relevante, uma vez que quanto maior a amostra, mais fiáveis se tornam os resultados e menor é a influência de ocorrências pontuais ou esporádicas na análise.

Adicionalmente, registou-se se o número de ocorrências estava diretamente relacionado com tempos de *setup* mais elevados, o número de vezes que cada produto foi produzido no turno 1 e no turno 2, bem como as médias de *setup* correspondentes a cada turno. A Tabela 4.1 seguinte apresenta os dados recolhidos, representando apenas uma pequena amostra das linhas que compõem a tabela completa.

Tabela 4.1 - Segmento de dados recolhidos dos tempos médios de *setup* das peças de quinadoras, e outras análises

Item	Família de Produto	Máquina	Média <i>setup</i>	Nº vezes <i>setup</i>	+ vezes e > <i>setup</i> coincide?	Nº T1	Nº T2	Média T1	Média T2
943857	Gavetas	1 008	25,00	9	Sim	4	5	35	17
1231018	Exaustores	797	18,00	5	Não	2	3	23	15
1730124	Forras	797	18,00	44	Não	27	1	18	17
293227	ATIS	1 008	30,00	2	Igual	1	1	40	20
1230084	Exaustores	797	27,72	46	Sim	31	15	32	19
1831380	MW 18/20	1 008	18,36	14	Sim	8	6	20	16
1130517	Chaminés	1 008	25,67	3	Igual	1	1	24	30
1130506	Chaminés	1 008	25,00	4	Não	2	2	30	20
1130486	Gavetas	797	13,83	6	Não	3	3	13	15
1130604	Chaminés	1 008	24,17	6	Sim	3	3	27	22
1730209	Forras	1 008	23,33	3	Não	2	1	25	20
1130511	Chaminés	797	22,50	12	Não	4	8	34	17
1130528	Chaminés	1 008	22,50	2	Igual	1	1	30	15
1632480	MW 38L	1 008	22,50	2	Não	1	2	30	15

A análise teve início pela comparação entre máquinas, procurando perceber se determinados códigos de peças apresentavam tempos de *setup* diferentes quando produzidos na M1008 e na M797.

Da análise global dos dados recolhidos, verificou-se que, com base nos registos efetuados pelos colaboradores, a máquina M1008 foi aquela que apresentou os *Setups* mais demorados, concentrando cerca de 86% das ocorrências em que o maior tempo de *setup* foi registado.

No que diz respeito à comparação entre turnos, o turno 1 revelou tempos de *setup* superiores face ao turno 2. Esta tendência manteve-se quando a análise foi feita também por máquina: tanto na M1008 como na M797, o turno 1 apresentou tempos médios de *setup* mais elevados. Assim, conclui-se que os maiores tempos de *setup* registaram-se sobretudo na máquina M1008 e, relativamente aos turnos, no turno 1. Após esta breve análise, foi feita uma outra análise mais detalhada, como se pode observar pela Tabela 4.2 individualmente aos dados de cada uma das máquinas, como se pode observar na tabela abaixo acerca das médias de *setup* registadas.

Tabela 4.2 - média de tempo de *setup* geral, máximo e mínimo nas duas máquinas

Máquina	Média <i>setup</i> (geral)	Média <i>setup</i> máximo	Média <i>setup</i> mínimo
M797	19 min	28 min	8 min
		Bandeja CNL-9000 inox	Suporte caixa de potência
M1008	24 min	58 min	13 min
		Frontal MMX CNL 90 TEKA 18milímetro	Garra externa termostato bolbo

Da análise da tabela, verifica-se que a máquina M1008 apresenta, em média, os *Setups* mais demorados, com cerca de 24 minutos considerando todos os produtos analisados. Já na M797, a média global não atinge os 20 minutos.

No que respeita às médias de *setup* mais elevadas registadas, destaca-se o produto Frontal MMX do modelo de exaustores CNL na M1008 e a Bandeja do mesmo modelo de exaustores na M797.

Quanto aos tempos mais reduzidos, observa-se que numa das quinadoras foi alcançada uma média de *setup* inferior a 10 minutos, enquanto na outra o valor mínimo registado correspondeu a cerca de 13 minutos.

Posto isto, tornou-se necessário dar maior ênfase às peças produzidas com maior frequência, de modo a reduzir o impacto de divergências ocasionais nos registos de *setup*. Essas discrepâncias podiam ocorrer tanto em *Setups* excepcionalmente rápidos - por exemplo, quando era possível reutilizar as mesmas ferramentas e o mesmo programa, quando se tratava de peças pequenas, quando o material e as ferramentas já estavam disponíveis no local ou quando a afinação resultava à primeira - como em *Setups* anormalmente demorados, seja por falta de material, dificuldades adicionais na afinação ou menor experiência do operador responsável.

Assim, foram seleccionadas dez peças do setor das quinadoras, com base na sua maior rotatividade de utilização nas máquinas. Entre elas, cinco fazem parte da família dos exaustores, duas da família das chaminés decorativas, duas da família das cavidades de 22 litros e uma das cavidades de 18/20 litros.

Foram analisados os tempos médios de *setup* registados, o que permitiu identificar as peças mais críticas - caracterizadas por elevada rotatividade e maiores tempos de preparação - bem como aquelas cujo *setup* se revelou menos demorado. A etapa seguinte consistirá em investigar as causas subjacentes a essas variações, procurando compreender os fatores que influenciam os diferentes tempos de *setup* observados em cada peça.

Em primeiro lugar, na Tabela 4.3 irão ser apresentados os registos das peças referidas, na máquina M797, em forma de tabela e em forma de gráfico para uma melhor observação e perceção da situação inicial.

Tabela 4.3 - Tempo médio de *setup* na máquina M797

M797		
Cód_item	Nome do Item	Tempo médio de <i>setup</i>
1230096	Moldura 900 inox	20,83
1230084	Bandeja CNL-9000 inox	27,72
1831380	Suporte solenoide 18/20-MW22	13,75
1230566	Prolongador CNL 30x20 600 inox	17,10
1730297	Suporte estrutural MW22L	12,50
1130117	Envolvente motor MMX DLH/DSS elz.	15,96
1730124	Conduta vapor MW22	18,00
1130628	Suporte comando DSH	20,40
1231257	Corpo carcaça TL1-92II	15,20
1231262	Corpo carcaça GFH-73 II	18,06

Na Tabela 4.3, referente à máquina M797, apresentam-se os tempos médios de *setup* das dez peças selecionadas. Observa-se que a Bandeja CNL-9000 inox é a peça mais crítica, com o maior tempo médio de *setup* (27,72 min), enquanto o Suporte estrutural MW22L apresenta o menor tempo médio (12,5 min). De um modo geral, as peças nesta máquina mantêm tempos de *setup* mais homogêneos, variando entre aproximadamente 12 e 28 minutos.

Na Tabela 4.4, relativa à máquina M1008, os tempos médios de *setup* são, em regra, mais elevados do que na M797. A Moldura 900 inox destaca-se com um valor bastante superior (43,33 min), evidenciando a criticidade desta peça na M1008. Em contrapartida, o Suporte solenoide 18/20-MW22 apresenta o tempo médio mais baixo (18,36 min). A maioria das peças nesta máquina apresenta tempos médios superiores a 20 minutos, confirmando a tendência já identificada de que a M1008 é mais demorada nos *Setups*.

Para uma melhor comparação das duas máquinas, apresenta-se o gráfico da Figura 4.1.

Tabela 4.4 - Tempo médio de *setup* na máquina M1008

M1008		
Cód_item	Nome do Item	Tempo médio de <i>setup</i>
1230096	Moldura 900 inox	43,33
1230084	Bandeja CNL-9000 inox	20,83
1831380	Suporte solenoide 18/20-MW22	18,36
1230566	Prolongador CNL 30x20 600 inox	20,63
1730297	Suporte estrutural MW22L	20,13
1130117	Envolvente motor MMX DLH/DSS elz.	20,00
1730124	Conduta vapor MW22	19,78
1130628	Suporte comando DSH	21,11
1231257	Corpo carcaça TL1-92II	21,67
1231262	Corpo carcaça GFH-73 II	21,875

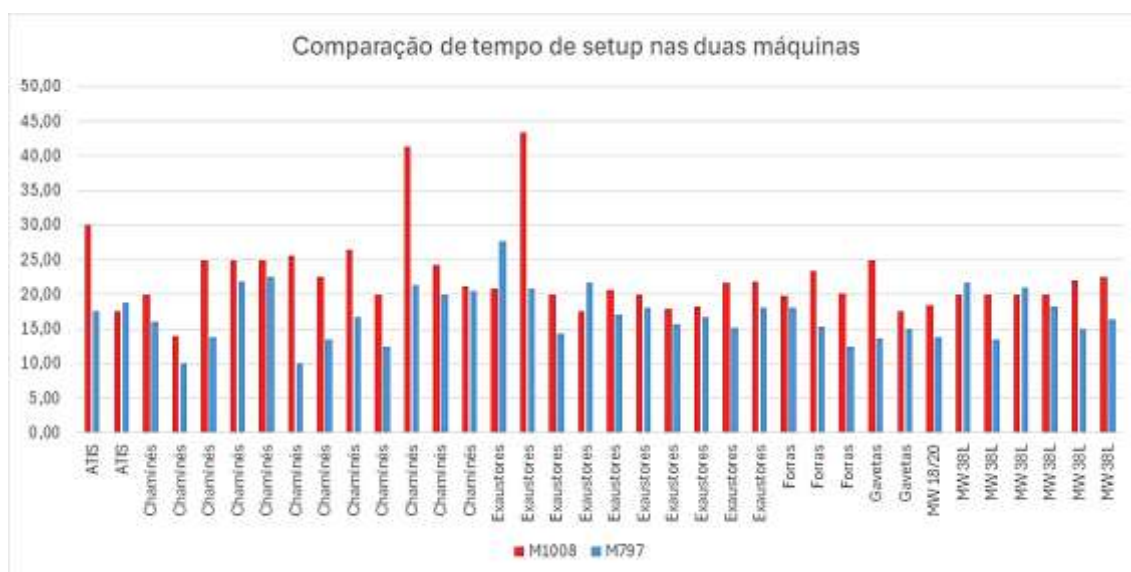


Figura 4.1 - Representação gráfica do tempo de *setup* nas duas quinadoras

Neste gráfico comparativo dos tempos médios de *setup* entre a M797 e a M1008, verifica-se novamente que, para a maioria dos itens, a M1008 apresenta valores consistentemente superiores na maioria das peças.

4.1.3. Levantamento de dúvidas em relação aos registos dos tempos de *setup*

Ao longo da análise das variações de *setup* entre máquinas, verificou-se que as diferenças mais significativas estavam associadas às peças em si, mais do que propriamente às máquinas. Ainda assim, foram identificadas variações entre máquinas e entre turnos. Com este processo de análise surgiram algumas dúvidas relativamente à forma de como os registos de tempo de *setup* estavam a ser efetuados.

Tornou-se então necessário reunir com todos os colaboradores do setor, um de cada vez e questioná-los sobre os métodos utilizados no registo dos tempos de *setup*. Importa referir que, em cada máquina, opera apenas um colaborador, sendo um total de quatro operadores nas quinadoras, distribuídos pelos dois turnos.

Verificou-se que os colaboradores do turno da manhã registavam o tempo de *setup* com base na hora de início e de fim, realizando o cálculo de forma simples, sem grande detalhe. Já os colaboradores do turno da tarde assumiam como referência um valor padrão de 20 minutos, ajustando-o de forma aproximada consoante considerassem que o *setup* tinha demorado mais ou menos tempo, baseando-se sobretudo na perceção individual.

Ora, este cenário evidenciou um novo problema relativamente à fiabilidade dos registos. Sendo os próprios operadores responsáveis por registar os tempos, os valores acabavam por refletir interpretações subjetivas, seja por conveniência, seja pela perceção de cada um, resultando em dados pouco precisos e insuficientemente fidedignos, o que limitava a possibilidade de realizar uma análise detalhada e rigorosa dos tempos de *setup*.

Feita a análise inicial do ponto de situação, e com o objetivo de compreender o tipo de variações e os tempos de *setup* existentes, foram observados e estudados com maior detalhe os *Setups* realizados nas quinadoras, como se apresentará nos subcapítulos seguintes.

4.1.4. Procedimento atual de *setup*

O processo de *setup* pode dividir-se em 5 passos fundamentais como foi referido no estado da arte do relatório. Em primeiro lugar, observa-se todo o processo, todas as tarefas, e faz-se um registo do mesmo, seja por escrito, seja por vídeo. Em segundo lugar, com todo o histórico de registo de atividades, separam-se as atividades internas das atividades externas sendo que as últimas correspondem às tarefas que se podem realizar com a máquina em funcionamento, ao contrário das internas que só podem ser feitas com a máquina parada.

Como terceiro passo, convertem-se, sempre que possível, todas as atividades internas nas externas, de modo a reduzir o tempo da máquina parada. De seguida otimiza-se e reduz-se o tempo de ambas as atividades e por último padroniza-se o procedimento de forma a todos os colaboradores executem as tarefas de igual forma, otimizando o processo de troca de ferramenta.

4.1.4.1. Metodologia de observação e registo:

Primeiramente foram observados alguns *Setups* com o objetivo de compreender melhor o funcionamento do processo e o seu contexto real. Durante essa fase de observação, foi possível dialogar com os operadores das quinadoras, esclarecendo dúvidas por meio de diversas perguntas que surgiam ao longo da observação.

Com o intuito de registrar as tarefas com maior precisão e nível de detalhe, solicitou-se autorização aos responsáveis e aos próprios colaboradores para realizar filmagens de todo o processo. Após obtidas as devidas permissões, iniciou-se o acompanhamento detalhado das operações, juntamente com a gravação dos *Setups*.

Foram filmados diversos *Setups*, abrangendo os dois turnos e diferentes operadores, de forma a obter uma visão mais ampla e representativa do processo. No Anexo 2, estarão alguns exemplos do trabalho feito após as observações e gravações do *setup*. Esta abordagem permitiu observar que, apesar de existir um procedimento geral comum, ocorriam variações significativas de duração e sequência entre *Setups*. Após a análise das gravações, definiu-se a sequência representativa do *setup* atualmente praticado no setor, excluindo tarefas de ocorrência esporádica. Com base nestas observações, foi possível descrever de forma detalhada o procedimento típico de *setup*, apresentado a seguir.

4.1.4.2. Descrição do *setup* atual:

- Encerramento da produção anterior

O operador inicia o *setup* logo após concluir a última peça conforme da produção anterior, procedendo de imediato à reorganização do posto de trabalho, de modo a garantir que o espaço se mantém limpo e ordenado. Em seguida, dirige-se ao computador de serviço para encerrar a ordem de produção correspondente, registrando no sistema a quantidade total de peças produzidas, e o número de peças rejeitadas. Após imprimir e assinar a etiqueta, fixa-a na paleta, contentor ou caixa, onde foram armazenadas as peças quinadas.

- Tarefas administrativas e de controlo

O operador preenche uma das folhas obrigatórias utilizadas pelos supervisores para o cálculo do OEE, bem como a ficha de inspeção em curso (FIC), destinada ao controlo da qualidade, onde são registadas todas as medidas relevantes. Adicionalmente, regista na agenda a quantidade de peças produzidas, identificando o respetivo código de produto.

- Transporte de material acabado e preparação da nova produção

De seguida, com o auxílio de um porta-paletes, transporta a paleta de produto acabado até à área designada por “mercado”, onde são recolhidos pelos operadores da logística. Posteriormente, traz para o posto de trabalho a paleta com as chapas cortadas destinadas à produção seguinte.

No computador, consulta os detalhes da nova produção e abrir a respetiva ordem, uma vez que não é permitido iniciar qualquer atividade produtiva sem que esta se encontre devidamente registada no sistema. Com a ordem de produção ativa e a informação do produto confirmada, o colaborador retira de um dossiê o desenho técnico correspondente à nova peça, arquivando de imediato o desenho da produção anterior no dossiê apropriado.

- Substituição e montagem de ferramentas

Inicia-se, então, a fase de preparação da máquina. O operador utiliza uma chave de aperto para soltar os punções (ferramentas da parte superior) e as matrizes (ferramentas da parte inferior), bem como os parafusos dos intermediários, que definem o ângulo de quinagem. O número de intermediários varia consoante a dimensão e o tipo de punções utilizados.

Com as ferramentas mais folgadas, o colaborador retira as mesmas da máquina e leva-as para a área de armazenamento de ferramentas, localizada atrás das quinadoras. Consultando o desenho técnico, o operador identifica as ferramentas necessárias para produção e recolhe-as da zona de armazenamento. Utilizando um carrinho de transporte para as peças pesadas, recolhe os punções e matrizes apropriados e retorna ao posto de trabalho.

De volta à máquina, o operador carrega o programa correspondente no painel de controlo CNC e confirma as medidas e configurações requeridas. Define os valores dos intermediários que considera mais adequados para a operação, posiciona as ferramentas na máquina e aperta os parafusos, garantindo a fixação correta. Uma vez confirmado o alinhamento, procede ao ajuste dos parafusos dos intermediários de acordo com as medidas definidas.

- Afinação e validação da primeira peça

Concluída a montagem, o colaborador utiliza o pedal para elevar a parte móvel da máquina e posiciona os esbarros ajustando-os da posição vertical para a horizontal. Estes esbarros são dois componentes localizados no interior da quinadora que funcionam como suportes e pontos de encosto para a chapa, garantindo o correto posicionamento do material no momento da quinagem. Ao serem colocados na posição horizontal, oferecem estabilidade à chapa durante a sua aproximação e conformação na máquina.

Seguidamente, arruma o posto e inicia a fase de afinação, considerada a etapa mais crítica do *setup*. Nesta fase, o colaborador começa por quinar a primeira quinagem da primeira peça e desloca-se até à mesa da qualidade para a medir. Geralmente a peça é medida com um paquímetro digital, e os ângulos da peça com uma suta.

Se a quinagem inicial estiver dentro das tolerâncias, prossegue para a operação seguinte. Caso contrário, ajusta os parâmetros no painel de controlo e utiliza a mesma peça para realizar novos testes. Após cada correção, volta a medir para confirmar a conformidade com as especificações.

- Afinação crítica

O operador ao medir o ângulo da peça com a suta, deve perceber se o ângulo apresenta diferenças ao longo de uma aresta ou se se mantém constante, ainda que fora de cota. Se estivermos perante o primeiro cenário, os ajustes efetuados no painel de controlo não são suficientes para corrigir a discrepância (situação relativamente frequente) pelo que se torna necessário proceder manualmente, pela segunda vez, à afinação dos intermediários. Para isso, o colaborador desaperta os parafusos do punção, arrasta-o ao longo da máquina para outra zona, solta os parafusos dos intermediários e ajusta as medidas através da rosca existente, utilizando a escala analógica. Em seguida, volta a apertar os intermediários, reinstala o punção e fixa-o novamente.

Se o ângulo da peça for uniforme em toda a extensão, embora incorreto (por exemplo, demasiado fechado ou excessivamente aberto), a correção pode ser realizada diretamente no painel de controlo da máquina. Através deste, é possível ajustar a inclinação da ferramenta para a frente ou para trás, alterando assim o ângulo de quinagem de forma global. No entanto, quando o ângulo se encontra desproporcional ao longo da peça, a intervenção manual continua a ser necessária, ainda que menos precisa. Depois da afinação, o operador realiza nova quinagem e mede todas as faces e ângulos, garantindo a conformidade dimensional.

Estando a peça em conformidade, o operador regista as medições na folha de qualidade, anota a data e a hora, e coloca a primeira peça boa na bancada da qualidade para validação final pelo técnico responsável.

4.1.5. Levantamento de problemas identificados

Com o processo de *setup* devidamente descrito, procedeu-se à identificação das principais causas que contribuem para o elevado tempo total despendido

Para estruturar a análise, elaborou-se um gráfico de Pareto com base nas observações registadas, de forma a compreender quais as atividades com maior impacto no tempo total de *setup*. Os principais objetivos desta análise foram: reduzir o tempo de preparação, identificar as causas críticas de ineficiência, compreender as variações entre operações e eliminar desperdícios associados a tarefas desnecessárias ou repetitivas.

Com base numa categorização, foi construída a Tabela 4.5 onde se registaram as quantidades de ocorrências, o tempo total despendido em cada categoria, em média, e a respetiva percentagem em relação ao tempo global de *setup*. A partir destes valores foi ainda calculado o percentual acumulado, etapa essencial para a aplicação do princípio de Pareto.

Tabela 4.5 - Distribuição do tempo total por categoria de atividade

Categorias	Qt ocorrências	Tempo total (min)	Tempo total %	Acumulado %
Ajustes e Afinação	5	9,10	30,14	30,14
Manuseamento Ferramentas	8	9,01	29,84	59,98
Medições	6	4,33	14,35	74,33
Deslocamentos	6	3,55	11,76	86,09
Controlo OP/FIC	6	3,20	10,60	96,69
Outros	2	1,00	3,31	100,00
Total	33	30	100	

As quatro grandes categorias representadas são:

- Administrativas e de controlo de produção, como a procura de desenhos, preenchimento de folhas (FIC e OEE) e abertura ou fecho de ordens de produção;
- Transporte e movimentação, incluindo o transporte de paletes e peças para o mercado ou para a sucata;
- Manuseamento de ferramentas, abrangendo a colocação e retirada de ferramentas, a influência do seu tamanho e quantidade, bem como a procura e arrumação das mesmas;
- Ajustes e afinação, que correspondem às tentativas sucessivas de afinação através da medição dos intermediários ou de ajustes no painel de controlo.

O gráfico de Pareto evidencia que a maior parte do tempo total de *setup* concentra-se em apenas algumas causas específicas. As quatro principais categorias, manuseamento de ferramentas, ajustes e afinação, atividades administrativas e de controlo da produção, e medições, representam, em conjunto, mais de 80% do tempo total. Este resultado está alinhado com o princípio de Pareto, que demonstra que determinadas causas são responsáveis pela maioria dos efeitos. Assim, ao direcionar esforços para a resolução destas causas críticas, torna-se possível alcançar uma redução significativa do tempo de *setup* e, conseqüentemente, um aumento da eficiência do processo.

Para uma melhor percepção visual desta análise, foi elaborado o gráfico de Pareto apresentado em seguida na Figura 4.2.

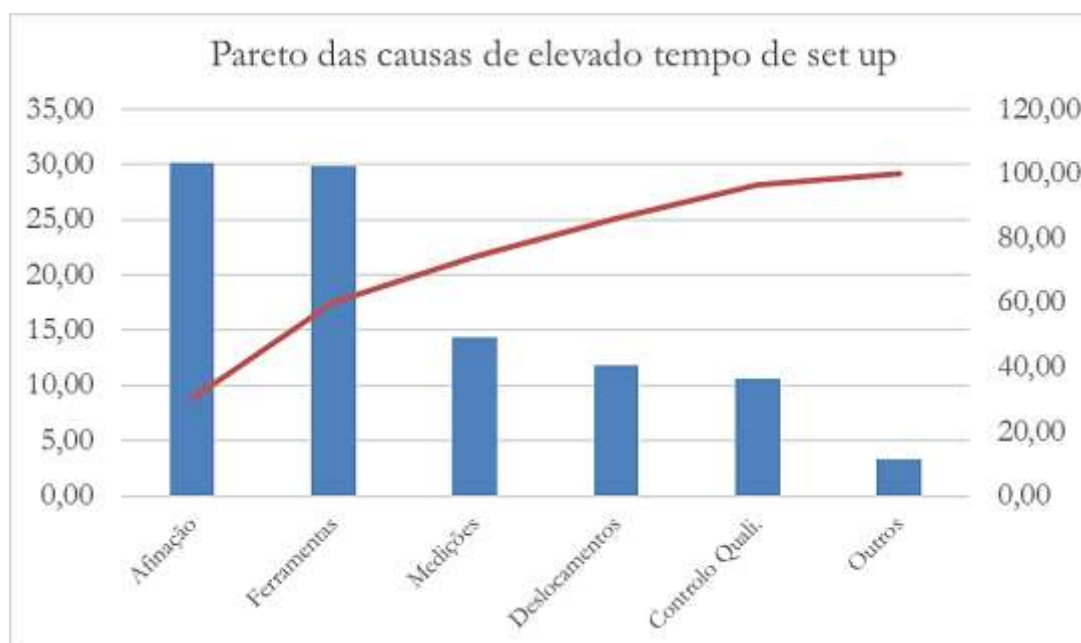


Figura 4.2 - diagrama pareto das atividades de *setup* no setor das quinadoras

Para dar continuidade ao trabalho efetuado e tendo as primeiras análises com base no gráfico de Pareto, foi possível identificar as causas que mais contribuem para o aumento do tempo de *setup*.

Assim, as categorias de maior impacto foram selecionadas para uma abordagem mais aprofundada, de forma a compreender com maior detalhe os problemas subjacentes e propor tanto ações de melhoria como soluções futuras direcionadas aos problemas em questão

Desta forma, nos subcapítulos seguintes serão analisadas individualmente as ações associadas a cada categoria, com o objetivo de identificar e implementar melhorias que contribuam para a redução do tempo total de *setup*.

4.1.6. Análise detalhada das principais causas e melhorias implementadas

Para uma melhor organização e compreensão do trabalho desenvolvido, o estudo foi estruturado em 4 secções, correspondentes às principais causas do elevado tempo de *setup* nas quinadoras. Em cada um dos pontos será apresentada, de forma detalhada, a situação inicial, o problema identificado e as soluções implementadas para a sua resolução.

4.1.6.1. Ajustes e afinação

Os ajustes e a afinação constituem a etapa em que o operador despende mais tempo durante o *setup*, sendo cerca de 50 % do tempo total, ou mais. Este facto deve-se, sobretudo, à ausência de padronização do trabalho e, principalmente, à inexistência

de parametrização e de dados relativos aos valores de afinação. O setor das quinadoras caracteriza-se por um processo fortemente manual, no qual a execução depende da forma de trabalho e da força aplicada por cada operador na colocação da chapa na máquina, originando inevitavelmente variações.

A falta de parâmetros definidos é evidente: as medidas dos intermediários, que influenciam diretamente o ângulo de quinagem da peça, não se encontram registadas em nenhum suporte. Assim, a afinação baseia-se, na prática, num método de tentativa erro, dependente da experiência individual de cada colaborador. Consequentemente, um novo operador que ingresse neste setor é incapaz de executar o processo de forma autónoma, uma vez que não existe formação estruturada, instruções de trabalho ou procedimentos de *setup* devidamente parametrizados.

4.1.6.1.1 Ficha de parâmetros

Assim sendo, surgiu a necessidade de propor uma hipótese, questionar os colaboradores acerca da mesma e testá-la.

A hipótese a testar consistia em registar, em formato físico, para uma determinada peça, os seguintes dados após a afinação estar concluída e a peça validada: programa utilizado, ferramentas aplicadas, medidas dos intermediários e principais parâmetros do programa.

Os operadores e o supervisor do setor foram questionados sobre a viabilidade desta proposta. O supervisor considerou que a medida seria eficaz, contribuindo para uma redução do tempo de *setup*. A maioria dos colaboradores partilhou a mesma opinião, referindo que o registo destas informações tornaria o processo mais rápido, padronizado e intuitivo.

Apenas o colaborador mais experiente do setor demonstrou alguma resistência à ideia, argumentando que cada operador possui o seu próprio método de trabalho e que fatores como o desgaste das ferramentas e da máquina poderiam levar a comportamentos diferentes, limitando a utilidade prática desse registo. Ora, só nos restava testar algumas hipóteses.

Foi realizado um teste prático com uma peça de exaustores, no qual se registaram todos os dados necessários à afinação - incluindo parâmetros do programa, ferramentas e medidas dos intermediários - numa folha de apoio. Sempre que a peça voltava a ser produzida, consultava-se essa folha para reproduzir as mesmas condições de *setup*.

De forma imediata, verificou-se que a fase de afinação se tornou substancialmente mais rápida. Quando os parâmetros estavam previamente registados e o procedimento era executado tal como na produção anterior, o tempo de afinação reduziu de mais de 10 minutos para cerca de 2 minutos, sendo o ajuste inicial quase sempre correto à primeira tentativa. Embora a primeira peça nem sempre ficasse totalmente perfeita, encontrava-se dentro das tolerâncias dimensionais, evitando assim a geração de sucata.

Em alguns *Setups* subsequentes, o tempo total não reduziu de forma tão expressiva, devido a outros fatores externos que surgiam durante o processo. Ainda assim, observou-se uma diminuição consistente do tempo de afinação, confirmando a eficácia da metodologia testada.

Face aos resultados obtidos, foi elaborada uma ficha de registo de parâmetros para ser preenchida pelos colaboradores no final de cada *setup* ou produção. O objetivo desta iniciativa foi construir uma base de dados com os principais parâmetros de afinação, permitindo a sua consulta em produções futuras.

Foram criadas oito fichas distintas, como mostra parte da Tabela 4.6 abaixo, organizadas por tipo de produto e código, de modo a facilitar a pesquisa e agilizar o acesso à informação. Assim, sempre que necessário, o operador poderia rapidamente consultar os dados de referência correspondentes ao produto a fabricar, caso já estivessem escritos pelo mesmo ou por um colega.

Tabela 4.6 - Exemplo de uma ficha de parâmetros elaborada para registo dos operadores

TEKA		Exaustores – 12...					
Data	Máquina	Código	Programa	Ferramentas		Intermediários	Obs.
				Matriz	Punção		

Com a introdução da ficha de parâmetros, seria possível construir gradualmente uma base de dados com informação relevante sobre os *Setups* realizados. As folhas foram afixadas num local visível e foi solicitado a todos os operadores que, após concluírem cada *setup*, registassem os respetivos dados.

A iniciativa foi bem acolhida por cerca de metade dos colaboradores, que reconheceram o potencial da base de dados para agilizar e padronizar futuras afinações. No entanto, a outra metade mostrou menor adesão, seja por resistência à mudança, não percebendo benefícios imediatos, tanto por falta de rigor como de empenho no cumprimento do novo procedimento.

4.1.6.1.2 Esbarros

Durante a afinação das peças, é relativamente comum que o operador precise ajustar a posição de um dos esbarros localizados na parte traseira da máquina. Como

mencionado anteriormente, os esbarros são estruturas internas que se movimentam conforme as distâncias programadas, podendo deslocar-se para a esquerda e direita, para frente e para trás, ou ainda para cima e para baixo, de acordo com os parâmetros definidos em cada programa no painel de controlo. Esses esbarros têm a função de servir como apoio para a chapa no momento da quinagem. O operador posiciona a chapa entre a matriz e o punção, encosta-a nos dois esbarros e realiza a quinagem da peça.

Contudo, há um problema recorrente relativamente à afinação das peças. Com o tempo e uso, os esbarros tendem a desalinham-se, ficando um mais avançado do que o outro, influenciando a conformidade da peça. Por norma, o operador percebe esse desalinhamento ao medir a peça e identificar variações de cotas entre as extremidades.

Para corrigir o problema, dirige-se à parte traseira da máquina com uma pequena chave de aperto e ajusta manualmente a posição do esbarro, com base numa estimativa visual. Esse processo, feito "a olho", pode exigir múltiplas tentativas durante o *setup*, já que o operador pode apertar demais ou de menos, sendo necessário repetir o ajuste até alcançar o alinhamento desejado. Para melhor compreender o processo de ajuste manual no esbarro, segue-se a Figura 4.3 com a ordem de despertos e ajustes.

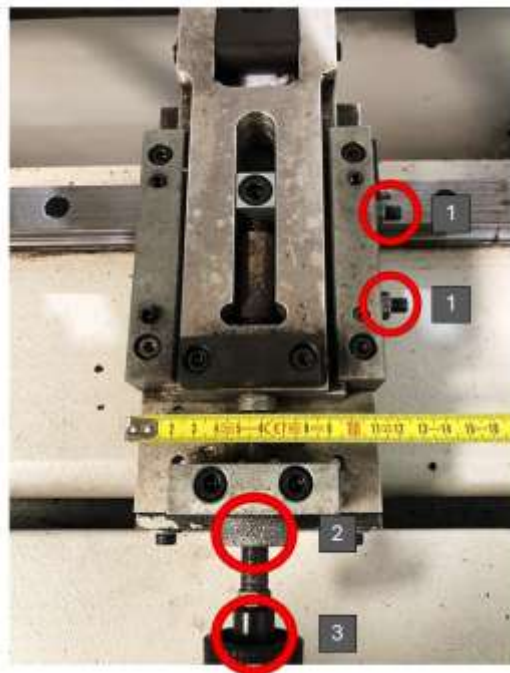


Figura 4.3 - esbarro com representação de ordem de ajuste

Primeiramente o colaborador desperta os parafusos numerados com o número um, de seguida o parafuso maior com o número dois e por fim ajusta com o parafuso

representado pelo número 3. Após feito o ajuste necessário, volta a apertar os parafusos numerados com o número dois e número um.

Importa referir também que o ajuste dos esbarros leva no mínimo um minuto do tempo de *setup*. Para manter alguma uniformidade, mesmo que através de uma solução provisória, foi estabelecido que apenas o esbarro esquerdo seria afinado, mantendo-se o direito sempre fixo.

Assim sendo, e conhecendo mais um pormenor da afinação no momento de *setup*, era necessário compreender dois pontos: se os operadores tinham conhecimento do valor exato do deslocamento necessário ou se realizavam os ajustes de forma empírica, baseando-se apenas na observação do resultado final. e ainda a razão pela qual os esbarros se desalinham entre eles.

Em primeiro lugar, observaram-se alguns casos concretos durante o processo de quinagem. Num deles, referente à produção de uma peça para um exaustor, registou-se inicialmente uma diferença de 0,51 milímetros entre os dois lados da peça (181,60 mm e 181,09 mm). A colaboradora dirigiu-se à parte traseira da máquina para ajustar os esbarros, voltando de seguida a realizar a quinagem e a medir novamente a peça.

Como não existe um sistema que indique o avanço efetuado nos esbarros, o ajuste realizado foi inferior ao necessário. Assim, as novas medições apresentaram valores de 181,60 mm e 181,40 mm, ainda distantes do objetivo (181,60 mm em ambos os lados). Dado que o resultado continuava insatisfatório, a colaboradora regressou à máquina, desapertou os parafusos necessários e voltou a ajustar as medidas dos esbarros. Desta vez, foi possível obter um valor mais próximo do pretendido, atingindo 181,55 mm, ainda sem alcançar o objetivo exato.

Embora seja difícil apurar com precisão e com certeza as causas, é possível reunir um conjunto das mesmas que possa contribuir para o problema em questão, entre eles:

- Desgaste da máquina que provoca a ausência de paralelismo entre os eixos, ficando a própria máquina descalibrada;
- Falta de manutenção preventiva;
- Constante intervenção manual do operador;
- Diferentes forças no momento de quinagem – cada operador tem uma força e sem intenção pode estar a forçar mais um lado que outro, contribuindo para diferentes medidas nas cotas.

Para melhorar o controlo da posição dos esbarros, foi colocada uma régua metálica graduada de forma que cada operador conseguisse ajustar as medidas dos esbarros com maior precisão e fiabilidade, como está representado na Figura 4.4 abaixo.



Figura 4.4 - Régua metálica no esbarro

Após colocada a régua nos esbarros, seria importante perceber se realmente esta pequena melhoria tinha surtido efeito, por isso, acompanhou-se a produção de uma peça de chaminés decorativas. Após a quinagem da peça, as medidas registadas de uma aresta foram de 10,23 milímetro e 10,51 milímetro. A colaboradora ajustou as medidas do esbarro, voltou a quinar a peça e a medir. Attingiu uma cota de 10,23 milímetros e uma cota de 10,21 milímetros, medidas bastante aproximadas. Ainda assim, em peças mais críticas onde a margem de erro é muito reduzida, seria necessário tentar ajustar de forma que ficassem as medidas exatamente iguais. O ajuste necessário consistia num recuo do esbarro, cuja dimensão era tão reduzida que se tornava difícil de executar com exatidão. Esta situação evidenciou a necessidade de uma escala mais precisa, capaz de indicar milésimas de milímetro.

Os primeiros resultados indicam que a utilização da régua contribui para uma maior precisão no ajuste. Contudo, não se revela suficientemente exata visto que a relação entre o movimento do esbarro e a variação dimensional da peça não é linear, sendo necessário deslocar o esbarro menos do que a diferença medida na peça. Para determinar essa relação com maior rigor, seria necessário realizar testes complementares que permitissem estabelecer uma correspondência precisa - por exemplo, identificar se $1/2$ ou $1/10$ da rotação da rosca do parafuso, responsável pelo movimento do esbarro, corresponde a uma determinada variação dimensional observada na peça.

Associado a esta análise, verificou-se também que o tamanho do parafuso e o tipo de rosca dos esbarros influenciam diretamente a sensibilidade e precisão do movimento. Uma rosca mais grossa (com passo largo) provoca deslocamentos significativos com apenas uma ou duas voltas, enquanto uma rosca mais fina permite ajustes graduais e controlados, sendo mais adequada a operações que exigem elevada precisão e maior detalhe.

Idealmente, os esbarros deveriam estar equipados com roscas de passo fino graduadas, semelhantes a um relógio, que possibilitassem visualizar e controlar o deslocamento em milímetros ou frações de volta (por exemplo, 1/12 de volta = x milímetros). Para viabilizar esta solução, seria necessário medir o sistema atual, determinar o curso máximo de avanço e recuo, e calcular o deslocamento efetivo por volta completa e por frações de volta (1/4, 1/2, etc.), de modo a estabelecer uma referência prática para futuras afinações.

Todas estas propostas foram analisadas e discutidas com responsáveis da área da qualidade e com um técnico de metrologia. No entanto, por não se enquadrarem diretamente no âmbito do projeto de estágio e por exigirem investimento considerável de tempo e recursos, decidiu-se não avançar com a implementação imediata, mantendo as sugestões em aberto como potenciais melhorias futuras.

4.1.6.2. Ferramentas

O manuseamento das ferramentas, segundo a análise feita e o diagrama Pareto, é a segunda causa com maior impacto no tempo total de *setup*, representando aproximadamente 30% do tempo de *setup*. Esta causa inclui diversas tarefas relacionadas com as ferramentas, desde desapertar os parafusos da máquina para as soltar, retirar as ferramentas da máquina, arrumar e trazer novas, posicionar estas e apertá-las na máquina. Todas estas tarefas requerem bastante tempo e podem ser otimizadas.

Aperto e desaperto dos parafusos.

Inicialmente, os colaboradores utilizavam chaves de aperto manual, pouco ergonómicas e que exigiam, em média, cerca de um minuto e meio para apertar ou desapertar os parafusos. Este tempo variava consoante o tamanho e a quantidade de ferramentas envolvidas, sendo que, no caso das ferramentas de maiores dimensões, o colaborador podia demorar quase o dobro do tempo.

Após uma reunião com o departamento de engenharia, procedeu-se à aquisição de novas chaves de aperto, mais ergonómicas e rápidas, o que contribuiu para uma melhoria significativa nas condições de trabalho e na eficiência do *setup*.

Contudo, apesar do ganho obtido, concluiu-se que seria vantajoso implementar uma solução ainda mais rápida, que não dependesse da força física de cada operador, garantindo assim maior uniformidade nos tempos de aperto, melhor ergonomia e redução do esforço físico durante a operação.

Na Figura 4.5 abaixo pode observar-se a evolução das chaves de aperto, tendo em conta que na primeira coluna está representada as chaves de aperto iniciais, na segunda coluna, a chave de aperto manual mais ergonómica e mais rápida e na terceira coluna, a chave de aperto pneumática que se afixará uma em cada uma das quinadoras.

Chave de aperto manual
pouco ergonómica



Chave de aperto manual
mais ergonómica



Chave de aperto
pneumática



Figura 4.5 - Evolução das chaves de aperto para as quinadoras

Identificação das ferramentas.

As ferramentas utilizadas nas quinadoras dividem-se em punções (ferramenta superior), matrizes (ferramenta inferior) e ferramentas de aplastar. As matrizes diferenciam-se principalmente pela abertura do “V”, que define o ângulo de quinagem possível. Existem três dimensões principais de matrizes:

- M4, correspondente à matriz com abertura mais estreita, adequada a chapas finas e dobras de menor raio;
- M6, de abertura intermédia, utilizada em situações de uso geral;
- M10, com abertura mais larga, indicada para chapas mais espessas e dobras de maior raio.

A escolha da matriz influencia diretamente o ângulo final da peça, a força necessária à quinagem e a precisão do resultado obtido. Ainda existe outro tipo de matriz que é chamada de “matriz faca” que é uma matriz com uma abertura mais funda para entrar mais o punção faca.

Relativamente aos punções, existem três tipos. Os mais comuns são os punções faca e os punções normais, diferenciando-se pelo formato e pela função no ângulo de quinagem. Os punções faca possuem uma aresta mais fina e afiada, enquanto os punções normais apresentam um perfil mais robusto. Existem também punções especiais que são punções com uma ponta como os punções normais mas em vez da ferramenta ser reta, é curvada com uma aparência semelhante a uma telha.

Existe também um outro conjunto de ferramentas, com menos unidades que são as ferramentas de aplastar. Estas ferramentas colocam-se na posição das matrizes, ou seja, na zona inferior da máquina e serve para aplastar uma aresta da peça quando necessário de acordo com a necessidade.

Abaixo apresenta-se a Figura 4.6 com uma imagem de todos os tipos de ferramentas e a sua legenda.



Figura 4.6 - Tipos de ferramentas nas quinadoras

Inicialmente, o colaborador, ao analisar o desenho técnico da peça e as suas dimensões, selecionava a ferramenta que considerava mais adequada e procedia a testes até obter o resultado pretendido. Em alguns desenhos, encontravam-se anotações manuais com a indicação do tamanho e tipo de ferramenta a utilizar. Nos restantes casos, a escolha era feita com base na experiência e memória dos operadores, que selecionavam a ferramenta que julgavam mais apropriada.

Como as ferramentas não possuíam qualquer tipo de identificação, verificou-se a necessidade de atuar neste ponto, com o objetivo de uniformizar a informação, facilitar a seleção correta de ferramentas e ainda, o registo na ficha de parâmetros.

Procedeu-se, assim, ao levantamento de todas as ferramentas existentes nas mesas de arrumação, registando-se o tipo de ferramenta, o comprimento e a respetiva identificação. Esta informação foi posteriormente compilada e demonstrada nos Anexo 3 e Anexo 4.

Após a identificação completa de todos os punções e matrizes, passou-se à definição do método de gravação dos respetivos números. As quinadoras em estudo são máquinas antigas, que apresentam fugas de óleo recorrentes. Por esse motivo, a gravação teria de ser resistente ao tempo, ao uso e ao contacto com substâncias

oleosas, o que excluía opções como marcação a marcador, tinta ou autocolantes, suscetíveis de desgaste e remoção.

Desta forma, decidiu-se proceder à gravação a laser dos números nas ferramentas, numa oficina localizada na mesma zona industrial que a TEKA Portugal. Esta solução foi considerada a mais adequada, por garantir maior durabilidade e legibilidade permanente da identificação.

A Figura 4.7 ilustra a comparação entre o estado original das ferramentas, sem gravação a laser, e o resultado final após a aplicação da gravação do número da ferramenta.

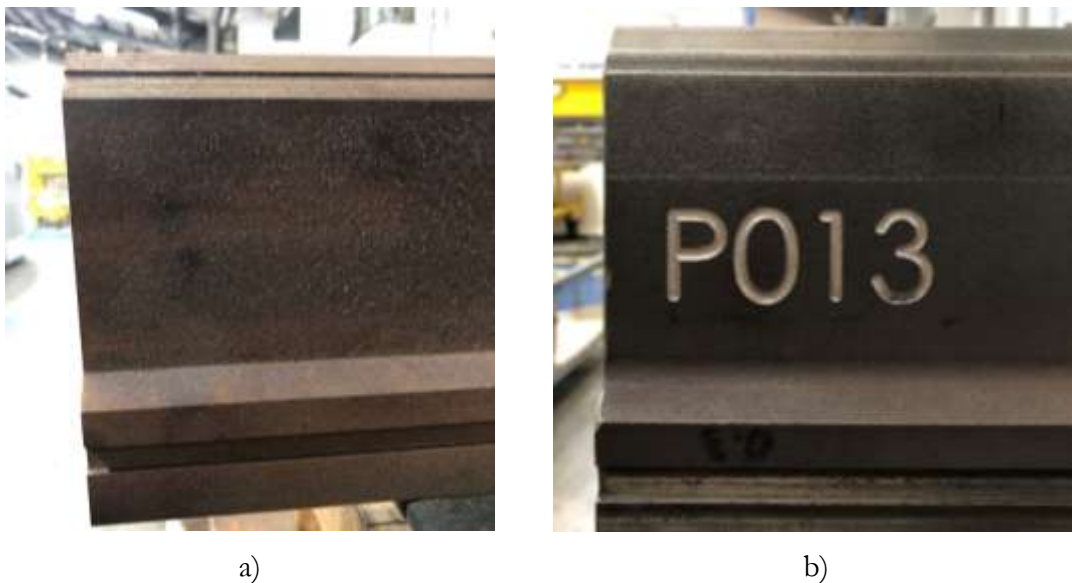


Figura 4.7 - Ferramentas: a) sem gravação a laser; b) com gravação a laser

Otimização do espaço e respetiva localização das ferramentas.

Todo o espaço de uma unidade fabril é valioso e, com o aumento da produção, torna-se essencial manter todos os setores organizados e o espaço bem otimizado.

Inicialmente, as ferramentas estavam armazenadas atrás das quinadoras em duas mesas grandes e compridas, além de uma estante com três níveis. As ferramentas eram dispostas horizontalmente, o que dificultava o manuseio pelos operadores e ocupava uma área significativa.

A proposta de melhoria consistiu em soldar calhas verticais numa das mesas grandes e em duas prateleiras da estante menor, permitindo que as ferramentas fossem armazenadas na posição vertical. Essa reorganização reduziria significativamente a área ocupada e possibilitaria a remoção de uma das mesas grandes localizadas atrás das máquinas, libertando espaço e melhorando a ergonomia para os operadores.

Para viabilizar essa solução, foram reaproveitadas chapas de ferro disponíveis em stock, que não estavam previstas para uso. Cada chapa media 490 milímetro de comprimento por 205 milímetro de largura. Em seguida, foi necessário cortar cada

chapa em três partes, utilizando a guilhotina, de modo que cada segmento mantivesse os 490 milímetro de comprimento e passasse a ter aproximadamente 68 milímetro de largura.

Com as chapas cortadas, foi preciso aguardar um momento de menor atividade produtiva, como os dias dedicados ao inventário, para realizar as quinagens sem comprometer a produção nem os prazos estabelecidos pelo planejamento.

Assim, foi feito um pedido a uma colaboradora experiente das quinadoras para realizar a quinagem das calhas, conforme ilustrado na Figura 4.8 abaixo. O perfil desejado previa que o lado B tivesse cerca de 14 milímetros, enquanto os lados A e C tivessem aproximadamente 27 milímetros cada.



Figura 4.8 - Configuração desejada da conformação da chapa

Adaptado de: <https://www.bricodepot.pt/>

A mesa grande destinada ao armazenamento das ferramentas possui aproximadamente 3290 milímetro de comprimento por 980 milímetros de largura. Isso exigiu a soldadura de duas calhas quinadas em sequência para cobrir toda a largura da mesa, garantindo o suporte necessário ao longo de toda a superfície e aproveitando toda a profundidade da mesa. Já a estante, com 1800 milímetros de comprimento e 600 milímetros de largura, permitia a instalação direta das calhas de 490 milímetro de comprimento, sem necessidade de emendas.

Além disso, foi necessário soldar uma calha horizontal ao longo do comprimento total da mesa e das prateleiras da estante, posicionada na parte traseira. Essa calha adicional tem a função de atuar como barreira, impedindo que as ferramentas escorreguem ou caiam para o lado oposto ao serem empurradas ou movimentadas sobre as calhas verticais.

Com a nova organização das ferramentas, tornou-se essencial identificar claramente cada zona e definir um local específico para cada ferramenta. Isso garantiria que os operadores soubessem exatamente onde encontrar cada uma, evitando perda de tempo na procura.

Para essa definição, foi necessário consultar o documento com a listagem completa das ferramentas e os seus respectivos tamanhos, permitindo agrupar as peças de

forma eficiente e organizada, de modo que coubessem adequadamente nas calhas disponíveis.

A distribuição ficou organizada da seguinte forma:

- **Mesa grande:** 49 calhas numeradas de 1 a 49;
- **Primeira prateleira da estante:** 37 calhas numeradas de 50 a 86;
- **Segunda prateleira da estante:** 41 calhas numeradas de 87 a 127.

Duas dessas calhas, localizadas na segunda prateleira, foram quinadas sem corte na guilhotina, uma vez que seriam para as ferramentas de apilastagem cuja largura é significativamente superior às matrizes e punções. A Figura 4.9 ilustra o estado inicial e a Figura 4.10 o resultado final após a implementação da melhoria na organização das calhas.



Figura 4.9 - Situação inicial da disposição das ferramentas sem calhas



Figura 4.10 - Situação final da disposição das ferramentas com calhas

É possível observar claramente a diferença na disposição das ferramentas, com uma ocupação de espaço muito mais eficiente e maior facilidade de acesso para os operadores.

Em alguns casos, foi necessário alocar matrizes e punções na mesma calha da mesa grande, uma vez que se tratava de conjuntos específicos utilizados em determinadas peças. No entanto, a maioria das calhas foi organizada separando as ferramentas por tipo - matrizes ou punções - e por características técnicas, como o tipo matrizes (M4, M6, M10) ou o formato dos punções (punção faca ou punção normal).

Para complementar a organização, foram afixadas duas folhas A3 plastificadas atrás de uma das máquinas, contendo a listagem completa das ferramentas e a respetiva localização de cada calha como é demonstrado pela Figura 4.11. O objetivo deste material de apoio é permitir aos operadores uma consulta rápida e prática. O documento com essas informações encontra-se disponível no Anexo 5.



Figura 4.11 - Identificação das ferramentas e respetiva localização afixada na zona das quinadoras

4.1.6.2.1 Medições

A terceira causa com maior impacto no tempo total de *setup* é a medição da peça, uma atividade essencial para o controlo de qualidade. Durante o processo de *setup* e de afinação, o colaborador deve medir a peça quinagem a quinagem, de forma a assegurar que a mesma encontra-se dentro das dimensões conformes.

Neste sentido, trata-se de uma etapa cujo tempo é difícil de reduzir, uma vez que a medição tem necessariamente de ser realizada pelo próprio operador. As possíveis melhorias para agilizar este processo envolveriam equipamentos tecnologicamente avançados, como óculos de realidade aumentada ou sistemas de visão com inteligência artificial capazes de realizar medições automáticas. Estas soluções

representariam um investimento excessivamente elevado face à realidade atual da fábrica e face às prioridades de investimento da organização.

Outra melhoria, mais simples, que poderia contribuir para reduzir o tempo de *setup* na fase de medição das peças seria definir, em conjunto com o departamento da qualidade, quais as peças que necessitam de uma medição rigorosa, quais as menos críticas e quais poderiam ser avaliadas apenas com o auxílio de um *gabarit* ou de uma peça de montabilidade. Desta forma, o operador apenas teria de quinar a peça e testá-la no *gabarit*. Se esta encaixasse corretamente e ficasse bem fixa, seria sinal de conformidade, podendo avançar para o passo seguinte sem necessidade de medir com um paquímetro cota a cota nem preencher fichas de gama de controlo ou outros documentos com medições detalhadas.

As melhorias de fácil implementação relativamente à questão de medição da peça, seriam mais a nível de preservação do material e de redução do tempo gasto na sua procura. Para isso, foi implementado um 5S na gaveta da qualidade, onde estes instrumentos estão guardados.

Em primeiro lugar, procedeu-se ao registo numa tabela de todos os materiais existentes na gaveta da qualidade, identificando-se os itens repetidos, os que eram efetivamente utilizados e os que já não tinham utilidade. Verificou-se que existiam várias ferramentas de aperto duplicadas, parafusos que não eram utilizados e instrumentos de medição desnecessários, ocupando espaço de forma ineficiente.

De seguida, mediu-se a gaveta e definiu-se uma nova disposição para as ferramentas que seriam mantidas. Para isso, foi colocada uma placa de esferovite branca na base e, sobre esta, uma placa de espuma cinzenta escura recortada com o formato das ferramentas destinadas a permanecer na gaveta. A intenção foi criar um sistema visual semelhante a um quadro de sombras, ainda que com as cores invertidas, permitindo que, sempre que uma ferramenta estivesse em falta, a cor branca se destacasse, alertando de imediato a falta de material.

Com um local específico para cada ferramenta, tornou-se mais fácil a sua identificação e arrumação, promovendo a padronização e a organização do posto de trabalho. Por fim, os operadores foram sensibilizados para manterem o material no local correto e, ao concluírem o trabalho, verificarem se não existia nenhum espaço branco visível, indicando a ausência de algum instrumento.

Na Figura 4.12 abaixo podem notar-se as diferenças do antes e depois da organização da gaveta da qualidade. Note-se que na imagem final, ficou um espaço livre para colocar as pontas magnéticas das novas aparafusadoras, bem como outros materiais que seja preciso adicionar.

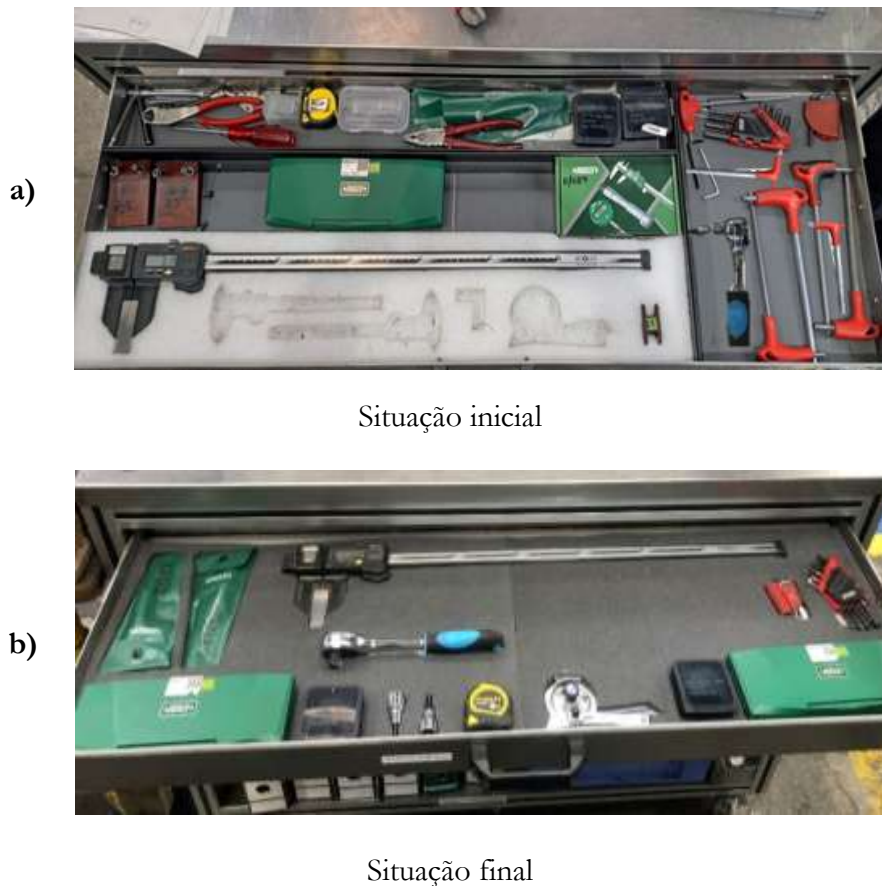


Figura 4.12 - Situação inicial VS situação final da gaveta de ferramentas da bancada da qualidade

4.1.6.2.2 Deslocamentos

Embora a categoria “Deslocamentos” não corresponda à de maior impacto no tempo de *setup*, também não se revelou a menos relevante. Por esse motivo, foram elaborados diagramas spaghetti com o objetivo de analisar a quantidade de deslocamentos efetuadas pelos operadores ao longo do *setup*, quer para a recolha de ferramentas, paletes de chapa cortada a serem quinadas, transporte de paletes de produto acabado ou ainda busca de utensílios e outros recursos necessários.

Como se pode observar no diagrama da Figura 4.13 apresentado, mesmo num *setup* considerado “normal”, sem ocorrência de problemas relevantes, o operador acaba por despender muito tempo em deslocamentos de um lado para o outro. Gasta tempo a ir buscar ferramentas, a ir buscar *stakers* elétricos ou porta paletes, levar contentores ao mercado, buscar etiquetas de ordem de produção, entre outras tarefas. Num *setup* de cerca de 20 a 25 minutos a afinação a correr bem e sem grandes problemas, o operador perde cerca de 5 minutos apenas em deslocamentos. Este valor corresponde a aproximadamente 25% do tempo total de *setup*.

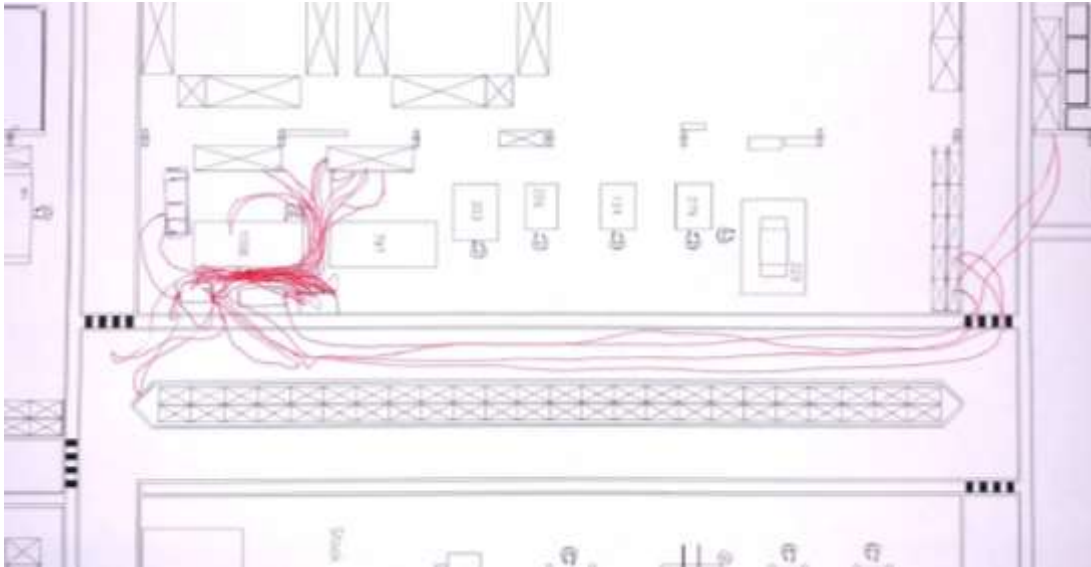


Figura 4.13 - diagrama esparguete de um *setup* normal

Para colmatar este problema, reduzindo o tempo de *setup* e minimizando os deslocamentos dos operadores, foi inicialmente planeada a seguinte alteração do *Layout* e da disposição da zona das quinadoras. Inicialmente a zona das quinadoras estava com a seguinte disposição como mostra a Figura 4.14.

Na Figura 4.14 acima apresentam-se as duas quinadoras, identificadas pelos números 1008 e 797, bem como a máquina de aplastar n.º 106, localizada à esquerda. Na parte posterior das quinadoras encontram-se duas mesas de grandes dimensões, utilizadas como estantes para armazenamento de ferramentas. Em frente às quinadoras situa-se um corredor de circulação, seguido por uma estante longitudinal que se estende ao longo de todo o corredor, onde são guardadas ferramentas de prensas e paletes de material vindo da laser para quinar. O planeado seria mudar para a configuração como está apresentada na Figura 4.15.

No planeamento da nova configuração do espaço, uma das estantes grandes de ferramentas seria deslocada para junto da máquina de aplastar, no ponto 3, passando a albergar nove paletes com peças cortadas a laser destinadas à quinagem. Os pontos 1 e 2 correspondem às estantes de ferramentas, uma de maiores dimensões e outra mais pequena, equipada com várias calhas verticais, conforme apresentado anteriormente.

No ponto 4 seriam posicionados um conjunto de vários elementos como: caixas de plástico vazias para as peças de menor dimensão já quinadas, bem como carros para movimentação de contentores, contentores livres para produção, paletes e cartão de separação para colocar no interior dos contentores. Com todos os materiais organizados e acessíveis, o operador consegue trabalhar de forma mais autónoma na ausência do *Team Leader*, otimizando o tempo e reduzindo deslocações desnecessárias.

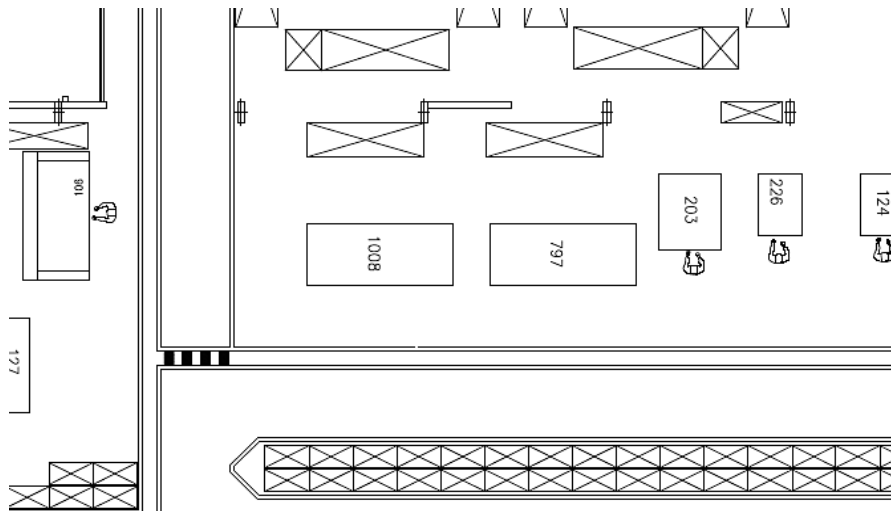


Figura 4.14 - *Layout* inicial da zona das quinadoras

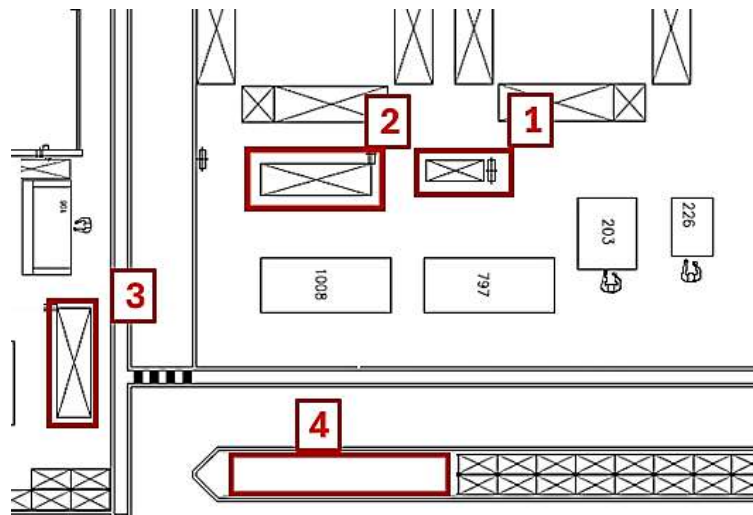


Figura 4.15 - Plano de novo *Layout* do setor das quinadoras

Adicionalmente, foi planeada a delimitação de uma zona específica para a colocação de paletes com peças quinadas prontas, permitindo que o operador as deixe próximas do local de trabalho, sem necessidade de se deslocar até ao fundo do pavilhão para as colocar no mercado. Posteriormente, o *Team Leader* é responsável por transportá-las até ao destino final.

Apesar do planeamento efetuado, a execução desta alteração ficou condicionada pela necessidade de remoção de uma prensa obsoleta existente no pavilhão, nas proximidades da máquina de apastar. Como a retirada dessa prensa estava prevista apenas para o período da paragem da produção no verão, após a conclusão do estágio, o plano inicial teve de ser temporariamente suspenso, aguardando a desocupação do espaço.

Ainda assim, foi possível implementar a segunda fase da reorganização do *Layout*, correspondente à criação de uma zona devidamente identificada para o depósito de paletes com peças prontas, destinadas à posterior recolha pelo *Team Leader*, conforme ilustrado na Figura 4.16.



Figura 4.16 - Local para colocar o contentor cheio, próximo da máquina.

4.1.7. Outras melhorias aplicadas com a metodologia do 5S

Além das melhorias anteriormente apresentadas, que incidiram diretamente sobre as causas de maior impacto identificadas no diagrama de Pareto, foram também implementadas outras ações que contribuíram não só para a redução do tempo de *setup* no setor das quinadoras, mas também para o aumento da segurança dos operadores e para a melhoria das condições ergonómicas, com o apoio da metodologia 5S. De seguida, serão descritas as ações aplicadas ao contentor dos vidros, utilizados nos testes de “*montabilidade*” e aos dossiês dos desenhos técnicos.

4.1.7.1. Aplicação da metodologia 5S aos dossiês dos desenhos técnicos

Durante o *setup*, antes da desmontagem e montagem das ferramentas, e da afinação das peças, os colaboradores dirigem-se aos dossiês que contêm todos os desenhos técnicos das peças que passam pelas quinadoras. Nesse *dossiê* retiraram o desenho da peça que vão iniciar a produção e arrumam o desenho da peça cuja produção foi concluída.

Nesta fase, o tempo despendido pode variar entre trinta segundos e dois minutos, dependendo de fatores como a localização do desenho (se se encontra no início ou no final do dossiê), se está arquivado no *dossiê* correto, ou se foi utilizado há pouco tempo e há memória da posição onde ficou.

Devido à falta de organização dos *dossiês* e ao tempo perdido na procura dos desenhos técnicos, tornou-se necessária a aplicação da metodologia 5S, com o objetivo de reduzir o tempo de procura do desenho correto, eliminar redundâncias e melhorar a gestão visual e a eficiência do setor.

Antes da intervenção, as capas encontravam-se desorganizadas e desgastadas, com diversos desenhos repetidos, desatualizados ou obsoletos, além de ausência de identificação visível nas dorsais devido ao desgaste. Com alguma frequência, os colaboradores abriam uma capa, acreditando ser a correta, e, ao verificarem que não era, tinham de repetir o processo noutra, o que representava perdas de tempo significativas e desconforto operacional.

Desta forma, numa primeira fase, como primeiro S de triagem (tirar o que não é necessário), procedeu-se à análise individual de todos os dossiês e desenhos técnicos, com o intuito de eliminar documentos desnecessários. Foram retirados desenhos repetidos, desenhos de protótipos, desenhos com versões desatualizadas bem como desenhos de peças que já não se fazem na fábrica. A quantidade de documentos removidos foi significativa, correspondendo aproximadamente a um *dossiê* completo de folhas e desenhos técnicos, com mais de 200 desenhos.

Após a triagem, procedeu-se ao segundo S de organização, que correspondeu à reorganização das capas restantes. Os desenhos foram separados por tipo de peça e código de produto, sendo colocados em capas devidamente identificadas com etiquetas visíveis nas lombadas.

O novo sistema de arrumação passou a seguir uma ordem lógica e numérica crescente, facilitando o acesso rápido à informação por parte dos operadores. Assim, os desenhos foram organizados em cinco dossiês, da seguinte forma:

- Códigos iniciados por 11... – *Chaminés*
- Códigos iniciados por 12... – *Exaustores*
- Códigos iniciados por 93/94... – *Gavetas*
- Códigos iniciados por 16..., 17... e 18... – *Cavidades*
- Códigos iniciados por 29..., 32... e 89... – *Atis, kits e máquinas de café*

Ficaram assim 5 *dossiês*, cada um com um índice geral no início, uma listagem dos desenhos que possuem uma gama de controlo e todos os desenhos numerados sequencialmente do menor para o maior código, divididos com separadores. A Figura 4.17 abaixo representa o índice de um dos dossiês para servir como exemplo.

Como terceiro S de limpeza, procedeu-se à limpeza de algumas micas e substituíram-se as todas aquelas que estavam sujas e estragadas por micas novas. Substituíram-se também as capas danificadas ou rasgadas por novas, garantindo um aspeto limpo, mais organizado e profissional como se pode observar nas imagens da Figura 4.18 abaixo.



Figura 4.17 - Índice de um *dossiê*



Antes



Depois

Figura 4.18 - *Dossiês* por dentro, antes e depois da aplicação da metodologia 5S

Com o espaço limpo e organizado, foi possível prosseguir à quarta etapa de padronização. Nesta etapa foram colocadas etiquetas de identificação em cada uma das capas com uma cor específica, de modo a ser mais fácil visualizar a capa pretendida e fazer a ligação da cor ao código e produto desejado, como está apresentado na Figura 4.19. Por último, para manter a ordem e organização, foi necessário reforçar e sensibilizar, tanto os colaboradores das máquinas como o *Team leader*, para a necessidade de preservar o material e manter a ordem e organização dos *dossiês*. Esta fase de sustentação é apoiada pelas auditorias que ocorrem todos os meses em todos os setores da fábrica e que permitem verificar o cumprimento das práticas estabelecidas e promover uma cultura de melhoria contínua em toda a fábrica.



Antes



Depois

Figura 4.19 - Dossês por fora antes e depois da aplicação da metodologia 5S

4.1.7.2. Aplicação da metodologia 5S no contentor de vidros para “montabilidade”

Para as peças que passam pelo setor das quinadoras e que necessitam da aplicação de um vidro (colado posteriormente no setor de colagem), é necessário realizar testes de “*montabilidade*” durante a fase de afinação e ao longo da produção, recorrendo a um vidro de amostra. Para esse efeito, existe no setor das quinadoras, sob a estante grande de ferramentas, um contentor destinado ao armazenamento desses vidros de amostra.

O estado inicial desse contentor apresentava diversas fragilidades, sobretudo ao nível da segurança dos operadores e da ergonomia. Em termos de segurança, verificou-se a presença de vidros partidos e estilhaçados no fundo do contentor, o que representava um risco significativo de corte para os operadores, especialmente se manuseassem os vidros sem as luvas de proteção.

Relativamente à ergonomia, a situação também se revelava problemática, uma vez que o contentor, sem rodas e colocado sob a estante de ferramentas, obrigava o operador a abaixar-se e a posicionar-se parcialmente debaixo da estrutura para procurar e retirar um vidro. Esta postura aumentava o risco de acidentes, como bater com a cabeça na parte superior da estante ou nas ferramentas, ou de lesões físicas, nomeadamente na coluna, devido ao esforço associado à má postura e ao levantamento de vidros pesados nessa posição.

Para solucionar este problema foi necessário aplicar uma metodologia 5S de modo a deixar apenas as amostras de vidros necessárias e de modo a otimizar o espaço.

Procedeu-se então ao registo num ficheiro Excel de todos os códigos das amostras dos vidros. De seguida, foi necessário identificar quais os códigos de vidros que ainda se encontravam ativos, quais estavam em fase de *phase-out* (produtos a descontinuar) e quais estavam em fase de *blocked* (já não são produzidos).

Após esta análise, os vidros foram separados em dois contentores: um destinado a vidros usados e outro a vidros não utilizados, considerados para descarte. Do total de **184** amostras de vidros registadas, **76** permaneceram no contentor de usadas (estando excluídas as amostras repetidas), **87** foram encaminhadas para o contentor de não usadas e ainda foram enviadas **21** amostras para o departamento de qualidade para avaliação e identificação, uma vez que não apresentavam qualquer referência visível nem tinham sido usadas recentemente. Durante a triagem, foram ainda retirados diversos exemplares duplicados.

Apesar da ausência de registos fotográficos da situação inicial, foi possível observar qualitativamente o estado em que se encontrava o contentor antes da intervenção: muitos vidros estavam partidos e estilhaçados no fundo, o contentor onde estes se encontravam estava pousado diretamente no chão e localizado sob uma estante de ferramentas, obrigando o operador a adotar posturas inadequadas para alcançar os vidros.

Depois da seleção das amostras necessárias, o contentor foi organizado, limpo, e identificado com uma etiqueta.

Após estas pequenas melhorias, foi feito um pedido à manutenção para colocar rodas no contentor, de forma que este ficasse mais elevado e fosse possível arrastar e empurrar com mais facilidade. Assim o colaborador não tinha de se agachar tanto nem tinha de se debruçar sobre o contentor de baixo da estante de ferramentas. Na Figura 4.20 abaixo pode observar-se o contentor das amostras de vidro com as melhorias implementadas.



Figura 4.20 - Contentor de amostras de vidros com melhorias implementadas

4.2. Setor das prensas progressivas

A TEKA Portugal possui dois setores distintos de prensas: o setor de Prensas I, composto por prensas de menor dimensão localizadas no Pavilhão 1, e o setor de Prensas II, situado no Pavilhão 12, onde se encontram as prensas maiores.

O presente trabalho incidiu particularmente sobre a prensa progressiva M1020, uma vez que é nesta que se regista o maior volume de produção e a maior diversidade de peças fabricadas, devido à sua capacidade e dimensão.

Sendo a maior prensa da fábrica, a M1020 permite a utilização de todas as ferramentas existentes na TEKA, desde as de grandes dimensões até às de menores dimensões, o que garante uma elevada flexibilidade no processo produtivo.

4.2.1. Introdução ao processo

O pavilhão 12 da TEKA Portugal integra cinco prensas, divididas entre duas de menor dimensão - M1004 e M1035 - e três de maior dimensão - M798, M764 e a M1020.

As prensas M764 e M1020 distinguem-se por poderem operar tanto em modo manual, como em modo automático, sendo neste último caso alimentadas por bobine, o que as caracteriza como prensas progressivas.

As prensas são máquinas concebidas para aplicar uma força sobre uma chapa metálica (ou outro material), através de punção ou compressão, de modo a moldar, cortar, furar ou dobrar a chapa. Na TEKA, as chapas podem ser fornecidas em formatos planos de pequenas dimensões, utilizadas nas prensas manuais; em lotes de chapas de grandes dimensões, destinadas às máquinas de corte a laser, ou em bobine, utilizadas nas prensas progressivas. O material das chapas e das bobines pode ser aço inoxidável ou aço carbono, variando conforme a peça a produzir, o fornecedor e as especificações técnicas associadas.

Cada prensa possui uma parte móvel superior, responsável pelo movimento de subida e descida, e uma parte inferior fixa, designada mesa, onde é colocada a ferramenta.

As ferramentas que são colocadas nas prensas têm funções específicas e são fixas à máquina através de 12 a 16 amarras, consoante a sua dimensão, distribuídas de forma equilibrada entre ambos os lados.

Para começar a atividade nas prensas, assim como nas quinadoras, o processo iniciou-se com a observação detalhada do processo, incluindo a filmagem dos *setups* nos dois turnos e o registo de todas as tarefas e respetivos tempos, de forma a permitir uma análise precisa dos pontos passíveis de melhoria.

Importa referir que na prensa M1020 trabalham dois operadores, sendo o *setup* realizado em conjunto por ambos e, ocasionalmente, com o apoio do *Team Leader*. Embora o *setup* do turno da manhã e o do turno da tarde apresentem algumas diferenças de procedimento, o tempo total médio é semelhante entre os dois turnos.

Nas prensas, o tempo de *setup* varia consoante a ferramenta utilizada e não tanto em função da peça produzida. Ou seja, as diferenças mais significativas de duração estão associadas à preparação e à montagem das ferramentas, e não às características da peça em si.

Na prensa progressiva M1020, o tempo médio de *setup* situa-se em cerca de 50 minutos, podendo variar ligeiramente ao longo do dia conforme as condições do processo.

Seguidamente, será descrito o procedimento geral do *setup* no turno da manhã (turno 1), uma vez que o turno da tarde (turno 2) difere apenas na forma de colocação da bobine na máquina, aspeto que será abordado mais adiante.

4.2.2. Primeira análise dos tempos de *setup*

Assim como no setor das quinadoras, também no setor das prensas, neste caso, na prensa M1020, foi realizada uma análise detalhada aos tempos de *setup*. Com os dados do OEE fornecidos pelo supervisor da área, foi possível tratar esses dados e extrair conclusões sobre as possíveis variações dos tempos de *setup*, as causas associadas a essas variações e do procedimento adotado no processo.

Em primeiro lugar, observaram-se os dados do ano de 2024 e separou-se os tempos de *setup* por turno e por peça a produzir. As diferenças do turno 1 para o turno 2 são mínimas, pelo que ambos os turnos rondam uma média de *setup* de **45 a 50** minutos. Separou-se ainda, como mostra o segmento de dados da Tabela 4.7 ,por código de peça e por ferramenta, de modo e perceber se existe alguma relação entre uma elevada média de tempo de *setup* e uma determinada ferramenta ou peça.

Tabela 4.7 - Segmento dos dados de *setup* na prensa M1020

Código	Nome	Média T1	Média T2	Média geral	Nº ferramenta	Dimensão da ferramenta
163069	Suporte componentes	48	48	48	1513	2998 x 1114 x 860
163071	Caixa isolamento inferior	40	45	43	1665	3200 x 1300 x 740
163073	Suporte ventilador MW32	55	54	55	1512	2300 x 1120 x 700
163075	Caixa isolamento turbo	53	60	57	1609	2850 x 1300 x 750
163078	Guia onda MW-32	55	48	51	1327	2298 x 1008 x 810
163086	Reforço dobrad.dir.MW-32	53	48	51	1287	2005 x 890 x 785
163127	Envolvente lateral Dir.	58	20	39	1596	2480 x 1200 x 790
163128	Envolvente Lateral Esq.	35	53	44	1596	2480 x 1200 x 790
163225	Conduta ar interna peça B.1	60	45	53	1672	2900 x 1420 x 820
163303	Conduta ar interna peça C.1-II	50	55	53	1591	1820 x 900 x 800

Com base na análise dos dados da Tabela 4.7, apresentada no Anexo 6, é possível observar que o tempo de *setup* não está diretamente relacionado com a dimensão da ferramenta, mas pode depender da ferramenta utilizada e dos eventuais ajustes necessários por parte da ferramentaria. Um ponto que importa referir nas ferramentas que se utilizam na prensa M1020 é que as ferramentas diferem de modo manual ou modo automático. As ferramentas manuais, são alimentadas por formados de chapa já cortados e as ferramentas que funcionam em modo automático ou progressivo, são alimentadas por bobines. Evidentemente que o *setup* feito para peças que vão ser conformadas em ferramentas progressivas é mais elevado, comparativamente às peças feitas em ferramentas manuais visto que não é necessário abastecer a máquina com nenhuma bobine de aço nem alinhar a bobine pela ferramenta.

O tipo de peça também influencia o tempo de *setup*, ainda que de forma pouco significativa; a principal variação tende a ocorrer no tempo de medição e de análise da qualidade da peça, uma vez que existem peças mais críticas do que outras.

De qualquer forma, o tempo de *setup* deverá ser avaliado com maior detalhe com base no procedimento em si, de modo a identificar os pontos críticos e as oportunidades de melhoria do processo.

4.2.3. Procedimento atual de *setup*

O *setup* na prensa progressiva M1020 inicia-se no momento da produção da última peça anterior à produção que se vai realizar com a troca de ferramenta.

Normalmente a operadora 1 leva a última peça para a bancada da qualidade para conferir as medidas, conferir no *gabarit*, e para tratar da documentação administrativa, preenchendo e assinando as folhas de produção, imprimindo etiquetas e fechando a ordem de produção. Enquanto isto, a operadora 2 começa a organizar o espaço de saída da máquina, libertando a área para o novo trabalho. Recolhe alguns lixos e pedaços de chapa maiores para o contentor da sucata e por fim dirige-se para a zona da bobine para a preparação da alimentação da produção seguinte.

A preparação da bobine constitui uma das tarefas mais sensíveis do *setup*, uma vez que representa uma das etapas onde se verifica maior perda de tempo e varia muito consoante estes três pontos:

- A bobine da produção anterior é totalmente consumida e apresenta um rolo de cartão;
- A bobine da produção anterior é totalmente consumida e não tem rolo de cartão;
- A bobine anterior não é totalmente utilizada;

No primeiro caso onde a bobine é totalmente consumida e tem um rolo de cartão, a colaboradora entra na zona da bobine, retira o rolo, leva-o para o contentor do cartão localizado no outro lado da máquina e volta.

No segundo caso não é necessário entrar na zona da bobine uma vez que a bobine foi totalmente consumida e não apresenta rolo de cartão para ser removido.

Por fim, no terceiro caso, que é o caso mais demorado, é necessário fechar a bobine com uma cinta metálica, garantindo que esta não se desenrole durante a remoção. Só depois deste procedimento é que a bobine pode ser retirada da máquina e substituída pela nova.

Para a colocação da nova bobine, a operadora utiliza a ponte rolante, fixando uma cinta têxtil elástica no gancho e em torno da bobine, permitindo levantá-la do chão - onde já se encontra posicionada em frente à máquina - e transportá-la até ao interior da área de alimentação da bobine. Com o auxílio do comando da ponte, a bobine é então elevada e cuidadosamente pousada sobre um carrinho amarelo localizado na zona da máquina.

Este carrinho é controlado através do painel de controlo da alimentação de chapa, possibilitando movimentos de avanço e recuo, bem como de elevação e descida, para permitir o correto posicionamento da bobine. A colocação da bobine é uma operação demorada e delicada, tanto pela velocidade reduzida da ponte rolante - imposta por razões de segurança - como à dificuldade em alinhar com precisão o centro da bobine com o centro da máquina. Para uma melhor compreensão, apresenta-se abaixo a Figura 4.21 que ilustra a área onde está inserido o carrinho que recebe a bobine e o troço da máquina onde se coloca a mesma.



Figura 4.21 - Zona da bobine da máquina M1020

Simultaneamente à colocação da bobine na máquina pela operadora 2, a operadora 1 acaba os seus trabalhos na bancada da qualidade, coloca a etiqueta no contentor e começa a limpar a ferramenta com pressão de ar comprimido. Após este passo inicia a desmontagem da ferramenta anterior retirando as amarras que prendem a ferramenta nos dois lados, em cima e em baixo, e através do painel de controlo da máquina, desloca a mesa da máquina para fora para poderem retirar a ferramenta.

Quando a mesa da máquina com a ferramenta sai da máquina, a operadora 2 tendencialmente para o que está a fazer na área da bobine e desloca-se até à mesa da máquina para auxiliar a colega. Nesta tarefa ambas as operadoras trabalham em conjunto para deslocar a ferramenta antiga, utilizando o comando da ponte rolante para a remover da máquina e levá-la para o parque de ferramentas situado à frente da máquina (caso esteja lá arrumada). Importa referir que quando a ferramenta necessária não se encontra no parque de ferramentas situado à frente da prensa, o Team Leader traz a ferramenta (do outro lado do pavilhão através da ponte rolante) para junto da zona de entrada da máquina M1020. Em alguns *setups* o team leader ajuda a colocar a ferramenta na prensa, mas devido à falta de disponibilidade do mesmo, por norma leva apenas os contentores de produto acabado ou de sucata.

De seguida, colocam com cuidado a nova ferramenta sobre a mesa, de modo que fique centrada. Com a ferramenta posicionada, as operadoras começam o processo de amarração e fixação da ferramenta à mesa com o auxílio das amarras.

Após auxiliar a colega, a Operadora 2 regressa à área da bobine para posicionar a mesma no centro da máquina. O processo de alinhar a bobine com o centro do alimentador é particularmente exigente, uma vez que é realizado por tentativa erro.

O painel de controlo responsável pelo movimento da bobine encontra-se no exterior do gradeamento de proteção da máquina. Como o posicionamento correto depende diretamente da precisão do operador, o ajuste é realizado manualmente, o que torna o processo mais demorado.

Normalmente, a operadora, conhecendo a largura da bobine, efetua um cálculo para determinar a medida do centro, utilizando como referência as marcações existentes no bastão da máquina, feitas manualmente pelas próprias operadoras com marcador preto.

Nesta fase, observam-se diferenças entre os dois turnos de trabalho:

- No Turno 1, a operadora realiza o alinhamento sozinha. Como o painel de controlo encontra-se afastado da bobine, o ângulo de visão é reduzido, dificultando a precisão do alinhamento. Assim, a operadora tem de proceder por tentativas sucessivas, alternando entre acionar os comandos, entrar no gradeamento para verificar o posicionamento, sair novamente para ajustar, e repetir o processo até a bobine ficar corretamente centrada.
- No Turno 2, o processo é realizado de forma colaborativa, envolvendo duas operadoras. Uma permanece junto à bobine, no interior do gradeamento,

enquanto a outra atua no painel de controlo. As operadoras mantêm comunicação direta, pelo que a operadora que se encontra junto da bobine avisa a colega se é necessário movimentar a bobine mais para a esquerda ou mais para a direita até garantir o alinhamento.

Com a ferramenta na máquina, a operadora 1 foca-se em mudar o curso da máquina, colocar o programa necessário, verificar o nível de aperto, e preparar a máquina para começar a receber a chapa. É também nesta fase que ajustam os sensores, ligam o cabo de alimentação e verificam o correto encaixe entre a ferramenta e a estrutura da prensa.

Após a montagem, inicia-se a fase de afinação da ferramenta. Enquanto a operadora 1 é responsável pela calibração da máquina e pela definição dos parâmetros no painel de controlo, a operadora 2 procede ao desenrolamento da bobine e assegura a alimentação correta da chapa até à entrada da ferramenta.

A afinação da máquina e da passagem da chapa pela ferramenta constitui uma etapa mais demorada e complexa. Dado que as ferramentas utilizadas são de grandes dimensões, possuem em média quatro estágios, o que requer uma afinação precisa para assegurar que a chapa percorre corretamente cada um deles. A Operadora 1, utilizando um comando manual, faz avançar gradualmente a chapa através da ferramenta, de modo a garantir que as batidas são efetuadas nos locais corretos em cada estágio.

São realizadas várias batidas de teste, ajustando-se progressivamente as pequenas diferenças até que a primeira peça produzida apresente as características e especificações requeridas.

Enquanto isso, a operadora 2 arruma novamente a disposição dos contentores livres para colocar a produção, assim como ajeita o contentor da sucata e o tapete de saída da máquina para as peças.

Concluída a afinação, produzem cerca de 10 peças e levam uma peça para a mesa da qualidade para verificar as medidas e garantir a conformidade da peça. Uma vez verificada a conformidade, a máquina é colocada em modo automático e a produção é iniciada.

4.2.4. Levantamento de problemas identificados

Com a observação detalhada das tarefas que cada uma das operadoras executa ao longo de todo o *setup*, foi possível recolher alguns problemas e causas que contribuem para um elevado tempo de troca de ferramenta na prensa M1020, bem como outros problemas que afetam, por exemplo, a segurança dos trabalhadores.

Em primeiro lugar, foram separadas as atividades em seis categorias:

- Tarefas que envolvem a limpeza da ferramenta, limpeza da mesa da máquina, remoção e colocação de amarras;
- Tarefas que envolvem colocar e retirar a ferramenta da máquina;
- Tarefas que envolvem a colocação, remoção e alinhamento da bobine;
- Tarefas que envolvem testes e análises de qualidade
- Tarefas que envolvem a afinação da máquina;
- Tarefas que envolvem tanto a organização do espaço como deslocamento e tempos de espera.

Separadas as várias categorias, foi feito um estudo do tempo percentual que se despendia a executar cada conjunto de tarefas, bem como o tempo de cada operador, como se poderá observar na Tabela 4.8 apresentada.

Tabela 4.8 - Percentagem de tempo médio de *setup*

Categoria de tarefas	Percentagem de tempo		
	Total	Operador 1	Operador 2
Amarras e limpeza da ferramenta	11,5%	12,0%	10,0%
Transporte e troca de ferramenta	20,0%	30,0%	11,0%
Bobine	19,0%	3,0%	35,0%
Qualidade	12,5%	16,0%	9,0%
Afinação da máquina	23,0%	33,0%	13,0%
Espaço/deslocamentos/espera	14,0%	6,0%	22,0%

Com base nos dados da tabela, verifica-se que relativamente à média total, o que demora mais tempo no *setup* é a afinação da máquina com uma percentagem de 23% do tempo total, bem como o conjunto da remoção e colocação da ferramenta na máquina, fixada pelas amarras, depois de limpa (engloba a soma dos 11,5% com os 20%, correspondendo a 31,5% do tempo total de *setup*).

Focando a atenção para o tempo gasto em cada uma das categorias nos dois operadores, a proporção é diferente. Nos gráficos da Figura 4.22 poder-se-á observar com maior facilidade as diferentes proporções.

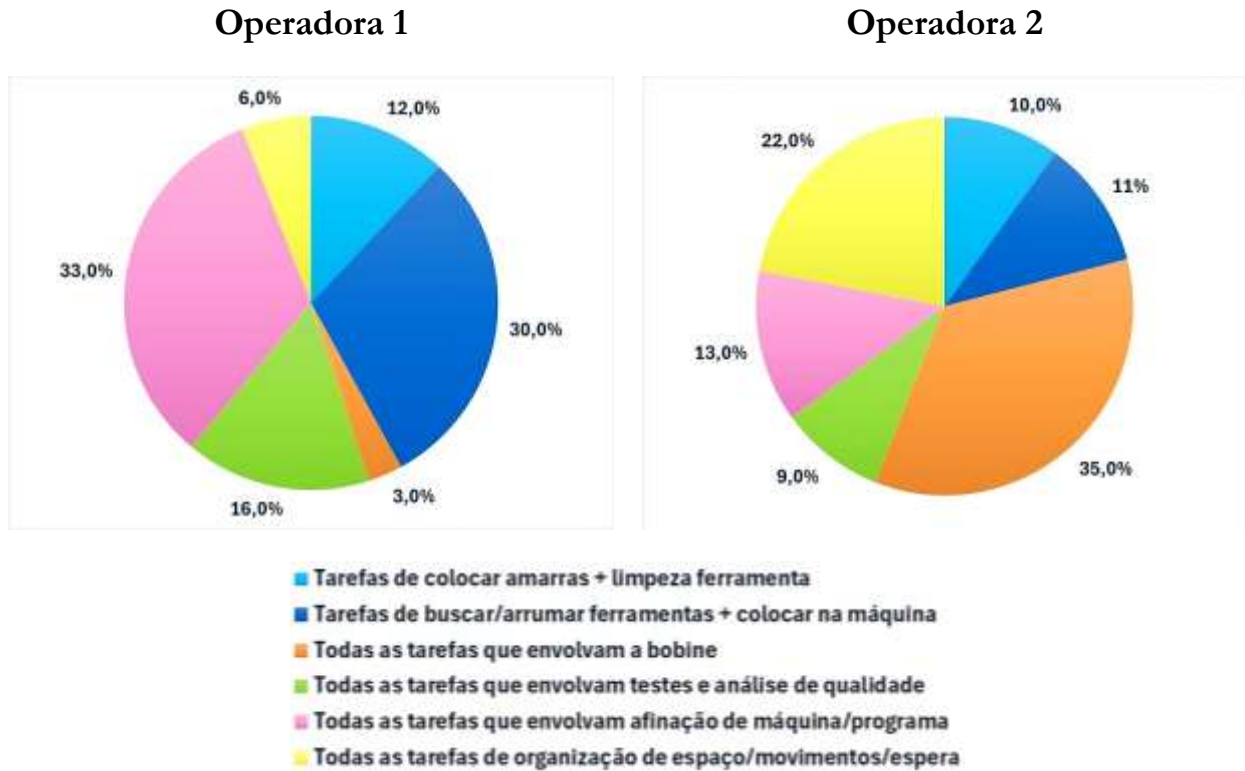


Figura 4.22 - Média de tempo de *setup* por atividade do operador 1 e operador 2

Pela Figura 4.22 é possível perceber que apesar de em algumas tarefas as duas operadoras trabalharem em conjunto, na maioria das atividades atuam de forma independente, verificando-se que cada uma dedica mais tempo a determinadas tarefas do que a outra.

Por exemplo, a operadora 1 está mais responsável pela afinação da máquina e pela colocação e remoção da ferramenta na prensa, enquanto a operadora 2 está mais responsável pela colocação da bobine e tem uma maior percentagem de tempo em movimentos, organização do espaço e tempos de espera.

4.2.4.1. Problema detetado durante as gravações do *setup*

Ao longo das gravações e análises das trocas de ferramenta, foi possível detetar alguns problemas que não só comprometem a execução do *setup* como também a segurança dos trabalhadores, tendo esta última, maior impacto.

4.2.4.1.1 Percurso do colaborador da logística com o empilhador

Foi observado um *setup* que coincidiu com a descarga de material proveniente de um fornecedor. Verificou-se que como o portão destinado à descarga de matéria-prima, (seja chapas para as máquinas laser, como chapas em formatos ou até mesmo as bobines), sendo ao lado da prensa M1020 interfere no trabalho das operadoras durante o *setup*.

Atualmente, o empilhador é responsável por descarregar o material do fornecedor e transportá-lo até ao armazém. Contudo, por vezes essa descarga ocorre em simultâneo com o *setup* da prensa, momento em que as colaboradoras se encontram a movimentar ferramentas de grande volume, de elevada massa, e ainda contentores. Nestas situações, o trajeto do empilhador passa muito próximo da zona de trabalho, aumentando significativamente o risco de acidente de trabalho. A Figura 4.23 e a Figura 4.24 demonstram alguns casos de risco de acidente de trabalho captados nas observações do *setup*.



Figura 4.23 - Colaboradora a encolher-se entre a ferramenta e o operador



Figura 4.24 - Empilhador com paletes a passar perto das colaboradoras

Desta forma, identificaram-se várias desvantagens associadas à situação atual, apresentadas de seguida:

- Risco de acidentes devido às colaboradoras estarem de costas durante o trabalho, enquanto o empilhador passa por trás delas;
- Risco de colisão entre o empilhador e as colaboradoras;
- Risco das correntes da ponte atingirem o empilhador e na pessoa que o conduz;
- Risco de a ferramenta de estampagem colidir com o empilhador ou com alguém durante o transporte, enquanto estiver suspensa;
- Impossibilidade de colocar uma bobine na máquina com o camião à frente;

- Dificuldade de colaboradoras irem à casa de banho com o camião a obstruir o caminho;
- Dificuldade e risco associado em movimentar paletes com chapa de maior dimensão;
- Condições térmicas inapropriadas para os colaboradores das prensas;
- Risco de danificação de material durante o transporte no piso irregular das calhas;
- Risco de danificação das próprias calhas com a circulação constante;
- Atraso no tempo de *setup*.

Afetando a segurança dos operadores e estando perante uma situação de risco de acidente grave de trabalho, foi necessário reportar ao departamento de Higiene e Segurança, bem como à Direção Industrial, propondo algumas hipóteses de melhoria para o problema. Entre elas, a hipótese que não requer qualquer investimento e que mais rapidamente se poderia colocar em prática, seria a mudança do trajeto do empilhador.

Como se pode observar pela Figura 4.25, o trajeto inicialmente realizado pelo empilhador na descarga de material, tanto chapas em paletes, em formatos ou em bobine, era feito pelo corredor de passagem entre a prensa M1020 e o parque de ferramentas, até aos armazéns de chapa. O primeiro desvio à direita é para a arrumação de bobines e formatos de chapa e o percurso sempre em frente é para o armazém de paletes de chapa de grandes dimensões, destinados às máquinas de corte de chapa a laser.

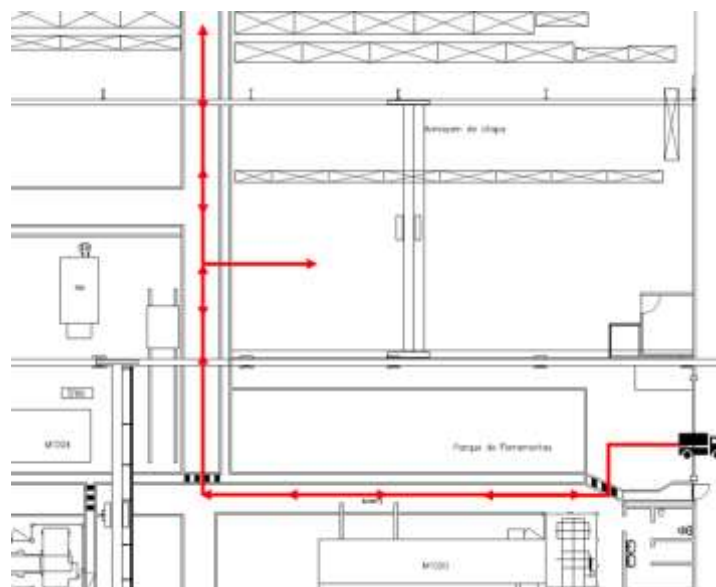


Figura 4.25 - Trajeto inicial do empilhador

Como proposta, surge a simples ideia de mudar o trajeto do empilhador, ficando a ser proibida a passagem de qualquer empilhador pela frente da prensa M1020, sejam operadores da logística a fazer descargas de matéria-prima, seja os Team leaders a transportar contentores de sucata para fora do pavilhão.

O trajeto do operador da logística passa a ser pela parte detrás do parque de ferramentas, não comprometendo a segurança das operadoras da prensa.

A Figura 4.26 demonstra a vermelho o novo trajeto do operador da logística aquando das descargas de material do fornecedor.

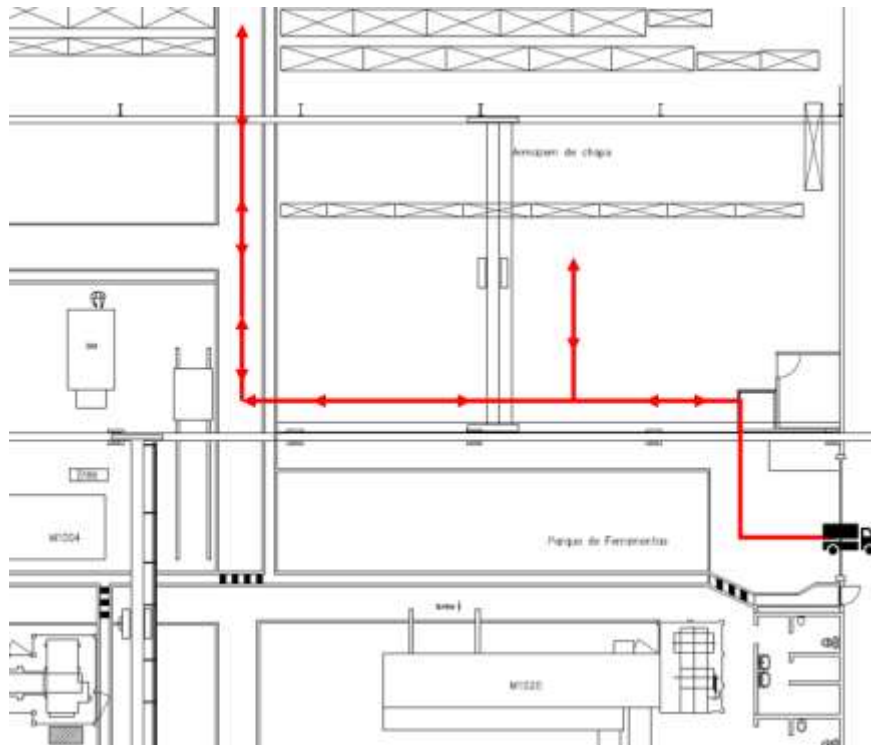


Figura 4.26 - Trajeto final do empilhador

Importa referir que, para tornar este novo trajeto da Figura 4.26 viável, foi necessário reorganizar a disposição das bobines armazenadas no armazém de chapa, situado atrás do parque de ferramentas, bem como assegurar uma passagem livre entre o parque de ferramentas e o gabinete do operador de logística, localizado junto ao portão de entrada. Para tal, procedeu-se ao reajuste da disposição das ferramentas, à medição dos espaços e à criação de uma faixa com mais de três metros de largura, permitindo assim a circulação do empilhador com as paletes de chapa. Na Figura 4.27 pode observar-se o novo corredor de passagem do empilhador sem interferir com nenhuma operadora a trabalhar na máquina.



Figura 4.27 - Novo corredor de passagem do empilhador atrás do parque de ferramentas da prensa M1020

4.2.4.1.2 Reajuste na disposição do parque de ferramentas em frente à prensa

Para proceder ao reajuste das ferramentas no parque de ferramentas, localizado em frente à prensa progressiva M1020, foi realizado um levantamento completo de todas as ferramentas existentes no pavilhão 12 utilizadas nessa prensa. Em seguida, identificaram-se as ferramentas de uso mais frequente, tendo sido medidas individualmente de forma a permitir o seu empilhamento por dimensões semelhantes. Assim seria possível otimizar a disposição das ferramentas e garantir uma melhor organização do espaço disponível no parque de ferramentas.

As ferramentas escolhidas para ficar no parque de ferramentas em frente à prensa apresentam-se na Tabela 4.9 abaixo.

Depois das ferramentas recolhidas e das medidas tiradas, foi necessário reajustar e encontrar uma nova disposição para as ferramentas, como se encontra na Figura 4.28. Salienta-se ainda que foi garantido um espaço entre ferramentas de 50 centímetros para os operadores poderem colocar os ganchos das correntes nas ferramentas. Para aproveitar e adiantar trabalho, foi também escolhido um local para colocar a ferramenta que vai entrar na máquina, aquando do *setup*, e a ferramenta que sai da máquina para a troca.

A Figura 4.28 representa esquematicamente a nova localização e disposição das ferramentas. Na Figura 4.29 pode observar-se a nova disposição das ferramentas, com

Tabela 4.9 - Listagem de ferramentas para o parque de ferramentas da prensa M1020

Nº ferramenta	Nome da peça que produz	Medidas da ferramenta
1612	Antena MW22	2300 x 1140 x 830
1671	Bandeja TL1-62 elz.	2820 x 1190 x 800
12-0107	Bandeja-II CNL-1001/2002 elz./inox	3200 x 1600 x 840
1182	Base 18/20	2540 x 1004 x 745
1565	Base MW22/Envolvente topo MW22	3410 x 1400 x 790
1503	Blindagem BI-II	2810 x 1007 x 770
12-0089	Canuto direito II / esquerdo II	1920 x 1250 x 750
1703	Corpo Carcaça TL1-62 II	3410 x 1340 x 800
1854	Corpo GFI TOTAL 600 EOS "B" Ix	2950 x 1200 x 690
1563	Envolvente lateral esq/dir. MW22	2249 x 1100 x 770
1249	Frente 18/20-430	2720 x 1200 x 830
1538	Frente cav. MW22 R/L IX (1v)	3260 x 1434 x 800
1534	Fundo cav. MW22	3240 x 940 x 800
1194	Guia onda (Peca A) 18/20-II	2500 x 1000 x 795
1531	Guia onda MW22 peça A	2020 x 810 x 700
1532	Guia onda MW22 peça C	2380 x 998 x 700
1537	Lateral cav. MW22 IX Esq/dri/esqgrill	2080 x 900 x 670
1564	Montante lat. Dir/Esq. MW22 L p/pintar	2800 x 1200 x 790
12-0105	Porta LED CNL 6415 PLUS Elz/lx/	2200 x 1200 x 689,5
1404	Reflector 18/20	2226 x 995 x 710
1603	Reforço suporte int. dob. Dir/esq. MW22	2305 x 1175 x 830
1535	Tampa cav. MW22 IX/grill	3225 x 970 x 840
1440	Tampa cavidade 18/20/s/grill-430	2600 x 1000 x 725
1536	Traseira cav. MW22 IX	2500 x 990 x 693
1558	Traseira forno MW22	3450 x 1250 x 800

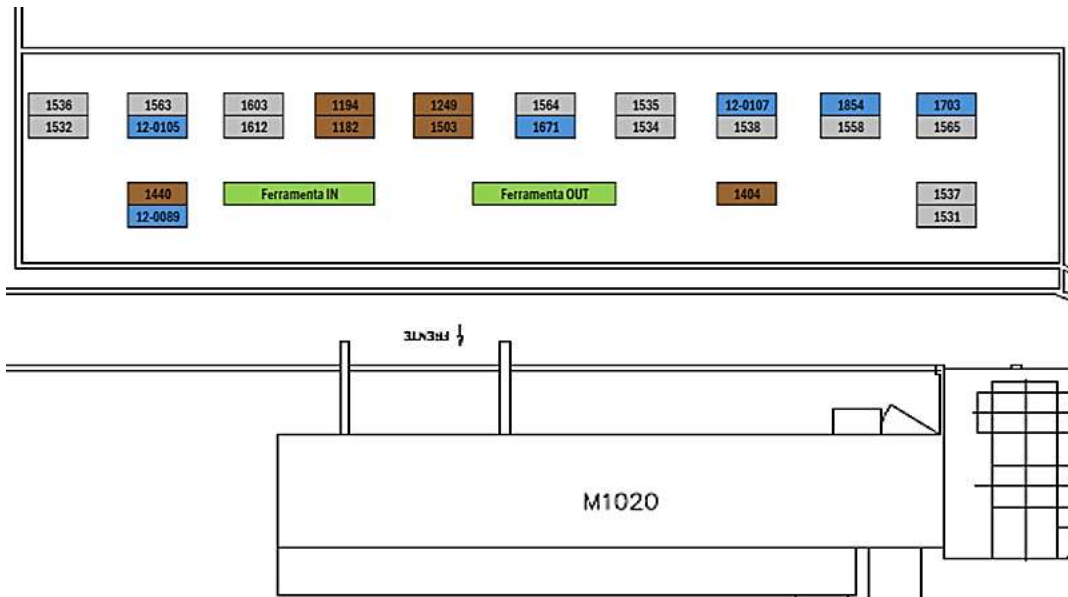


Figura 4.28 - Esquema da nova disposição das ferramentas



Figura 4.29 - Nova disposição das ferramentas

4.2.5. Análise detalhada das principais causas e melhorias implementadas

Tendo já uma ideia das categorias de tarefas que mais se perde tempo na mudança de ferramenta, procederam-se à avaliação de propostas de melhorias e às suas implementações no que seria possível.

4.2.5.1. Colocação e remoção das ferramentas

Relativamente ao tempo despendido nas tarefas que envolvem a remoção da ferramenta da máquina, a sua arrumação e a colocação da ferramenta seguinte,

verificou-se a inexistência de um espaço destinado à ferramenta que iria entrar e outro para a que estava a sair. Estas tarefas deveriam ser atribuídas ao *team leader*, uma vez que este poderia auxiliar o processo de *setup*, preparando antecipadamente algumas etapas externas antes do início do mesmo. Desta forma, as operadoras deixariam de perder tempo de *setup* à procura da ferramenta, a colocar os ganchos da ponte rolante e a deslocá-la até à máquina.

Assim, foi aquando da organização do parque de ferramenta como foi visto anteriormente, foi estabelecida uma zona à frente da máquina onde o *Team Leader* colocaria a ferramenta que irá entrar, e uma zona onde se pouso momentaneamente a ferramenta que acaba de sair da máquina para ser arrumada posteriormente, como se pode observar atentamente na Figura 4.30.

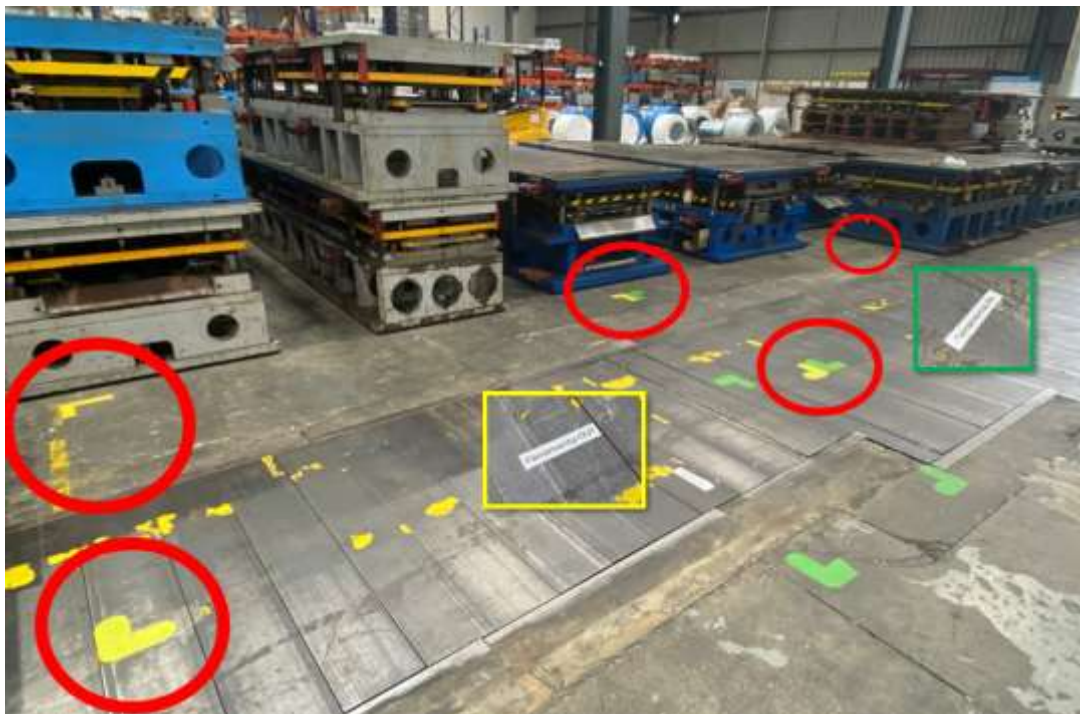


Figura 4.30 - Marcação no chão das zonas de “Ferramenta IN” e “Ferramenta OUT”

Importa referir que este passo pode parecer simples, mas é extremamente importante para garantir um *setup* mais rápido e eficaz. Tudo o que for possível deixar preparado sem ter de parar a produção, ou seja, tudo todas as tarefas externas que se podem passar para pré ou pós *setup*, devem ser cuidadosamente feitas fora do *setup* de modo a reduzir o tempo do mesmo. A procura pela ferramenta correta pode demorar muito tempo se não for feita com antecedência e se for feita na hora do *setup*, por vários motivos: a ponte rolante pode estar a ser utilizada na ferramentaria e pode demorar para a deixarem disponível para ir buscar a ferramenta pretendida. A ferramenta pode estar noutra local longe da máquina e menos pratico de chegar,

a ferramenta pode estar em baixo de outra, pelo que é preciso primeiro retirar a ferramenta de cima, pousar e só depois tirar a que se quer, para não falar de que todos os movimentos com as ferramentas são lentos e demorados devido à grande dimensão das ferramentas, à massa de cada uma delas e por questões de segurança.

A procura pela ferramenta correta pode consumir muito tempo se não for feita antecipadamente, e pode causar várias dificuldades, entre elas:

- a ponte rolante pode estar em uso na ferramentaria, atrasando a disponibilização da ferramenta;
- a ferramenta pode estar armazenada num local distante da máquina, de difícil acesso;
- a ferramenta pode estar em baixo de outra ferramenta, sendo necessário primeiro retirar a que está em cima, colocar de lado e só depois retirar a desejada;
- todos os movimentos com as ferramentas são lentos e exigentes, devido às suas grandes dimensões, ao peso considerável e às normas de segurança associadas.

Para deixar claro ao *Team Leader* e não haver falhas nos materiais que devem ser preparados antes do *setup*, foi elaborada uma *checklist*, como a da Figura 4.31 com todas as tarefas que o *Team Leader* deve deixar prontas, antes do *setup* começar.


		Checklist pré-setup	
Área	Nº	Descrição da tarefa	Verificação
Ferramenta	1	Colocar ponte junto à prensa M1020	<input type="checkbox"/>
	2	Colocar na ponte correntes adequadas à ferramenta a retirar	<input type="checkbox"/>
	3	Confirmar necessidade de mais correntes ao setup	<input type="checkbox"/>
	4	Colocar ferramenta a usar junto à prensa na zona delimitada	<input type="checkbox"/>
	5	Soprar ferramenta	<input type="checkbox"/>
	6	Garantir todas as ferramentas necessárias ao setup (pé de cabra, chave de aperto)	<input type="checkbox"/>
Bobine	7	Colocar ponte junto ao alimentador de chapa	<input type="checkbox"/>
	8	Garantir fita metálica de fecho de bobine junto ao alimentador de chapa	<input type="checkbox"/>
	9	Garantir cinta de movimentação de bobine no alimentador da chapa	<input type="checkbox"/>
	10	Colocar palete para bobine usada na zona de "Bobine Out"	<input type="checkbox"/>

Figura 4.31 - Listagem de tarefas pré *setup* para o *Team Leader*

4.2.5.2. Bobine

Nas produções em que a máquina funciona como prensa progressiva, é necessário abastecer com chapa em formato de bobine.

Para isso, como foi explicado no subcapítulo 4.2.3 do procedimento atual de *setup*, dependendo do turno que está a trabalhar, a colocação da bobine é diferente.

As principais tarefas associadas à troca de bobine consistem em retirar a bobine do desenrolador, caso esta ainda não tenha sido totalmente utilizada, e fechá-la com uma cinta metálica. Com o auxílio do carro que abastece o alimentador da máquina e da ponte rolante, a bobine é então retirada e colocada no chão, para que posteriormente o operador de logística a transporte para o local de armazenamento adequado.

Em seguida, é colocada uma cinta na nova bobine, permitindo a sua elevação com a ponte rolante. A nova bobine é posicionada no carro abastecedor, que a encaminha em direção ao desenrolador.

Após a colocação da bobine no desenrolador, verifica-se que, no primeiro turno, apenas uma colaboradora realiza o alinhamento da bobine, enquanto no segundo turno essa tarefa é executada por duas colaboradoras. O problema identificado neste ponto prende-se com a ausência de uma solução que evite a duplicação de esforço, ou seja, duas pessoas a realizar uma tarefa que pode ser executada por uma só, e, simultaneamente, a necessidade de uma colaboradora se deslocar repetidamente para dentro e fora da zona da bobine até conseguir alinhá-la corretamente ao centro do desenrolador, de acordo com a sua largura.

O desenrolador apresenta riscas pintadas a marcador pelas operadoras, com algumas medidas, para lhes facilitar o alinhamento, como se pode observar na seguinte Figura 4.32.



Figura 4.32 - Marcação de algumas medidas no desenrolador

Para melhorar a situação e tornar o processo mais eficiente, foi colocada uma régua metálica graduada e um batente metálico vertical no desenrolador. Com este sistema, o operador posiciona o batente na medida pretendida e, através do painel de controlo da bobine, desloca-a até que esta encoste no batente, garantindo o alinhamento correto. A Figura 4.33 apresenta o resultado final da régua graduada e do batente.



Figura 4.33 - Desenrolador com régua graduada e batente implementados

Com esta solução, é necessária apenas uma operadora para colocar a bobine na máquina sem a necessidade de entrar e sair da zona da bobine várias vezes. A operadora entra uma única vez para ajustar a posição do batente, realizando o restante trabalho fora da área do alimentador, através do painel de controlo.

Embora não constitua a solução ideal, esta melhoria representa uma alternativa de baixo investimento, reduzindo o risco de acidentes de trabalho e aumentando a eficiência, nomeadamente através da diminuição do tempo despendido no *setup*.

4.2.5.3. Colocação das amarras e limpeza da ferramenta e da mesa

Este próximo ponto que se irá debater prende-se em dois momentos. Em primeiro lugar, a remoção e colocação de amarras, sendas estas o elo de ligação entre a ferramenta e a máquina e que fixa a ferramenta à própria prensa. Em segundo lugar, a limpeza da ferramenta e da mesa.

Relativamente à colocação das amarras, esta é uma tarefa que não se pode descartar nem eliminar, mas que se pode reduzir o tempo de execução em alguns casos específicos, bem como de ergonomia.

As ferramentas utilizadas na prensa M1020, tal como nas restantes prensas, apresentam variações na altura da base. Embora a maioria possua alturas semelhantes, existem casos em que a diferença é significativa e, durante o *setup*, é

necessário ajustar manualmente cada uma das amarras. Este ajuste implica desapertar dois parafusos por amarra utilizando uma chave manual, uma operação pouco ergonómica, fisicamente exigente para as operadoras e relativamente demorada.

Em média, uma operadora necessita de cerca de 1 minuto e 20 segundos para desapertar e voltar a apertar cada amarra na altura correta. Considerando que a base das ferramentas integra entre seis e oito amarras (somando ambos os lados), o ajuste completo pode representar aproximadamente 8 minutos de trabalho nos casos que requerem intervenção em seis amarras.

A solução proposta e posteriormente implementada consistiu na utilização de uma aparafusadora eléctrica. Foi testado um modelo, ilustrado na Figura 4.34, que embora ainda apresente algumas limitações, como o desgaste dos parafusos e um torque relativamente reduzido, permite reduzir o tempo por amarra de 1 minuto e 20 segundos para 47 segundos.



Figura 4.34 - Aparafusadora eléctrica

Esta melhoria traduz uma redução de 33 segundos por amarra, o que, no total do processo, diminui o tempo de ajuste de cerca de 8 minutos para 4 minutos e 42 segundos. Além do ganho de tempo, esta solução proporciona um benefício ergonómico significativo, reduzindo o esforço físico requerido e aumentando o conforto das operadoras durante o *setup*.

4.2.5.4. Qualidade

Garantir a qualidade das peças é fundamental por diversos motivos. Em primeiro lugar, assegura o bom desempenho das etapas subsequentes do processo produtivo, evitando problemas em operações como pintura, soldadura ou montagem dos exaustores e das cavidades. Em segundo lugar, contribui para a redução de sucata e de ocorrências em linha, minimizando também o risco de reclamações e de insatisfação por parte dos clientes.

Tal como no setor das quinadoras, também neste processo é necessário realizar medições e preencher gamas de controlo de qualidade antes do início da produção, bem como efetuar verificações periódicas, normalmente de hora a hora, para garantir que nada se desviou dos parâmetros definidos.

Ao chegar às últimas tarefas do *setup*, as operadoras encaminham a primeira peça conforme para a mesa da qualidade, onde realizam as medições necessárias e preenchem a documentação correspondente. Importa referir que este processo demora no mínimo 3 minutos do *setup*. Em alguns casos, basta posicionar a peça num *gabarit* para verificar a sua conformidade; contudo, muitas peças exigem medições individuais com recurso a um paquímetro. Tanto o processo de medição como o preenchimento dos documentos são demorados e apresentam potencial de melhoria.

Perante esta situação, o problema foi reportado aos departamentos de Qualidade e Engenharia, que iniciaram um estudo para desenvolver novos *gabarits* e identificar que peças podem ser verificadas exclusivamente por esse método, evitando medições cota a cota e reduzindo a necessidade de preencher documentação extensa e complexa.

4.2.5.5. Movimentações e tempo de espera

A análise dos *setups* permitiu identificar um elevado desperdício associado aos movimentos das operadoras e aos tempos de espera entre si. Apesar da experiência acumulada ao longo de vários anos, verificou-se que o trabalho em dupla ocorria de forma descoordenada, sem uma distribuição clara de tarefas. Em diversos momentos, uma das operadoras iniciava uma atividade, interrompia-a para ajudar a colega e só depois regressava ao seu posto, gerando repetidos ciclos de espera e deslocações desnecessárias.

Foram também observadas situações em que uma operadora permanecia inativa à espera de que a outra concluísse uma determinada tarefa, bem como deslocações frequentes para procurar ferramentas e utensílios afastados do posto de trabalho, quando estes poderiam estar previamente organizados junto à máquina.

Abaixo, na Figura 4.35 apresenta-se um diagrama esparguete elaborado com a análise de um *setup*.

Para resolver e melhorar esta situação, todas as tarefas identificadas, juntamente com os respetivos tempos, foram analisadas e reorganizadas. Posteriormente, as atividades foram distribuídas entre a operadora A e a operadora B, garantindo uma divisão equilibrada com a duração das tarefas de cada operadora sincronizada, de modo a reduzir tempos de espera, evitar sobreposições e assegurar um fluxo de trabalho mais coordenado e eficiente. No Anexo 7 apresenta-se a descrição das tarefas coordenadas entre as duas operadoras.

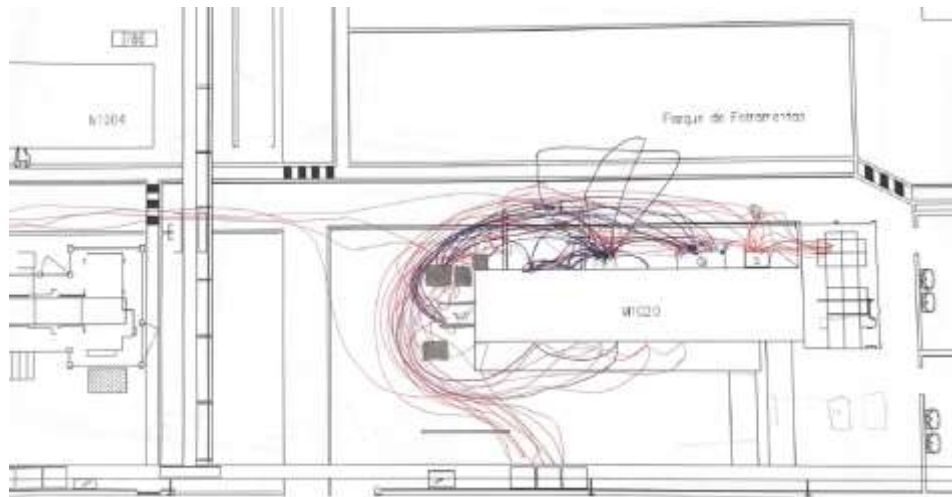


Figura 4.35 - Diagrama esparguete de um *setup* na prensa M1020 realizado por duas colaboradoras

Para ser possível avançar com esta metodologia, foi necessário explicar de forma clara o novo procedimento às operadoras e ainda afixar um esquema das tarefas organizadas por cores e secções, de modo a tornar a listagem de tarefas mais visual e prática, como mostra a Figura 4.36. Para uma melhor observação da Figura 4.36 acima, foi colocada a mesma, de maior dimensão no Anexo 8.

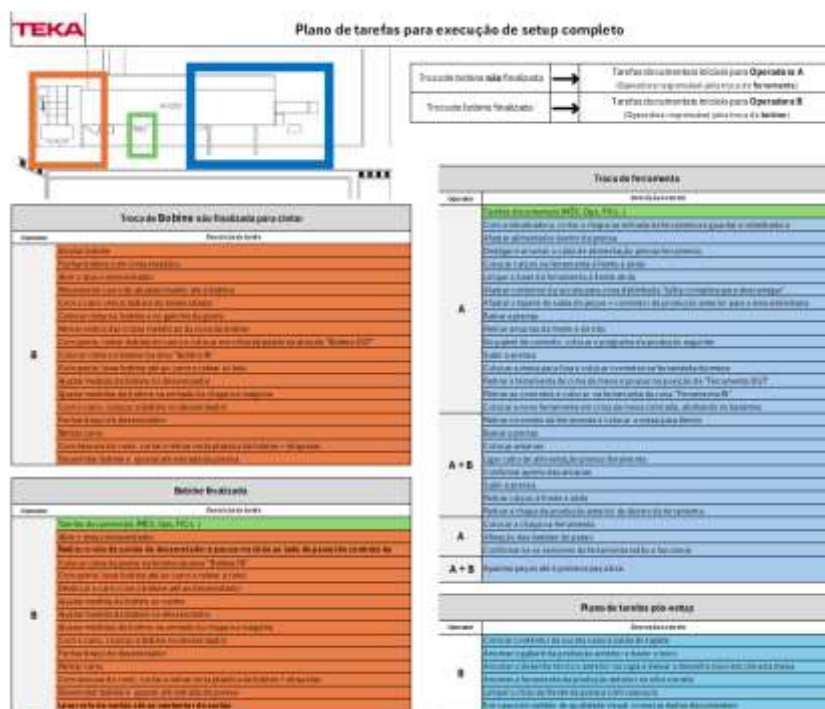


Figura 4.36 - Plano de tarefas para execução de um *setup* completo (ver Anexo 7)

De forma simplificada, o procedimento definido estabelece que, quando o *setup* se inicia, a operadora B assume imediatamente a remoção da bobine antiga e a colocação da bobine nova, realizando também os ajustes necessários até que a chapa fique posicionada na zona de entrada da ferramenta. Em paralelo, a operadora A trata do preenchimento da documentação obrigatória, encerra a ordem de produção anterior, imprime a etiqueta para o contentor e abre a nova ordem. De seguida, dirige-se à máquina, limpa a ferramenta que ainda está montada, retira as amarras, abre a porta de segurança e, através do painel de controlo, desloca a mesa para fora da prensa para poder retirar a ferramenta.

Após retirar a ferramenta e colocá-la na zona “ferramenta out”, a operadora A recolhe a nova ferramenta previamente deixada pelo *team leader* na zona “ferramenta in” e posiciona-a sobre a mesa da máquina com o auxílio da ponte rolante. Neste ponto, a operadora B, já com as operações de substituição e alimentação da bobine concluídas, junta-se à colega para instalar a ferramenta, apertar as amarras e deixá-la pronta para a fase de afinação.

Concluída esta etapa, a operadora A fica responsável por realizar a afinação manual de cada um dos passos da banda de chapa até obter a primeira peça conforme. Durante este período, a operadora B executa as seguintes tarefas de pós-*setup*, consideradas em tempo oculto por decorrerem em simultâneo com a afinação:

- Colocar um contentor vazio para a sucata na saída do tapete;
- Arrumar a ferramenta da produção anterior no local correto;
- Limpar o chão e os restos de chapa do posto de trabalho.

Quando as tarefas de pós-*setup* são concluídas pela operadora B e a afinação é finalizada pela operadora A, ambas as operadoras dirigem-se à saída do tapete para recolher as primeiras peças e verificar a sua conformidade e qualidade.

4.2.6. Outras melhorias desenvolvidas

Durante o levantamento do estado atual das ferramentas, constatou-se que grande parte das chapas de identificação presente nas ferramentas apresentava problemas e alguns erros. Algumas ferramentas não possuíam qualquer chapa de identificação, outras continham informação incompleta e, noutros casos, as chapas encontravam-se deterioradas, dificultando a leitura dos seus dados técnicos. A Figura 4.37 ilustra um conjunto de alguns exemplos destas situações.

Face a esta realidade, procedeu-se à recolha sistemática de todos os dados técnicos relevantes de cada ferramenta, incluindo dimensões, curso, passo, material, espessura da chapa, altura de alimentação e peso e demais.

O objetivo desta intervenção seria assegurar que todas as ferramentas apresentavam uma identificação clara, completa e resistente, facilitando o trabalho das operadoras, a organização interna e a rastreabilidade no processo produtivo.



Figura 4.37 - Conjunto de chapas de identificação das ferramentas de prensa

As novas chapas de identificação adotam o modelo apresentado na Figura 4.38, garantindo uma estrutura uniforme com toda a informação necessária em cada ferramenta. A sua produção será realizada externamente por uma empresa especializada, recorrendo a gravação a laser, um método significativamente mais duradouro e resistente às condições de operação a que as ferramentas estão expostas, nomeadamente contacto frequente com óleo, sujidade e desgaste.


	CÓDIGO PEÇA 326018 / 326019 166041 / 166042 163062		DESCRIÇÃO PEÇA Montante lat. (Dir/Esq.) maq. café Montante lateral Dir./Esq. Montante lateral esq. lx	
	Nº FERRAMENTA 1328	DIMENSÕES FERRAMENTA C x L x A 2660 x 1000 x 820	DIMENSÃO CHAPA 0,8 x 520	Nº PRENSA 1020
PESO FERRAMENTA 7780 kg	FAMÍLIA PRODUTO Máquina de café MW 38L + FV inox	TIPO CHAPA Bobine DC04 + ZE 25/25 BPC Bobine AISI 304 BA + PVC	CURSO 211	PASSO 200 mm

Figura 4.38 - Protótipo de chapas de identificação para ferramentas de prensa.

4.3. Análise dos resultados obtidos

Uma das fases do SMED consiste em separar as atividades internas das externas e, posteriormente, organizá-las de modo que as atividades externas fiquem em primeiro plano, funcionando como atividades *pré-setup*, seguindo-se as atividades internas correspondentes ao *setup* e, por fim, as restantes atividades externas, consideradas atividades *pós-setup*.

Desta forma, ao organizar as tarefas previamente descritas e detalhadas nos *setups* analisados, tornou-se possível identificar os potenciais ganhos, resultantes apenas da reorganização das atividades, sem necessidade de qualquer investimento.

4.3.1. Análise dos resultados da prensa progressiva M1020

Após a análise das atividades do *setup*, cada tarefa foi detalhadamente descrita, como já foi evidenciado anteriormente. Ao separar as atividades internas das externas, tornou-se possível identificar o tempo que poderia ser economizado no *setup* ao preparar antecipadamente as atividades externas. Verificou-se que, em *setups* com duração de 50 minutos, seria possível reduzir aproximadamente 20 minutos, deixando algumas tarefas prontas com antecedência, o que representa uma redução de cerca de 40% no tempo total de *setup*.

No caso apresentado na lista de tarefas do Anexo 7, as atividades foram divididas entre aquelas relacionadas com a colocação e remoção da chapa em bobine da máquina e as tarefas de colocar e retirar a ferramenta (incluindo a afinação e a organização do posto de trabalho). Na Tabela 4.10 abaixo, é possível observar os tempos das tarefas internas, correspondentes ao tempo real de *setup* após a implementação das melhorias e do novo método de trabalhos, das tarefas externas e dos desperdícios identificados.

Tabela 4.10 - Tempo total das atividades externas e internas

	Bobine	Ferramenta
Tempo total de <i>setup</i>	00:25:52	00:51:41
Tempo total de tarefas internas	00:16:59	00:31:02
Tempos total de tarefas externas	00:07:03	00:15:18
Tempo total de tarefas desnecessárias (desperdício)	00:01:50	00:05:21

Com a identificação das oportunidades de redução do tempo de *setup*, é importante perceber que a diminuição do tempo de *setup* está diretamente associada à redução de custos. Numa indústria, cada minuto em que uma máquina permanece parada representa recursos financeiros não aproveitados, tornando assim a redução do tempo de *setup* uma medida estratégica para aumentar a eficiência e a rentabilidade da produção. Desta forma, foi realizado um estudo para estimar o tempo que poderia ser economizado ao longo de um ano, assumindo que o tempo de *setup* e o método de trabalho se mantêm constantes, com as tarefas devidamente padronizadas.

A Tabela 4.11 apresenta a comparação entre o *setup* inicialmente executado, sem qualquer organização do método de trabalho e separação das tarefas internas das externas, e o *setup* reorganizado, de acordo com a metodologia proposta da preparação das atividades externas pré e pós *setup*.

Tabela 4.11 - Cálculo de custos do tempo de máquina parado em *setup*

Tipo de <i>setup</i>	Tempo <i>setup</i> (min)	Custo mão de obra (€)	Custo máquina (€)	Custo total 1 <i>setup</i> (€)	Custo total 1 dia (€)	Custo total 1 mês (€)	Custo total de 1 ano (€)
Sem separação atividades	50	15,17	4,42	19,58	78,33	1723,33	20 680,00
Com separação atividades	30	9,10	2,65	11,75	47,00	1034,00	12 408,00
						Poupança (1 ano):	8 272,00

Para ambos os cenários, foram apresentados o tempo total de execução, (calculado em horas), e os respetivos custos associados à mão de obra (considerando dois operadores) e ao equipamento. Importa referir que os valores de custo utilizados foram 9,10 €/hora por operador e 5,30 €/hora para o equipamento, sendo valores estimados e aproximados aos valores praticados pela empresa, segundo o supervisor do estágio. Com base nestes valores, é calculado o custo total por *setup*, bem como a projeção diária, mensal e anual, assumindo **quatro** *setups* por dia.

No *setup* inicial, o tempo total era de 50 minutos, resultando num custo de 19,58 € por *setup* da máquina parada. Após a reorganização das tarefas, o tempo foi reduzido para 30 minutos, conduzindo a um custo de 11,75 € por *setup*. Esta redução de tempo traduz-se diretamente numa diminuição dos custos anuais: de 20 680 € para 12 408 €. Com a aplicação da nova metodologia de trabalho ao incluir uma pré-preparação, é possível alcançar uma poupança anual em cerca de 8 272 €, exclusivamente através da reorganização das atividades, sem necessidade de qualquer investimento adicional.

4.4. Outras atividades desenvolvidas

Além do projeto de SMED aplicado no chão de fábrica, foram desenvolvidas outras atividades ao longo do estágio curricular de nove meses.

4.4.1. Auditorias no setor da pintura

No início do estágio, houve algum tempo de familiarização com o chão de fábrica, de acordo com o plano de acolhimento definido pela empresa. Durante as duas primeiras semanas, foi possível acompanhar alguns *setups* na área de pintura, também considerada crítica. Esta observação permitiu identificar pontos de melhoria e desperdícios. No entanto, devido à curta duração do estágio e à diversidade de tarefas a realizar, não foi possível avançar com o projeto na área de pintura, pelo que este permaneceu pendente.

4.4.2. Workshop SMED

No âmbito do projeto de aplicação da metodologia SMED aplicado às quinadoras e à prensa progressiva M1020, tornou-se essencial organizar um *workshop* com os operadores dos dois turnos de ambos os setores, os *team leaders* e os supervisores dos departamentos. O *workshop* teve início com a apresentação de alguns conceitos de *Lean* às pessoas presentes, seguindo-se uma introdução ao SMED. Foi exibido um vídeo demonstrativo de um *setup* nas quinadoras e, em conjunto com os colaboradores, foram descritas todas as atividades num quadro. Após a identificação de cada tarefa, foram colocados ímanes verdes e vermelhos à frente das atividades, de acordo com a sua classificação como atividade interna ou externa, respetivamente, conforme ilustrado na Figura 4.39.

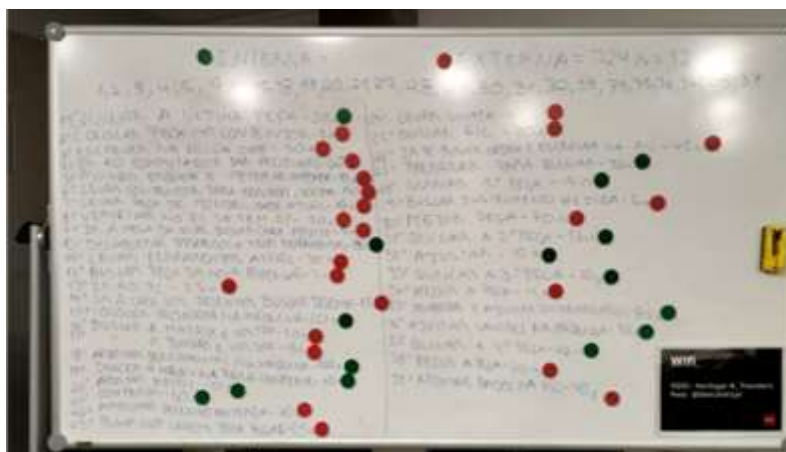


Figura 4.39 - Quadro de apoio à atividade de separação das tarefas do *setup*, utilizado durante o *workshop* de SMED

No mesmo *workshop*, procedeu-se igualmente ao levantamento de problemas identificados no processo de *setup*, bem como à recolha de ideias de melhoria sugeridas pelos colaboradores. No Anexo 9 encontram-se alguns dos slides utilizados durante o *workshop*.

4.4.3. Apresentação final

No último dia do estágio curricular foi realizada uma apresentação de síntese do trabalho desenvolvido ao longo dos nove meses de estágio, dirigida a alguns diretores dos departamentos industriais e técnicos dos diferentes departamentos. No Anexo 10 mostram-se alguns *slides* utilizados na apresentação realizada.

4.4.4. Análise transversal das limitações na melhoria contínua

O ano em que decorreu o estágio curricular coincidiu com um período particularmente atípico para a empresa. Verificaram-se várias oscilações nos volumes de produção, o grupo TEKA foi adquirido por um grande grupo empresarial de origem oriental, a MIDEA, e ocorreram mudanças sucessivas na direção industrial. Este contexto instável influenciou significativamente o ambiente operacional e, conseqüentemente, a implementação de iniciativas de melhoria contínua.

A análise realizada durante o estágio evidenciou algumas limitações que condicionam a eficácia dessas iniciativas. Em alguns casos, a cultura organizacional ainda não está totalmente alinhada com os princípios da melhoria contínua, o que se traduz numa menor proatividade na identificação de desperdícios e na implementação de melhorias.

Para além disso, constatou-se a necessidade de reforçar a formação em metodologias *Lean* e em conceitos de melhoria contínua, de modo a capacitar os colaboradores para a aplicação consistente destas práticas no quotidiano. Verificou-se também alguma resistência à mudança, frequentemente influenciada pela rotina ou pela pressão diária de atingir os objetivos, comprometendo a consolidação de uma cultura de melhoria contínua sustentada.

Por estas razões, associadas ainda à ausência de dados suficientemente fidedignos nos registos, não foi possível apresentar resultados quantitativos relativamente às melhorias implementadas no setor das quinadoras. Apenas foi possível descrever e apresentar qualitativamente as melhorias implementadas.

5. CONCLUSÃO

Ao longo dos nove meses do estágio curricular, foi possível viver uma experiência profundamente enriquecedora, marcada por um elevado nível de aprendizagem e evolução pessoal e profissional. Este período permitiu aplicar na prática diversos conceitos teóricos adquiridos ao longo dos cinco anos de formação em Engenharia e Gestão Industrial, especialmente os desenvolvidos durante os dois anos de mestrado, fortalecendo a ligação entre a teoria e o contexto real de uma organização industrial.

A participação em reuniões académicas e científicas, bem como a publicação de dois artigos constituíram igualmente uma oportunidade valiosa de consolidação de conhecimento e de desenvolvimento de competências científicas, técnicas e *soft-skills* (Anexo 11). Destaca-se a apresentação de um artigo numa conferência nacional, o 11º ENEGI em 2024, e a participação no PAMDAS em 2025.

O estágio revelou-se particularmente desafiante por implicar o trabalho simultâneo em dois setores distintos da fábrica, exigindo capacidade de adaptação e gestão de prioridades. Os desafios aumentaram com a resistência natural à mudança por parte de alguns colaboradores e com as constantes oscilações na organização interna, características de um ano atípico para a empresa. Por outro lado, estas dificuldades contribuíram para o desenvolvimento de competências de comunicação, agilidade e resiliência.

Neste contexto, tornou-se evidente que a melhoria contínua, tal como o próprio nome indica, é um processo que se constrói de forma progressiva e sustentável ao longo do tempo. Pequenas ações, quando aplicadas de forma consciente e consistente, podem gerar ganhos operacionais significativos sem necessidade de grandes investimentos. A experiência vivida demonstrou que, antes de se avançar para soluções mais dispendiosas, é fundamental explorar intervenções simples que otimizem os processos e, ainda, que facilitem o trabalho diário dos operadores. Estas pequenas melhorias lançam as bases para evoluções mais exigente, ajudando a sustentar boas práticas e a assegurar que as mudanças permanecem estáveis e eficazes ao longo do tempo.

Durante o estágio foi também possível identificar propostas de melhoria para trabalho futuro, algumas das quais continuam a ser desenvolvidas no âmbito do estágio profissional que decorre atualmente na mesma empresa, permitindo dar continuidade às melhorias iniciadas.

Por fim, do ponto de vista pessoal, o estágio permitiu conciliar a realidade académica com a profissional, proporcionando um contacto direto com uma nova indústria, desta vez no setor metalomecânico. A oportunidade de aprender novos processos produtivos revelou-se enriquecedora e contribuiu para ampliar a compreensão global

do funcionamento de ambientes fabris distintos. Foi uma experiência que reforçou o interesse em trabalhar nas áreas de melhoria contínua e produção. Durante o estágio, foi possível observar dificuldades de comunicação entre a produção e o departamento logístico, o que despertou a curiosidade e motivação para no futuro poder vir a integrar funções relacionadas com planeamento da produção. Este percurso reforçou igualmente a motivação para aprofundar novos conhecimentos, nomeadamente através de formação adicional em *Lean*.

Para além dos aspetos técnicos e académicos, este estágio trouxe também vivências pessoais significativas. Foi possível construir amizades e criar ligações, tanto com colegas de gestão intermédia, das áreas administrativas e de engenharia, como com alguns operadores de chão de fábrica, cujas experiências de vida deixaram igualmente uma marca importante. Conhecer diferentes realidades enriqueceu não apenas a dimensão profissional, mas também a humana. Espera-se que estas lições aprendidas e as conquistas alcançadas venham a servir de alicerce para um futuro profissional promissor.

“If you always do what you’ve always done, you’ll always get what you’ve always got.”

Henry Ford

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, P. S., Goldoftas, B., & Levine, D. I. (1999). Flexibility Versus Efficiency? A Case Study of Model Changeovers in the Toyota Production System. *Organization Science*, 10(1), 43–68. <https://doi.org/10.1287/orsc.10.1.43>
- Agarwal, S. (2014). Economic Order Quantity Model: a Review. In *VSRD International Journal of Mechanical, Civil, Automobile and Production Engineering*. <https://www.researchgate.net/publication/270895433>
- Ahmed, S., Hossain, M. M., & Haq, I. (2021). Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges. In *International Journal of Building Pathology and Adaptation* (Vol. 39, Issue 2, pp. 368–406). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-04-2019-0037>
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. In *International Journal of Quality and Reliability Management* (Vol. 25, Issue 7, pp. 709–756). <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Alkiayat, M. (2021). A Practical Guide to Creating a Pareto Chart as a Quality Improvement Tool. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 4(2), 83–84. <https://doi.org/10.36401/jqsh-21-x1>
- Andreadis, E., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2017). Towards a conceptual framework for value stream mapping (VSM) implementation: an investigation of managerial factors. *International Journal of Production Research*, 55(23), 7073–7095. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1347302>
- Asamoah, A. (2012). *Resistance to Organisational Change: A Case Study of Oti Yeboah Complex Limited*. <https://doi.org/10.3968/j.ibm.1923842820120401.1040>
- Azlan, N. A. A. B. N., Bin Mohamad, E., Bin Salleh, M. R., & Saptari, A. (2019). Application of optimization technique in managing labour productivity for an automotive company. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(1), 3474–3481. <https://doi.org/10.35940/ijitee.A4935.119119>
- Badharinath, E., Reddy, V. D., Kumar, P. S., & Damodaram, A. K. (2024). Optimization of Manufacturing Plant Layout Using Systematic Layout Planning (SLP) Method. *MATEC Web of Conferences*, 393, 01005. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202439301005>
- Barbieri-Silva, S., Flores-Perez, A., & Alvarez, J. C. (2022). TPM, SMED and 5S model to increase efficiency in an automated production line for a company in the food sector. *2022 Congreso Internacional de Innovacion y Tendencias En Ingenieria, CONIITI 2022 - Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/CONIITI57704.2022.9953721>
- Bengtsson, M., & Osterman, C. (2014). Improvements in vain - The 9th waste. *6th Swedish Production Symposium*, 206.

- Bhadu, J., Bhamu, J., Singh, D., Saraswat, P., & Agrawal, R. (2025). Implementation of an Integrated Framework of Lean Manufacturing and Industry 4.0 toward Sustainability: A Case Study of the Indian Ceramic Industry. *EMJ - Engineering Management Journal*, 37(4), 478–497. <https://doi.org/10.1080/10429247.2024.2440248>
- Bizuneh, B., & Omer, R. (2024). Lean waste prioritisation and reduction in the apparel industry: application of waste assessment model and value stream mapping. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2341538>
- Canning, J., & Found, P. A. (2015). The effect of resistance in organizational change programmes: A study of a lean transformation. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 7(2–3), 274–295. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-02-2015-0018>
- Carrera, J. F., Del Olmo, A. A., Cuadrado, M. R., Escudero, M. D. M. E., & Cuadrado, L. R. (2021). From lean 5s to 7s methodology implementing corporate social responsibility concept. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910810>
- CEN/TC 319. (2019). *EN 15341: Maintenance - Maintenance Key Performance Indicators*.
- Cesar Mendez Bravo, J., Jeaneth Bolanos Piedrahita, C., Alberto Mendez Bravo, M., Luis Manuel, P.-B., Cesar Méndez Bravo, J., Alberto Méndez Bravo, M., & Manuel Pilacuan-Bonete, L. (2025). *Integrating SMED and Industry 4.0 to optimize processes with phylogenetic n-SuperHyperGraphs Integrating SMED and Industry 4.0 to optimize processes with plithogenic n-SuperHyperGraphs* (Vol. 84).
- Chahal, V., & Narwal, M. (2017). Impact of Lean Strategies on Different Industrial Lean Wastes. In *International Journal of Theoretical and Applied Mechanics* (Vol. 12, Issue 2). <http://www.ripublication.com>
- Chen, Y.-S., Chong, P. P., & Tong, M. Y. (1994). Mathematical and Computer Modelling of the Pareto Principle. In *Mathl. Comput. Modelling* (Vol. 19, Issue 9).
- Chład, M. (2022). Optimization of transport processes in an enterprise by the SMED method. *Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series*, 2019(139). <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2022.160.10>
- Corrales, L. del C. N., Lambán, M. P., Hernandez Korner, M. E., & Royo, J. (2020). Overall equipment effectiveness: Systematic literature review and overview of different approaches. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 18). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/APP10186469>
- Correa Castañeda, J. R., & Montoya Cárdenas, G. A. (2022). 5S Methodology: literature review and implementation analysis. *Journal of Scientific and Technological Research Industrial*, 3(2), 37–45. <https://doi.org/10.47422/jstri.v3i2.30>
- Cortes, H., Daaboul, J., Le Duigou, J., & Eynard, B. (2016). Strategic Lean Management: Integration of operational Performance Indicators for strategic Lean management. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.551>
- Damawan, A. H., & Azizah, S. (2020). *Resistance to Change: Causes and Strategies as an Organizational Challenge*.

- Daneshjo, N., Rudy, V., Malega, P., & Krnáčová, P. (2021). Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: A Case Study. *TEM Journal*, 10(2), 573–582. <https://doi.org/10.18421/TEM102-12>
- Das, T. (2024). *SMED Techniques for Rapid Setup Time Reduction in Electronics Industry*. www.jsaer.com
- De Menezes, M. L., & Santiago, S. B. (2023). Aplicação da metodologia SMED para redução do tempo total de setup em uma indústria de fabricação de pneus: estudo de caso para implementação em extrusora de borracha. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 14(5), 8378–8391. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i5.2217>
- Deshmukh, M., Gangele, A., Gope, D. K., & Dewangan, S. (2022). Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review. *Materials Today: Proceedings*, 62, 1489–1495. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.155>
- Maia, A. I. D., & Vieira, A. V. (2025). Impact of 5S tool on reducing setup times-case study in a metalworking industry. *Proceedings of PAMDAS 2025 - International Conference on Physical Asset Management and Data Science*, 315–326.
- Ebrahimi, A., Khakpour, R., & Saghiri, S. (2023). Sustainable setup stream mapping (3SM): a systematic approach to lean sustainable manufacturing. *Production Planning and Control*, 34(4), 311–329. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1916637>
- Elahi, B. (2021). Manufacturing plant layout improvement: Case study of a high-temperature heat treatment tooling manufacturer in Northeast Indiana. *Procedia Manufacturing*, 53, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.06.006>
- El-Namrouty, K. A. (2013). Seven Wastes Elimination Targeted by Lean Manufacturing Case Study "Gaza Strip Manufacturing Firms". *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 1(2), 68. <https://doi.org/10.11648/j.ijefm.20130102.12>
- Farinha, J. M. T. (2011). *Manutenção - A terologia e as Novas Ferramentas de Gestão* (1st ed.). Monitor.
- Farinha, J. M. T. (2018). *Asset Maintenance Engineering Methodologies* (C. Press, Ed.).
- Ferreira Brito, M., Ferreira, A. L., Ramos, A., & Carneiro, P. (2019). *THE EIGHTH WASTE: NON-UTILIZED TALENT*. <https://www.researchgate.net/publication/340978747>
- G M, A. (2020). A Brief Overview on Toyota Production System (TPS). *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(5), 2505–2509. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.5415>
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579. <https://doi.org/10.1108/00251740810865067>

- Germanova-Krasteva, D., & Dimcheva, I. (2020). Analysis of defects and their impact on the production losses using Pareto diagrams. *E3S Web of Conferences*, 207. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020703007>
- Gibbons, P. M., Kennedy, C., Burgess, S. C., & Godfrey, P. (2012). The development of a lean resource mapping framework: Introducing an 8th waste. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(1), 4–27. <https://doi.org/10.1108/20401461211223704>
- Haekal, J. (2022). The Integration of Lean Manufacturing and Promodel Simulation in the Shampoo Production Process with the VALSAT and VSM Method Approach. In *International Journal of Multidisciplinary Research and Publications (IJMRAP)* (Vol. 4, Issue 11).
- Hansen, R. C. (2001). *OVERALL Equipment Effectiveness - A Powerful Production / Maintenance Tool for Increased Profits* (Industrial Press Inc, Ed.).
- Hartanti, L. P. S., Gunawan, I., Mulyana, I. J., & Herwinarso, H. (2022). Identification of Waste Based on Lean Principles as the Way towards Sustainability of a Higher Education Institution: A Case Study from Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14074348>
- He, J., Cang, Y., Wei, C., Wang, H., Xu, Y., & Han, Y. (2024). Application of joint commission international standard combined with 6S management mode in the management of emergency medical equipment. *Hong Kong Journal of Emergency Medicine*, 31(1), 22–27. <https://doi.org/10.1002/hkj2.12009>
- HERITAGE B. (2025). *HERITAGE B.* <https://heritage-b.com/>
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 24, Issue 10, pp. 994–1011). <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- Hys, K., & Domagała, A. (2018). *Application of spaghetti chart for production process streamlining. Case study.*
- Hys, K., & Domagała, A. (2021). *Application of the SMED Method for Improving the CNC Machine Workplace Production Process in the Scope of “Waiting” MUDA.* <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2021.151.15>
- Isnaini, W., Masruroh, N. A., & Dharma, I. G. B. B. (2025). Dynamic planning approach of facility layout from industry perspectives: A systematic literature review. *Production Engineering Archives*, 31(1), 27–40. <https://doi.org/10.30657/pea.2025.31.3>
- Ito, A., Ylipää, T., Gullander, P., Bokrantz, J., Centerholt, V., & Skoogh, A. (2021). Dealing with resistance to the use of Industry 4.0 technologies in production disturbance management. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(9), 285–303. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2020-0475>
- Jaramillo, F., Mulki, J. P., Onyemah, V., & Pesquera, M. R. (2012). Salesperson resistance to change: An empirical investigation of antecedents and outcomes. *International Journal of Bank Marketing*, 30(7), 548–566. <https://doi.org/10.1108/02652321211274318>

- Jiménez, M., Romero, L., Fernández, J., Espinosa, M. del M., & Domínguez, M. (2019). Extension of the Lean 5S methodology to 6S with an additional layer to ensure occupational safety and health levels. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(14). <https://doi.org/10.3390/su11143827>
- Juárez-Vite, A., Corona-Arment, J. R., Rivera-Gómez, H., Montaña-Arango, O., & Medina-Marín, J. (2023). Application of the SMED methodology through folding references for a bus manufacturing company. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, *14*(3), 232–243. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2023-3-335>
- Junior, R. G. P., Inácio, R. H., da Silva, I. B., Hassui, A., & Barbosa, G. F. (2022). A novel framework for single-minute exchange of die (SMED) assisted by lean tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *119*(9–10), 6469–6487. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08534-w>
- Kemal Karasu, M., Cakmakci, M., Cakiroglu, M. B., Ayva, E., & Demirel-Ortabas, N. (2014). Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *47*(1), 741–748. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.09.035>
- Liu, H., Liu, X., Lin, L., Islam, S. M. N., & Xu, Y. (2020). A study of the layout planning of plant facility based on the timed Petri net and systematic layout planning. *PLoS ONE*, *15*(9 September). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239685>
- Manzanares-Cañizares, C., Sánchez-Lite, A., Rosales-Prieto, V. F., Fuentes-Bargues, J. L., & González-Gaya, C. (2022). A 5S Lean Strategy for a Sustainable Welding Process. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(11). <https://doi.org/10.3390/su14116499>
- Mariappan, R. C. S., Veerabathiran, A., K.P, P., & K.E.K, V. (2023). Intelligent VSM Model: a way to adopt Industry 4.0 technologies in manufacturing industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *129*(5–6), 2195–2214. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-12406-w>
- Meca Vital, J. C., & Camello Lima, C. R. (2020). Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness. *International Journal of Engineering and Management Research*, *10*(02), 142–150. <https://doi.org/10.31033/ijemr.10.2.17>
- Mendoza-Sotomayor, R., Sabogal-Arias, J. A., & Quiroz-Flores, J. C. (2024). Optimizing Beverage Manufacturing: Integrating Lean Manufacturing and Machine Learning to Enhance Efficiency and Reduce Waste. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, *72*(11), 155–174. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V72I11P118>
- Montes-Cabrera, A. F., Gherardi-Jimenez, F., & Quiroz-Flores, J. C. (2025). Enhancing Service Efficiency in Peruvian Automotive Workshops through the Integration of SMED, KANBAN, and TPM: A Lean-Based Empirical Study. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, *73*(5), 145–160. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V73I5P114>

- Ngoy, K. R., & Israel, K. (2021). The Strategy of Successful Total Productive Maintenance (TPM): Implementation and Benefits of TPM (Literature Review). In *IJIRMP* (Vol. 9, Issue 6). www.ijirmps.org
- Noor, M., Raaz, N., & Aman, A. (2020). Study on 7 Wastes of Lean in Garments Manufacturing. *International Journal of Multidisciplinary Informative Research and Review*, 1(1), 49–60. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4309663>
- Panigrahi, S., Al Ghafri, K. K., Al Alyani, W. R., Ali Khan, M. W., Al Madhagy, T., & Khan, A. (2023). Lean manufacturing practices for operational and business performance: A PLS-SEM modeling analysis. *International Journal of Engineering Business Management*, 15. <https://doi.org/10.1177/18479790221147864>
- Pérez-Gosende, P., Mula, J., & Díaz-Madroño, M. (2021). Facility layout planning. An extended literature review. In *International Journal of Production Research* (Vol. 59, Issue 12, pp. 3777–3816). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897176>
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean - A Filosofia das organizações vencedoras* (Lidel-Edições Técnicas, Ed.; 6th ed.).
- Prakash, J., Ong, K. S., & Cheah, C. K. (2019). Overall equipment effectiveness (OEE): a review and development of an integrated improvement framework. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1504/ijpqm.2019.10020889>
- Raikar, N. A. (2015). *Use of Spaghetti Diagram for Identification and Elimination of Waste Movements in Shop Floor for OEE Improvement: A Case Study*. www.ijert.org
- Rehman, N., Mahmood, A., Ibtasam, M., Murtaza, S. A., Iqbal, N., & Molnár, E. (2021). The Psychology of Resistance to Change: The Antidotal Effect of Organizational Justice, Support and Leader-Member Exchange. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.678952>
- Ribeiro, M. A. S., Santos, A. C. O., de Amorim, G. da F., de Oliveira, C. H., Braga, R. A. da S., & Netto, R. S. (2022). Analysis of the Implementation of the Single Minute Exchange of Die Methodology in an Agroindustry through Action Research. *Machines*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/machines10050287>
- Rojas, T., Mula, J., & Sanchis, R. (2024). Quantitative modelling approaches for lean manufacturing under uncertainty. In *International Journal of Production Research* (Vol. 62, Issue 16, pp. 5989–6015). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2293138>
- Rüttimann, B. G., & Stöckli, M. T. (2016). Going beyond Triviality: The Toyota Production System—Lean Manufacturing beyond Muda and Kaizen. *Journal of Service Science and Management*.
- Santos, A. J. R. (2008). *Gestão Estratégica - Conceitos, modelos e instrumentos* (E. Editora, Ed.).

- Santos, L. C., Gohr, C. F., & Laitano, J. C. A. (2012). Planejamento Sistemático de Layout: Adaptação e Aplicação em Operações de Serviços. *Revista Gestão Industrial*, 8(1). <https://doi.org/10.3895/s1808-04482012000100001>
- Senderská, K., Mareš, A., & Václav, Š. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, 79. <https://www.researchgate.net/publication/316634571>
- Shahriar, M. M., Parvez, M. S., Islam, M. A., & Talapatra, S. (2022). Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *Cleaner Engineering and Technology*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100488>
- Shannon, N., Trubetskaya, A., Iqbal, J., & McDermott, O. (2023). A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma. *Heliyon*, 9(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20516>
- Shi, H. H., Chen, S., Propester, L., Valenzuela, J., Gernsback, J., Desai, V. R., Balsara, K., Zieles, K., & Jea, A. (2023). Influence of the living Pareto chart and data transparency on patient outcomes in neurosurgery. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 31(4), 380–387. <https://doi.org/10.3171/2022.12.PEDS22339>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*.
- Shree, S. M., & Ganesa Velan, V. M. (2019). Overall Equipment Effectiveness (OEE) analysis and improvement in a spinning unit. In *International Journal of Applied Engineering Research* (Vol. 1).
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51, 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>
- Smith A, T. Y. (2015). Lean Thinking: An Overview. *Industrial Engineering and Management*, 04(02). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000159>
- Soliman, M. H. A. (2017). A Comprehensive Review of Manufacturing Wastes: TOYOTA Production System LEAN Principles. *Emirates Journal for Engineering Research*.
- Soliman, M., Oliveira Esteves, O., Trevisan, M., & Fogliarini Segatto, G. (2022). A tentative integration of value stream mapping (VSM) and BPMN for improved process mapping. *Knowledge and Process Management*, 29(4), 371–382. <https://doi.org/10.1002/kpm.1729>
- TEKA. (2025). *TEKA*. <https://www.teka.com/pt-pt/>
- Vargas Crisóstomo, E. L., & Camero Jiménez, J. W. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industrial Data*, 24(2), 249–271. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>
- Xiang, zhang T., & Feng, C. J. (2020). Implementing Total Productive Maintenance in a Manufacturing Small or Medium-Sized Enterprise. *Jornal of Industrial Engineering and Management*.

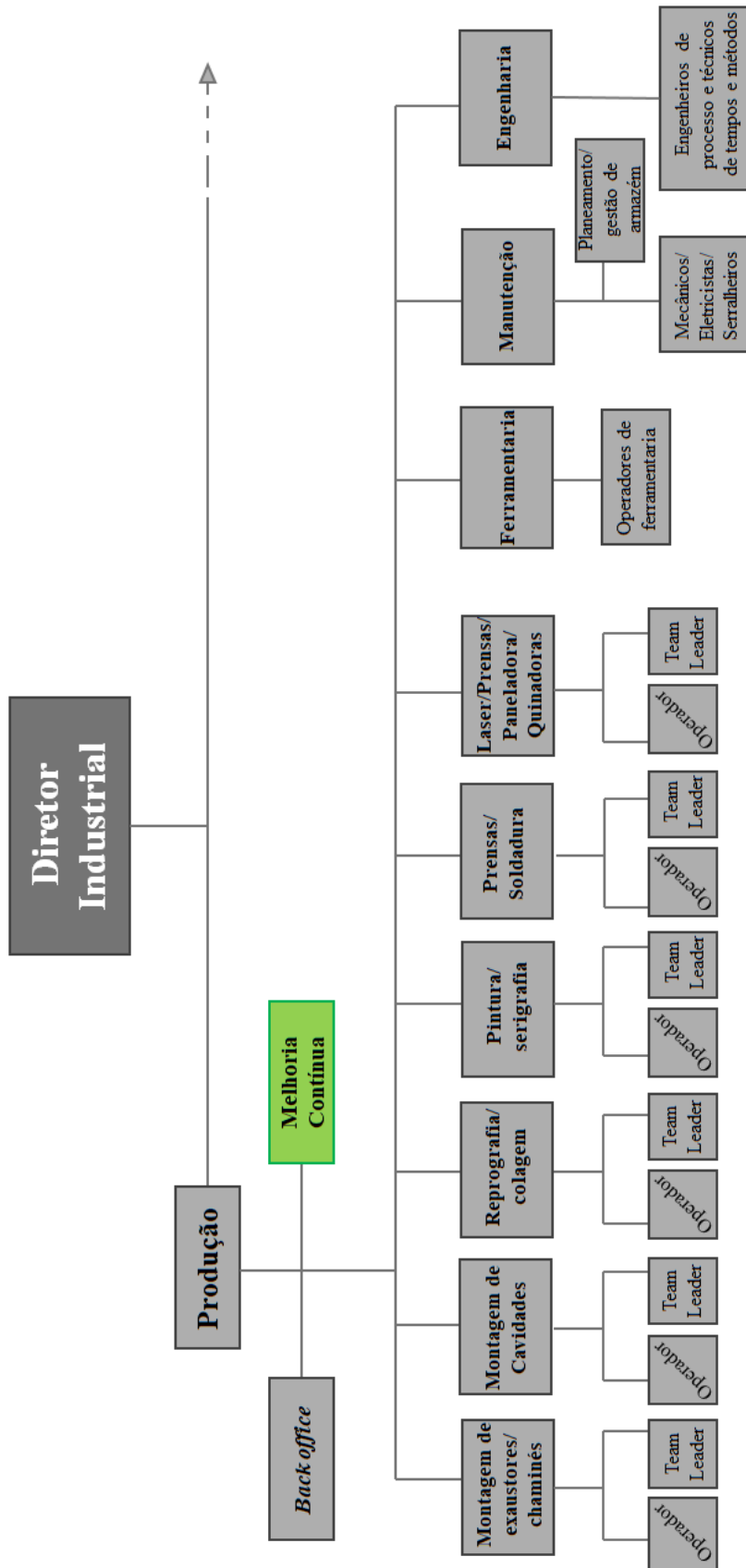
Yamamoto, K., & Lloyd, R. (2019). *A review of the development of lean manufacturing and related lean practices: The case of Toyota production system and managerial thinking*. <https://www.researchgate.net/publication/340449306>

Yazıcı, K., Gökler, S. H., & Boran, S. (2021). An integrated SMED-fuzzy FMEA model for reducing setup time. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32(6), 1547–1561. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01675-x>

ANEXOS

Anexo 1 – Organograma	129
Anexo 2 – Exemplos de tarefas recolhidas na análise de <i>setup</i>	130
Anexo 3 – Listagem de matrizes existentes nas quinadoras.....	134
Anexo 4 – Listagem de punções existentes nas quinadoras.....	135
Anexo 5 – Listagem de ferramentas e respetiva localização	136
Anexo 6 – Tabela completa dos tempos de <i>setup</i> da prensa M1020	138
Anexo 7 – Tabela com tarefas organizadas por cada operadora	139
Anexo 8 – Plano de tarefas para execução de um <i>setup</i> completo.....	141
Anexo 9 – Diapositivos apresentados no <i>Workshop</i> de SMED	142
Anexo 10 – Diapositivos da apresentação de síntese e propostas de melhoria.....	143
Anexo 11 – Evidência de divulgação do trabalho desenvolvido.....	144

Anexo 1 – Organograma



Anexo 2 – Exemplos de tarefas recolhidas na análise de *setup*

Quinar a última peça;	20	
Colocar a última peça no contentor;	5	
Escrever papel da produção;	35	
Colocar as folhas na mica e em cima da mesa da qualidade;	20	
Ir ao pc dar fechada a OP e imprimir uma nova etiqueta;	55	
Assinar a etiqueta e colocar no contentor;	5	
Com o porta paletes levar o contentor ao mercado e voltar com o porta paletes vazio	90	
Arrumar gabari ao lado das ferramentas	13	
Ir ao pc;	10	
Buscar chave de aperto;	5	
Desapertar os parafusos do punção e retirar o punção da máquina, pousando ao lado	35	
Desapertar os parafusos da matriz e retirar a matriz da máquina	32	
Levar a matriz atrás e voltar;	20	
Levar punção atrás e voltar;	15	
Retirar um molho de chapa da paleta do chão e colocar junto à máquina;	10	
Ir ao pc abrir uma nova OP;	25	
Ir à pasta dos desenhos tirar o desenho da peça que se vai fazer;	15	
Levar o desenho para a mesa, retirar da mica e abrir o desenho;	15	
Colocar programa na máquina;	20	
Ir lá atrás buscar a matriz;	15	
Encaixar a matriz na máquina;	5	
Ir lá atrás buscar a punção;	15	
Colocar a punção na máquina;	5	
Apertar os parafusos dos intermediários;	50	
Colocar a punção no sítio e apertar	30	
Baixar a punção com pedal e apertar matriz	50	
Ajustar no programa as medidas;	30	
Arrumar o desenho anterior na capa e arrumar a capa;	25	
Ir lá atrás buscar um caixote de plástico para colocar as novas peças quinadas;	15	
Passar pressão ar no caixote e colocar o caixote em cima da mesa;	10	
Pegar em peças de sucata, levar para o contentor da sucata e voltar	45	
Ir ao PC e escrever dados na folha da nova produção;	60	
Ajustar a máquina	5	
Colocar esbarros, organizar o espaço e conferir se as ferramentas estão bem seguras;	30	
Quinar a primeira peça;	10	
Buscar à gaveta os paquímetros	10	
Medir a peça e apontar medidas na folha;	60	
Quinar a segunda peça e ajustar programa	20	
Quinar a terceira;	10	
Medir;	20	
Desapertar intermediários;		
Arrastar a punção para o lado para ajustar as medidas dos intermediários;	70	
Colocar a punção novamente no sítio certo e apertar os parafusos;		
Ajustar no programa as medidas;	15	
Quinar a peça seguinte;	20	
Medir a peça;	20	
Preencher os dados na folha da qualidade e escrever na própria peça as medidas e a data;	20	
Colocar a peça na mesa da qualidade;	10	
	1120	18,7
	segundos	minutos

Melhoria contínua numa indústria metalomecânica – SMED e outras ferramentas Lean

Dia	Item	Máquina	Descrição	Instante do vídeo	Duração da atividade (s)
12/nov/24	943857 - Sup. U GA-14 econ.	M1008	Mudou a disposição da mesa e das paletes e regressou ao posto	00:07	85
			Conversou e preparou-se para o trabalho	01:38	34
			Retirou desaparafusadores da gaveta e voltou para o posto	02:12	18
			Organizou espaço para começar a trabalhar	02:30	15
			Desparafusou um parafuso da máquina	02:45	15
			Saiu do posto para ir ver chapas da nova produção e regressou ao posto	03:00	67
			Continuou a desapertar os parafusos de cima e retirou o punção	04:08	8
			Falou com team leader	04:15	15
			Desapertou parafusos das matrizes e pegou nas três ferramentas (pequenas)	04:30	25
			Levou-as atrás e pousou na mesa	04:55	11
			Foi falar com o responsável e regressou ao posto	05:06	30
			Levou o desenho que estava na mesma da qualidade para a mesa	05:37	7
			Colocou o programa na máquina	05:44	43
			Observou o desenho	06:27	24
			Deslocou-se atrás para procurar ferramenta e voltou ao posto	06:51	355
			Colocou a matriz na máquina	12:46	10
			Observar o desenho e a informação dele contida	13:03	12
			Desapertou parafusos de cima, colocou as medias dos intermediários e apertou	13:16	117
			Foi atrás buscar o punção, falar com responsável e voltou para o posto	15:13	95
			Colocou o punção na máquina	16:49	67
			Posicionou as duas ferramentas	17:06	32
			Apertou os parafusos da matriz	17:40	38
			Apertou os parafusos do punção	18:24	39
			Foi buscar produto de limpeza e voltar	19:08	15
			Limpou a matriz	19:23	10
			Arrumou o produto e voltar	19:33	8
			Organizou o espaço para trabalhar	19:40	9
			Pegou num molho de chapas e colocar perto na máquina	19:50	10
			Preparou o programa para a primeira quinagem	20:05	98
			Riscou com marcador na ferramenta a posição	21:45	25
			Preparou o programa para a primeira quinagem	22:11	20
			Arrumou o marcador e posicionou o aparelho do programa	22:30	10
			Pegou na primeira peça e pousar	22:41	2
			Deslocou-se à gaveta e trouxe para o posto os instrumentos de medida	22:43	22
			Colocou medidas no medidor de ângulo	23:05	37
			Preparou para quinar e fez a primeira quinagem	23:44	30
			Mediu a peça	24:16	35
			Ajustou os esbarros atrás na máquina e voltar	24:52	53
			Ajustou valores na máquina	25:45	4
			Preparou e quinou a segunda quinagem	25:50	10
			Mediu a peça	26:00	18
			Ajustou valores na máquina	26:19	4
			Quinar a terceira quinagem	26:24	5
Mediu a peça	26:40	13			
Quinar a quarta quinagem	26:55	7			
Mediu a peça	27:08	7			
Ir atrás buscar gabari e voltar	27:16	70			
Testou a peça no gabari	28:26	30			
Pegou na peça produzida pelo turno passado e mediu no gabari	28:56	22			
Ajustou valores na máquina	29:21	15			
Quinou a segunda peça	29:37	52			
Ajustou valores na máquina	30:30	18			
Quinou a primeira quinagem da terceira peça	30:51	8			
Observou a peça	30:59	2			
Mediu a peça	31:03	6			
Quinou as seguintes quinagens da terceira peça	31:11	28			
					1865
					31,08 min

Ana Isabel Duarte Maia

Dia	Item	Máquina	Descrição	Instante do vídeo	Duração da atividade (s)
			Ir ao PC fechar a OP realizada;		50
			Pediu um contentor a team leader;		30
			Meteu etiqueta da OP feita no contentor;	04:05	2
			Organizou o espaço;	04:20	30
			Foi buscar porta paletes;	04:50	70
			Colocou palete no staker	06:04	35
			Foi a mesa da qualidade ver coisas com a team leader	06:41	75
			Deslocou-se de novo ao staker	07:55	5
			Movimentação de paletes com staker	08:00	205
			Deslocou o staker para o posto e pegou na paleta da produção	11:25	15
			Com o staker levou a paleta para o mercado e voltou sem nada	11:40	105
			Dirigiu-se à mesa para observar o papel e foi para mesa qualidade	13:25	5
			Observou nova folha com o desenho	13:30	20
			Pegou na capa, retirou o desenho e voltou a guardar	13:55	40
			Deslocou-se até à máquina	14:43	3
			Com o pedal, subiu a máquina e colocou esbarros para trás	14:46	6
			Colocou programa na máquina	15:52	20
			Deslocou-se à gaveta da qualidade, retirou o desaparafusador e voltou	15:15	8
			Desaparafusou parafusos da punção	15:25	25
			Desaparafusou parafusos da matriz	15:52	20
			Retirou a punção da máquina	16:24	10
			Levou a punção lá para trás e trouxe nova punção	16:34	48
			Pousou matriz na máquina	17:24	10
			Retirou matriz antiga da máquina	17:36	5
			Levou matriz para trás e trouxe duas punções e uma matriz	17:41	60
			Pousou ferramentas em cima da máquina	18:40	3
			Encaixou na máquina a matriz menor	18:43	2
			Colocou na máquina a matriz maior	18:45	24
			Baixou esbarros	19:10	2
			Posicionou a matriz menor	19:12	3
			Colocou esbarros para trás	19:15	2
			Deslocou-se à programação d	19:18	3
			Mandou no programa movimento dos esbarros	19:21	5
			Posicionou a matriz maior	19:30	1
			Colocou esbarros para a frente	19:31	2
			Posicionou matriz maior	19:33	9
			Colocar esbarros para trás	19:42	2
			Mandou no programa movimento dos esbarros	19:48	3
			Desapertou os parafusos dos intermediários com desaparafusador	20:00	20
			Colocou medidas dos intermediários e apertou os parafusos	20:20	45
			Colocou punção maior na máquina	21:10	6
			Aparafusou a punção maior na máquina	21:18	23
			Colocou a punção pequena na máquina	21:42	7
			Aparafusou a punção menor na máquina	21:50	10
			Desceu a máquina	22:05	11
			Apertou a matriz menor	22:17	11
			Apertou parafusos matriz maior	22:31	20
			Baixou esbarros	22:52	2
			Pegou molho de chapas e colocou ao pé da máquina	22:57	6
			Posicionou o espaço para começar a trabalhar	23:03	15
			Pegou na primeira chapa e preparou o programa para começar	23:20	26
			Quinou a primeira quinagem na primeira peça	23:48	13
			Medir o ângulo	24:03	3
			Desapertou dois parafusos e arrastou para o lado o punção menor	24:14	10
			Desapertou intermediários, apertou novamente depois de ajustados	24:25	25
			Voltou a colocar o punção no sítio e apertou	24:51	25
			Ajustou valores no programa	25:19	10
			Quinou o outro lado da peça	25:32	13
			Mediu o ângulo	25:47	7
			Ajustou valores no programa	25:55	10
			Mediu com paquímetro pequeno	26:10	35
			Ajustou valores no programa	26:49	20
			Quinou a terceira quinagem da peça	27:15	13
			Mediu o ângulo	27:30	9
			Despertou parafusos do punção, arrastou para o lado	27:42	13
			Desapertou intermediários, apertou novamente depois de ajustados	27:55	30
			Voltou a colocar o punção no sítio e apertou	28:25	25
			Mediu com paquímetro pequeno	29:05	6
			Ajustou valores no programa	29:11	11
			Quinou a quarta quinagem da peça	29:25	12
			Mediu o ângulo	29:39	7
			Ajustou valores no programa	29:47	21
			Mediu com paquímetro pequeno	30:09	7
			Quinou a quinta quinagem da peça	30:19	11
			Mediu o ângulo	30:32	6
			Posicionou e ajustou a máquina para a quinagem seguinte	30:45	33
			Quinou a sexta quinagem da peça	31:33	6
			Mediu o ângulo	31:41	6

...

Melhoria contínua numa indústria metalomecânica – SMED e outras ferramentas Lean

61	Mediu o ângulo	31:41	6
	Ajustou valores no programa	31:50	2
	Mediu com paquímetro pequeno	31:53	4
	Ajustou valores no programa	31:58	7
	Pegar chapa e fazer a primeira quinagem	34:34	53
	Ajustou valores no programa	36:24	30
	Mediu o ângulo	36:56	7
	Ajustou valores no programa	37:03	12
	Mediu o ângulo	37:16	9
	Ajustou valores no programa	37:26	11
	Mediu com paquímetro pequeno	37:38	10
	Mediu o ângulo	37:50	5
	Ajustou valores no programa	37:56	14
	Mediu peça	38:11	8
	Ajustou valores no programa	38:20	7
	Mediu peça	38:28	10
	Ajustou valores no programa	38:38	3
	Mediu peça	38:43	6
	Ajustou valores no programa	38:50	16
	Mediu peça	39:07	5
	Ajustou valores no programa	39:12	6
	Mediu peça	39:19	7
	Pousou peça de sucata na mesa	39:26	3
	Foi atrás da máquina ajustar esbarros e voltou	39:31	65
	Pegou numa nova chapa e quinou a primeira quinagem	40:50	12
	Mediu a peça	41:03	15
	Quinou a segunda quinagem	41:32	7
	Falou com team leader	41:41	35
	Quinou a quinagem seguinte	42:15	8
	Mediu a peça	42:23	12
	Ajustou valores no programa	43:15	7
	Quinou a quinagem seguinte	43:23	7
	Mediu a peça	43:33	10
	Ajustou valores no programa	43:43	6
	Mediu a peça	43:50	12
	Ajustou valores no programa	44:02	7
	Quinou a quinagem seguinte	44:11	7
	Mediu a peça	44:20	9
	Ajustou valores no programa	44:30	9
	Mediu a peça	44:40	11
	Ajustou valores no programa	44:52	2
	Quinou a quinagem seguinte	44:57	8
	Mediu a peça	45:07	11
	Ajustou valores no programa	45:39	4
	Mediu a peça	46:30	5
	Foi buscar paquímetro grande	47:32	30
	Mediu a peça e msotrou com calma estagiária	48:03	50
	Mediu a peça com paquímetro pequeno	49:07	21
	Ajustou valores no programa	49:33	22
	Pousou peça quinada	49:57	1
	Pegou nova chapa e quinou as primeiras 3 quinagens	50:13	20
	Mediu a peça	50:35	6
	Quinou as 3 quinagens seguintes	50:44	21
	Mediu a peça	51:09	3
	Deslocou-se à mesa da qualidade para medir com paquímetro maior	51:14	3
	Mediu a peça e msotrou com calma estagiária	51:18	50
	Ajustou valores no programa	52:38	10
	Mediu a peça	52:49	9
	Ajustou valores no programa	52:59	7
	Deslocou-se à mesa da qualidade para medir com paquímetro maior	53:10	4
	Retirar o plástico da peça	54:00	103
	Observar a peça se está conforme	55:48	14
			2430 segundos
			40,50 minutos

Anexo 3 – Listagem de matrizes existentes nas quinadoras

MATRIZES			
Tipo/Tamanho	Comprimento	Nº	Notas
m10	1000	M01	CONTRA PORTA
m6	1000	M02	
m6	980	M03	
m6	1000	M04	
m4	1000	M05	
m10	1000	M06	
m4	1000	M07	
m6	1000	M08	
m6	1000	M09	
m10	1000	M10	
m10	550	M11	
m4	758	M12	
m10	250	M13	
m4	250	M14	
m6	810	M15	
m4	1000	M16	COMPLEMENTO
m4	1000	M17	forra 797
m4	1000	M18	forra 1008
m4	1000	M19	complemento
m4	758	M20	forra 1008
m10	1000	M21	frontal classic
m6	835	M22	gfi
m4	850	M23	marco filtro
m10	200	M24	
m4	535	M25	gfi
m6	145	M26	
m10	100	M27	
m10	528	M28	
m4	144,5	M29	
m4	150	M30	
m4	150	M31	
m4	200	M32	
m6	155	M33	
m6	190	M34	
m6	255	M35	
m4	155	M36	
m6	290	M37	
m4	370	M38	
m10	200	M39	
m6	235	M40	
m6	200	M41	
m6	290	M42	
m10	310	M43	
m4	332	M44	
m6	325	M45	
m10	165	M46	
m10	428	M47	
m10	152	M48	
m6	318	M49	boa
m6	318	M49	má
m10	435	M50	
m10	168	M51	
m10	356	M52	
m10	380	M53	
m10	200	M54	
m10	300	M55	
m10	94	M56	
m10	120	M57	
m10	394	M58	
m10	110	M59	
m10	125	M60	
m10	160	M61	
m10	105	M62	
m10	208	M63	
m6	45	M64	
m6	80	M65	
m6	70	M66	
m4	45	M67	
m4	35	M68	
m6	41	M69	
m4	70	M70	
m6	40	M71	
m6	44	M72	
m10	35	M73	
m4	54	M74	
m6	33	M75	
m4	70	M76	
m4	54	M77	
m6	35	M78	
m6	35	M79	
m4	190	M80	
m4	100	M81	
m4	170	M82	
m6	1000	M83	tem seta para juntar-se a M84
m6	136	M84	tem seta para juntar-se a M83
m10	494	M85	
matriz faca	660	M86	
m4	620	M87	
m6	680	M88	complemento frente
m6	515	M89	
m10	550	M90	
m10	505	M91	
matriz faca	465	M92	
m6	110	M93	
m6	163	M94	

m10	435	M50	
m10	168	M51	
m10	356	M52	
m10	380	M53	
m10	200	M54	
m10	300	M55	
m10	94	M56	
m10	120	M57	
m10	394	M58	
m10	110	M59	
m10	125	M60	
m10	160	M61	
m10	105	M62	
m10	208	M63	
m6	45	M64	
m6	80	M65	
m6	70	M66	
m4	45	M67	
m4	35	M68	
m6	41	M69	
m4	70	M70	
m6	40	M71	
m6	44	M72	
m10	35	M73	
m4	54	M74	
m6	33	M75	
m4	70	M76	
m4	54	M77	
m6	35	M78	
m6	35	M79	
m4	190	M80	
m4	100	M81	
m4	170	M82	
m6	1000	M83	tem seta para juntar-se a
m6	136	M84	tem seta para juntar-se a
m10	494	M85	
matriz faca	660	M86	
m4	620	M87	
m6	680	M88	complemento frente
m6	515	M89	
m10	550	M90	
m10	505	M91	
matriz faca	465	M92	
m6	110	M93	
m6	163	M94	

Anexo 4 – Listagem de punções existentes nas quinadoras

PUNÇÕES			
Tipo/Tamanho	Comprimento	Nº	Notas
p faca	1000	P001	8000
p faca	1000	P002	MOLDURA
p normal	852	P003	TL1-92
p normal	727	P004	
p faca	370	P005	
p faca	895	P006	forra
p faca	685	P007	
p faca	745	P008	forra para 1008 ou 797
p normal	745	P009	COMPLETO
p faca	455	P010	
p faca	835	P011	
p faca	755	P012	
p normal	750	P013	
p faca	460	P014	
p faca	447	P015	
p especial	300	P016	
p normal	250	P017	
p faca	810	P018	
p faca	810	P019	complemento
p faca	592	P020	forra 797
p faca	592	P021	forra 1008
p faca	755	P022	forra para 1008 ou 797
p faca	1000	P023	frontal classic
p faca	535	P024	
p faca	405	P025	
p faca	535	P026	
p normal	590	P027	
p faca	215	P028	
p faca	255	P029	
p faca	240	P031	
p faca	245	P032	
p faca	195	P033	
p faca	195	P034	
p faca	100	P035	
p faca	100	P036	
p faca	100	P037	
p faca	75	P038	
p faca	55	P039	
p faca	370	P041	
p faca	292	P042	
p normal	120	P043	
p normal	328	P044	
p normal	120	P046	
p normal	200	P047	
p normal	150	P048	
p normal	135	P049	
p normal	95	P050	
p normal	80	P051	
p normal	250	P052	
p normal	295	P053	
p normal	312	P054	
p normal	300	P055	
p normal	330	P056	
p normal	190	P057	
p normal	125	P058	
p normal	200	P059	
p normal	160	P060	
p normal	125	P061	
p normal	50	P062	
p normal	62	P063	
p normal	55	P064	
p normal	45	P065	
p normal	55	P066	
p normal	32	P067	
p normal	30	P068	
p normal	35	P069	
p normal	32	P070	
p normal	300	P071	
p normal	145	P072	
p normal	230	P073	
p normal	200	P074	
p normal	200	P075	
p normal	200	P076	
p normal	120	P077	
p normal	348	P078	
p normal	396	P079	

p normal	230	P073	
p normal	200	P074	
p normal	200	P075	
p normal	200	P076	
p normal	120	P077	
p normal	348	P078	
p normal	396	P079	
p normal	120	P080	
p normal	354	P081	
p normal	138	P082	
p normal	320	P083	
p faca	54	P084	
p faca	45	P085	
p faca	43	P086	
p faca	100	P087	
p faca	83	P088	
p faca	34	P089	
p faca	32	P090	
p faca	100	P091	
p faca	485	P092	
p faca	430	P093	
p faca	228	P094	
p faca	275	P095	
p faca	405	P096	
p faca	272	P097	
p faca	266	P098	
p faca	280	P099	
p normal	100	P100	gravação de teste pequena
p faca	40	P101	
p faca	291	P102	
p faca	135	P103	
p faca	135	P104	
p faca	137,5	P105	
p faca	74	P106	
p faca	1150	P107	
p normal	560	P108	contra porta com pontas
p normal	420	P109	
p normal	509	P110	longarina
p normal	450	P111	
p normal	525	P112	
p normal	488	P113	
p normal	525	P114	GFH
p faca	298	P115	GFI
p faca	190	P116	GFI- propria
p faca	120	P117	GFI
p faca	94	P118	GFI
p normal	312	P119	conduta vapor
p normal	675	P120	
p normal	200	P121	tem muita ferrugem
p normal	275	P122	tem muita ferrugem
p faca	55	P123	tem muita ferrugem
p faca	343	P124	borboletas
p normal	200	P125	
p faca	412	P126	
p normal	960	P127	
p faca	300	P128	
p faca	333	P129	
p faca	202	P130	há 2, tem de confirmar
p faca	332	P131	ferrugenta
p faca	210	P132	ferrugenta
p normal	432	P133	
p normal	300	P134	
p normal	295	P135	
p faca	260	P136	

Anexo 5 – Listagem de ferramentas e respetiva localização

TEKA PUNÇÕES			
Tipo	Comprimen	Nº	CALHA
p faca	1000	P001	2
p faca	1000	P002	3
p normal	852	P003	19
p normal	727	P004	22
p faca	370	P005	26
p faca	895	P006	5
p faca	685	P007	13
p faca	745	P008	12
p normal	745	P009	21
p faca	455	P010	14
p faca	835	P011	6
p faca	755	P012	11
p normal	750	P013	20
p faca	460	P014	113
p faca	447	P015	124
p especial	300	P016	16
p normal	250	P017	17
p faca	810	P018	15
p faca	810	P019	7
p faca	592	P020	8
p faca	592	P021	9
p faca	755	P022	10
p faca	1000	P023	4
p faca	535	P024	16
p faca	405	P025	114
p faca	535	P026	122
p normal	590	P027	98
p faca	215	P028	85
p faca	255	P029	79
p faca	240	P031	80
p faca	245	P032	79
p faca	195	P033	78
p faca	195	P034	78
p faca	100	P035	85
p faca	100	P036	86
p faca	100	P037	85
p faca	75	P038	83
p faca	370	P041	117
p faca	292	P042	125
p normal	120	P043	73
p normal	328	P044	108
p normal	120	P045	109
p normal	120	P046	73
p normal	200	P047	111
p normal	150	P048	75
p normal	135	P049	76
p normal	80	P051	71
p normal	250	P052	107
p normal	295	P053	111
p normal	312	P054	72
p normal	300	P055	110
p normal	330	P056	74
p normal	190	P057	75
p normal	125	P058	77
p normal	200	P059	72
p normal	160	P060	106
p normal	125	P061	76
p normal	300	P071	112
p normal	145	P072	76
p normal	230	P073	108
p normal	200	P074	110
p normal	200	P075	77
p normal	200	P076	74
p normal	120	P077	73
p normal	348	P078	105
p normal	396	P079	106
p normal	120	P080	71
p normal	354	P081	70
p normal	138	P082	73

p faca	100	P087	81
p faca	83	P088	84
p faca	100	P091	86
p faca	485	P092	14
p faca	430	P093	121
p faca	228	P094	84
p faca	275	P095	127
p faca	405	P096	123
p faca	272	P097	116
p faca	266	P098	126
p faca	280	P099	126
p normal	100	P100	76
p faca	291	P102	127
p faca	135	P103	83
p faca	135	P104	86
p faca	137,5	P105	80
p faca	74	P106	85
p faca	1150	P107	1
p normal	560	P108	24
p normal	420	P109	104
p normal	509	P110	99
p normal	450	P111	100
p normal	525	P112	101
p normal	488	P113	102
p normal	525	P114	103
p faca	298	P115	82
p faca	190	P116	82
p faca	120	P117	83
p faca	94	P118	86
p normal	312	P119	71
p normal	200	P121	22
p normal	275	P122	112
p faca	343	P124	118
p normal	960	P127	23
p faca	300	P128	116
p faca	333	P129	115
p faca	202	P130	83
p faca	332	P131	9
p faca	210	P132	81
p normal	432	P133	24
p normal	300	P134	109
p normal	295	P135	107
p faca	260	P136	125
p faca	174	PF 174	81
p faca	85	PF 85	80
p normal	150	PN 150	75
p normal	150	PN 150	75

TEKA			
MATRIZES			
Tipo	Comprimento	Nº	CALHA
m4	1000	M05	38
m10	1000	M06	28
m4	1000	M07	39
m6	1000	M08	32
m6	1000	M09	34
m10	1000	M10	29
m10	550	M11	26
m4	758	M12	46
m10	250	M13	17
m4	250	M14	17
m6	810	M15	18
m4	1000	M16	42
m4	1000	M17	40
m4	1000	M18	41
m4	1000	M19	43
m4	758	M20	44
m10	1000	M21	27
m6	835	M22	35
m4	850	M23	45
m10	200	M24	51
m4	535	M25	95
m6	145	M26	60
m10	100	M27	53
m10	528	M28	90
m4	144,5	M29	68
m4	150	M30	68
m4	150	M31	66
m4	200	M32	67
m6	155	M33	59
m6	190	M34	65
m6	255	M35	63
m4	155	M36	68
m6	290	M37	62
m4	370	M38	69
m10	200	M39	55
m6	235	M40	63
m6	200	M41	62
m6	290	M42	65
m10	310	M43	54
m4	332	M44	47
m6	325	M45	60
m10	165	M46	54
m10	428	M47	92
m10	152	M48	56
m6	318	M49	93
m6	318	M49	64
m10	435	M50	91
m10	168	M51	56
m10	356	M52	53
m10	380	M53	58

m10	380	M53	58
m10	200	M54	55
m10	300	M55	51
m10	94	M56	55
m10	120	M57	57
m10	394	M58	52
m10	110	M59	58
m6	330	M6 330	61
m10	125	M60	52
m10	160	M61	57
m10	105	M62	56
m10	208	M63	57
m4	190	M80	66
m4	100	M81	66
m4	170	M82	67
m6	1000	M83	37
m6	136	M84	36
m10	494	M85	50
matriz faca	660	M86	48
m4	620	M87	47
m6	680	M88	36
m6	515	M89	94
m10	550	M90	88
m10	505	M91	89
matriz faca	465	M92	87
m6	110	M93	64
m6	163	M94	61
m6	500	NOVA	97
m6	500	NOVA	96
m6	340	PINGADEIRA	59

APLASTAR	
Comprimento	CALHA
860	49
410	119
295	120
200	120

Anexo 6 – Tabela completa dos tempos de setup da prensa M1020

Código	Nome	Média T1	Média T2	Média geral	Nº ferramenta	Dimensão da ferramenta
1630948	Envolvente topo (USA)	53	90	72	1514	2660 x 1002 x 770
163075	Caixa isolamento turbo	53	60	57	1609	2850 x 1300 x 750
1730026	Guia onda MW22 peça A	51	60	55	1531	2020 x 810 x 700
163073	Suporte ventilador MW-32	55	54	55	1512	2300 x 1120 x 700
166040	Montante superior p/pintar	58	50	54	1329	1350 x 1160 x 805
1760012	Montante lat. Dir. MW22 L p/pintar	58	49	53	1564	2800 x 1200 x 790
1760013	Montante lat. Esq. MW22 L p/pintar	58	49	53	1564	2800 x 1200 x 790
163225	Conduta ar interna peça B.1	60	45	53	1672	2900 x 1420 x 820
163303	Conduta ar interna peça C.1-II	50	55	53	1591	1820 x 900 x 800
1730045	Envolvente topo MW22	48	55	52	1565	3410 x 1400 x 790
163078	Guia onda MW-32	55	48	51	1327	2298 x 1008 x 810
183379	Reflector 18/20	54	49	51	1404	2226 x 995 x 710
1730048	Traseira forno MW22	55	47	51	1558	3450 x 1250 x 800
163086	Reforço dobrad.dir.MW-32	53	48	51	1287	2005 x 890 x 785
1730044	Base MW22	51	49	50	1565	3410 x 1400 x 790
1830537	Tampa cavidade s/grill-430	51	50	50	1440	2600 x 1000 x 725
1730034	Tampa cav. MW22 IX grill	47	52	49	1535	3225 x 970 x 840
1830101	Blindagem BI-II	51	46	48	1503	2810 x 1007 x 770
163069	Suporte componentes	48	48	48	1513	2998 x 1114 x 860
1830539	Frente 18/20-430	49	47	48	1249	2800 x 1220 x 820
1730028	Guia onda MW22 peça C	48	48	48	1532	2380 x 998 x 700
1730099	Frente cav. MW22 R IX	50	45	48	1538	3260 x 1434 x 800
183376	Base 18/20	47	48	47	1182	2540 x 1004 x 745
1830536	Tampa cavidade 18/20-430	52	42	47	1440	2600 x 1000 x 725
1230005	Bandeja-II CNL-1001/2002 inox	50	43	46	F-12-0107	3200 x 1600 x 840
1231253	Corpo Carcaça TL1-62 II	51	42	46	1703	3410 x 1340 x 800
1730061	Antena MW22	53	39	46	1612	2300 x 1140 x 830
1230006	Bandeja-II CNL-1001/2002 elz.	51	40	46	F-12-0107	3200 x 1600 x 840
1830142	Guia onda (Peça A) 18/20-II	49	41	45	1194	2500 x 1000 x 795
1730036	Fundo cav. MW22	49	41	45	1534	3240 x 940 x 800
1231059	Porta LED CNL 6415 PLUS Elz	50	39	44	F-12-0105	2200 x 1200 x 689,5
163128	Envolvente Lateral Esq.	35	53	44	1596	2480 x 1200 x 790
1730037	Frente cav. MW22 L IX	47	40	44	1538	3260 x 1434 x 800
1230564	Bandeja TL1-62 elz.	42	44	43	1671	2820 x 1190 x 800
1730086	Reforço suporte int. dob. esq. MW22	44	41	43	1603	2305 x 1175 x 830
163071	Caixa isolamento inferior	40	45	43	1665	3200 x 1300 x 740
1630173	Ante camara turbo-III	45	40	43	1604	2520 x 1068 x 507
1730040	Lateral cav. MW22 IX Esq grill	39	45	42	1537	2080 x 900 x 670
1730046	Envolvente lateral dir. MW22	26	56	41	1563	2249 x 1100 x 770
1730088	Reforço suporte int. caixa ling. MW22	41	38	40	1603	2305 x 1175 x 830
163127	Envolvente lateral Dir.	58	20	39	1596	2480 x 1200 x 790
1230627	Porta halogeneo 600 elz.	37	39	38	F-12-0105	2200 x 1200 x 689,5
1730038	Lateral cav. MW22 IX Dir	40	36	38	1537	2080 x 900 x 670
1230074	Porta halogeneo 600 inox	37	38	37	F-12-0105	2200 x 1200 x 689,5
1231058	Porta LED CNL 6415 PLUS Ix	35	39	37	F-12-0105	2200 x 1200 x 689,5
1730047	Envolvente lateral esq. MW22	25	44	35	1563	2249 x 1100 x 770
1730030	Porta MW22	35	25	30	1526	1250 x 1000 x 740

Anexo 7 – Tabela com tarefas organizadas por cada operadora

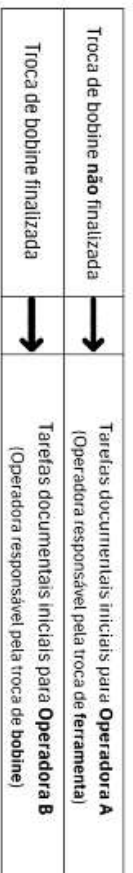
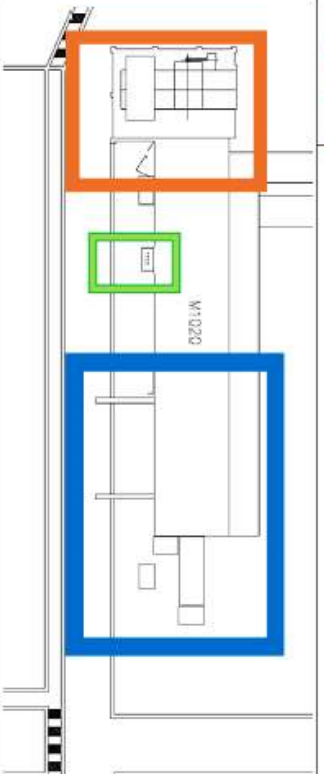
DURANTE O SETUP		OPERADORA A		OPERADORA B	
		Tarefas documentais (MÉS, Ops, FICS..)	00:03:00	Enrolar bobine	00:00:48
		Com a rebarbadora, cortar a chapa na entrada da ferramenta e guardar a rebarbada	00:00:25	Fechar bobine com cinta metálica	00:00:50
		Afastar alimentador dentro da prensa	00:00:11	No painel de controlo da bobine, abrir o braço desenrolador	00:00:11
		Desligar e arrumar o cabo de alimentação prensa ferramenta	00:00:13	Movimentar carro de abastecimento até à bobine	00:01:10
		Abrir portas de segurança	00:00:20	Retirar bobine do desenrolador	00:00:42
		Colocar calços na ferramenta à frente e atrás	00:00:20	Colocar cinta na bobine e no gancho da ponte	00:00:24
		Limpar a base da ferramenta à frente atrás	00:02:26	Retirar restos das cintas metálicas da zona da bobine	00:00:11
		Fechar portas de segurança	00:00:20	Com ponte, retirar bobine do carro	00:00:55
		Afastar contentor da sucata para zona delimitada "tulha completa para descarregar"	00:00:07	Com ponte, colocar bobine no carro	00:00:55
		Afastar o tapete de saída de peças	00:00:09	Retirar cinta da bobine e da ponte	00:00:24
		Afastar contentor da produção anterior para a área delimitada	00:00:13	Abrir braço do desenrolador	00:00:29
		Baixar a prensa	00:00:15	Ajustar medida da bobine ao centro	00:00:50
		Abrir portas de segurança	00:00:20	Ajustar medidas do rolo no restante sistema de abastecimento da máquina (dentro da máquina)	00:00:30
		Retirar amarras da frente e de trás	00:01:20	No painel de controlo da bobine, colocar a bobine no desenrolador	00:01:00
		Fechar portas de segurança	00:00:20	Retirar carrinho	00:00:49
		No painel de controlo, colocar o programa da produção seguinte	00:01:00	Fechar braço do desenrolador	00:00:34
		Subir a prensa	00:00:15	Retirar cinta plástica da bobine	00:01:20
		Abrir portas de segurança	00:00:20	Desenrolar bobine e retirar autocolantes	00:01:55
		Colocar a mesa para fora	00:00:40		
		Colocar as correntes na ferramenta de cima da mesa	00:00:35		
		Retirar a ferramenta de cima da mesa e pousar na posição de ferramenta "OUT"	00:00:50		
		Retirar as correntes	00:00:35		
		Colocar as correntes na ferramenta da zona delimitada de "Ferramenta IN"	00:00:35		
		Colocar a nova ferramenta em cima da mesa	00:00:50		
		Alinhar batentes da ferramenta no centro da mesa	00:00:54	Desenrolar e ajustar bobine até entrada da prensa	00:02:20

DURANTE O SETUP	OPERADORA A + B	Colocar as correntes na ferramenta da zona delimitada de "Ferramenta IN"	00:00:35	OPERADORA B	Desenrolar e ajustar bobine até entrada da prensa	00:02:20		
		Colocar a nova ferramenta em cima da mesa	00:00:50					
		Alinhar batentes da ferramenta no centro da mesa	00:00:54					
		Retirar correntes da ferramenta	00:00:35					
		Colocar a mesa para dentro	00:00:40					
		Fechar portas de segurança	00:00:20					
		Baixar a prensa	00:00:15					
		Abrir portas de segurança	00:00:20					
		Colocar amarras	00:01:20					
		Ligar cabo de alimentação prensa ferramenta	00:00:13					
		Confirmar aperto das amarras	00:00:30					
		Fechar portas de segurança	00:00:20					
		Subir a prensa	00:00:15					
		Abrir portas de segurança	00:00:20					
		Retirar calços à frente e atrás	00:00:20					
		Retirar a chapa da produção anterior de dentro da ferramenta	00:01:00					
		Fechar portas de segurança	00:00:20					
		OPERADORA A	Confirmar curso	00:00:25				
			Abrir portas de segurança	00:00:20				
	Colocar a chapa na ferramenta		00:01:25					
	Afinação das batidas do passo		00:03:25					
	Batida de confirmação		00:00:28					
	Fechar barreira de segurança frontal		00:00:20					
	Confirmar se os sensores da ferramenta estão a funcionar		00:01:03					
	OP. A + B	Apanhar peças até à primeira peça boa	00:02:00					

Anexo 8 – Plano de tarefas para execução de um setup completo



Plano de tarefas para execução de setup completo



Troca de Bobine não finalizada para cintar	
Operador	Descrição da tarefa
	Enrolar bobine
	Fechar bobine com cinta metálica
	Abrir o braço desenrolador
	Movimentar carro de abastecimento até à bobine
	Com o carro retirar bobine do desenrolador
	Colocar cinta na bobine e no gancho da ponte
	Retirar restos das cintas metálicas da zona da bobine
	Com ponte, retirar bobine do carro e colocar em cima da parede na área de "Bobine OUT"
B	Colocar cinta na bobine da área "Bobine IN"
	Com ponte, levar bobine até ao carro e retirar a cinta
	Ajustar medida da bobine no desenrolador
	Ajustar medida da bobine na entrada da chapa na máquina
	Com o carro, colocar a bobine no desenrolador
	Fechar braço do desenrolador
	Retirar carro
	Com tesoura de corte, cortar e retirar cinta plástica da bobine + etiquetas
	Desenrolar bobine e ajustar até entrada da prensa

Bobine finalizada	
Operador	Descrição da tarefa
	Tarefas documentais (MES, Ops, FICs,.)
	Abrir o braço desenrolador
	Retirar o rolo de cartão do desenrolador e pousar no chão ao lado do painel de controlo da
	Colocar cinta da ponte na bobine da área "Bobine IN"
	Com ponte, levar bobine até ao carro e retirar a cinta
	Deslocar o carro com a bobine até ao desenrolador
	Ajustar medida da bobine ao centro
B	Ajustar medida da bobine no desenrolador
	Ajustar medidas da bobine na entrada da chapa na máquina
	Com o carro, colocar a bobine no desenrolador
	Fechar braço do desenrolador
	Retirar carro
	Com tesoura de corte, cortar e retirar cinta plástica da bobine + etiquetas
	Desenrolar bobine e ajustar até entrada da prensa
	Levar rolo de cartão até ao contentor do cartão

Troca de ferramenta

Operador	Descrição da tarefa
	Tarefas documentais (MES, Ops, FICs,.)
	Com a rebatadora, cortar a chapa na entrada da ferramenta e guardar a rebatadora
	Afastar alimentador dentro da prensa
	Desligar e arrumar o cabo de alimentação prensa ferramenta
	Colocar calços na ferramenta à frente e atrás
	Limpar a base da ferramenta à frente atrás
	Afastar o tapete de saída para zona delimitada "volta completa para descarregar"
	Afastar o tapete de saída de peças + contentor da produção anterior para a área delimitada
A	Baixar a prensa
	Retirar amarras da frente e de trás
	No painel de controlo, colocar o programa da produção seguinte
	Subir a prensa
	Colocar a mesa para fora e colocar correntes na ferramenta da mesa
	Retirar a ferramenta de cima da mesa e pousar na posição de "Ferramenta OUT"
	Retirar as correntes e colocar na ferramenta da zona "Ferramenta IN"
	Colocar a nova ferramenta em cima da mesa centrada, alinhando os batentes
	Retirar correntes da ferramenta e colocar a mesa para dentro
	Baixar a prensa
	Colocar amarras
A + B	Ligar cabo de alimentação prensa ferramenta
	Confirmar aperto das amarras
	Subir a prensa
	Retirar calços à frente e atrás
	Retirar a chapa da produção anterior de dentro da ferramenta
A	Colocar a chapa na ferramenta
	Afinação das hastes no passo
	Confirmar se os sensores da ferramenta estão a funcionar
A + B	Aparhar peças até à primeira peça boa

Plano de tarefas pós-setup	
Operador	Descrição da tarefa
	Colocar contentor da sucata vazio à saída do tapete
	Arrumar o gabarit da produção anterior e trazer o novo
B	Arrumar o desenho técnico anterior na capa e deixar o desenho novo em cima da mesa
	Arrumar a ferramenta da produção anterior no sítio correto
	Limpar o chão da frente da prensa com vassoura
	Em casos de validão de qualidade visual, começar dados documentais

Anexo 10 – Diapositivos da apresentação de síntese e propostas de melhoria

Índice:

Trabalho realizado no setor das prensas progressivas - perfil 12

- Análise inicial;
- Suporte de material;
- Problemas de qualidade detetados;
- Soluções para os problemas detetados;
- Propostas de melhoria futuras.

Trabalho realizado no setor das autómatas - perfil 1

- Análise inicial;
- Classificação dos tempos de setup e montagem;
- Detecção e resolução de problemas.

Operação	Tempo (min)	Tempo (seg)	Tempo (min)	Tempo (seg)
1	00:00	00:00	00:00	00:00
2	00:00	00:00	00:00	00:00
3	00:00	00:00	00:00	00:00
4	00:00	00:00	00:00	00:00
5	00:00	00:00	00:00	00:00
6	00:00	00:00	00:00	00:00
7	00:00	00:00	00:00	00:00
8	00:00	00:00	00:00	00:00
9	00:00	00:00	00:00	00:00
10	00:00	00:00	00:00	00:00
11	00:00	00:00	00:00	00:00
12	00:00	00:00	00:00	00:00
13	00:00	00:00	00:00	00:00
14	00:00	00:00	00:00	00:00
15	00:00	00:00	00:00	00:00
16	00:00	00:00	00:00	00:00
17	00:00	00:00	00:00	00:00
18	00:00	00:00	00:00	00:00
19	00:00	00:00	00:00	00:00
20	00:00	00:00	00:00	00:00
21	00:00	00:00	00:00	00:00
22	00:00	00:00	00:00	00:00
23	00:00	00:00	00:00	00:00
24	00:00	00:00	00:00	00:00
25	00:00	00:00	00:00	00:00
26	00:00	00:00	00:00	00:00
27	00:00	00:00	00:00	00:00
28	00:00	00:00	00:00	00:00
29	00:00	00:00	00:00	00:00
30	00:00	00:00	00:00	00:00
31	00:00	00:00	00:00	00:00
32	00:00	00:00	00:00	00:00
33	00:00	00:00	00:00	00:00
34	00:00	00:00	00:00	00:00
35	00:00	00:00	00:00	00:00
36	00:00	00:00	00:00	00:00
37	00:00	00:00	00:00	00:00
38	00:00	00:00	00:00	00:00
39	00:00	00:00	00:00	00:00
40	00:00	00:00	00:00	00:00
41	00:00	00:00	00:00	00:00
42	00:00	00:00	00:00	00:00
43	00:00	00:00	00:00	00:00
44	00:00	00:00	00:00	00:00
45	00:00	00:00	00:00	00:00
46	00:00	00:00	00:00	00:00
47	00:00	00:00	00:00	00:00
48	00:00	00:00	00:00	00:00
49	00:00	00:00	00:00	00:00
50	00:00	00:00	00:00	00:00
51	00:00	00:00	00:00	00:00
52	00:00	00:00	00:00	00:00
53	00:00	00:00	00:00	00:00
54	00:00	00:00	00:00	00:00
55	00:00	00:00	00:00	00:00
56	00:00	00:00	00:00	00:00
57	00:00	00:00	00:00	00:00
58	00:00	00:00	00:00	00:00
59	00:00	00:00	00:00	00:00
60	00:00	00:00	00:00	00:00
61	00:00	00:00	00:00	00:00
62	00:00	00:00	00:00	00:00
63	00:00	00:00	00:00	00:00
64	00:00	00:00	00:00	00:00
65	00:00	00:00	00:00	00:00
66	00:00	00:00	00:00	00:00
67	00:00	00:00	00:00	00:00
68	00:00	00:00	00:00	00:00
69	00:00	00:00	00:00	00:00
70	00:00	00:00	00:00	00:00
71	00:00	00:00	00:00	00:00
72	00:00	00:00	00:00	00:00
73	00:00	00:00	00:00	00:00
74	00:00	00:00	00:00	00:00
75	00:00	00:00	00:00	00:00
76	00:00	00:00	00:00	00:00
77	00:00	00:00	00:00	00:00
78	00:00	00:00	00:00	00:00
79	00:00	00:00	00:00	00:00
80	00:00	00:00	00:00	00:00
81	00:00	00:00	00:00	00:00
82	00:00	00:00	00:00	00:00
83	00:00	00:00	00:00	00:00
84	00:00	00:00	00:00	00:00
85	00:00	00:00	00:00	00:00
86	00:00	00:00	00:00	00:00
87	00:00	00:00	00:00	00:00
88	00:00	00:00	00:00	00:00
89	00:00	00:00	00:00	00:00
90	00:00	00:00	00:00	00:00
91	00:00	00:00	00:00	00:00
92	00:00	00:00	00:00	00:00
93	00:00	00:00	00:00	00:00
94	00:00	00:00	00:00	00:00
95	00:00	00:00	00:00	00:00
96	00:00	00:00	00:00	00:00
97	00:00	00:00	00:00	00:00
98	00:00	00:00	00:00	00:00
99	00:00	00:00	00:00	00:00
100	00:00	00:00	00:00	00:00

Prensa progressiva 1020 - análise inicial

Mapa geral do tempo de setup de cada tarefa

Tempo médio total = 45 minutos

Verificação	14 minutos
Substituição	8 minutos
Qualidade	8 minutos
Atração	10 minutos
Planificação/organização	5 minutos

Proposta 1: novo perfil para recepção de matéria-prima

Abir um novo perfil ao lado do existente para transporte de cilindros e bobinas, permitindo assim todo o armazenamento de carga.

Trabalho de recepção de matéria-prima atualmente no perfil 12

Atual

condição atual de cada tarefa e trabalho, tempo e capacidade para perfil

em colaboração

em conjunto e a pressão que o cilindro

a cada vez e empilhado sobre algum outro e transportado para outro

segurança

- Inexistência de colocar uma bobina no cilindro (só a caixa é feita em dia de carga)
- Existência de colisão no lado de fora da caixa e cilindro e cilindro e cilindro em dia de carga
- Existência de movimento para o lado de fora da caixa

Para a prática de carga de cada cilindro dentro da caixa

Para a prática de colocação das bobinas em dia de carga

Para a prática de transporte no lado de fora da caixa

para cada vez e colisão constante de empilhado com carga existente

5 minutos

Soluções e melhorias implementadas: Apoio à Atração

Operação	Tempo (min)	Tempo (seg)	Tempo (min)	Tempo (seg)
1	00:00	00:00	00:00	00:00
2	00:00	00:00	00:00	00:00
3	00:00	00:00	00:00	00:00
4	00:00	00:00	00:00	00:00
5	00:00	00:00	00:00	00:00
6	00:00	00:00	00:00	00:00
7	00:00	00:00	00:00	00:00
8	00:00	00:00	00:00	00:00
9	00:00	00:00	00:00	00:00
10	00:00	00:00	00:00	00:00
11	00:00	00:00	00:00	00:00
12	00:00	00:00	00:00	00:00
13	00:00	00:00	00:00	00:00
14	00:00	00:00	00:00	00:00
15	00:00	00:00	00:00	00:00
16	00:00	00:00	00:00	00:00
17	00:00	00:00	00:00	00:00
18	00:00	00:00	00:00	00:00
19	00:00	00:00	00:00	00:00
20	00:00	00:00	00:00	00:00
21	00:00	00:00	00:00	00:00
22	00:00	00:00	00:00	00:00
23	00:00	00:00	00:00	00:00
24	00:00	00:00	00:00	00:00
25	00:00	00:00	00:00	00:00
26	00:00	00:00	00:00	00:00
27	00:00	00:00	00:00	00:00
28	00:00	00:00	00:00	00:00
29	00:00	00:00	00:00	00:00
30	00:00	00:00	00:00	00:00
31	00:00	00:00	00:00	00:00
32	00:00	00:00	00:00	00:00
33	00:00	00:00	00:00	00:00
34	00:00	00:00	00:00	00:00
35	00:00	00:00	00:00	00:00
36	00:00	00:00	00:00	00:00
37	00:00	00:00	00:00	00:00
38	00:00	00:00	00:00	00:00
39	00:00	00:00	00:00	00:00
40	00:00	00:00	00:00	00:00
41	00:00	00:00	00:00	00:00
42	00:00	00:00	00:00	00:00
43	00:00	00:00	00:00	00:00
44	00:00	00:00	00:00	00:00
45	00:00	00:00	00:00	00:00
46	00:00	00:00	00:00	00:00
47	00:00	00:00	00:00	00:00
48	00:00	00:00	00:00	00:00
49	00:00	00:00	00:00	00:00
50	00:00	00:00	00:00	00:00
51	00:00	00:00	00:00	00:00
52	00:00	00:00	00:00	00:00
53	00:00	00:00	00:00	00:00
54	00:00	00:00	00:00	00:00
55	00:00	00:00	00:00	00:00
56	00:00	00:00	00:00	00:00
57	00:00	00:00	00:00	00:00
58	00:00	00:00	00:00	00:00
59	00:00	00:00	00:00	00:00
60	00:00	00:00	00:00	00:00
61	00:00	00:00	00:00	00:00
62	00:00	00:00	00:00	00:00
63	00:00	00:00	00:00	00:00
64	00:00	00:00	00:00	00:00
65	00:00	00:00	00:00	00:00
66	00:00	00:00	00:00	00:00
67	00:00	00:00	00:00	00:00
68	00:00	00:00	00:00	00:00
69	00:00	00:00	00:00	00:00
70	00:00	00:00	00:00	00:00
71	00:00	00:00	00:00	00:00
72	00:00	00:00	00:00	00:00
73	00:00	00:00	00:00	00:00
74	00:00	00:00	00:00	00:00
75	00:00	00:00	00:00	00:00
76	00:00	00:00	00:00	00:00
77	00:00	00:00	00:00	00:00
78	00:00	00:00	00:00	00:00
79	00:00	00:00	00:00	00:00
80	00:00	00:00	00:00	00:00
81	00:00	00:00	00:00	00:00
82	00:00	00:00	00:00	00:00
83	00:00	00:00	00:00	00:00
84	00:00	00:00	00:00	00:00
85	00:00	00:00	00:00	00:00
86	00:00	00:00	00:00	00:00
87	00:00	00:00	00:00	00:00
88	00:00	00:00	00:00	00:00
89	00:00	00:00	00:00	00:00
90	00:00	00:00	00:00	00:00
91	00:00	00:00	00:00	00:00
92	00:00	00:00	00:00	00:00
93	00:00	00:00	00:00	00:00
94	00:00	00:00	00:00	00:00
95	00:00	00:00	00:00	00:00
96	00:00	00:00	00:00	00:00
97	00:00	00:00	00:00	00:00
98	00:00	00:00	00:00	00:00
99	00:00	00:00	00:00	00:00
100	00:00	00:00	00:00	00:00

Organização das estantes de ferramentas: gravação a laser + disposição em caixas verticais numeradas

DEPOIS

P013

Outras propostas de melhorias futuras:


Proposta 1: Gancho automático para colocar nas ganchos atuais da ponte

Anexo 11 – Evidência de divulgação do trabalho desenvolvido




Proceedings of PAMDAS 2025
International conference on
Physical Asset Management and
Data Science

Thursday, July 17, 2025 - Friday, July 18, 2025
 Coimbra Institute of Engineering (ISEC), Polytechnic University of
 Coimbra, Portugal




PAMDaS
 Physical Asset Management and Data Science

Organization



Endorsements



ISBN: 978-989-6231-19-9

PAMDAS 2025

Proceedings of PAMDAS 2025
International conference on
Physical Asset Management and
Data Science

This book is available at <https://www.pmdas.ucp.pt>

Edited by:
 Mafalda Mendes, mendesmf@isec.ucp.pt
 José Vicente Furtado, jvf@isec.ucp.pt
 Ana Hilda Malta, amal@isec.ucp.pt
 Hugo Rodrigues, hugo@isec.ucp.pt

ICM²¹ – Research Center for Asset Management and Systems Engineering
<https://www.rcm2.pt>

Coimbra, Portugal, 18 July 2025

ISBN: 978-989-6231-19-9

PAMDAS 2025

Proceedings of PAMDAS 2025 – International Conference on Physical Asset Management and Data Science,
 Coimbra, Portugal, 17-18 July 2025 (<https://www.pmdas.ucp.pt/>)

**Impact of SS tool on reducing setup times - case study in
 a metalworking industry**

Ana Isabel Duarte Maia¹, Ana V. Vieira^{2,3,4}

¹ Polytechnic University of Coimbra, Coimbra Institute of Engineering, Rua Pedro Nunes - Quinta da
 Nora, 3030-095 Coimbra, Portugal
² ICM²¹ - Research Center for Asset Management and Systems Engineering, Polytechnic Institute of
 Coimbra, Coimbra Institute of Engineering, Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora, 3030-095 Coimbra,
 Portugal
³ CISE - Electromechanical Systems Research Centre, Universidade da Beira Interior,
 Calçada Poços de Lameira, P - 6201-001 Castelo Branco, Portugal
⁴ CCI - Smart Cities Research Center, Polytechnic Institute of Trazado, Portugal

Corresponding author
maia.ana@isec.ucp.pt

Abstract

The growing need to enhance the efficiency of production processes has driven organizations to adopt continuous improvement methodologies. This article examines the impact of implementing the SS tool on reducing setup times, highlighting its role in the successful deployment of SMED (Single-Minute Exchange of Die). Initially, the principles of SS, its benefits, and the main challenges associated with its application are presented, emphasizing its contribution to the standardization of the working environment. Subsequently, the SMED methodology is applied as a strategy for minimizing the setup times of industrial equipment and production processes. A connection between the two tools is also established, demonstrating how the effective application of SS can directly influence the success of SMED. Finally, a practical case study of SS implementation in a manufacturing setting is presented, in which the organization of drawers for materials, tool shelves, and files containing technical drawings required for production contributed to a reduction in setup times.

The results indicate that, through small improvements, combined with organization, discipline, and the standardization of tasks, it is possible to achieve operational gains, reinforcing the importance of detecting and maintaining a culture of continuous improvement within industry.

Keywords: Lean, SS, SMED, Process Optimization, Quality Control

1 Introduction

The quest to be a little better every day and to achieve high operational efficiency is a priority in contemporary activities. In the field of production, reducing machine set-up times is key to increasing flexibility and productivity. Among the various methodologies applied, SS and SMED stand out for their effectiveness, simplicity and complementarity.

SS is an approach that promotes organization and cleanliness in the workplace, facilitating quick access to tools and materials, while SMED's main objective is to reduce tool changeover times between operations and different production batches. Although each tool can bring benefits individually, applying them together proves to be particularly advantageous, since the organization provided by SS supports and speeds up the setup

514

Sustainability (Dordrecht), vol. 13, no. 18, Oct. 2021, doi: 10.3390/su131830316.

[2] R. Gapp, R. Fritsch, and K. Kobayashi, "Implementing SS within a Japanese context: An integrated management system," *Management Decision*, vol. 45, no. 4, pp. 563–579, 2008, doi: 10.1108/02517480810869287.

[3] J. M. T. Furtado, *Asset Maintenance Engineering Methodologies*, 2020.

[4] J. M. T. Furtado, *Maintenance – A Strategy in New Frontiers of Quality*, 1st ed. Madeira, 2021.

[5] J. B. Gomes Carvalhal and D. A. Mouryso Cardenas, "SS Methodology: literature review and implementation analysis," *Journal of Science and Technological Research Industrial*, vol. 3, no. 2, pp. 37–43, Dec. 2022, doi: 10.47422/jstir.v3i2.30.

[6] C. Mazzarano-Callez, A. Sanchez-Lite, V. P. Escobar-Pinto, J. L. Fuentes-Seguros, and C. González-Delgado, "A SS Lean Strategy for a Sustainable Welding Process," *Sustainability (Dordrecht)*, vol. 14, no. 12, Jun. 2022, doi: 10.3390/su14118409.

[7] M. Fukuhara et al., "Productivity Improvement in Textile Industry using Lean Manufacturing Practices of SS & Single Minute Die Exchange (SMED)," 2021.

[8] S. Ahmed, M. M. Hossain, and I. Haq, "Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges," *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, vol. 35, no. 2, pp. 385–408, Mar. 2021, doi: 10.1108/IJBPA-04-2019-0071.

[9] F. Izambardo, J. P. Maki, V. Oryvesak, and M. R. Prognost, "Salesperson resistance to change: An empirical investigation of antecedents and outcomes," *International Journal of Retail Marketing*, vol. 30, no. 7, pp. 545–568, 2012, doi: 10.1108/IJRM-02-2011-0018.

[10] N. Johnson, A. Madsen, M. Tenzon, S. A. Minton, N. Iqbal, and E. Moberg, "The Psychology of Resistance to Change: The Antecedent Effect of Organizational Justice, Support and Leader-Member Exchange," *Front Psychol*, vol. 12, Aug. 2021, doi: 10.3389/fpsyg.2021.678910.

[11] M. Justesen, L. Hansen, J. Fombrun, M. del M. Espinosa, and M. Damsgaard, "Extension of the Lean SS methodology to SS with an additional layer to ensure occupational safety and health levels," *Sustainability (Dordrecht)*, vol. 11, no. 14, 2019, doi: 10.3390/su11144527.

521



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra