



OTIMIZAÇÃO DE LINHA DE PRODUÇÃO NA UPI FRIGOCON

SÍLVIA MARIA DA SILVA RODRIGUES MEIRELES

Setembro de 2023

OTIMIZAÇÃO DE LINHA DE PRODUÇÃO NA UNIDADE DE PRODUTOS INTERMÉDIOS FRIGOCON

Sílvia Maria da Silva Rodrigues Meireles

2022/2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isep

P.PORTO

OTIMIZAÇÃO DE LINHA DE PRODUÇÃO NA UPI FRIGOCON

Sílvia Maria da Silva Rodrigues Meireles

1151221

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutor José Carlos de Sá

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

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador com Agregação, Departamento de Engenharia Mecânica,
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutora Eng. Rita de Cássia Mendonça Sales Contini

Professor de Ensino Superior Nível III G

Pesquisador em Regime de Jornada Integral

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos

Professor Jessen Vidal, Centro Paula Souza, São Paulo, Brasil

Arguente

Doutor Manuel Gilberto Freitas Santos

Professor,

Instituto Politécnico Cavado Ave



P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Se me permitem começo por agradecer, do fundo do meu coração, aos meus filhos pelo apoio incondicional e pelo incentivo dado ao longo do meu percurso académico, é a eles que dedico o meu trabalho e as vitórias que conquistamos e vamos conquistar juntos.

Aos meus amigos Ana Zhu, Ruben e Duarte, que me aturam, aos meus sobrinhos e família.

Ao meu orientador Professor Dr. Francisco Silva agradeço pelo estímulo, apoio, até mesmo nos momentos menos fáceis, e principalmente pela paciência. O meu muito OBRIGADO!

Ao meu orientador de estágio, Engenheiro Luís Ferreira, que foi o primeiro a acreditar num sonho de alguém que entra pela porta e diz: Vamos mudar!

Agradeço também à administração da Frigocon pela oportunidade concebida em realizar este estágio, e a continuação como colaboradora.

Por fim, mas não por último, quero agradecer a todos os funcionários da UPI que participaram diretamente ou indiretamente nesta jornada, com um carinho muito especial ao Henrique, Faria e a sua equipa incansável, Sr. José, Sr. Augusto e o Luís que sempre acreditaram que era e é possível mudar e melhorar.

“Nunca se pode consentir em rastejar quando se sente o impulso de voar alto.”

— Helen Keller

página propositadamente em branco

RESUMO

A Engenharia de Processos é a responsável por garantir a efetividade dos processos produtivos numa perspectiva de otimização de todos os recursos materiais e imateriais disponíveis. Seguindo esta linha de raciocínio. Esta dissertação analisa os resultados práticos e efetivos na otimização dos setores produtivos de tratamento de chapa e maquinagem convencional na linha de produção da Unidade de Produtos Intermédios (UPI) da Frigocon através da filosofia Lean Manufacturing (LM), apoiada pela metodologia *Action Research* (AR), resultados, resultados práticos e efetivos na otimização dos setores produtivos de tratamento de chapa e maquinagem convencional na linha de produção da Unidade de Produtos Intermédios (UPI) da Frigocon. Empresa está inserida no setor da metalomecânica e especializada na conceção, desenvolvimento, produção e comercialização de equipamentos de congelação, refrigeração para supermercados, conservadores de gelados, refrigeradores de bebidas.

A intervenção na linha de produção envolveu identificação do problema, recolha de dados, teste de estratégia a adotar, e análise crítica e objetiva dos resultados finais, com o intuito de otimizar e implementar uma cultura de melhoria contínua nessa linha de produção. Todo esse processo foi acompanhado de forma participativa por parte dos colaboradores dos setores intervencionados. A metodologia AR tem por princípio dissolver a barreira entre participantes e investigadores.

A implementação das ferramentas *Lean* na unidade de produção da UPI trouxe benefícios significativos para o conjunto total da operação. Primeiramente, observou-se um aumento na eficiência dos processos produtivos, refletido na redução do tempo de *setup* e do tempo de produção. Isso resultou em uma produção mais ágil e eficaz, permitindo atender à procura de forma mais rápida e precisa. Além disso, houve melhorias perceptíveis no fluxo de informação dentro da empresa, contribuindo para uma comunicação mais eficaz entre os departamentos. De forma objetiva, a implementação de práticas 5S no setor de estampagem da UPI como a padronização dos procedimentos, levou a uma redução de 67% do tempo médio das tarefas, 83% em tarefas de organização imediata e uma diminuição de 78% de desperdícios de processos inadequados. Adicionalmente, o indicador chave de desempenho para medir a eficiência geral do processo de produção de uma prensa mecânica para estampagem aumentou de 53% para 68%, em termos de eficácia global.

PALAVRAS-CHAVE

Manufatura *Lean*; 5S; SMED; VSM; Processos produtivos; Metodologia *Action-Research*; Indústria metalomecânica.

página propositadamente em branco

ABSTRACT

Process Engineering is responsible for ensuring the effectiveness of production processes from the perspective of optimizing all available material and immaterial resources. Following this line of reasoning, this dissertation demonstrates, through the Lean Manufacturing (LM) philosophy supported by the Action Research (AR) methodology, practical and effective results in the optimization of the sheet metal treatment and conventional machining production sectors in the production line of the Intermediate Products Unit (UPI) of Frigocon. Frigocon is a company operating in the metalworking sector, specializing in the design, development, production, and marketing of freezing equipment, refrigeration for supermarkets, ice cream freezers, and beverage coolers.

The intervention involves problem identification, data collection, testing of the strategy to be adopted, and a critical and objective analysis of the final results with the aim of optimizing and implementing a culture of continuous improvement in this production line. The entire process was carried out interactively and participatively by employees. The Action Research (AR) methodology aims to dissolve the barrier between participants and researchers.

The implementation of Lean tools in the UPI production unit brought significant benefits to the overall operation. Firstly, an increase in the efficiency of production processes was observed, reflected in the reduction of setup time and production time. This resulted in a more agile and effective production, enabling faster and more precise response to demands. Furthermore, noticeable improvements were made in the flow of information within the company, contributing to more effective communication between departments. Objectively, the implementation of 5S practices in the stamping sector of UPI, such as procedure standardization, led to a 67% reduction in the average task time, 83% reduction in immediate organization tasks, and an 78% reduction in inappropriate process waste. Additionally, the key performance indicator for measuring the overall efficiency of the mechanical stamping press production process increased from 53% to 68% overall effectiveness.

KEYWORDS

Lean manufacturing; 5S; SMED; VSM; Productive processes; Action-Research methodology; Continuous Improvement; Metalworking industry

página propositadamente em branco

ÍNDICE

1.1. Contextualização	19
1.2. Objetivos	23
1.3. Metodologia	24
1.4. Estrutura da Dissertação	25
1.5. Empresa de acolhimento.....	26
2.1. Caracterização da Empresa	27
2.2. Caracterização dos Processos	28
2.3. Diagnóstico da situação inicial	31
3.1. Indústria Metalomecânica.....	34
3.1.1. Importância da Indústria Metalomecânica na economia global	35
3.1.2. Importância da Indústria Metalomecânica na economia nacional.....	37
3.1.3. Desafios da Indústria Metalomecânica (distância ao centro da Europa, peso dos produtos, organização, competitividade, formação, etc.)	40
3.2. <i>Lean Manufacturing</i> (LM)	41
3.2.1. <i>Toyota Production System</i> (TPS)	42
3.2.2. Os oito desperdícios.....	45
3.2.3. Ferramentas <i>Lean</i> com utilidade para este trabalho.....	47
3.2.3.1. 5S + Segurança	47
3.2.3.2. SMED - Single Minute Exchange of Die	49
3.2.3.3. VSM - <i>Value Stream Mapping</i> (Mapa do Fluxo de Valor)	52
3.2.3.4. <i>Standard Work</i>	55
3.2.3.5. <i>Visual Management</i>	58
3.2.3.6. Diagrama de Esparguete	60
3.2.3.7. OEE - <i>Overall Equipment Efficiency</i> (Eficácia Global do Equipamento).....	62
3.2.3.8. TPM - <i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)	64
3.2.4. Ferramentas da Qualidade com utilidade para este trabalho	67
3.2.4.1. Diagrama de Ishikawa	67
3.2.4.2. Matriz de Eisenhower.....	69
3.3. Elencagem dos problemas.....	69
4.1. Elencagem dos problemas.....	72
4.2. Alocação dos problemas aos desperdícios típicos	75
4.3. Alocação das ferramentas <i>Lean</i> e da Qualidade para a eliminação de desperdício	76
4.4. Metodologia de aplicação das ferramentas.....	77
4.5. Implementação das ferramentas na eliminação de desperdícios	78
4.6. Resultados obtidos por ferramenta e por posto de trabalho	78
4.6.1. Resultados da ferramenta 5S	80
4.6.2. Resultados da ferramenta VSM	82
4.6.3. Resultados da ferramenta Diagrama Ishikawa	87
4.6.4. Resultados da ferramenta SMED	88

4.6.5. Resultados da ferramenta <i>Standard Work</i>	92
4.6.6. Resultados da ferramenta Visual Management	93
4.7. Conjugação de resultados através da aplicação de várias ferramentas	93
4.8. Análise global dos resultados obtidos	98
4.8.1. Melhoria da produtividade	102
4.9. Discussão de resultados	106
5.1. Conclusões finais	109
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	112

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Dois ciclos <i>Action – Research</i> (AR) (Adaptado <i>McKay and Marshall's</i> , 2001, pp. 50–51)	25
Figura 2 - Estrutura da dissertação.	26
Figura 3 - Organograma da UPI.	28
Figura 4 - Caracterização do sistema de produção UPI.	29
Figura 5 - Descrição dos setores produtivos da UPI.	29
Figura 6 - <i>Layout</i> original setor de Estampagem.	30
Figura 7 - Características do processo de Estampagem Frigocon.	30
Figura 8 - Observação de pontos críticos identificados à priori.	31
Figura 9 - Identificação de problemas.	32
Figura 10 - Caracterização Geral do setor metalomecânico 2021 [33].	38
Figura 11 - Evolução do número de empresas de metalomecânica em Portugal entre 2012-2021 (adaptado) [33].	38
Figura 12 - Informação percentual de classes de dimensão de 2021 [33].	39
Figura 13 - Dados sobre a taxa de variação anual (EBITDA) 2021 [33].	39
Figura 14 - Princípios do Pensamento <i>Lean</i> segundo <i>Womack and Jones</i> [43].	42
Figura 15 - Exemplo de Casa TPS (adaptado) [41].	44
Figura 16 - Ciclo de produtividade.	46
Figura 17 - Atividades 5S + Segurança (adaptado) [38].	48
Figura 18 - Fases e técnicas da metodologia SMED [64].	50
Figura 19 - Perdas na eficiência dos equipamentos.	62
Figura 20 - "Casa TPM" [93].	65
Figura 21 - Exemplo de diagrama de Ishikawa.	67
Figura 22 - Caracterização dos problemas e motivos de acordo com os desperdícios.	75
Figura 23 - Compatibilidade de ferramentas com os desperdícios.	76
Figura 24 – Tempo de implementação, desperdício, práticas 5S e foco para atividades realizadas no contexto de chão de fábrica.	79
Figura 25 - Situação anterior à implementação da etapa <i>Seiri</i> (Estampagem).	80
Figura 26 - Situação após a implementação da etapa <i>Seiri</i> – Mostruário (Estampagem).	80
Figura 27 - Situação antes da organização de peças WIP.	81
Figura 28 - Situação após a organização de peças WIP.	81
Figura 29 - Frente virada para área de desenvolvimento/manutenção de ferramentas.	81
Figura 30 - Frente virada para as fresas.	81
Figura 31 - Redução percentual do tempo médio das atividades enquadrada nas práticas 5S.	82
Figura 32 - Diagrama de Esparguete.	83
Figura 33 - Análise Multi-Momento.	84
Figura 34 - Mapa VSM do setor de estampagem após mudança de <i>layout</i> .	86
Figura 35 - Diagrama de Ishikawa.	87
Figura 36 - Variabilidade de alturas de base das matrizes.	88
Figura 37 - Grampo de fixação UPI.	88
Figura 38 – (A) Grampo uniformizado; (B) grampo usado na UPI.	89
Figura 39 - Exemplos de peças produzidas por ferramenta progressiva.	89

Figura 40 - Peça final.	89
Figura 41 - Redução percentual do tempo médio das atividades relacionadas com o tempo de setup de máquina, atendendo às práticas 5S e SMED.....	90
Figura 42 - Redução percentual do tempo médio das atividades relacionadas com o tempo de setup de máquina, categorizada no tipo de ação e atendendo às práticas 5S.....	91
Figura 43 - Redução percentual do tempo médio das atividades atendendo à prática Seiketsu considerando duas categorias de foco distintas.	92
Figura 44 - <i>Layout</i> inicial no setor da estampagem (A - Matéria-prima; B- Sucata Técnica; C- Zona de reciclagem; D- estantes de ferramentas; E- Paletes vazias).	94
Figura 45 - Novo <i>Layout</i> no setor da estampagem.	95
Figura 46 - Zona de maquinagem convencional antes da mudança.....	96
Figura 47 - Zona de maquinagem convencional depois da mudança.	96
Figura 48 - <i>Layout</i> inicial no setor maquinagem convencional.....	96
Figura 49 - Novo <i>Layout</i> no setor de maquinagem convencional.....	97
Figura 50 - Vista do <i>layout</i> em conjunto.	98
Figura 51 – Redução percentual do tempo médio das atividades atendendo à prática Seiso, Seiketsu e Seiton bem como os seus focos de ação.	99
Figura 52 - Redução percentual do tempo médio das atividades categorizada no tipo de ação e atendendo às práticas 5S, em particular a prática Seiso, Seiton e Seiketsu.....	100
Figura 53 - Redução percentual do tempo médio das atividades atendendo às práticas 5S, em particular a prática Seiso, Seiton e Seiketsu e os vários tipos de desperdício dessas mesmas atividades.	101
Figura 54 – Redução percentual do tempo médio das atividades atendendo aos desperdícios devido ao movimento e transporte.	102
Figura 55 – Redução percentual média da quantidade de peças devido a produção antecipada de stock e produção com qualidade insatisfatória por lote de pequena, média e grande quantidade.	103
Figura 56 - Tempos médio despendidos nos procedimentos para colocar uma prensa mecânica em funcionamento antes e depois da aplicação da ferramenta SMED.....	104
Figura 57 – Tempos médio total despendido na troca de ferramentas de uma prensa mecânica antes e depois da aplicação da ferramenta SMED.	105
Figura 58 - Resultado OEE.	105
Figura 59 - Impacto das Melhorias nas Métricas de Eficiência e Qualidade.....	106

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Súmula de publicações do grupo de investigação do ISEP.....	20
Tabela 2 - Comparação sistema TPS e Lean [48].....	45
Tabela 3 - Síntese multicontextual da implementação da metodologia 5S + Segurança em diversos setores industriais.....	48
Tabela 4 - Síntese multicontextual da implementação da metodologia SMED em diversos setores industriais.....	50
Tabela 5 - Síntese multicontextual da implementação da metodologia VSM em diversos setores industriais.....	53
Tabela 6 - Desperdícios Lean, Estratégias de Melhoria e Conexão com o VSM.	54
Tabela 7 - Estudos de otimização com a ferramenta Standard Work.....	57
Tabela 8 - Publicações de inovações na Gestão Industrial: Uma Visão Abrangente.	59
Tabela 9 - Síntese multicontextual da implementação do diagrama de esparguete em diversos setores industriais.....	60
Tabela 10 - Síntese multicontextual da implementação do OEE em diversos setores industriais. .	63
Tabela 11 - Síntese multicontextual da implementação da ferramenta TPM em diversos setores industriais.....	66
Tabela 12 - Síntese multicontextual da implementação do diagrama de Ishikawa em diversos setores industriais.....	68
Tabela 13 - Tipologia de abordagem Action-Research vs. Lean Manufacturing.....	70
Tabela 14 - Secções da dissertação para cada etapa de ambos os ciclos AR.....	71
Tabela 15 - Matriz de Eisenhower para Fluxo de Processo.....	73
Tabela 16 - Matriz de Eisenhower para Controlo de Qualidade.	73
Tabela 17 - Matriz de Eisenhower para Organização e Ambiente de Trabalho.....	74
Tabela 18 - Análise primária do setor de estampagem.	85
Tabela 19 – Classificação do tipo de ação conforme o tempo de implementação da mesma.	91
Tabela 20 - Tempos médio antes e depois da aplicação SMED dos quatro procedimentos mais despendidos.....	104

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

3E	Efficacy, Efficiency, and Effectiveness (Eficácia, Eficiência e Efetividade)
5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i> (Utilização, Arrumação, Limpeza, Padronização Disciplina)
5W2H	<i>5 Whys + 2 Hows - What? Why? Where? When? Who? How? How much?</i> (5 Porquês + 2 Como - O quê? Porquê? Onde? Quando? Quem? Como? Quanto?)
AR	<i>Action Research</i> (Pesquisa-Ação)
CEP	Controlo Estatístico do Processo
CNC	<i>Computer Numeric Control</i> (Controlo Numérico Computorizado)
EBITA	<i>Earnings Before Interest, Taxes, and Amortization</i> (Lucro antes de Juros, Impostos e Amortização).
EBM	<i>Electron-Beam Machining</i> (Maquinagem por Feixe de Eletrões)
E-VSM	<i>Environmental Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor Ambiental)
DME	Distúrbios Musculoesqueléticos
I&D	Investigação e Desenvolvimento.
IPP	Instituto Politécnico do Porto
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> (Indicador-Chave de Desempenho)
JIT	<i>Just-In-Time Manufacturing</i> (Manufatura Just-In-Time)
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Díodo Emissor de Luz)
LM	<i>LEAN Manufacturing</i> (Manufatura LEAN)
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MMA	<i>Multi Moment Analysis</i> (Análise Multi-Momento)
MSME	<i>Micro-, Small and Medium-sized Enterprise</i> (Micro, Pequenas e Médias Empresas)
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> (Tempo Médio entre Falhas)
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i> (Tempo Médio para Reparo)
OCDE	<i>Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico</i>
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i> (Eficácia Global do Equipamento)
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> (Planear-Fazer-Avaliar-Agir)
PET	Polietileno tereftalato
PME	Pequenas e Médias Empresa
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> (tipicamente traduzido como: Troca rápida de ferramentas)
STC-LAM	<i>Stellenbosch Technology Centre's Laboratory for Advanced Manufacturing</i>
Sus-VSM	<i>Sustainable Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor Sustentável)
SWIP	<i>Standard Work In Process</i> (Trabalho Padrão em Progresso).
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
TPS	<i>Toyota Production System</i> (Sistema de Produção Toyota)
TVA	Taxa de Variação Anual

UPA	Unidade de Produtos Acabados
UPI	Unidade de Produtos Intermédios
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor)
WIP	<i>Work In Process</i> (Trabalho em Progresso)

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação de mestrado é resultado de um trabalho desenvolvido em ambiente empresarial, ao abrigo de um estágio curricular no qual se estabeleceu um protocolo entre o ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto) e a Frigocon - Indústria de Frio e Congelação S.A, na qualidade de empresa acolhedora. A Frigocon é uma empresa Portuguesa cuja missão é a conceção, desenvolvimento, produção e comercialização de equipamentos de refrigeração, conservação e congelação, com uma visão de orientação para a inovação, tecnologia e sustentabilidade.

Deste modo, delineou-se à priori uma estratégia com a empresa numa área que beneficiasse os interessados. O trabalho decorreu entre novembro de 2020 e abril de 2021, e desenvolveu-se na Unidade de Produtos Intermédios (UPI) desta mesma empresa, com uma eventual ligação à Unidade de Produtos Acabados (UPA). Esta dissertação é o culminar desses seis meses de trabalho realizado *in loco*.

1.1. Contextualização

Devido a múltiplos fatores socioeconómicos de natureza externa ou interna, como a guerra na Ucrânia ou a pandemia de COVID-19, que levaram ao aumento das dívidas soberanas, inflação e o acentuar da crise energética e das alterações climáticas, as indústrias estão hoje sobre enorme pressão e ventos de mudança [1].

Adicionalmente, como constatado por Pinto *et al.* [2], o paradigma da produção em massa na qual muita da indústria se baseava mudou, fruto de uma maior competitividade e procura por fatores de diferenciação entre as próprias empresas. Estas dinâmicas resultam num mercado que requer maior diversidade de produtos, e que estes sejam adaptados aos usos e requisitos pessoais dos consumidores coletivos ou individuais.

Num outro contexto, ainda que aliado aos fatores socioeconómicos, a opinião pública tem muitas vezes acusado as indústrias de destruir ecossistemas através da exploração de recursos até à exaustão, não garantindo a sustentabilidade dos mesmos. Tal deve-se ao facto de, como mencionado por Blume *et al.* [3], a atividade industrial estar intimamente relacionada com a procura de recursos como matérias-primas, energia e água.

Deste modo, prevê-se que os próximos anos sejam de particular instabilidade, em especial nas indústrias transformadoras, onde os fenómenos acima mencionados têm particular incidência. Isto deve-se ao facto destas indústrias estarem altamente dependentes, quer das indústrias de base ou primárias em termos de matéria-prima, quer das indústrias terciárias em termos de consumo.

Naturalmente, estes fatores exigem a redução de desperdícios que advém dos processos de produção, servindo de incentivadores a uma melhoria da qualidade e diversificação dos produtos. Neste contexto, a identificação e exploração de estratégias para potencial de poupança de recursos é um desafio interessante e preponderante na alteração de paradigmas, e que não pode nem deve ser ignorado [3].

Assim, na tentativa de colmatar os argumentos acima mencionados, procurando aumentar a eficiência e efetividade das indústrias, estas dependem da implementação de metodologias,

como é o caso da metodologia LEAN, cujo foco e princípios se baseiam no objetivo mencionado. Estas filosofias são atualmente uma ajuda valiosa e transversal a múltiplos setores, incluindo o setor nacional, como mencionado por Teixeira *et al.* [4]. Isto deve-se também a um conjunto diversificado de ferramentas que compõem esta filosofia que, sendo aplicadas individualmente ou em conjunto, são completamente adaptáveis à indústria na qual são aplicadas, permitindo uma maior adequação às circunstâncias e aumentando a hipótese de sucesso [2,5-6]. A filosofia *Lean* em particular, detalhada no Capítulo 3, invadiu a indústria, e também o setor dos serviços, com vista a eliminar desperdícios e tornar as empresas economicamente rentáveis e resilientes [2].

No entanto, embora muitas dessas estratégias atuem, de forma abrangente, na identificação de áreas de melhoria, como em fases específicas do ciclo de vida, etapas de fabrico ou escolhas de materiais, frequentemente falham em apresentar medidas específicas. Isso ocorre devido à ausência de procedimentos sistemáticos de identificação, conhecimento insuficiente em gestão e carência de especialistas nessas áreas [3,4,7].

Contudo, é crucial reconhecer que o sucesso na adoção dessas abordagens não é uma garantia absoluta, destacando a importância de levar em consideração uma ampla gama de fatores influentes. Apesar disso, na atualidade, observamos notáveis casos de êxito em diversos setores industriais, destacando as aplicações bem-sucedidas dessas metodologias.

Dada a importância de tais filosofias no contexto industrial atual, atualmente, no ISEP, em particular no grupo de investigação de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, têm sido aplicadas metodologias e ferramentas a casos industriais concretos reiterando a viabilidade e significância desta área de estudo. Alguns destes trabalhos serviram de referência a esta dissertação, encontrando-se compilados na Tabela 1 estando organizados pelo título de publicação em inglês, breve descrição e indústria objeto.

Tabela 1 - Súmula de publicações do grupo de investigação do ISEP.

Título da publicação	Descrição	Indústria objetivo
“Combining lean and green practices to achieve a superior performance: The contribution for a sustainable development and competitiveness—An empirical study on the Portuguese context” [4]	Trabalho de avaliação do efeito das práticas LEAN e práticas sustentáveis na competitividade das organizações, com foco no desempenho sustentável, em particular na indústria portuguesa.	Diversificada
“Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products”[8]	Adaptação rápida e políticas de inovação de produtos e padronização dos processos são essenciais para lidar com as mudanças constantes no mercado. Este trabalho visou identificar problemas e propor soluções por meio do ciclo PDCA, 5S e ferramenta 5W2H. Essas abordagens podem ser implementadas num programa de melhoria contínua para padronizar os processos, resultando em lucros reais, especialmente em produtos de alto valor acrescentado.	Têxtil

Título da publicação	Descrição	Indústria objetivo
<i>“A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry”</i> [9]	Este estudo analisa o uso da metodologia SMED para um fornecedor automobilístico, em concreto numa máquina de gravação por feixe de eletrões - <i>Electron-Beam Machining</i> (EBM). A aplicação do SMED resultou numa redução superior a 50% no tempo de preparação (<i>setup</i>).	Indústria Automóvel
<i>“Improving the Machining Process of the Metalwork Industry by Upgrading Operative Sequences, Standard Manufacturing Times and Production Procedure Changes”</i> [10]	Na empresa metalúrgica em análise, foram identificados problemas com resíduos, manipulação de peças volumosas e não conformidades após a entrega. A eliminação desses problemas potenciaria a lucratividade. Através da integração de ferramentas <i>LEAN</i> , foi possível atingir esse objetivo. Este trabalho utiliza a metodologia <i>Action-Research</i> (AR), transformando os elementos participantes em investigadores eles mesmos, através de uma filosofia de aprendizagem pela prática.	Metalomecânica
<i>“A Rapid Improvement Process through “Quick-Win” Lean Tools: A Case Study”</i> [11]	Este trabalho identificou ferramentas <i>LEAN</i> capazes de gerar melhorias rápidas e positivas após implementação numa empresa metalomecânica de média dimensão em Portugal. Os resultados foram avaliados por meio de inquéritos antes e após um trimestre, envolvendo 17 participantes, para medir a consciencialização dos colaboradores em áreas específicas. A pesquisa concentrou-se em identificar “ <i>Quick Wins</i> ”, ou melhorias rápidas, que também contribuem para o desenvolvimento económico. Devido à limitação temporal do estudo, não foram realizadas análises estatísticas detalhadas.	Metalomecânica
<i>“A model for productivity improvement on machining of components for stamping dies”</i> [12]	Trabalho com foco na produção de matrizes de estampagem que envolve componentes similares em dimensões, mas únicos em design, resultando em desafios na aquisição de materiais e maquinaria utilizando a metodologia SMED.	Metalomecânica
<i>“Design of a transfer system for the automotive industry”</i> [13]	Trabalho de análise e melhoria da eficiência no processo de estampagem. Abordagem para enfrentar a crescente procura e restrições temporais. Implementação de ferramentas de gestão e inovação no sistema de transferência. Com isto alcançou-se a redução substancial dos tempos de configuração.	Indústria Automóvel

Título da publicação	Descrição	Indústria objetivo
<i>“Identifying Barriers in the Implementation of Agile Methodologies in Automotive Industry” [14]</i>	Trabalho que identifica as principais barreiras, como 'Organizacionais', 'Conhecimento e Tecnologia', 'Institucionais' e 'Financeiras', superá-las impulsiona a sustentabilidade económica, ambiental e social das empresas. Os autores recomendaram a implementação eficaz de metodologias AGILE para colmatar as barreiras identificadas. Inicia-se com o compromisso da empresa e colaboradores em adotar valores AGILE para alcançar vantagem competitiva.	Indústria Automóvel

Com vista a reenquadrar a discussão na UPI no objeto de estudo a UPI, aliando o conhecimento adquirido após sumarizar as práticas no grupo de investigação, começou-se por entender quais os pontos de foco em Pequenas e Médias Empresas (PMEs). O trabalho proposto por Elkhairi *et al.* [7] sugere, com base numa extensa revisão bibliográfica, diferentes barreiras e os fatores críticos para o sucesso na implementação destas ferramentas *Lean* em PMEs, sendo estas as unidades económicas que contribuem mais a nível mundial através de emprego e valor acrescentado nos produtos internos brutos, especialmente nos países desenvolvidos. Neste estudo, os autores sugerem três barreiras fundamentais que se desdobram noutros pontos a ter em consideração, tais como:

- Barreiras técnicas e de gestão:
 - Falta de planeamento;
 - Falta de experiência dos colaboradores;
 - Falta de suporte pela administração;
 - Falta de perspetiva estratégica;
 - Compreender erradamente o conceito de filosofia LEAN.
- Barreiras económicas:
 - Recursos financeiros limitados.
- Barreiras sociais:
 - Resistência à implementação de uma cultura de mudança.

Em específico em Portugal, um dos casos onde este tipo de ferramentas *Lean* têm sido particularmente implementadas com sucesso, quando atendendo às barreiras anteriormente descritas, é o caso da indústria metalomecânica [11,15].

É incontestável que os materiais metálicos têm um papel fundamental como materiais de construção na sociedade moderna, e são transversais a múltiplos setores de diferentes indústrias. Assim, importa agora referir, ainda que brevemente, a importância da metalurgia, sendo este o campo no qual a metalomecânica se insere. A metalurgia estuda a extração, transformação e produção de metais e ligas metálicas, sendo normalmente incluída numa disciplina mais vasta conhecida por ciência e tecnologia dos materiais. Tipicamente, a metalurgia é classificada em três grandes áreas: metalurgia química, metalurgia física e metalurgia mecânica, também referida

como metalomecânica. A metalurgia química e física são vistas como os processos de obtenção de materiais metálicos úteis (matéria-prima), funcionais e com propósitos específicos.

Por outro lado, a metalomecânica é definida como um processo que trabalha os materiais metálicos com o propósito de obter geometrias desejadas, ou seja, trata do comportamento e resposta dos metais às forças aplicadas. A metalomecânica é consequência desse feito, pois é a manipulação mecânica da matéria-prima através de processos, seja por deformação, corte ou outra variante que permita a criação de objetos metálicos.

A metalomecânica abrange diferentes áreas de estudo, dependendo do processo mecânico utilizado na obtenção das formas desejadas dos materiais metálicos. Os processos de deformação plástica, nomeadamente laminagem, extrusão, perfilagem, estampagem, e ainda os processos de soldadura e de corte por arranque de apara - maquinagem, são os mais estudados.

Na produção dos seus componentes, a UPI da Frigocon utiliza vários dos processos acima mencionados, focando-se na estampagem e maquinagem de aço de construção de médio carbono, aço galvanizado e, ainda que em menor quantidade, alumínio. No entanto, mesmo com os benefícios acima mencionados, não existem registos de terem sido utilizadas ferramentas do tipo *LEAN* com o objetivo de procurar aumentar a eficiência e efetividade desta unidade.

1.2. Objetivos

O objetivo fundamental desta dissertação é investigar e propor ações concretas para aprimorar a eficiência e eficácia dos processos produtivos na linha de estampagem da UPI, considerando a escassez de iniciativas de melhoria existentes, através da otimização da linha de tratamento de chapa, em específico o processo de estampagem, e o setor de maquinagem convencional. Para isso, e pelos motivos expostos na contextualização, utilizar-se-ão ferramentas *LEAN*.

Assim sendo, compreende-se que para alcançar o objetivo fundamental, é necessário desdobrá-lo em objetivos específicos que serão abordados ao longo da dissertação:

1. Identificar os recursos materiais e imateriais essenciais à produção de produtos intermédios e as barreiras fundamentais à implementação de uma lógica de melhoria contínua;
2. Implementar ferramentas de avaliação dos colaboradores e de desempenho;
3. Efetuar o planeamento das ações a implementar na UPI, atendendo a tornar o processo mais eficaz, eficiente e efetivo, tendo em conta uma lógica de melhoria contínua;
4. Sugerir medidas que reforcem e tornem sustentável uma cultura de melhoria contínua na UPI.

Com isto, espera-se que seja possível incrementar a produção, diminuir o tempo de preparação (*setup*), o de produção lead-time (*production lead-time*), melhorar o fluxo produtivo e a eficiência do fluxo de informação.

Numa perspetiva tecnológica, pretende-se que este trabalho contribua para proporcionar uma visão global da implementação de ferramentas *LEAN* num ambiente industrial em Portugal, com enfoque na metalomecânica, contribuindo para responder a três grupos de questões científicas:

1. Qual é o caminho para a implementação de ferramentas *LEAN* numa UPI de uma PME?
2. Quais são as principais vantagens e desvantagens da implementação destas ferramentas?

3. Qual é o estado da arte na aplicação deste tipo de ferramentas, em particular na indústria metalomecânica?
4. Quais são os ganhos/benefícios dessa implementação no conjunto total da unidade de produção? Quais são os custos associados à implementação desta metodologia? Poderá este ser considerado um processo de melhoria rápida?

Para tal, e como será evidente pela estrutura da dissertação, estudou-se o funcionamento do processo produtivo da UPI, nomeadamente, a sua disposição, o fluxo das diferentes famílias de produtos e equipamentos, bem como a dependência de fatores externos, como por exemplo: fornecedores de matéria-prima e/ou prestadores de serviços externos, assim como a consequente interligação com a UPA.

Espera-se também, com este trabalho, um efeito motivacional na administração da unidade empresarial, de modo a alertar para os benefícios da aplicação de filosofias de melhoria contínua, iniciando um processo de mudança de filosofia de gestão da empresa a uma escala maior.

1.3. Metodologia

A abordagem de investigação utilizada para alcançar os objetivos é a metodologia *Action-Research* (AR). Esta estratégia de investigação tem mostrado assentar num procedimento adequado para casos de estudo em empresas [16–19]. A origem do termo *Action-Research* é atribuída a *Kurt Lewin* [20], professor no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), na década de 1940. Inicialmente, esta metodologia relacionava-se com as ciências sociais, mas a definição e algumas conceções têm vindo a ser aprimoradas [21].

Epitomando o pensamento inicial do seu autor, considera-se que a AR é um processo empenhado no desenvolvimento de conhecimentos práticos fundamentados numa conspeção de um mundo participativo [22,23], onde o investigador e o “Cliente” interagem mutuamente no processo. É considerado um processo ponderado de resolução progressiva de problemas, com o claro objetivo de melhoria permanente.

Esta dissertação segue a estratégia sugerida no artigo “*The dual imperatives of action research*”, de *McKay & Marshall* [24], que complementa a definição defendida por *Susman & Evered* [13], que retratam a AR como sendo uma metodologia cíclica de resolução de problemas. É de referir que esta estratégia não menciona abertamente qual o processo de investigação, nem a metodologia aplicada na resolução dos problemas encontrados pelo investigador da ação. É uma das lacunas que o modelo de *Susman & Evered* [23] apresenta.

Com o propósito de combater essa lacuna, *McKay & Marshall* [24] agregam às atividades de resolução de problemas as metodologias de investigação, criando dois ciclos onde se destaca a importância de refletir sobre ambas as questões. Isto significa que o investigador da ação tem dois objetivos: deve procurar melhorar uma situação problemática, através da realização de alterações, e deve também visar gerar novos conhecimentos e novo discernimento, como resultado das suas atividades [14]. Estes dois ciclos de ação anteriormente descritos são visíveis na Figura 1. Para cada um desses ciclos, seis passos são identificados para alterar um plano de ação ou a investigação.

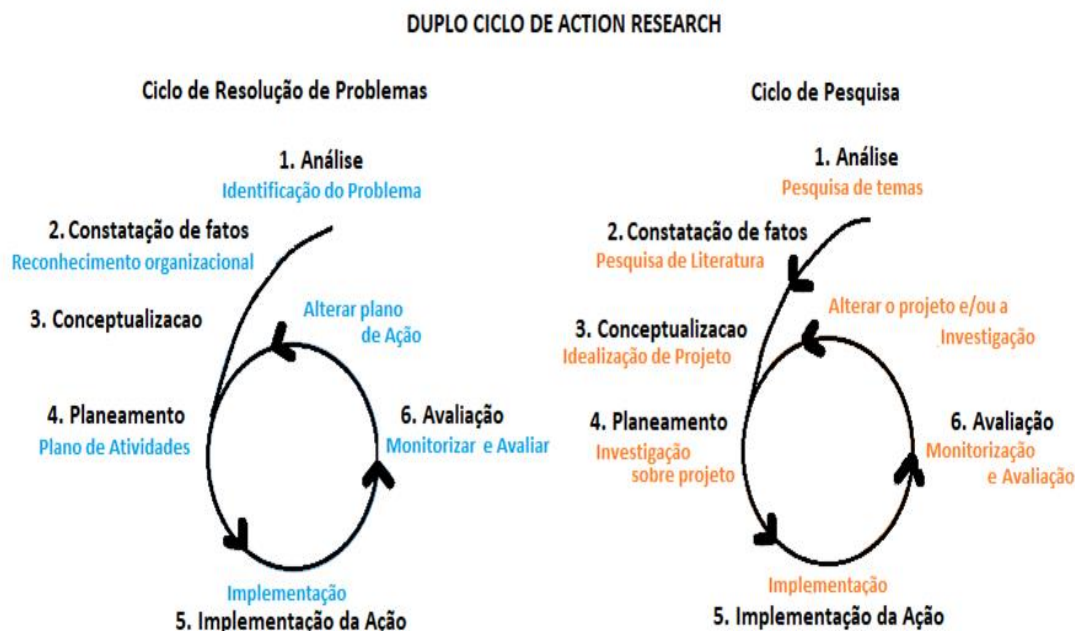


Figura 1 - Dois ciclos Action – Research (AR) (Adaptado McKay and Marshall's, 2001, pp. 50–51)

Uma vez identificada a metodologia e as questões científicas mencionadas na secção anterior, é possível então combinar ambas, servindo como fundação para a restante da dissertação. Assim sendo, e como visto, a realização desta dissertação visa responder, numa primeira fase, à pergunta: “Como podemos melhorar a linha de produção?” e a partir da resposta a essa questão, inicia-se a primeira etapa, o diagnóstico, onde figura a observação, recolha de dados, identificação dos problemas e uma pré-análise crítica.

A segunda etapa passa por um planeamento de intervenção, que consiste em elencar os problemas encontrados às ferramentas *Lean* anteriormente pesquisadas, e traçar uma estratégia para a execução das soluções encontradas.

Em seguida, o plano é executado, seguindo as linhas previamente aprovadas e priorizadas. Serão realizadas reuniões com a intenção de integrar os colaboradores nas iniciativas, contribuindo assim para um resultado mais uniforme e duradouro, validando-se assim o resultado obtido; a quarta etapa é a avaliação crítica desses mesmos resultados.

A fase final é a monitorização das etapas anteriores, ou seja, uma reflexão sobre a aprendizagem com o intuito de delinear a desejada progressão e seleção de novos caminhos, com novas perguntas [25]. Deste modo, o ciclo recomeça até as melhorias apresentadas serem as desejadas. Esta fase final permite criar uma cultura organizacional sólida, onde o conhecimento é transferível e acumulado, dando assim origem a uma evolução sustentada.

1.4. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, tal como representado na Figura 2, onde uma breve descrição dos capítulos pode ser observada. Após a introdução procede-se à caracterização da empresa, processos e o problema seguido de um enquadramento teórico que,

por sua vez, é usado no desenvolvimento e na análise dos resultados. Por último, apresentam-se as conclusões do trabalho bem como os trabalhos futuros do mesmo.

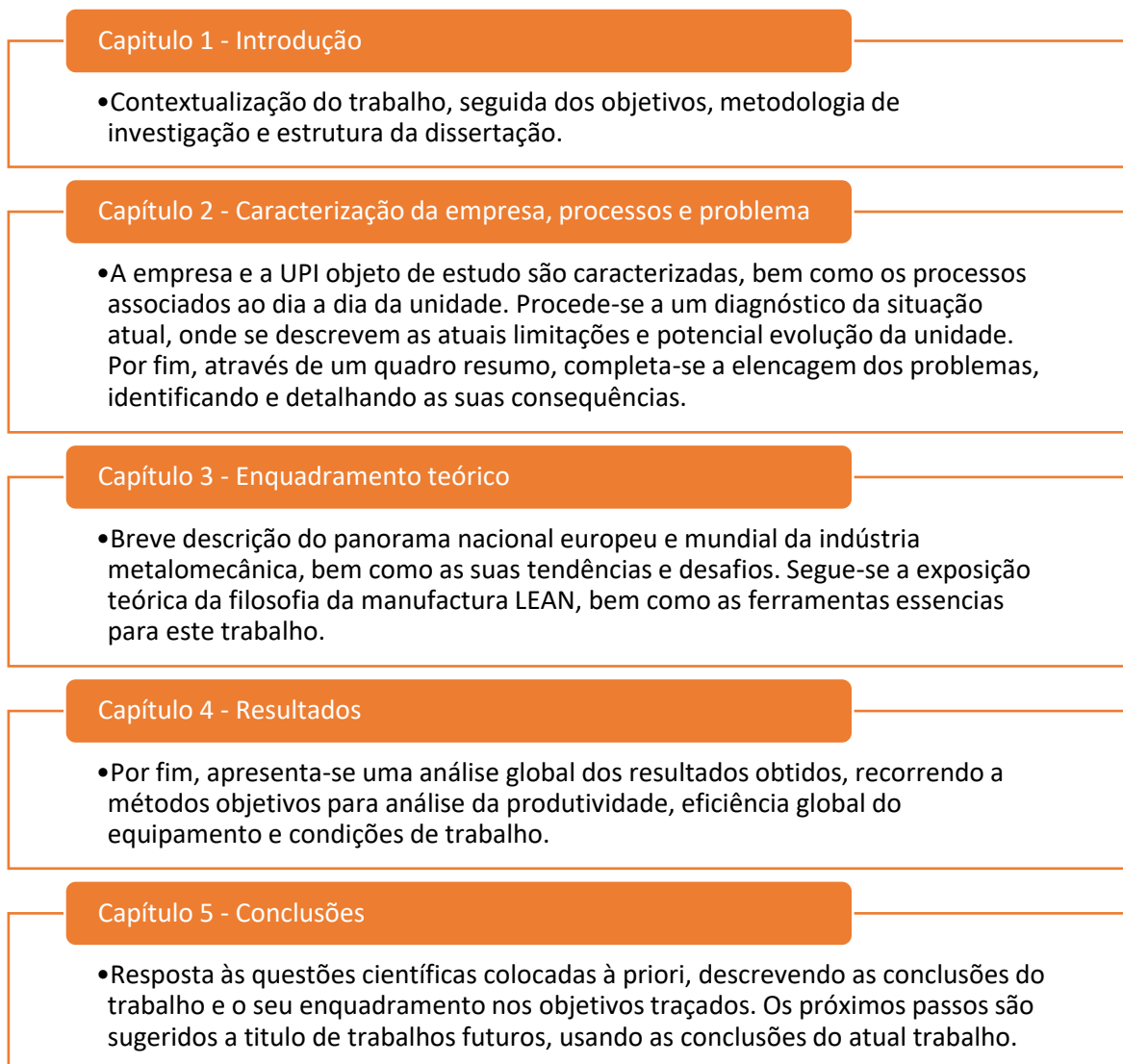


Figura 2 - Estrutura da dissertação.

1.5. Empresa de acolhimento

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente industrial em colaboração com a empresa FRIGOCON, sob a orientação do Eng. Luís Ferreira.

2. CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DO PROBLEMA

Este capítulo caracteriza a empresa objeto da otimização dos processos e do problema em questão, incluindo também um diagnóstico da situação inicial. Desta forma, é apresentada uma visão geral do estudo, destacando a importância de compreender a estrutura organizacional da empresa, os processos envolvidos nas suas atividades, e o problema específico que será abordado. Através dessa análise, estabelece-se uma base sólida para a compreensão do contexto em que o trabalho será realizado, e identificam-se as principais áreas de foco e investigação.

2.1. Caraterização da Empresa

A Frigocon — Indústria de Frio e Congelação S.A. foi fundada em 1976 pelo Sr. Artur Azevedo em Vila do Conde, Portugal. Com sede na Touguinha, a Frigocon tem uma localização estratégica que facilita o acesso aos principais centros industriais e logísticos do país. Isso permite que a empresa atenda com agilidade e eficiência clientes em todo o território nacional e internacional, devido à sua proximidade com o porto de Leixões, contribuindo para o desenvolvimento do setor de refrigeração industrial em Portugal.

Inicialmente, a empresa produzia equipamentos domésticos para o mercado nacional. Em 1980, expandiu a sua atuação para a comercialização de equipamentos de frio horizontais para o segmento de gelados. Dez anos depois, tornou-se líder nacional no mercado de equipamentos de frio verticais para bebidas.

Um marco importante na história da Frigocon foi o lançamento da unidade produtiva no Brasil, a Mercofricon, em 1995. Desde então, a empresa tem expandido e desenvolvido os seus negócios tanto em território nacional como nos mercados internacionais, conquistando a confiança e a satisfação de seus clientes. A Frigocon está certificada com a norma NP EN ISO 9001, reforçando a sua política de elevados padrões de qualidade, para total satisfação e expectativas dos seus clientes, sendo que a marca Fricon está presente em mais de 115 países nos cinco continentes [26].

Atualmente, o grupo Frigocon detém três unidades de produção efetiva e uma delegação em Madrid, contando com mais de mil colaboradores. A Frigocon é reconhecida pela sua cultura familiar e valorização do capital humano, onde muitos colaboradores trabalham na empresa desde a sua fundação.

A produção da Frigocon está dividida em duas unidades distintas: a UPA e a UPI. Na UPA, são montadas as arcas Fricon, sendo composta por um setor de processamento de chapa e três linhas de montagem para diferentes famílias de arcas: horizontais, verticais/*upperdecks* e as arcas SMR-*supermarket*.

A Unidade de Produção Industrial (UPI) da Frigocon, desempenha um papel essencial no fabrico dos produtos da empresa. Esta unidade é responsável pela produção de componentes-chave das arcas Fricon, e está dividida em cinco setores distintos: termoformação, injeção de plásticos, pintura, *LED's*, acessórios elétricos e serralharia. Durante o estágio curricular realizado nesta unidade, o foco principal foi nos setores de Estampagem e Maquinagem convencional, nos quais

foram planeadas intervenções específicas. A UPI da Frigocon sustenta o compromisso da empresa em garantir a qualidade e melhoria contínua de seus produtos, por meio de processos produtivos eficientes. O organograma representado na Figura 3 retrata a estrutura hierárquica da UPI da Frigocon, onde o Diretor Industrial ocupa o topo da hierarquia, e descendo para as diferentes posições e funções dentro da unidade. Essa estrutura demonstra a divisão de responsabilidades e a hierarquia dentro da unidade de produção.

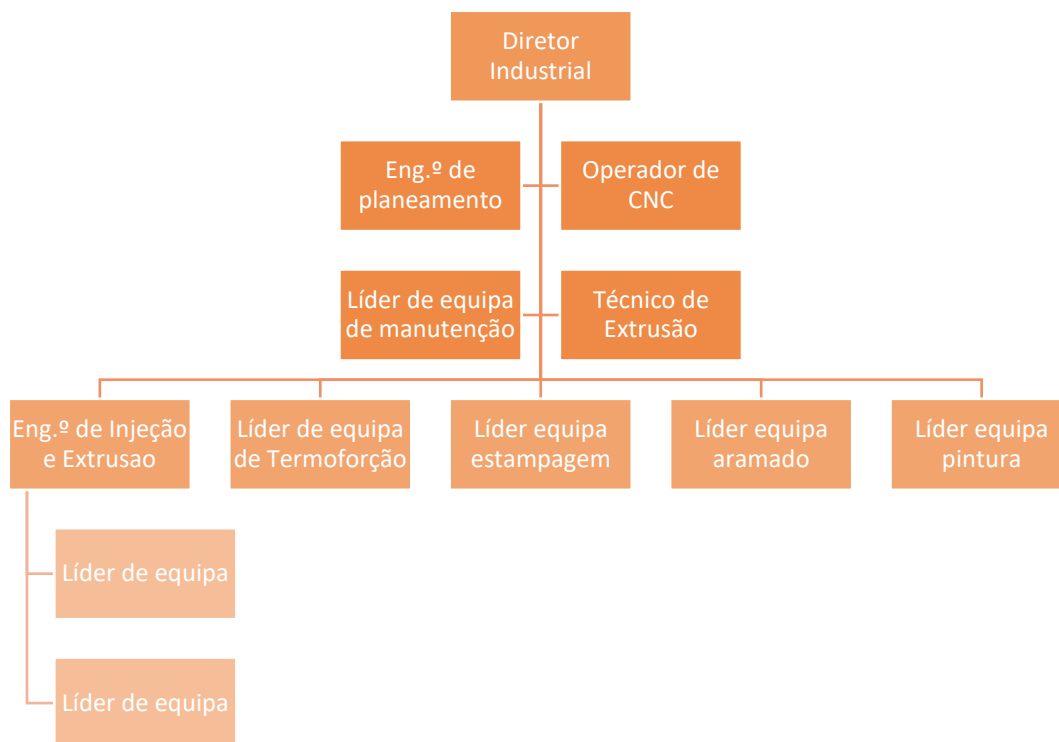


Figura 3 - Organograma da UPI.

2.2. Caraterização dos Processos

A área de atividade onde se enquadra a UPI corresponde ao setor da Indústria Metalomecânica, a qual agrega todos os segmentos responsáveis pela transformação de matéria-prima em produtos desejados, passando pela conceção, planificação, produção, manutenção e controlo de equipamento e produtos [27].

O sistema produtivo na UPI organiza-se em quatro etapas: planeamento, produção, armazenamento e logística/expedição. O sistema de planeamento não é consistente e varia entre um sistema *Pull* (nos produtos mais utilizados) e *Push* (nos produtos menos requisitados). Estes sistemas serão abordados mais detalhadamente durante a introdução teórica referente a esta secção, para mais detalhes na caracterização dos processos da UPI.

Adotando a classificação de sistema de produção de *Hitomi*, pode-se caraterizar a UPI de acordo com o demonstrado na Figura 4, atendendo à natureza do produto, quantidade, natureza do fluxo de materiais, disposição (*layout*) e destino dos produtos.



Figura 4 - Caraterização do sistema de produção UPI.

O armazenamento é feito recorrendo ao sistema de porta paletes convencionais, isto é, estruturas estáticas pesadas, onde são colocadas paletes com o produto à espera de ser escoado. São colocados e retirados individualmente por meio de empilhadores que se movimentam pelos corredores. Relativamente à gestão de logística, a UPI usa o Sistema Gestão de *Stock*.

No que concerne ao processo de produção, a UPI na Serralharia fundamenta-se principalmente na utilização da soldadura por pontos e na conformação plástica a frio. Estes processos envolvem o uso de máquinas como prensas, quinadora e puncionadora para fabricar produtos intermédios. Como ilustrado na Figura 5 a organização da UPI é baseada na divisão em setores de processos: serralharia, aramado, pintura, plásticos termoformação e logística. Cada um desses setores engloba subsectores, tal como também descrito na Figura 5. Importa salientar que não existem atribuições específicas ou regras estabelecidas para as máquinas em cada setor.



Figura 5 - Descrição dos setores produtivos da UPI.

As zonas da Maquinagem convencional e Soldadura, integrados no setor de serralharia, tem como função primária apoiar outros setores presentes nas duas unidades. Para a UPA, estas áreas prestam essencialmente a assistência a melhorias propostas. Já para a UPI, a função principal é o fabrico e/ou manutenção de ferramentas para o setor da estampagem. Em termos de equipamento, a maquinagem convencional é composta por dois tornos, duas fresadoras, uma retificadora plana e uma serra mecânica de fita.

O setor da linha de estampagem é composto por três prensas mecânicas, duas prensas hidráulicas, uma prensa de corte de chapa, uma guilhotina, uma puncionadora, e uma pequena fresadora. Este setor tem quatro operadores alocados. Mais de três quartos da produção desta linha são produtos com lotes de pequena dimensão, abaixo das 200 unidades, e apenas 7% da produção com lotes acima das 500 unidades. A disposição original do setor de estampagem é representada na Figura 6 identificando a maquinagem anteriormente descrita.

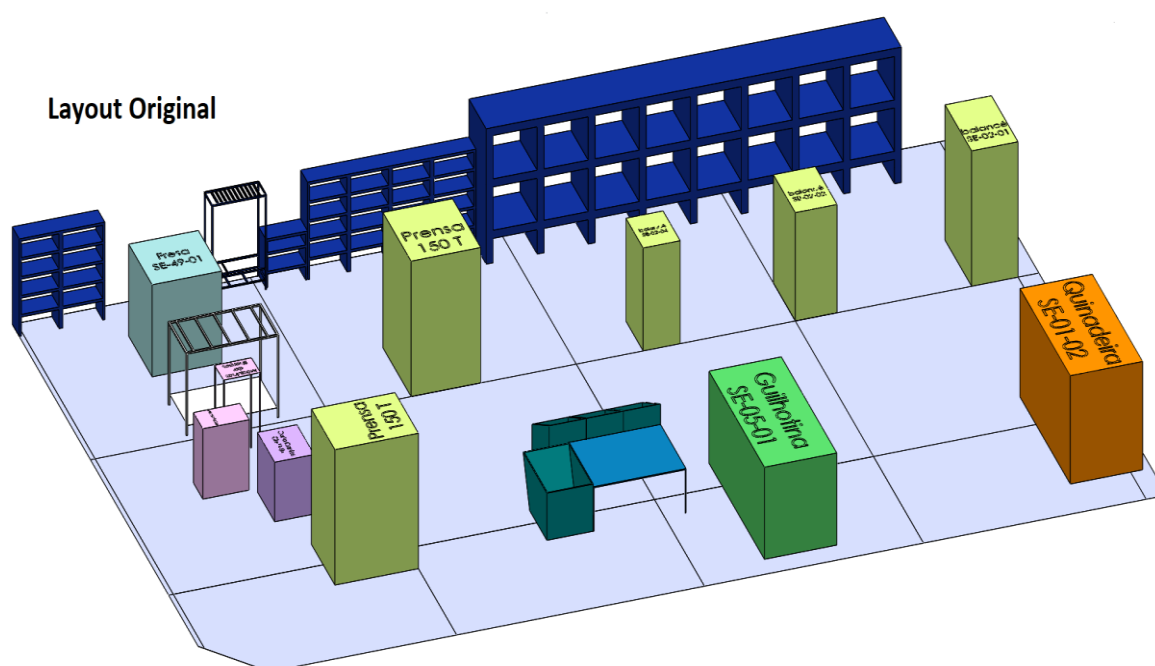


Figura 6 - *Layout* original setor de Estampagem.

A estampagem é um processo de conformação plástica de metais que consiste num conjunto de operações, onde a matéria-prima dá origem a peças com uma nova geometria. É um processo de fabrico de baixo custo, quando aplicado a um alto volume de componentes idênticos. As operações de estampagem são versáteis e podem ser complementares entre si. Este processo pode ser caracterizado de várias formas. A Figura 7 caracteriza o processo, atendendo à realidade na Frigocon.

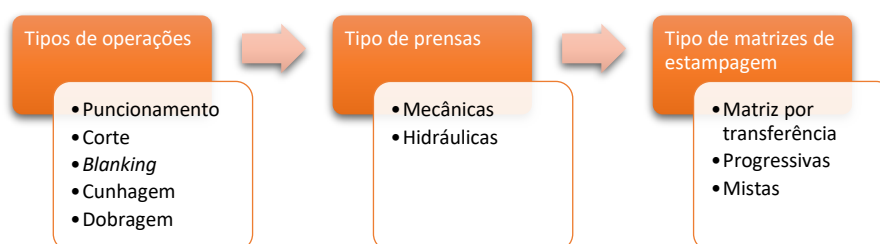


Figura 7 - Características do processo de Estampagem Frigocon.

O setor do aramado tem o processo de soldadura por pontos para excussão dos cestos e prateleiras, que posteriormente passam para o setor da pintura. Maioritariamente, os componentes plásticos que compõem os equipamentos montados na UPA, são produzidos na UPI através dos processos de injeção, extrusão e termoformação.

2.3. Diagnóstico da situação inicial

A Frigocon encontra-se em pleno processo de expansão e está a passar por uma fase de reestruturação e mudança da sua cultura institucional, ambicionando a modernização com vista a manter-se competitiva. Nas últimas duas décadas, o crescimento tem sido significativo e baseado em esforços comerciais e de *marketing*. Esse crescimento tem levado a empresa a apostar cada vez mais na produção interna, evitando subcontratar terceiros.

Nesse contexto, a UPI foi selecionada como ponto de partida para um projeto de inovação. Durante a fase de transição, é importante romper com processos estabelecidos e consolidar o novo.

Para abordar essa transição, tal como descrito, adotou-se a metodologia AR nas fases iniciais do projeto. O diagnóstico da situação e do problema foi realizado em conjunto com o Diretor Industrial, Engenheiro Luís Ferreira, e os objetivos foram definidos. Desta forma, à priori, foram identificados pontos críticos nos setores da UPI, conforme ilustrado na Figura 8, detalhando as potencialidades, fornecendo informações valiosas para orientar a mudança e inovação.



Figura 8 - Observação de pontos críticos identificados à priori.

Adicionalmente, aplicou-se a técnica de Observação Assistemática, através de um formulário de identificação de problemas no processo de estampagem, a ser preenchido pelos funcionários, conforme resumido no Apêndice A. Essa técnica permitiu uma visão ampla e não invasiva do ambiente de estudo, identificando áreas de melhoria e oportunidades para implementação da

metodologia *Lean Manufacturing*. No entanto, é importante interpretar esses resultados com cuidado, levando em consideração as possíveis influências das expectativas do observador e do contexto da observação.

Durante a observação realizada na UPI, foram identificados alguns problemas que requerem atenção, sendo potencialmente objeto de melhorias, conforme mencionado na Figura 9. Entre os principais problemas observados estão a manutenção deficitária dos equipamentos, o *layout* desajustado das instalações, a ausência de *checklists* para garantir a execução correta das tarefas, a falta de avaliação de desempenho e os tempos desajustados de processo, além das frequentes alterações nas ordens de fabrico. Esses pontos devem ser considerados como áreas de melhoria para aprimorar o desempenho operacional [10] e a qualidade dos produtos.



Figura 9 - Identificação de problemas.

Assim sendo, numa fase preliminar pode-se recomendar implementação de um plano de manutenção preventiva e corretiva, reorganização da disposição (*layout*) para otimizar o fluxo de trabalho, introdução de listas de verificação (*checklists*) para assegurar a execução adequada das tarefas, estabelecimento de indicadores de desempenho e realização de avaliações periódicas, além de rever os tempos de processo e analisar as causas das alterações frequentes nas ordens de fabrico. Essas ações contribuirão para melhorar a eficiência da produção, reduzir desperdícios e promover a qualidade dos produtos fabricados na UPI da Frigocon.

Em suma, a Frigocon está a iniciar um processo de expansão e reestruturação, procurando a modernização e produção interna. A UPI é um ponto-chave nesse processo, onde a metodologia AR e a Observação Assistemática foram aplicadas para identificar oportunidades de melhoria e superar desafios. A análise desses resultados contribuirá para a implementação de estratégias efetivas e o aprimoramento contínuo da empresa.

3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

No decorrer do tempo, a indústria metalomecânica tem passado por diversas transformações e evoluções. Tal resulta numa procura constante por processos de fabrico mais eficientes e tecnologicamente avançados, impulsionando a modernização e a competitividade do setor [28].

No entanto, apesar dos avanços conquistados, a indústria metalomecânica também enfrenta desafios significativos. A concorrência global, resultado da globalização dos mercados, a rápida evolução tecnológica e a falta de mão de obra especializada, são alguns dos obstáculos que o setor deve superar para manter a sua posição competitiva. Além disso, a necessidade de adaptação às exigências ambientais e a busca por soluções sustentáveis, têm-se tornado cada vez mais relevantes.

Outra lacuna significativa é a falta de investimentos em Investigação e Desenvolvimento (I&D). Embora a inovação seja um fator fundamental para o progresso da indústria metalomecânica, muitas empresas enfrentam desafios a nível financeiro, pois os recursos financeiros são limitados para dedicar às atividades de I&D. A falta de investimentos nesta área pode dificultar a introdução de novas tecnologias, processos e produtos no mercado, reduzindo assim a competitividade do setor.

Desta forma, muitas empresas estão ainda numa fase inicial de automatização e digitalização, enfrentando desafios como altos custos de implementação, falta de conhecimento especializado e a resistência cultural à mudança. A superação destas lacunas é essencial para melhorar a eficiência, qualidade e competitividade do setor metalomecânico.

Nesse contexto, as políticas governamentais e as estratégias adotadas desempenham um papel crucial para promover o crescimento e a inovação na indústria metalomecânica. Programas de apoio à modernização, incentivos fiscais e parcerias público-privadas, têm sido implementados com o objetivo de impulsionar a competitividade das empresas e promover a inserção em cadeias de valor internacionais.

Além disso, o setor metalomecânico está inserido em cadeias de abastecimento globais complexas. As empresas enfrentam desafios na gestão dessas cadeias, como logística eficiente, colaboração entre fornecedores e fabricantes, e a necessidade de adaptação a regulamentações comerciais e requisitos próprios, mais especificamente às normas de diferentes países. A coordenação eficaz entre os intervenientes nas cadeias de abastecimento é essencial para superar estas lacunas, e aproveitar as oportunidades oferecidas pelos mercados internacionais.

3.1. Indústria Metalomecânica

A indústria metalomecânica é um setor da indústria que engloba a produção e o processamento de metais e materiais mecânicos. Inclui empresas que fabricam máquinas, equipamentos, ferramentas, peças e componentes mecânicos, bem como empresas que prestam serviços de maquinagem e soldadura. Estas empresas são responsáveis por uma vasta gama de produtos, desde peças simples do nosso quotidiano, como parafusos, molas, até equipamentos mais complexos, como por exemplo, equipamentos médicos, motores e turbinas, peças de avião, entre outros.

Assim sendo, este setor abrange uma ampla gama de atividades relacionadas com a produção e transformação de metais, envolvendo processos de fabrico e o uso de diferentes tipos de metais. Desta forma, a compreensão da interligação entre a indústria metalomecânica, processos de fabrico e os metais é de extrema importância para explorar o potencial e promover o crescimento sustentável deste setor.

Os metais são os materiais base utilizados na indústria metalomecânica. Eles possuem características físicas, químicas e mecânicas distintas, como resistência, dureza, assim como condutividade térmica e elétrica, que os tornam adequados para diferentes aplicações. O entendimento das propriedades dos metais é essencial para selecionar os materiais adequados e utilizar as técnicas de processo corretas. Além disso, o conhecimento dos metais permite explorar a sua aplicabilidade em novas tecnologias e inovações na indústria metalomecânica.

Os processos de fabrico desempenham um papel fundamental na indústria metalomecânica, pois são responsáveis pela transformação dos metais em produtos acabados. Esses processos incluem etapas como seleção de materiais, maquinação, fundição, soldadura, tratamento térmico e acabamento. Cada processo é essencial para moldar e formar os metais, conferindo-lhes as propriedades necessárias para atender aos requisitos específicos de cada produto. A seleção adequada dos processos de fabrico é crucial para garantir a qualidade, eficiência, redução de custos e, simultaneamente, oferecer produtos e serviços de alta qualidade, de forma a atender os requisitos dos clientes.

Assim, estes três temas: indústria metalomecânica, processos de fabrico e metais é fundamental para impulsionar o setor, têm de ser analisados em simultâneo, e com uma perspetiva de interdependência entre si. Ao compreender a relação entre esses elementos, é possível melhorar a eficiência dos processos de fabrico, otimizar a seleção dos metais e desenvolver produtos metalomecânicos inovadores e de alta qualidade.

Além disso, a pesquisa e o desenvolvimento nesta área oferecem oportunidades para explorar novos processos de fabrico, como a impressão 3D de metais (manufatura aditiva), a automação e a digitalização, que têm o potencial de impulsionar a competitividade da indústria metalomecânica, tanto a nível nacional quanto internacional. Essas inovações podem não apenas melhorar a eficiência e a qualidade dos processos de fabrico, como também reduzir o impacto ambiental ao desenvolver materiais mais sustentáveis, promover processos produtivos mais limpos e eficientes, e criar produtos duráveis e recicláveis. Além disso, as melhorias introduzidas podem contribuir para a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores na indústria metalomecânica, reduzindo o risco de acidentes e doenças ocupacionais.

3.1.1. Importância da Indústria Metalomecânica na economia global

A indústria metalomecânica desempenha um papel importante no comércio internacional, com as suas empresas a participarem ativamente neste, exportando os seus produtos para diferentes países e contribuindo para o equilíbrio das balanças comerciais. A sua importância na economia global pode ser verificada através de vários fatores. Em primeiro lugar, contribui de forma significativa para a criação de empregos, proporcionando oportunidades de trabalho a um grande número de pessoas em todo o mundo. Além disso, atua como um impulsionador do crescimento

económico, ao gerar procura por matérias-primas, serviços e tecnologias, estimulando, dessa forma, a cadeia de valor de outros setores. A nível internacional, promove a globalização e a integração económica entre países, permitindo a troca de bens e serviços e o estabelecimento de relações comerciais mutuamente benéficas.

Com vista a consolidar a descrição anterior com números e focarmo-nos no objeto de estudo, avalia-se agora a importância desta indústria no contexto nacional e internacional, reforçando a relevância deste trabalho. A indústria metalomecânica desempenha um papel fundamental no desenvolvimento industrial de muitos países, fornecendo as bases para setores como a construção civil, a indústria automóvel, a aviação, a energia, entre outros.

Apesar desta indústria desempenhar um papel crucial na economia global, é essencial reconhecer os seus pontos fracos. Sendo um dos principais desafios enfrentados pelo setor a concorrência global, especialmente de países com custos de produção mais baixos, essa competição pode afetar a capacidade de manutenção dos preços a níveis competitivos das empresas do setor e, simultaneamente, garantir a qualidade dos seus produtos.

Outro ponto fraco é a rápida evolução tecnológica. Esta indústria necessita de estar constantemente atualizada com as últimas inovações tecnológicas para se manter relevante e competitiva, mas estas mudanças exigem investimentos significativos em pesquisa e desenvolvimento, o que pode ser um desafio financeiro para muitas empresas do setor. Além disso, a escassez de mão de obra especializada é uma preocupação. A falta de profissionais qualificados pode limitar a capacidade das empresas na adoção de tecnologias avançadas e processos de fabrico eficientes.

Os dados relativos à indústria metalomecânica são muitas vezes mantidos ocultos pelos países devido ao facto de se tratar de um setor estratégico e com conexões bélicas e a infraestruturas essenciais. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) é uma das maiores associações é uma organização intergovernamental no contexto económico com 38 países membros. Após uma pesquisa na categorização das indústrias disponíveis verifica-se que a secção que mais se enquadra com a indústria metalomecânica é denominada *Basic metals and fabricated metal products, except machinery and equipment*, traduzido para português como metais simples e produtos metálicos fabricados, exceto máquinas e equipamentos. Atualmente, dos países membros, os Estados Unidos da América são o país que mais pessoas emprega neste setor com cerca de 20 milhões de empregados em 2019 neste setor, perfazendo aproximadamente 8% da população ativa deste país.

Neste mesmo período este setor contribuiu com aproximadamente 640 000 milhões de dólares suplantando qualquer outro país membro por uma margem larga, embora a tendência nos últimos 5 anos tenha sido de estagnação desses mesmos valores. Em termos de ganho bruto os EUA são seguidos do Japão, Alemanha e França [29].

Além dos desafios intrínsecos à indústria metalomecânica, os fatores socioeconómicos externos e internos também exercem influência significativa no setor. A pandemia e, mais recentemente, a guerra na Ucrânia, por exemplo, tiveram impacto em várias áreas, incluindo o aumento da inflação e a intensificação da crise energética [1]. Esses eventos imprevistos afetaram as políticas governamentais, bem como o funcionamento das indústrias em geral. A interrupção do fornecimento de matérias-primas e componentes essenciais pode levar a atrasos na produção, diminuição da eficiência e aumento dos custos. Além disso, as flutuações nos preços e na

disponibilidade de recursos energéticos, podem ter um impacto significativo nas operações diárias das empresas do setor. De forma objetiva, estes fenómenos produzem disrupções nas cadeias de fornecimento de múltiplas indústrias e comportam muitas das vezes efeitos difíceis de prever a médio ou longo prazo [17-19].

Deste modo, prevê-se que os próximos anos sejam de particular instabilidade, em especial nas indústrias transformadoras, como é o caso da indústria metalomecânica, onde os fenómenos acima mencionados têm particular incidência. Isto deve-se ao facto destas indústrias estarem altamente dependentes, quer das indústrias de base ou primárias em termos de matéria-prima, quer das indústrias terciárias em termos de consumo.

Portanto, é crucial que as empresas estejam preparadas para se adaptarem rapidamente a todas essas mudanças, avaliar os seus potenciais efeitos e adotarem medidas adequadas para mitigar os riscos, garantindo assim a resiliência das suas operações. É importante procurar diversificar as fontes de fornecimento, desenvolvendo planos de contingência e mantendo-se atualizadas sobre os desenvolvimentos socioeconómicos que possam impactar as suas operações.

3.1.2. Importância da Indústria Metalomecânica na economia nacional

A indústria metalomecânica é um setor importante da economia portuguesa, com um papel significativo na criação de empregos e na geração de riqueza. De facto, é considerado um dos setores mais importantes da economia nacional. Recorrendo à base de dados PORDATA, sabe-se que as indústrias transformadoras em Portugal agregam aproximadamente 68 mil empresas, segundo dados de 2021 [30].

Para se compreender a sua verdadeira dimensão no contexto nacional, importa salientar que estas 68 mil empresas representam 5% do total de empresas, empregando cerca de 17% dos trabalhadores a nível nacional. Detém mais de metade, 53%, das exportações de bens e serviços[30] e representam 24% do volume de negócios nacional [30,31].

Destas 68 mil empresas, cerca de 17% pertencem à indústria metalomecânica que pode ser vista na plataforma PORDATA como enquadrada na secção “Fabricação de produtos metálicos exceto máquinas e equipamentos”. Além disso, a presença de indústrias como a alimentar, têxtil e vestuário, mencionadas na mesma categoria da indústria metalomecânica, mostra que o setor está interligado com outras áreas da economia portuguesa, e pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento de cadeias produtivas integradas e sustentáveis.

De acordo com os dados fornecidos pelo Banco de Portugal, 43% dessas empresas estão localizadas na região Norte do país, seguidas pela região Centro (33%) e pela área metropolitana de Lisboa (15,6%). As restantes empresas distribuem-se da seguinte forma: 4% e 1,8 no Alentejo e Algarve, respetivamente. Cada região autónoma de Portugal representa apenas 0,9%. Isso destaca a importância desse setor na balança comercial do país.

De forma mais discriminada, o Banco de Portugal publicou, em 2021, um relatório detalhado “Análise setorial da indústria metalomecânica”, onde avalia múltiplos indicadores económicos e financeiros. Numa caracterização global do setor, sabe-se que, ao todo, encontram-se registadas

10 600 empresas, representando um volume de negócios de 29153 milhões de euros, e cerca de 190 mil trabalhadores, tal como se pode verificar na Figura 10.

A evolução do número de empresas de metalomecânica em Portugal entre 2012-2021, atendendo à Taxa de Variação Anual (TVA), é representada na Figura 11. Estes valores são enquadrados com o número total de empresas registadas em Portugal em período homólogo, de forma a distinguir entre crises exclusivas do setor metalomecânico ou crises a nível nacional, resultando no fecho de empresas. Consta-se um aumento médio de 1.5% do número de empresas no setor metalomecânico para o período compreendido entre 2015-2021.

Em termos da divisão em classes de dimensão, e tal como no panorama nacional, onde 98% das empresas nas indústrias transformadoras são maioritariamente pequenas e médias empresas; o setor metalomecânico é essencialmente dominado por microempresas e pequenas empresas, perfazendo ao todo cerca de 93%. No entanto, 80% do volume de negócios é gerado pelas médias e grandes empresas que perfazem os restantes 7% das empresas.

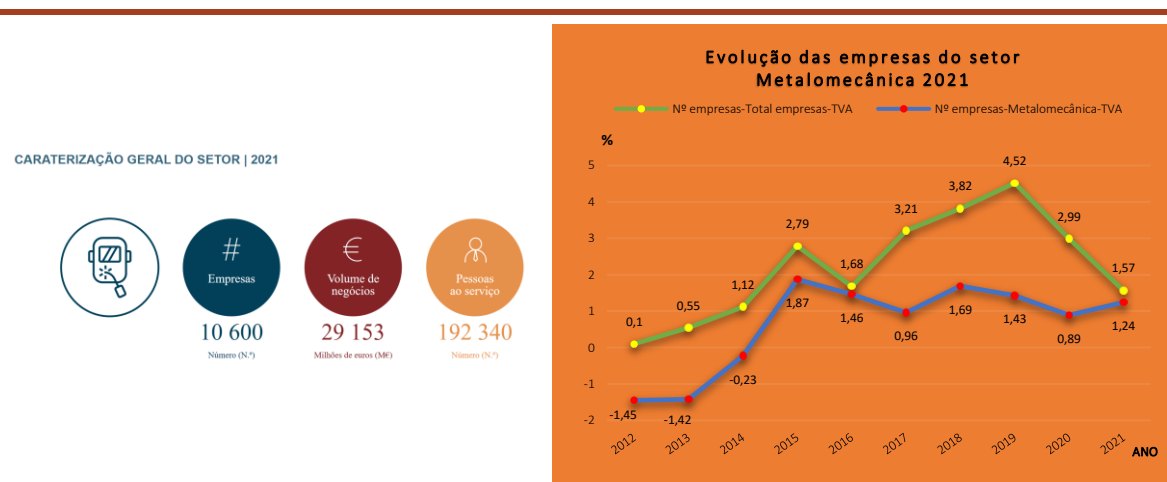


Figura 10 - Caracterização Geral do setor metalomecânico 2021 [33].

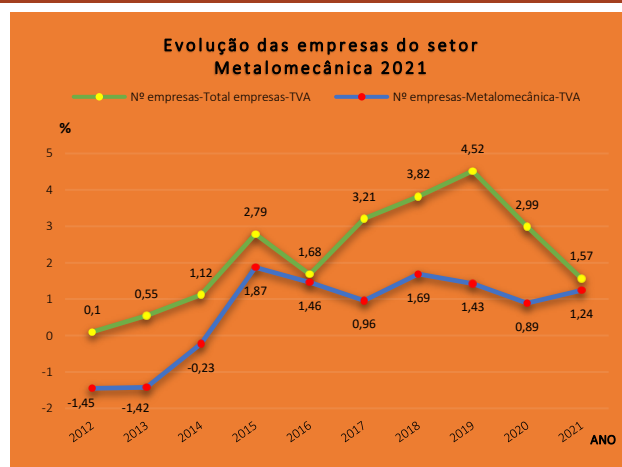


Figura 11 - Evolução do número de empresas de metalomecânica em Portugal entre 2012-2021 (adaptado) [33].

No que concerne ao número de trabalhadores, estes estão relativamente distribuídos de forma equitativa, à exceção das microempresas que apenas detêm aproximadamente 12% da força de trabalho. Estes dados encontram-se sintetizados na Figura 12.

Analisando os indicadores económicos e financeiros, observa-se que a maioria das empresas neste setor são micro e pequenas empresas. No entanto, as médias e grandes empresas geram a maior parte do volume de negócios. A distribuição de trabalhadores é relativamente equitativa, exceto pelas microempresas, que têm uma menor proporção da força de trabalho.

CLASSES DE DIMENSÃO | 2021

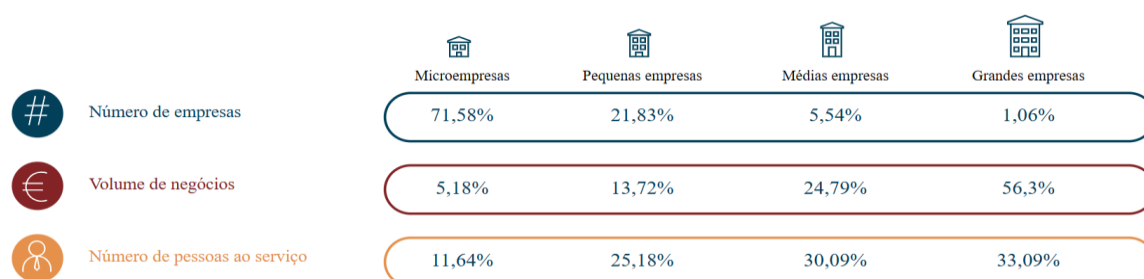


Figura 12 - Informação percentual de classes de dimensão de 2021 [33].

Uma rentabilidade dos capitais próprios de 12%, juntamente com uma taxa de EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization*) de 50,59%, pode ser interpretada como um bom resultado para a indústria metalomecânica em Portugal. A rentabilidade dos capitais próprios de 12%, indica que o setor está a obter um retorno satisfatório sobre o investimento realizado pelos seus acionistas. Por sua vez, o EBITDA de 50,59% indica que a empresa está a gerar uma margem operacional sólida, demonstrando um bom desempenho nas suas atividades principais, antes de considerar os efeitos de juros, impostos, depreciação e amortização. Contudo, é sempre aconselhável consultar especialistas financeiros ou utilizar análises comparativas para obter uma visão mais precisa da situação financeira e do desempenho da empresa. Estes dados resumidos graficamente na Figura 13.

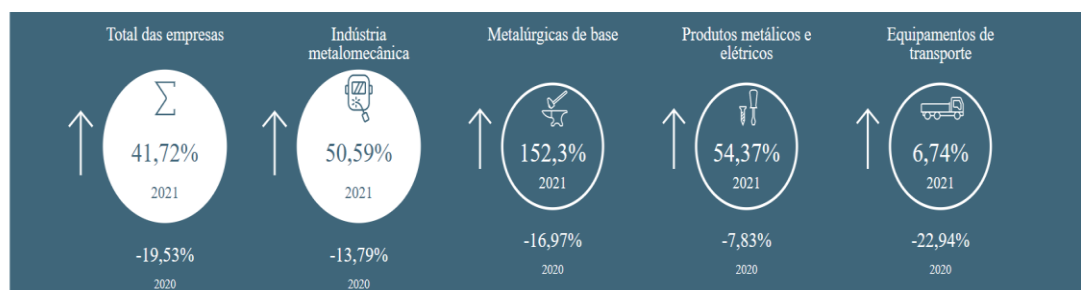


Figura 13 - Dados sobre a taxa de variação anual (EBITDA) 2021 [33].

Em suma, a indústria metalomecânica em Portugal tem sido um setor dinâmico e crucial para a economia do país, contribuindo para o emprego, exportações e desenvolvimento de cadeias produtivas. A sua resiliência e capacidade de adaptação serão fundamentais para enfrentar os desafios futuros e aproveitar as oportunidades emergentes, como a indústria 4.0 e a transição energética.

3.1.3. Desafios da Indústria Metalomecânica (distância ao centro da Europa, peso dos produtos, organização, competitividade, formação, etc.)

A indústria metalomecânica em Portugal enfrenta diversos desafios, e apesar dos desafios acima mencionados, é importante manter uma visão otimista em relação ao seu potencial de superação. A indústria metalomecânica em Portugal tem demonstrado resiliência e capacidade de adaptação, e diversas oportunidades podem impulsionar o seu crescimento e desenvolvimento.

Apesar de Portugal estar situado na periferia da Europa, a sua distância ao centro do continente pode ser vista como uma oportunidade para a indústria metalomecânica. A proximidade geográfica com outros países europeus permite estabelecer parcerias estratégicas e promover a colaboração em termos de logística e distribuição. A posição estratégica do país também proporciona acesso a mercados importantes e a participação em cadeias de abastecimento globais. Dessa forma, a indústria metalomecânica em Portugal pode tirar proveito dessa localização ao estabelecer parcerias comerciais, atrair investimentos estrangeiros e expandir a sua presença em mercados internacionais.

A organização desempenha um papel fundamental na superação de desafios e no impulsionamento do crescimento da indústria metalomecânica em Portugal. Através da promoção da colaboração entre empresas, estabelecendo parcerias estratégicas e compartilhando conhecimentos e recursos, é possível criar redes de cooperação e *clusters* industriais que estimulam a inovação [33,34] e o desenvolvimento conjunto de novas tecnologias, impulsionando a competitividade do setor como um todo.

Para enfrentar o desafio da competitividade, as empresas do setor devem adotar uma abordagem estratégica. Investir em pesquisa e desenvolvimento para promover a inovação tecnológica e buscar a excelência operacional com processos eficientes e uma gestão de qualidade rigorosa são caminhos que podem aumentar a competitividade dos produtos e serviços oferecidos pelas empresas da indústria metalomecânica [34,35].

Além disso, a formação e fixação de uma mão-de-obra qualificada é essencial para impulsionar o setor. Investir na capacitação dos profissionais, oferecendo programas de formação especializada [35] e estabelecer parcerias entre empresas e instituições de ensino, é crucial para desenvolver competências técnicas e tecnológicas avançadas. Dessa forma, os trabalhadores estarão preparados para atender à procura do mercado, impulsionando a produtividade e a inovação na indústria metalomecânica em Portugal.

Em poucas palavras, a indústria metalomecânica em Portugal enfrenta desafios relacionados à distância geográfica, peso dos produtos, organização, competitividade e formação de mão-de-obra qualificada. Superar esses desafios, requer esforços coletivos por parte das empresas, entidades governamentais e de outras partes interessadas, visando a promoção de soluções inovadoras, cooperação e investimentos estratégicos. Somente dessa forma será possível impulsionar o desenvolvimento e o crescimento sustentável desse setor crucial para a economia portuguesa.

3.2. *Lean Manufacturing (LM)*

O sistema de produção *Lean*, tal como é conhecido atualmente, foi influenciado por diversas filosofias e práticas, como o Fordismo, o Sistema de Produção *Just-in-Time* do Japão, e outras técnicas de gestão da qualidade. *Taiichi Ohno* teve um papel fundamental ao liderar a implementação desses princípios na Toyota e ao desenvolver metodologias específicas, como o sistema *Kanban* e o conceito de eliminação de desperdícios (*muda*). Assim, o LM é uma extensão dos conceitos e princípios do TPS (*Toyota Production System*), sendo, portanto, um modelo de gestão composto por filosofias que visam eliminar desperdícios ao longo da cadeia de produção, através da criação de metodologias para otimizar todo o processo produtivo. Atualmente, o LM é amplamente reconhecido como uma filosofia eficiente e em rápido crescimento em todos os setores de atividade [36,38].

Ao explorar e aprofundar os princípios e metodologias do LM, é possível destacar os benefícios obtidos com a sua implementação. Através da análise de estudos de caso e exemplos em diferentes setores industriais, é evidente que o LM promove eficiência operacional, redução de custos, melhoria da qualidade e satisfação do cliente. No entanto, também é importante reconhecer as limitações e desvantagens do *Lean*, como a necessidade de mudanças culturais e a complexidade da implementação.

Um dos principais pontos do sistema *Lean*, é a identificação dos desperdícios ao longo da cadeia de produção. *Ohno* identificou sete tipos de desperdício, como defeitos, produção excessiva, tempo de espera, transporte, movimento, processos inadequados e inventário excessivo. Esses desperdícios são eliminados ou reduzidos ao mínimo por meio de técnicas e ferramentas do *Lean*, contribuindo para a melhoria contínua dos processos.

Além disso, os colaboradores desempenham um papel fundamental no sucesso do *Lean*. Enquanto alguns autores e especialistas incluem o "talento não aproveitado" como um oitavo tipo de desperdício, é essencial reconhecer e valorizar as habilidades, conhecimentos e ideias dos colaboradores para otimizar as operações da empresa.

As metodologias presentes no LM não apenas identificam as causas dos desperdícios, mas também auxiliam na sua remoção por meio de princípios e diretrizes, promovendo a melhoria contínua dos processos e renovando, assim, a cadeia de produção [39-41]. Esses princípios e diretrizes são resumidos, na Figura 14, no que é conhecido como "Pensamento *Lean*" [43].

O pensamento *Lean* premeia todas as áreas da organização, desde a concepção dos produtos ou serviços, até a entrega final ao cliente. O foco principal é identificar o que agrega valor do ponto de vista do cliente, reconhecendo que a satisfação do cliente é essencial em todas as etapas do processo.

Para isso, o primeiro passo é identificar o valor real, seguido pelo acompanhamento da cadeia de valor. É crucial estabelecer um fluxo contínuo de valor e implementar um sistema em que a ativação desse sistema seja impulsionada pela necessidade do cliente (sistema "PULL"). Além disso, a busca pela perfeição é o último princípio do ciclo do Pensamento *Lean* [43].

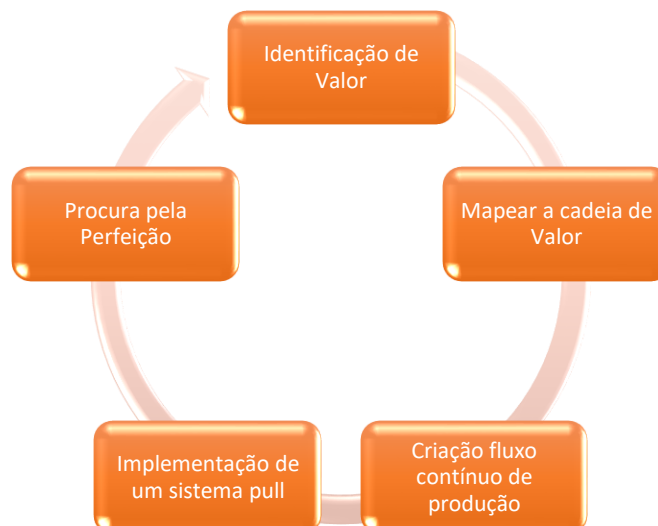


Figura 14 - Princípios do Pensamento *Lean* segundo *Womack and Jones* [43].

A filosofia LM concentra-se principalmente nos aspectos funcionais da empresa, ou seja, nas atividades de produção e transformação necessárias para criar valor, tanto para a empresa, quanto para o cliente. O seu objetivo é eliminar desperdícios, otimizar processos e maximizar a eficiência operacional.

Para implementar com sucesso a filosofia LM, é fundamental compreender e aplicar os seus princípios e elementos-chave. Isso requer um profundo conhecimento dos conceitos e metodologias *Lean*, bem como uma clara definição dos passos e abordagens necessários para a sua implementação. Ao seguir essas diretrizes, é possível alcançar uma melhoria contínua dos processos e obter os benefícios do *Lean* em termos de eficiência, qualidade e satisfação do cliente.

Em resumo, o LM, impulsionado pelas contribuições de *Taiichi Ohno* e influenciado por várias filosofias e práticas, é um modelo de gestão que visa eliminar desperdícios ao longo da cadeia de produção. Com os seus princípios e metodologias, busca-se otimizar todo o processo produtivo, alcançando eficiência operacional, redução de custos, melhoria da qualidade e satisfação do cliente. No entanto, a sua implementação pode exigir um investimento inicial significativo, resiliência para enfrentar a resistência à mudança e apostar na formação de habilidades para lidar com a complexidade das metodologias envolvidas. É importante avaliar as necessidades e recursos da empresa antes de decidir implementar as metodologias LM, procurando maximizar os seus benefícios e minimizar eventuais desvantagens.

3.2.1. *Toyota Production System (TPS)*

Uma das contribuições mais significativas para o desenvolvimento do TPS foi realizada por *Taiichi Ohno*, um engenheiro japonês da Toyota. *Ohno* desempenhou um papel fundamental ao identificar e eliminar desperdícios nos processos de produção. Durante uma visita aos Estados Unidos, ele teve a oportunidade de observar a eficiência da cadeia de abastecimento de supermercados, e percebeu a importância de eliminar desperdícios na produção em massa.

Com base nessa percepção, *Ohno* introduziu conceitos revolucionários no TPS, que se tornaram pilares da metodologia. Entre esses conceitos estão o fluxo contínuo, que visa eliminar interrupções e fluxos descontínuos na produção, permitindo um fluxo suave de materiais e informações; a produção puxada, em que a produção é baseada na procura real dos clientes, evitando a produção excessiva; o *takt time*, que define o ritmo ideal de produção para atender à procura do mercado; e o *kanban*, um sistema visual de controlo de *stock* que garante o fornecimento adequado de materiais sem excessos.

Embora o Sistema TPS tenha sido desenvolvido inicialmente na indústria automobilística pela Toyota, ao longo do tempo tornou-se uma abordagem versátil e aplicável em diversos setores da gestão empresarial dentro grupo. Os seus princípios e conceitos, como a busca pela eliminação de desperdícios, a melhoria contínua e o envolvimento dos funcionários em todas as etapas do processo, têm sido amplamente adotados e adaptados por empresas no mundo [44].

O TPS representa uma mudança de paradigma na gestão da produção, colocando ênfase na eficiência, qualidade e satisfação do cliente. A sua implementação requer uma cultura organizacional voltada para a excelência operacional, onde todos os colaboradores são incentivados a identificar e eliminar desperdícios, e a procurar constantemente a melhoria dos processos.

"It took Eiji Toyoda and Ohno more than twenty years of relentless effort to fully implement this full set of ideas- including just-in-time – within the Toyota supply chain. In the end they succeeded, with extraordinary consequences for productivity, product quality, and responsiveness to changing market demand." [42].

Por forma a sintetizar toda a informação e aprendizagem feita ao longo do tempo, Fujio Cho, discípulo de *Taiichi Ohno*, criou a "Casa TPS". A "Casa Toyota" é um conceito visual utilizado para ilustrar os principais elementos do TPS. Este conceito representa uma base sólida para alcançar uma produção eficiente e de alta qualidade. A "casa" é composta por dois pilares fundamentais: o *Just-in-Time* (JIT) e o *Jidoka* [45].

O pilar JIT está relacionado com a produção no momento certo, na quantidade certa, e com a qualidade adequada. O seu objetivo é eliminar desperdícios, reduzir os níveis de *stock* e atender às necessidades dos clientes de forma eficiente. O JIT é apoiado por elementos como fluxo contínuo, nivelamento da produção, produção puxada e tempos de ciclo curtos.

O pilar *Jidoka*, por sua vez, está ligado à automação com um toque humano. Ele enfatiza a importância de detetar problemas de qualidade e interromper a produção imediatamente, para resolvê-los. O *Jidoka* promove a autonomia dos colaboradores, que têm a responsabilidade de inspecionar e garantir a qualidade em cada etapa do processo [40,43].

Para além desses pilares, a Casa Toyota inclui também outros elementos essenciais, como a melhoria contínua (*kaizen*), o envolvimento dos colaboradores, a padronização dos processos e a resolução sistemática de problemas [40,45-46]. Todos os conceitos anteriormente descritos encontram-se sintetizados na Figura 15.

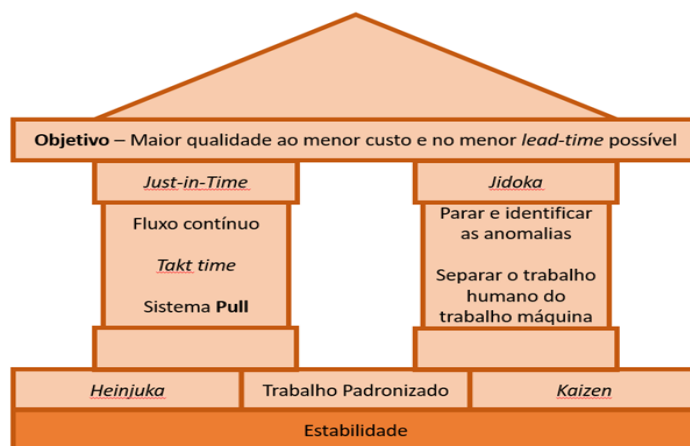


Figura 15 - Exemplo de Casa TPS (adaptado) [41]

No geral, a Casa Toyota representa um modelo de gestão que busca a excelência operacional, visando a produção eficiente, a redução de desperdícios e a garantia da qualidade em todas as etapas do processo. Através da implementação dos princípios do TPS, as organizações podem alcançar uma produção mais ágil, com maior eficiência e melhor atendimento às necessidades dos clientes.

No contexto da gestão empresarial em Portugal, o TPS tem sido reconhecido como uma abordagem valiosa para otimizar a produção, reduzir custos, melhorar a qualidade e aumentar a competitividade das empresas. A sua aplicação requer um cuidado gramatical e linguístico adequado para garantir uma compreensão clara dos conceitos e princípios do TPS, bem como a adaptação desses princípios à cultura e realidade empresarial do país.

Existem diferenças visíveis entre o LM e o TPS, que são importantes de destacar. Embora compartilhem princípios semelhantes, há distinções na aplicação e no escopo desses sistemas. O LM é uma filosofia de gestão que visa eliminar desperdícios e otimizar processos em todos os setores de atividade. Baseia-se nos princípios do TPS, mas tem uma abordagem mais ampla e genérica, podendo ser aplicado em diversas indústrias. Na Tabela 2 podemos observar um resumo e comparação entre o sistema TPS e *Lean* ao longo do tempo atendendo a vários para oito parâmetros: designer/apoiantes, objetivos, princípios, condição normal, foco da melhoria, método de ensino primário, objeto de interesse e resultado desejado.

Por outro lado, o TPS é um sistema de produção desenvolvido pela Toyota, com foco específico na fabricação de automóveis. Ele incorpora elementos como o *Jidoka* (automação com um toque humano) e a resolução sistemática de problemas, que são características distintivas do sistema da Toyota.

Outra diferença notável é que o TPS é mais orientado para a melhoria contínua dos processos de produção, com ênfase na padronização, qualidade total e envolvimento ativo dos funcionários. Já o LM abrange não apenas a produção, mas também áreas como logística, gestão de *stocks*, atendimento ao cliente e desenvolvimento de produtos.

Portanto, enquanto o TPS é uma implementação específica, desenvolvida pela Toyota, focada na produção de automóveis e com elementos próprios da gestão da empresa, o LM é uma filosofia de gestão mais abrangente, que se baseia nos princípios do TPS, mas, devido à sua ampla

versatilidade, pode ser aplicada em diferentes contextos e setores, visando a melhoria contínua, a eliminação de desperdícios e a maximização do valor para o cliente.

Tabela 2 - Comparação sistema TPS e *Lean* [48].

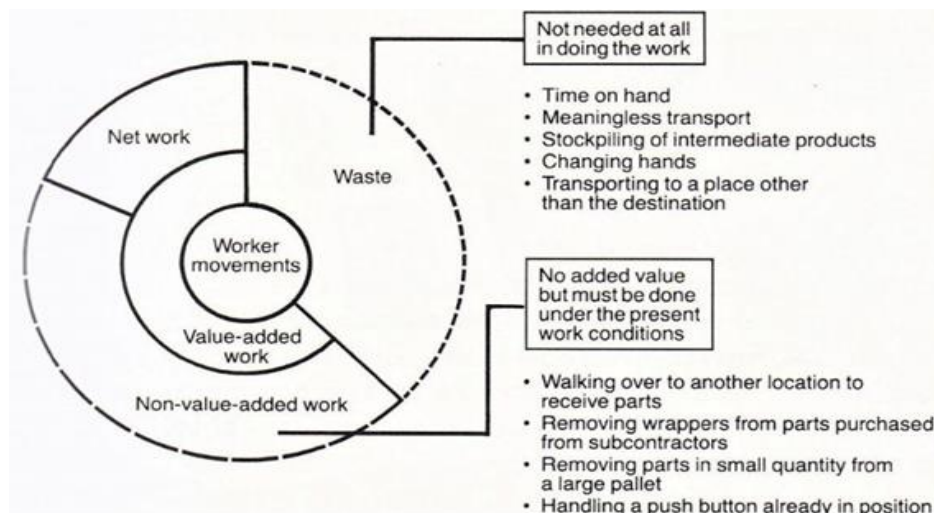
Método	TPS (1947)	LEAN Production (1988-1995)	LEAN Production (1996-2006)	LEAN Management (2007-2016)
Designer /Apoiantes	Engenheiros industriais	Engenheiros mecânico	Cientistas Sociais	Cientistas Sociais
Objetivos	Redução de custos Aumento de produtividade	Produtividade com qualidade	“Valor para o cliente”	Maximizar “Valor” para o cliente
Princípios	Melhoria continua Respeito pelas pessoas	Melhoria continua	Especificar valor Identificar o fluxo de valor Fluxo Sistema “Pull” Perfeição	Finalidade Processo Pessoas
Condição normal	Fluxo	Fluxo	Fluxo	Processos perfeitos
Foco da melhoria	Humanos	Características técnicas	Características técnicas	Tecnologia e pessoas
Método de ensino primário	<i>Genba Kaizen</i>	Líder de equipa	Formação	Formação e Genba
Objeto de interesse	Desperdícios Não conformidades Incoerência	Inventários	Atividades geradoras de valor	Atividades geradoras de valor
Resultado desejado	Satisfação continua do cliente	Alto desempenho da fábrica	Criação de riqueza	Criação de valor perfeito

3.2.2. Os oito desperdícios

Os Oito Desperdícios no LM são elementos ou atividades que não agregam valor ao produto ou serviço e afetam negativamente a eficiência e produtividade do processo. Eles incluem produção

excessiva, espera, transporte desnecessário, processos inadequados, *stock* em excesso, movimentação desnecessária, defeitos e habilidades subutilizadas. Identificar e eliminar esses desperdícios é fundamental para alcançar a excelência operacional.

Tanto o LM quanto o TPS consideram como desperdício qualquer atividade que não traga valor ao cliente. No entanto, reconhecem que alguns desperdícios são necessários no fluxo de valor, para permitir o desenvolvimento do produto e, por isso, não devem ser eliminados. Taiichi Ohno, em seu livro "Toyota Production System", identificou esses tipos de desperdícios, Figura 16.



Fonte: *Toyota Production System*, Taiichi Ohno, Productivity Press, 1988, p. 58

Figura 16 - Ciclo de produtividade.

Assim sendo, para identificar os desperdícios no processo, é fundamental ter percepção e compreensão de três problemas fundamentais. A tríade Muda, Mura e Muri representa os tipos de desperdícios presentes no fluxo de valor. Muda abrange todo o esforço que não agrega valor, Mura refere-se a atividades com variação desnecessária, e Muri indica atividades com sobrecarga. Esses conceitos estão interligados, e a eliminação de um tipo de desperdício pode levar à eliminação de outro.

Inicialmente, Ohno e Shingo [49,50] assinalaram sete "Mudas", como o embrião primário da criação de desperdícios. Embora a maioria das fontes e referências se concentre nos sete desperdícios tradicionais, existem correntes mais recentes e interpretações do *Lean* que reconhecem a importância do talento e das habilidades dos colaboradores como um ativo valioso nas organizações. Este desperdício diz respeito à falta de capacidade da empresa em reconhecer e enriquecer as aptidões de um colaborador, não aproveitando o seu conhecimento técnico, a sua criatividade e espírito crítico. Estes oito desperdícios são reconhecidos pelo acrônimo DOWNTIME [41].

Portanto, embora não seja amplamente reconhecido como um dos oito desperdícios no sentido estrito, o desperdício relacionado ao talento não aproveitado é considerado uma área de atenção dentro do contexto do *Lean*, especialmente nas abordagens mais contemporâneas que buscam promover uma cultura de melhoria contínua e engajamento dos colaboradores.

3.2.3. Ferramentas *Lean* com utilidade para este trabalho

As organizações modernas enfrentam constantes desafios para melhorar a sua eficiência operacional, reduzir custos e aumentar a satisfação dos clientes. Nesse contexto, a filosofia *Lean* tem-se destacado como uma abordagem eficaz para impulsionar a excelência operacional e promover a melhoria contínua dos processos. As ferramentas *Lean* desempenham um papel fundamental nessa busca por eficiência e qualidade, oferecendo uma série de técnicas e estratégias para otimizar as operações e eliminar desperdícios.

Serão analisadas ferramentas como o mapeamento do fluxo de valor (VSM), SMED, o 5S, entre outras, destacando as suas características, benefícios e formas de implementação. Essas ferramentas foram selecionadas com base na sua relevância e potencial de contribuição para este trabalho.

Ao compreender a utilidade dessas ferramentas *Lean*, espera-se que seja possível identificar oportunidades de melhoria nos processos em estudo, e implementar práticas que resultem em maior eficiência, produtividade e qualidade. Além disso, busca-se também explorar como essas ferramentas podem ser adaptadas e customizadas para melhor atender às necessidades específicas da UPI.

No final desta pesquisa, espera-se obter perspectivas valiosas sobre a aplicação das ferramentas *Lean* neste contexto específico, contribuindo para a literatura acadêmica e oferecendo orientações práticas para os colaboradores otimizarem os seus processos e alcançarem resultados superiores, promovendo assim a continuidade do processo.

3.2.3.1. 5S + Segurança

De uma forma simplista, pode-se definir a ferramenta “5S + Segurança” como um sistema de organização de espaços, com a finalidade de tornar o fluxo de trabalho eficaz e seguro. Mas, para além de simples, a ferramenta 5S é uma técnica de limpeza visual que prevê uma observância de cinco atividades: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, *Shitsuke* [37,50–52]. Recentemente, foi adicionado o parâmetro da Segurança. Este último, apesar de estar intrinsecamente ligado a todas as atividades anteriores, nas últimas décadas tem tido uma maior relevância e atenção, com o intuito de criar uma estação de trabalho funcional e efetiva, com segurança [37,52]. Estes conceitos são representados graficamente na Figura 17.

O uso desta ferramenta permite identificar e priorizar problemas que podem ser resolvidos, de modo a obter redução de *stock*, espaço e atrasos na produção; diminuir os tempos de *setup* e de procura por materiais e afins, expondo os problemas escondidos. Apresenta, também, como vantagem, um baixo custo de implementação e obtenção de resultados visíveis a curto prazo, que se prolongam no tempo através da conjugação de outras ferramentas igualmente benéficas. Contudo, é uma ferramenta que depende de aceitação por parte dos colaboradores.



Figura 17 - Atividades 5S + Segurança (adaptado) [38]

Em suma, 5S + Segurança é uma ferramenta catalisadora de melhorias contínuas, pois faz aumentar a moral e motivação das equipas, incrementar a produtividade, qualidade e diminuir problemas [8,53,54]. Como consequência, a equipa trabalha em conjunto para um bem comum, aumentando a produtividade e competitividade através da efetividade e melhoria da qualidade dos produtos e serviços com segurança.

A Tabela 3 apresenta uma síntese multicontextual da implementação da metodologia 5S + Segurança em diversos setores industriais.

Tabela 3 - Síntese multicontextual da implementação da metodologia 5S + Segurança em diversos setores industriais.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
"Implementation of 5S methodology in a Metalworking company" [56]	Este artigo, apresenta um conjunto de problemas observados numa célula de maquinaria endo, por objetivo, otimizar a célula de forma a aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios, tornando-a num local de trabalho mais seguro, os autores utilizam práticas 5S para o efeito.	Metalomecânica
"Analysis and Improvement of Processes in the Jewelry Industry" [57].	Este artigo tem como objetivo incentivar a implementação das ferramentas filosofia do <i>Lean Thinking</i> , e capacitar a empresa com padronizações de comportamentos que proporcionarão novas oportunidades à empresa, visando reduzir tempos perdidos e promover a melhoria contínua, aumentando também a satisfação dos clientes.	Joalharia

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials” [54]	O objetivo deste trabalho reside na implementação de metodologias <i>Lean</i> na gestão de materiais consumíveis nas oficinas de manutenção de uma empresa industrial, ajustando/reduzindo o volume de materiais e reorganizando sua disposição. Este artigo demonstra que a aplicação de metodologias <i>Lean</i> representa uma abordagem simples e económica, que produz resultados vantajosos e facilita as atividades diárias tanto para os trabalhadores quanto para as empresas.	Metalomecânica

3.2.3.2. SMED - Single Minute Exchange of Die

O método *Single Minute Exchange of Die* (SMED) foi desenvolvido por *Shigeo Shingo* durante o final da década de 50 e inícios dos anos 1960 [45,46]. Trata-se de uma ferramenta *Lean* de grande importância, uma vez que sua implementação permite reduzir o tempo de *setup* de uma máquina, aumentando assim a sua produtividade e, consequentemente, reduzindo os custos de produção.

O princípio fundamental do SMED é converter atividades internas em atividade externas durante o processo de preparação (*setup*) da fabricação de um produto para outro num mesmo equipamento [46,55–57]. As atividades internas são aquelas que só podem ser realizadas com a máquina parada, como montagem, desmontagem, testes e ajustes de posição. Por outro lado, as atividades externas são aquelas que podem ser executadas enquanto a máquina está em funcionamento, como o corte de aparas de chapa ou a limpeza. As diferentes fases e técnicas da metodologia SMED são descritas na Figura 18.

No entanto, vale a pena ressaltar que o SMED possui uma limitação, o seu sistema de estudo considera apenas a interação entre o Homem e a Máquina, sem contemplar todo o sistema de produção. Além disso, é necessário possuir um sólido conhecimento das características técnicas dos equipamentos, ferramentas e processo produtivo, para uma implementação eficiente do SMED [59–61].

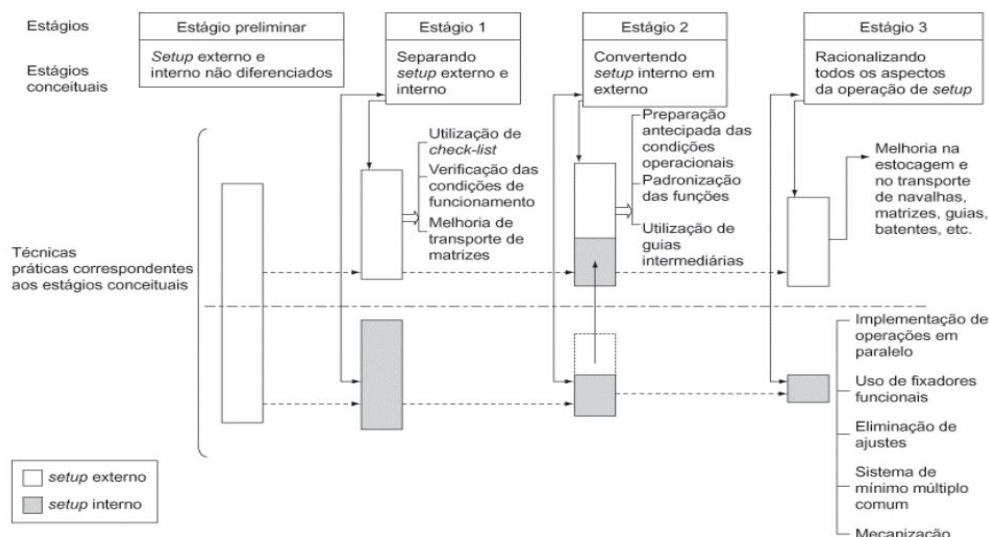


Figura 18 - Fases e técnicas da metodologia SMED [64].

A Tabela 4 apresenta um resumo de diversos artigos científicos relacionados com a aplicação da ferramenta SMED em diferentes contextos industriais. Os artigos abordam desde a indústria automóvel até a produção de cortiça, destacando a procura por eficiência operacional, redução de tempos de configuração de máquinas e melhorias ergonômicas. Cada entrada na tabela representa um artigo específico, oferecendo uma perspectiva sobre os desafios enfrentados, as metodologias aplicadas e os resultados obtidos. Esta compilação oferece uma visão ampla das aplicações concretas da metodologia SMED em diversos ambientes de produção, destacando sua relevância na otimização de processos e no compromisso com a melhoria contínua.

Tabela 4 - Síntese multicontextual da implementação da metodologia SMED em diversos setores industriais.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
<i>“A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends”</i> [5].	Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o SMED, efetuando uma pesquisa entre 2007 e 2018 em diversas áreas científicas, especialmente em engenharia e gestão. Os autores concluíram que nos anos recentes a ferramenta SMED tem ganho notoriedade mostrando que a maioria das publicações ocorreram entre 2012 e 2017 e que casos de estudo representam 72.8% do número total de publicações. Adicionalmente os autores concluem também que 21.6% de todos os casos considerados focam-se na indústria automóvel.	Diversificada

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
<i>“Optimization of the cold profiling process through SMED”</i> [15].	O artigo descreve um projeto de implementação da metodologia SMED no processo de perfilagem a frio, abrangendo cinco máquinas de perfilagem distintas. Os resultados da implementação do SMED revelam uma melhoria média de 10,8% na Eficiência Global dos Equipamentos (OEE).	Metalomecânica
<i>“Implementation of SMED in a cutting line”</i> [65].	Este estudo foi conduzido numa empresa de cortiça especializada na produção de pavimentos flutuantes, com o objetivo de reduzir em 15% o tempo necessário para mudanças de séries numa linha de corte. Utilizando a metodologia de investigação-ação, o processo envolveu cinco fases. Os resultados na linha de corte foram muito positivos, evidenciando um aumento de 2 minutos na troca, mas realizada por apenas dois trabalhadores em vez de três, como inicialmente.	Metalomecânica (Indústria da cortiça)
<i>“SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry”</i> [66].	A indústria automóvel encontra-se em constante evolução sendo cada vez mais exigente e exigindo uma maior disponibilidade de equipamento para responder eficientemente às solicitações dos clientes. Este trabalho concentra-se em aumentar a disponibilidade de uma máquina de estampagem profunda com um longo tempo de configuração, visando reduzir o tempo médio de configuração em 20%.	Indústria Automóvel
<i>“A Comparison of the Application of the SMED Methodology in Two Different Cutting Lines”</i> [67]	O objetivo deste trabalho foi de reduzir o tempo de configuração das máquinas de formação final em 20%, e consequentemente aumentar a capacidade de produção e o OEE. Para alcançar este objetivo, foram utilizadas metodologias de melhoria, nomeadamente a metodologia SMED e o Trabalho Padronizado.	Metalomecânica (Indústria da cortiça)

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
<i>“Applying SMED methodology in cork stoppers production”</i> [59]	O método seguido neste trabalho foi o estudo e recolha de informações sobre a filosofia de produção <i>Lean</i> e a sua aplicação na indústria da cortiça. As condições de trabalho da máquina de montagem também foram analisadas para encontrar oportunidades de melhoria. A ferramenta SMED foi aplicada para reduzir o tempo de inatividade, conseguindo uma redução de 43% no tempo total de mudança.	Metalomecânica (Indústria da cortiça)
<i>“Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area”</i> [68]	O objetivo deste estudo é comprovar que é possível reduzir o tempo de configuração e melhorar as condições ergonômicas ao mesmo tempo, através da ferramenta SMED e do aumento das condições ergonômicas. O tempo de configuração foi reduzido em 46% e o risco de DME (Distúrbios Musculoesqueléticos) também diminuiu.	Metalomecânica

3.2.3.3. VSM - *Value Stream Mapping* (Mapa do Fluxo de Valor)

O *Value Stream Mapping* (Mapa do Fluxo de Valor) é uma ferramenta do LM que visa diagnosticar e visualizar todas as informações relacionadas com a cadeia de produção de um produto ou serviço. Essencialmente, trata-se de um método de fluxograma que utiliza símbolos específicos para representar os diversos fluxos de trabalho e de informações.

A compreensão do fluxo de valor em toda a cadeia produtiva, combinada com o conhecimento das ferramentas *Lean*, permite identificar onde o valor está a ser agregado de forma eficaz, e onde estão localizados os gargalos, atrasos e desperdícios. A aplicação das ferramentas *Lean*, especialmente o VSM, oferece uma vantagem significativa, pois permite visualizar não apenas as fontes de desperdício, mas também identificar oportunidades de melhoria.

Uma vez identificadas essas oportunidades de melhoria, a empresa pode priorizar ações para corrigir os problemas identificados e até mesmo estabelecer melhorias rápidas e de baixo custo, conhecidas como *Quick Wins*, que podem ser implementadas de forma ágil e pontual. Essas melhorias iniciais contribuem para criar um impulso positivo e aumentar a motivação da equipa no processo de implementação mais abrangente da filosofia *Lean*, resultando em uma empresa mais eficiente, eficaz e focada no cliente, capaz de se adaptar às necessidades do mercado em constante mudança.

Em resumo, a aplicação da ferramenta VSM, em conjunto com outras ferramentas *Lean*, proporciona à empresa uma visão clara e estratégica de todo o processo produtivo, permitindo a identificação de oportunidades de melhoria e ampliando a satisfação do cliente.

A Tabela 5 sintetiza artigos com foco na implementação da metodologia VSM em diversos setores industriais. Os exemplos são vários como a análise dos processos de serviço de manutenção em aeronaves, utilizando o VSM e outras ferramentas para reduzir custos associados. O explorar da melhoria contínua, em termos de eficiência, em estabelecimentos de transfusão sanguínea, destacando a importância de esforços constantes para aprimorar a qualidade, satisfação do pessoal e eficiência. Propõe uma abordagem baseada no PDCA de *Deming* para estudos de E-VSM, evidenciando resultados positivos em eficiência de processos na indústria de metalurgia. E ainda apresenta um estudo onde conclui que a implementação das melhorias propostas pela ferramenta VSM pode ser benéfica para micro, pequenas e médias empresas indianas, resultando em mudanças significativas para melhorar a produtividade.

Tabela 5 - Síntese multicontextual da implementação da metodologia VSM em diversos setores industriais.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
<i>"Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company"</i> [69].	Este artigo propõe diversas ferramentas <i>lean</i> , destacando as melhorias alcançáveis com cada equipamento recomendado. O objetivo principal é servir como guia de suporte para organizações que pretendam iniciar sua jornada <i>Lean</i> .	Metalomecânica
<i>"Enhancing Aircraft Maintenance Services: a VSM Based Case Study"</i> [70]	O artigo destaca a importância de analisar os processos de serviço relacionados com a manutenção, para minimizar o tempo de resposta. Utilizando a ferramenta do VSM e outras ferramentas, o objetivo é reduzir os custos associados aos serviços de manutenção em aeronaves.	Indústria aeronáutica
<i>"Méthodes d'amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusion sanguine: Lean manufacturing, VSM, 5S"</i> [71]	A melhoria contínua da eficiência nos estabelecimentos de transfusão sanguínea e as novas expectativas dos clientes e dos colaboradores implicam esforços constantes de melhoria organizacional. Os retornos desses esforços mostram que esses métodos permitem melhorar o processo e o ambiente de trabalho do ponto de vista de sua qualidade, satisfação do pessoal e a eficiência.	Serviços
<i>"A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM)"</i> [72].	Propõe-se uma abordagem baseada no PDCA de <i>Deming</i> para estudos de E-VSM, destacando resultados positivos em eficiência de processos em um caso de estudo de mineração.	Indústria de metalurgia e materiais

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
<i>“Materials and Information Flow Analysis and Optimization of Manufacturing Processes in MSMEs by the Application of Value Stream Mapping (VSM) Technique”</i> [73]	Após aplicar o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) em indústrias diversificadas, observou-se que a implementação das melhorias propostas pode resultar em mudanças significativas para melhorar a produtividade. O estudo conclui que o mapeamento do fluxo de valor pode ser benéfico para as micro, pequenas e médias empresas indianas.	Diversificada
<i>“Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies”</i> [74].	Alcançar a sustentabilidade na produção exige uma visão holística que abrange o design do produto, os processos de fabricação, os sistemas de produção e toda a cadeia de abastecimento. Tal abordagem é essencial para garantir que os objetivos econômicos, ambientais e sociais da sustentabilidade sejam alcançados. O VSM é uma ferramenta importante utilizada na LM para identificar e visualizar desperdícios.	Metalomecânica

Na continuação do que foi previamente abordado, a Tabela 6 apresenta os desperdícios *Lean* mais comuns e as suas respectivas descrições de impacto no fluxo de valor. Além disso, são fornecidas estratégias de melhoria para mitigar esses desperdícios, visando a maximização da eficiência e eficácia dos processos produtivos. A aplicação dessas estratégias permite eliminar ou reduzir os desperdícios, promovendo uma cultura de melhoria contínua.

Tabela 6 - Desperdícios *Lean*, Estratégias de Melhoria e Conexão com o VSM.

Desperdício <i>Lean</i>	Impacto no VSM	Descrição do Impacto	Possíveis Ações de Melhoria
Produção excessiva	Identificado como excesso de <i>stock</i> e tempo de espera prolongado no VSM	Aumenta os custos de armazenamento e aumenta os tempos de espera entre as etapas do processo	Implementar a produção “push”, nivelamento de produção (Heijunka) e reduzir tempos de <i>setup</i> (SMED) para permitir produção em lotes menores e mais frequentes
Espera	Tempo de espera entre as etapas do processo, que é evidenciado no VSM	Aumenta o <i>lead time</i> e diminui a eficiência do fluxo de valor	Identificar e eliminar gargalos e tempos de espera, realocar recursos e implementar fluxos contínuos e sincronizados

Desperdício <i>Lean</i>	Impacto no VSM	Descrição do Impacto	Possíveis Ações de Melhoria
Transporte desnecessário	Fluxos de transporte ineficientes são destacados no VSM	Aumenta o <i>lead time</i> e o custo do transporte	Otimizar a disposição física, utilizar zonas de trabalho ou linhas compactas, e implementar sistemas de transporte interno eficientes
Processos inadequados	Ineficiências nos processos são identificadas e mapeadas no VSM	Resulta em produção excessiva e baixa qualidade do produto ou serviço	Analisar e eliminar atividades que não agregam valor, padronizar processos e implementar sistemas de qualidade
Stock em excesso	Excesso de <i>stock</i> é representado no VSM	Aumenta os custos de armazenamento e pode levar à obsolescência	Implementar <i>Just-in-Time</i> , utilizar sistemas <i>kanban</i> e práticas de gestão de <i>stock</i>
Movimentação desnecessária	Movimentações desnecessárias são visualizadas no VSM	Aumenta o tempo de ciclo e cria desperdício no fluxo de valor	Reorganizar o <i>layout</i> , utilizar zonas de trabalho ou linhas compactas, e sistemas de armazenamento próximo ao ponto de uso
Defeitos	Defeitos e produção excessiva são identificados no VSM	Afeta a qualidade do produto ou serviço e aumenta o tempo de ciclo	Implementar sistemas de qualidade, estabelecer padrões de trabalho e realizar formações
Talento	Falta de utilização plena das habilidades dos colaboradores é destacada no VSM	Resulta na subutilização do potencial humano e perda de oportunidades de melhoria	Promover uma cultura de aprendizagem, envolver os colaboradores, e realizar ações de formação

3.2.3.4. *Standard Work*

A ferramenta *Standard Work* é utilizada para criar procedimentos simples e esclarecedores, de forma a simplificar as operações realizadas pelos colaboradores e as instruções de manuseamento de máquinas. O objetivo desta ferramenta passa pela padronização do processo produtivo, onde todas as tarefas são definidas de maneira clara e objetiva, com o propósito de facilitar o trabalho e garantir a sua execução consistente e com qualidade.

A ferramenta *Standard Work* é baseada em três elementos-chave que ajudam a garantir a eficácia e eficiência dos processos, contribuindo para uma cultura de melhoria contínua. Estes elementos são o *Takt Time*, a sequência de trabalho e o *Standard Work In Process* (SWIP).

O *Takt Time* é a taxa de produção necessária para atender à procura do mercado sendo descrito pela Eq. (1). É o tempo disponível para a produção, dividido pela procura do mercado. Ao definir o *Takt Time*, é possível determinar a quantidade ideal de trabalho a ser realizada num período de tempo, garantindo que a produção esteja alinhada com a procura.

$$\textbf{Takt Time = Tempo Disponível / Volume de Produção Necessário} \quad \textbf{Eq. (1)}$$

A sequência de trabalho define a ordem em que as tarefas devem ser executadas, garantindo que as atividades sejam realizadas de forma lógica e eficiente, contribuindo para a diminuição de atrasos, paragens e desperdícios.

O SWIP é um indicador que define o nível de trabalho em produção para cada etapa do processo produtivo, tendo em conta a procura do cliente e o tempo de ciclo da produção. Permite um controlo adequado da produção sobre o fluxo de trabalho, ajuda a garantir que não haja sobrecarga da equipa e evita a sobreprodução, o que levaria a um aumento de custos e atrasos. O cálculo adequado deste indicador é importante para otimizar o fluxo de valor da produção, garantindo que os produtos sejam entregues no prazo e com qualidade, sem acumulação desnecessária de inventário em processamento. Deste modo, o tempo de ciclo é descrito conforme a Eq. (2).

$$\textbf{Tempo de Ciclo = Tempo Disponível / Número de Unidades Produzidas} \quad \textbf{Eq. (2)}$$

A padronização do trabalho utilizando a ferramenta *Standard Work* não significa que os processos estejam congelados num único formato e que não possa haver melhorias. Na verdade, a padronização permite que a equipa trabalhe para um objetivo, e ao mesmo tempo compartilhe conhecimento e experiências, conseguindo assim uma sinergia mais efetiva, garantindo uma melhoria contínua dos processos.

Com estes elementos em mente, a equipa pode criar procedimentos simples e esclarecedores para garantir que as operações sejam realizadas de maneira padronizada, eficiente e eficaz. Ao fazer isso, a equipa pode estabelecer uma mentalidade de melhoria contínua, sempre em busca de modos para aprimorar os processos e garantir a satisfação do cliente.

Além disso, a padronização do trabalho utilizando esta ferramenta também ajuda a acabar com o estigma do "Fez-se sempre assim, para quê mudar!?", pensamento que pode levar à estagnação e impedir o processo contínuo de melhoria. Ao ter um processo documentado e padronizado, a equipa pode identificar áreas para melhorias e implementá-las com confiança, sabendo que estão a trabalhar dentro das diretrizes estabelecidas, e que a sua contribuição será valorizada.

A Tabela 7 apresenta três estudos na indústria automóvel, todos focados na padronização e otimização da produção. O primeiro aumentou a produção de cabos de controlo em 43%. O segundo destacou a padronização, resultando em um aumento de 16% na Eficiência Global dos Equipamentos. O terceiro melhorou a qualidade e produtividade nas linhas de montagem de

cabos de aço usando metodologias *Lean* e PDCA. Esses estudos evidenciam estratégias eficazes para melhorar a eficiência e criar valor na produção automotiva.

Tabela 7 - Estudos de otimização com a ferramenta Standard Work.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Establishing Standard Methodologies To Improve The Production Rate Of Assembly Lines Used For Low Added-Value Products” [75].	O caso de estudo em questão tem como objetivo otimizar o processo de produção de uma linha de montagem dedicada ao fabrico de cabos de controlo para a indústria automóvel. As soluções implementadas permitiram um aumento de 43% na produção da linha, alinhando-a com os valores previstos no orçamento.	Indústria Automóvel
“Standardization and optimization of an automotive components Production” [76].	Os objetivos principais foram padronizar operações, reduzir ou eliminar atividades sem valor acrescentado, aumentar a produtividade e associar a melhoria contínua aos processos para eliminar desperdícios. Houve também um aumento na produtividade e eficiência tanto das máquinas como dos trabalhadores. Devido à eliminação de desperdícios e criação de valor, do ponto de vista do cliente, conseguiu-se elevar a média geral de OEE em 16%, passando de 70% para 86%.	Indústria Automóvel
“Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry” [47]	Este estudo foi desenvolvido para aprimorar as linhas de montagem dos cabos de aço usados para controlar algumas funções básicas em carros, como a elevação dos vidros das portas, entre outras. Ao aplicar metodologias <i>Lean</i> e PDCA baseadas num plano de ação, foi possível garantir a implementação de soluções desenvolvidas, assim como os processos subsequentes, registrando-os para referência futura. Este estudo teve um impacto significativo no aumento da eficiência do desempenho.	Indústria Automóvel

Por todas estas razões, a ferramenta *Standard Work* é uma ferramenta importante do LM, que permite simplificar os procedimentos e instruções para os colaboradores, aumentar a eficiência do processo e garantir a qualidade e a conformidade com os padrões relevantes.

No entanto, para garantir a qualidade do produto, é necessário ir além da sequência de trabalho padronizado. É igualmente importante definir padrões de qualidade para cada etapa do processo, e garantir que os membros e líderes de equipa estejam treinados e capacitados para atingir esses padrões [75].

O uso de ferramentas da qualidade, como o Controlo Estatístico do Processo (CEP), que permite a visibilidade, a revisão e ação em todas as etapas importantes do processo, e o plano de controlo do processo, que cria ciclos de informação, permite realizar ações para garantir que o processo esteja em controlo permanente. Um plano de produção define as metas de produção, os recursos necessários e o cronograma geral, juntamente com todas as etapas envolvidas na produção e suas dependências.

Esta ferramenta permite a alteração de equipamentos, materiais, ou mesmo taxas de produção, sem comprometer a qualidade do processo. É também importante para monitorizar a qualidade do produto e tomar medidas corretivas quando necessário [75].

3.2.3.5. Visual Management

A Gestão Visual, enquanto conceito, diz respeito à utilização visual de informações, ferramentas e indicadores com o propósito de facilitar a compreensão, comunicação e controlo nos contextos organizacionais. Originária de filosofias como LM, esta abordagem vai para além do simples recurso a gráficos e quadros, integrando-se como uma filosofia na cultura organizacional.

Desta maneira, podemos considerá-la um método para transmitir visualmente informações importantes em tempo real, configurando-se como um sistema de gestão visual que permite comunicar rapidamente sem que sejam necessárias instruções escritas e sujeitas a interpretações. Esta ferramenta elimina desperdícios de tempo na procura da informação e em questões de segurança. A utilização desta ferramenta reduz comportamentos de risco e condições de trabalho inseguras [77].

A transparência das informações, a visibilidade do estado atual das operações e o estímulo à participação ativa dos colaboradores são pilares que sustentam esta ferramenta. Estes princípios, quando incorporados de forma consistente, fomentam uma compreensão compartilhada dos objetivos organizacionais.

O Visual Management é materializado por meio de uma série de ferramentas e técnicas que transformam dados em informações visualmente acessíveis. Quadros *Kanban*, gráficos de *Gantt*, painéis de controle e outras representações visuais são instrumentos essenciais neste processo.

A Tabela 8 apresenta uma seleção de publicações relacionadas com a gestão visual e eficiência na indústria. Cada publicação aborda tópicos específicos, desde o design de painéis de desempenho até a gestão de recursos de fabrico e avaliação ergonómica. Esses estudos são relevantes para diferentes setores, incluindo metalomecânica, gestão de projetos e indústria automóvel. Essas pesquisas demonstram a importância da visualização e do uso de ferramentas eficazes na melhoria da produtividade e da qualidade.

Tabela 8 - Publicações de inovações na Gestão Industrial: Uma Visão Abrangente.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Designing manufacturing dashboards on the basis of a Key Performance Indicator survey” [78]	A disponibilização de informações orientadas para metas e em tempo real em todos os níveis hierárquicos, desde o chão de fábrica até o topo, é um fator crucial para o sucesso das empresas metalomecânicas, facilitando a produção eficiente. Os resultados destacam que diferentes Key Performance Indicators (KPI's) são preferidos para painéis em diferentes níveis hierárquicos e que o uso móvel de painéis, especialmente em tablet computadores, é favorecido.	Metalomecânica
“Visual management in mid-sized construction design projects” [79]	Apesar de não ser amplamente conhecido na indústria da construção, reconhece-se a importância da visualização. No design de construção, são frequentemente aplicados dois tipos de meios visuais: modelos 3D e planeamento visual. Este artigo tem como objetivo explorar como os meios visuais apoiam o design em termos de coordenação e como utilizam o potencial existente numa equipa de design multidisciplinar.	Gestão de projetos
“New easy to use postural assessment method through visual management” [80]	A ergonomia de uma estação de trabalho manual precisa ser cuidadosamente monitorizada, não apenas para cumprir a legislação, mas, acima de tudo, para garantir um elevado nível de produtividade do sistema a médio prazo. O objetivo deste estudo foi desenvolver e testar uma nova ferramenta de avaliação postural fácil de usar e sua eficácia num sistema de montagem de componentes de automóveis.	Indústria Automóvel

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Visual management system to manage manufacturing resources” [77]	Esses sistemas inteligentes de produção irão além dos meios tradicionais de colaboração para levar as empresas de bom a excelente. Neste estudo, foi desenvolvido um sistema de gestão visual para pesquisa em gestão de recursos para o <i>Stellenbosch Technology Centre's Laboratory for Advanced Manufacturing</i> (STC-LAM).	Metalomecânica

3.2.3.6. Diagrama de Esparguete

O diagrama de esparguete revela utilidades específicas tanto na metodologia de AR como no âmbito do LM. Este tipo de diagrama destaca-se por ser uma representação gráfica dos movimentos físicos envolvidos num processo específico. A escolha do termo "esparguete" deriva da sua analogia com os fios entrelaçados de uma massa de esparguete, sugerindo a complexidade ou entropia dos movimentos.

Na ótica da metodologia de AR, este é um instrumento visual que pode envolver ativamente os membros da organização no processo de análise, sendo esta uma premissa importante na metodologia AR. A representação destes movimentos no diagrama de esparguete proporciona uma compreensão valiosa, mais assertiva e contextualizada do processo em questão. Esta análise de movimentos pode, igualmente, contribuir para a identificação de ineficiências operacionais, tornando as decisões subsequentes informadas e de conteúdo valioso para as fases seguintes.

Por sua vez, na abordagem *Lean*, o diagrama de esparguete revela-se bastante útil na eliminação de desperdícios, uma vez que possibilita a identificação de movimentos desnecessários, frequentemente representativos de perdas de tempo e recursos. Ao avaliar estes recursos como parte integrante do fluxo de trabalho através do diagrama de esparguete, é possível otimizar o fluxo de materiais, pessoas ou informações. Esta prática alinha-se diretamente com os princípios *Lean* de criar fluxos contínuos e eficientes.

Em resumo, o diagrama de esparguete constitui uma ferramenta versátil que, quando integrada nas metodologias de AR e LM, pode ser aplicada para analisar, melhorar e otimizar processos de forma participativa e eficaz. Uma síntese de publicações onde o diagrama de esparguete é utilizado em diversas indústrias alvo encontra-se compilada na Tabela 9.

Tabela 9 - Síntese multicontextual da implementação do diagrama de esparguete em diversos setores industriais.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Improving efficiency in a hybrid warehouse: a case” [81]	A redefinição de espaços e fluxos internos, aliada à implementação de ferramentas <i>Lean</i> , resultou em melhorias significativas, incluindo redução de rotatividade de pessoal	Indústria Automóvel

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
	(50%), diminuição do tempo de verificação e preparação de pedidos (cerca de 75 minutos por preparação) e condições de trabalho aprimoradas para os colaboradores.	
“Dynamic Spaghetti Diagrams. A Case Study of Pilot RTLS Implementation” [82]	Os diagramas de esparguete são amplamente utilizados como ferramentas de melhoria no contexto do LM. Contudo, desenhar um diagrama de esparguete é demorado, e o diagrama é estático, não refletindo a dinâmica dos sistemas logísticos. Foi proposto um sistema de localização em tempo real para superar esta limitação, com um estudo de caso piloto apresentado.	Logística
“Application of spaghetti chart for production process streamlining. Case study” [83]	Este artigo apresenta os resultados de um processo de melhoria realizado num processo de soldadura. A reorganização do local de trabalho aplicada permitiu a limitação dos movimentos excessivos dos funcionários no local. Para realizar uma comparação, foram confrontados os estados "antes" e "depois" da introdução das mudanças de melhoria.	Metalomecânica
“Application of LEAN approaches and Techniques in an Automotive” [84]	Este artigo aplica abordagens e técnicas <i>Lean</i> numa empresa da indústria automóvel. Utilizando a metodologia de AR, o trabalho visa diagnosticar o sistema de produção e implementar procedimentos da filosofia <i>Lean</i> para otimizar o Mizusumashi que abastece diversas seções de produção, incluindo injeção de plástico, corte e pintura.	Indústria Automóvel

“Implantação do programa 5S em uma fábrica de vassouras de garrafa PET a partir do Diagrama Esparguete” [85]

O trabalho objetiva descrever os resultados alcançados ao aplicar o Programa 5S e o Diagrama de Esparguete em um evento Kaizen, numa pequena empresa de fabrico de vassouras de garrafa PET. Os resultados incluem mudanças no *layout* da indústria e a implementação dos princípios do Programa 5S, que reduziram a movimentação dos colaboradores e aumentaram a satisfação com o ambiente de trabalho.

Metalomecânica

3.2.3.7. OEE - *Overall Equipment Efficiency* (Eficácia Global do Equipamento)

O *Overall Equipment Efficiency (OEE)*, ou em português a Eficácia Global do Equipamento, é um sistema de avaliação e quantificação do tempo de produção planeado que é verdadeiramente produtivo, sendo considerado um indicador chave. Este sistema concentra-se em identificar e abordar seis grandes perdas descritas na Figura 19. Estas perdas afetam a eficiência geral dos equipamentos na linha de produção.



Figura 19 - Perdas na eficiência dos equipamentos.

Essas perdas estão diretamente relacionadas aos três fatores utilizados no cálculo do índice OEE: disponibilidade, desempenho e qualidade, conforme descrito pela Eq. (3). A disponibilidade demonstra a percentagem de tempo em que o equipamento está efetivamente disponível, permitindo avaliar as perdas decorrentes de paragens por falha do equipamento ou tempos de *setup* exagerados. O desempenho quantifica as perdas relacionadas a paragens não planeadas e flutuações de velocidade na produção, refletindo a real capacidade de produção do equipamento.

A qualidade está relacionada com as perdas decorrentes da produção excessiva, ou produção de componentes desnecessários.

$$OEE = (Disponibilidade) \times (Desempenho) \times (Qualidade) \quad \text{Eq. (3)}$$

O OEE é calculado multiplicando a disponibilidade, pela eficiência e pela qualidade dos equipamentos. A disponibilidade é calculada como o tempo de produção real dividido pelo tempo de produção total planeado. A eficiência, designada por desempenho, é calculada como o tempo de produção real dividido pelo tempo de produção disponível. A qualidade é calculada como o número de unidades produzidas sem defeitos, dividido pelo número total de unidades produzidas.

Em resumo, o OEE é um sistema de avaliação que se concentra nas seis grandes perdas que afetam a eficiência dos equipamentos na linha de produção. Auxilia as empresas na identificação das áreas problemáticas e na implementação de melhorias, para aumentar a eficiência geral dos equipamentos e, conseqüentemente, a produtividade.

A Tabela 10 sintetiza publicações onde o OEE é utilizado em diversos setores industriais, servindo como base para discussão no momento de análise dos resultados.

Tabela 10 - Síntese multicontextual da implementação do OEE em diversos setores industriais.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Cost reduction and quality improvements in the printing industry” [86].	Este estudo visa reduzir o uso de produtos tóxicos e custos gerais no processo de impressão <i>offset</i> , além de promover um aumento de produtividade na indústria gráfica. Dada a forte influência das condições climáticas nesta indústria, foram recolhidos dados históricos, permitindo encontrar um equilíbrio entre o consumo de consumíveis de impressão e metodologias de trabalho, resultando na implementação de melhorias significativas.	Indústria Gráfica
“Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE” [87].	O objetivo deste estudo é identificar fatores críticos e possíveis armadilhas ao operar a medição automática do OEE. Isso é alcançado pela análise de dados brutos usados para o cálculo do OEE, provenientes de um grande conjunto de dados: 23 empresas diferentes e 884 máquinas. O OEE médio foi calculado em 65%.	Metalomecânica

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Improving the overall equipment effectiveness in high-mix-low-volume manufacturing environments” [88].	A OEE é um método bem conhecido para alcançar isso em ambientes de baixa variedade e alta produção. Contudo, implementar o OEE em fábricas de alta variedade e baixa produção contínua a ser um desafio, devido à contínua alteração das propriedades das peças e do processo.	Metalomecânica
“Applying SMED methodology in cork stoppers production” [59]	O método seguido neste trabalho foi o estudo e recolha de informações sobre a filosofia de produção <i>Lean</i> e sua aplicação na indústria da cortiça. As condições de trabalho da máquina de montagem também foram analisadas para encontrar oportunidades de melhoria. O feedback também confirma que as ferramentas <i>Lean</i> são um método poderoso para obter retornos sólidos sem grandes investimentos.	Metalomecânica (Indústria da cortiça)
“Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation - Automation through Hardware & Software Development” [89]	Neste trabalho, foi desenvolvido software e hardware para medir a OEE de uma máquina, automatizando o processo de cálculo e identificando as perdas associadas à eficácia do equipamento.	Metalomecânica
“Management strategy for hazardous waste from atomised SME: application to the printing industry” [90]	Este artigo desenvolve uma estratégia de gestão para os resíduos perigosos gerados por um setor atomizado, composto por pequenas empresas altamente dispersas, considerando dois dos intervenientes envolvidos: os produtores de resíduos e o gestor intermediário de resíduos.	Indústria Gráfica (Setor atomizado)

3.2.3.8. TPM - *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

O *Total Productive Maintenance* (TPM) - Manutenção Produtiva Total - é uma ferramenta de gestão que visa maximizar a eficiência operacional dos equipamentos de uma empresa. O uso dessa ferramenta, além de potencializar a produtividade e a confiabilidade dos equipamentos, incentiva a prática de atividades de melhoria de qualidade e redução de custos [91], por meio da cooperação de todos os envolvidos. Isso pode levar a uma maior estabilidade na produção, um objetivo importante na filosofia *Lean*.

O TPM é uma abordagem holística para a gestão da manutenção e dos equipamentos, que abrange todas as fases do ciclo de vida, desde o projeto até à retirada de serviço. Isso inclui ações como manutenção preventiva, manutenção autônoma, inspeção periódica, formação de operadores e gestão de peças sobressalentes, entre outras.

O TPM pode ser considerado uma ferramenta importante para alcançar os objetivos *Lean* de redução de desperdício, melhoria contínua e satisfação do cliente, uma vez que uma produção estável e confiável, é uma pré-condição para a implementação eficaz do *Lean*. Além disso, o TPM tem como principais objetivos promover a máxima eficiência dos equipamentos e a implementação de um sistema de manutenção produtiva para todos os equipamentos presentes na empresa, sendo a articulação e o envolvimento ativo de todos os colaboradores uma premissa [92].

Para cumprir esses objetivos, o TPM baseia-se em oito pilares, conforme a Figura 20. Estes mesmos pilares atuam em cinco áreas distintas: formação dos colaboradores, fomentação de um ambiente de trabalho em equipa, boas práticas de higiene e organização do local de trabalho, análise e assimilação dos resultados dos diferentes postos de trabalho, e ações contínuas de otimização das condições de saúde e segurança [93]. Podemos compreender, a partir do que foi descrito acima, que a ferramenta TPM, assim como outras, antecede a metodologia 5S, promovendo o início da mudança de mentalidade e impulsionando todas as atividades que se seguem.



Figura 20 - "Casa TPM" .[93]

Assim, ao implementar o TPM, as empresas podem atingir uma produção sem defeitos e acidentes zero, alcançando a máxima eficiência dos equipamentos, e implementando um sistema de manutenção produtiva que envolve todos os colaboradores de forma ativa. Essa abordagem contribui para uma maior estabilidade na produção, e para o cumprimento dos objetivos *Lean*, fortalecendo a competitividade e o sucesso da empresa.

A Tabela 11 sintetiza publicações onde é implementado o TPM em diversos setores industriais, servindo como base para discussão no momento de análise dos resultados.

Tabela 11 - Síntese multicontextual da implementação da ferramenta TPM em diversos setores industriais.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction” [94]	Este artigo descreve a implementação de um plano TPM para melhorar a fiabilidade de uma linha de produção automóvel de maquinaria e montagem. A linha em questão é considerada crítica para a unidade industrial neste estudo de caso. Para aprimorar o estado atual das máquinas na linha de produção, foram tomadas várias medidas para identificar potenciais anomalias.	Indústria Automóvel
“TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study” [91].	A metodologia escolhida foi a Manutenção Produtiva Total (TPM), sendo as células selecionadas para implementação os Tornos CNC e Centros de Maquinação CNC. A TPM incorpora atividades de manutenção, provenientes da manutenção preventiva, e concentra-se na eliminação de perdas de eficiência.	Metalomecânica
Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools” [95]	A introdução das mudanças implicou a aplicação de ferramentas <i>Lean</i> para melhorar procedimentos e fluxos de informação. O trabalho foi concluído com sucesso, com a implementação de indicadores-chave de desempenho cujos dados de suporte foram recolhidos e calculados automaticamente.	Indústria automóvel

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology”[96]	Este estudo visa melhorar a disponibilidade de uma linha de produção crítica através da metodologia de Manutenção Produtiva Total (TPM), apoiada por ferramentas de Manutenção <i>Lean</i> . Realiza-se uma análise das condições iniciais da linha, identificando os principais problemas através de ferramentas como o Tempo Médio entre Falhas (MTBF), Tempo Médio para Reparo (MTTR), Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) e Disponibilidade (A).	Indústria Automóvel

3.2.4. Ferramentas da Qualidade com utilidade para este trabalho

3.2.4.1. Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta amplamente utilizada para identificar as possíveis causas de um problema específico. Foi criado por Kaoru Ishikawa, um engenheiro químico, na década de 40, e tornou-se uma peça central no conceito de controlo de qualidade na indústria.

Ao longo do tempo, o Diagrama de Ishikawa passou por melhorias e adaptações, para atender às necessidades de cada situação. Na Figura 21 é apresentado um exemplo de um modelo chamado "seis M", utilizado nesta dissertação. No entanto, é possível criar outras versões do diagrama para melhor se adequar a diferentes contextos.

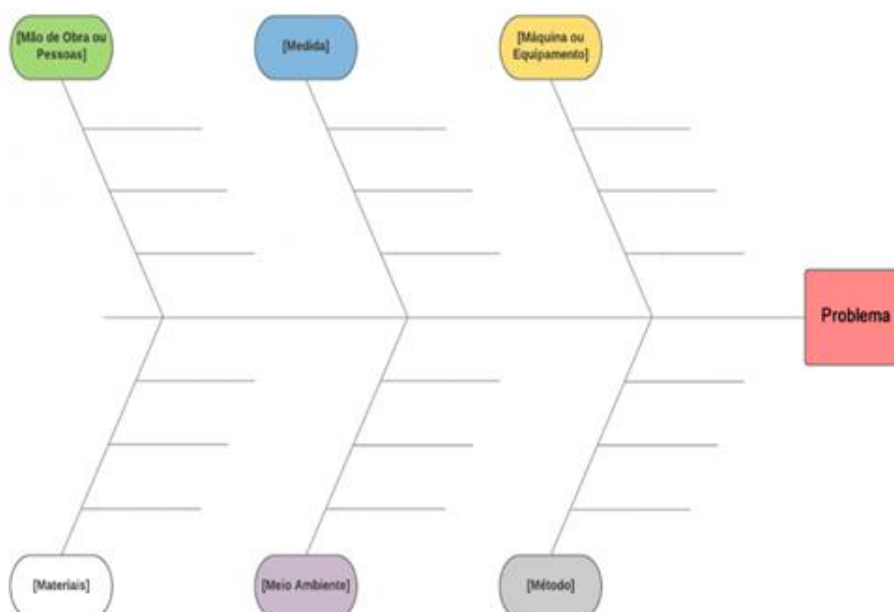


Figura 21 - Exemplo de diagrama de Ishikawa.

Uma das principais vantagens dessa ferramenta é a sua simplicidade de elaboração, e a sua aplicabilidade em todos os setores da empresa. Esta ferramenta promove o trabalho em equipa, respeitando diferentes perspetivas, e leva a uma melhor compreensão dos problemas existentes.

No entanto, o Diagrama de Ishikawa tem as suas limitações, dado não aborda causas sistémicas, focando-se apenas num problema de cada vez. Além disso, a criação do diagrama é suscetível a condicionamentos por interesses e opiniões pessoais ou de elementos externos ao processo.

Para superar essas limitações, é possível combinar o uso do Diagrama de Ishikawa com outras ferramentas de qualidade, como o *Brainstorming*, o diagrama de Pareto, o histograma e os gráficos de controlo de qualidade ou processo. Essa abordagem combinada, permite uma análise mais abrangente e fundamentada dos problemas.

A Tabela 12 sintetiza publicações onde é implementado o diagrama de Ishikawa em diversos setores industriais, servindo como base para discussão no momento de análise dos resultados.

Tabela 12 - Síntese multicontextual da implementação do diagrama de Ishikawa em diversos setores industriais.

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Study On The Optimization Of The Textile Coloristic Performance Of The Bleaching Process Using Pad-Steam” [97].	Neste trabalho, foi realizado um controlo estatístico nas características do produto obtido, comparando resultados antes e durante o estudo. São apresentadas sugestões de melhoria, algumas das quais já foram implementadas. Os resultados foram então comparados, permitindo observar uma melhoria significativa.	Têxtil
“Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics Parts” [98]	Para obter peças de Zamak saudáveis e sem defeitos, com boa aparência estética, foi necessário estudar o problema e buscar a melhor solução possível. Assim, realizou-se um estudo sobre o processo de fundição sob pressão e os parâmetros correspondentes. Ao longo do trabalho, e para resolver o problema, foram realizadas simulações numéricas usando o software SolidCast™, estudando o fluxo de material no molde e as linhas de fusão correspondentes, e foram realizados testes empíricos para correlacionar os resultados com os parâmetros.	Metalomecânica (Fundição injetada)

Título da publicação	Descrição	Indústria Alvo
“Analysis and Development of a Failure Prediction Model for Electrical Terminals Used in the Automotive Industry” [99]	Este trabalho visou desenvolver uma metodologia para analisar os mecanismos de falha e a correspondente classificação, aplicável de forma transversal a outras indústrias que lidam com crimpagem de terminais em cablagens elétricas. Através da caracterização mecânica dos materiais utilizados nos terminais, do design dos terminais e dos esforços aplicados durante a operação de crimpagem, foram detetadas melhorias a implementar nos terminais	Indústria Automóvel

3.2.4.2. Matriz de Eisenhower

A matriz de Eisenhower, uma ferramenta inicialmente concebida para a gestão do tempo e estratégias militares pelo General Dwight D. Eisenhower, revela-se de grande utilidade no contexto da metodologia AR e do LM. Sob a perspetiva do AR, ela promove uma análise contínua e ação prática, permitindo a identificação de problemas críticos e a colaboração na busca de soluções.

Por sua vez, no LM, a matriz de Eisenhower está alinhada com a filosofia de eliminar desperdícios e otimizar processos, auxiliando na priorização de ações, de acordo com os objetivos de produção. A classificação das tarefas e problemas em categorias como "Urgente e Importante" ou "Importante, mas não Urgente" ajuda a priorizar ações e recursos de acordo com a sua relevância e impacto desses mesmos objetivos. Isso alinha-se com os princípios do *Lean*, que visam maximizar o valor e minimizar o desperdício, tornando os processos mais eficientes.

Em suma, esta ferramenta, com origens distintas, desempenha um papel fundamental na análise, priorização e resolução de problemas, contribuindo para a melhoria contínua e o alcance de metas organizacionais. Alguns desses exemplos encontram-se sintetizados na **Erro! A origem da referência não foi encontrada..**

3.3. Elencagem dos problemas

O método AR e a metodologia LM são abordagens distintas para a resolução de problemas e melhoria contínua numa organização, mas podem ser usadas como métodos complementares [100]. Cada abordagem pode ser útil, consoante as necessidades da organização e do tipo de problema que se está a enfrentar.

A metodologia LM é baseada em princípios e ferramentas específicos, enquanto o método AR é uma abordagem de pesquisa-ação que enfatiza a colaboração e participação de todas as partes interessadas. Isso é essencial para o sucesso da implementação da metodologia LM [100].

O método AR, nesta dissertação, é utilizado para complementar a implementação da metodologia LM, visando uma abordagem mais abrangente e participativa na melhoria contínua dos processos. A participação de todas as partes interessadas ajuda a identificar oportunidades de melhoria e soluções que podem ser implementadas de forma mais efetiva e sustentável. Em conjunto, o AR e a LM podem fornecer uma abordagem mais holística e colaborativa para a melhoria contínua dos processos.

A identificação de oportunidades de melhoria é feita através da recolha e análise de dados por meio do método AR. Problemas como manutenção deficitária, *layout* desajustado, falta de *checklists* de procedimentos, avaliação de desempenho inadequada, tempos de preparação desajustados, mudanças constantes nas ordens de produção e planeamento logístico, foram observados e podem ser resolvidos com a implementação das duas abordagens.

De forma, a sintetizar as abordagens destes dois métodos, a Tabela 13 abaixo sinalizada, apresenta a interligação dos problemas identificados na observação assistemática.

Tabela 13 - Tipologia de abordagem *Action-Research* vs. *Lean Manufacturing*.

Problema	Abordagem <i>Action - Research</i>	Abordagem <i>Lean Manufacturing</i>
Manutenção deficitária	Indica usar equipas de manutenção e produção na identificação de oportunidades de melhoria e na avaliação e implementação de soluções efetivas.	Valoriza a importância da identificação de pontos críticos do processo produtivo e a implementação de rotinas de manutenção preventiva, que permitem a deteção e correção antecipada de problemas.
<i>Layout</i> desajustado	Pretende envolver os colaboradores na identificação de oportunidades de melhoria no <i>layout</i> e na implementação de soluções que melhorem a eficiência.	Criação de <i>layout</i> de produção que permita um fluxo de trabalho suave e que reduza os movimentos
Falta de <i>checklists</i> de procedimentos	Envolver as equipas na criação e atualização de <i>checklists</i> de procedimentos para garantir a consistência e a eficiência. Testar e avaliar novos procedimentos em pequena escala antes de implementar.	Importância de padronizar os procedimentos para garantir a qualidade e reduzir os erros. Criação e manutenção de <i>checklist</i> para a consistência dos procedimentos.
Avaliação de desempenho inadequada	Envolver as equipas na identificação de indicadores de desempenho relevantes e na melhoria contínua dos processos.	Foco na medição e monitorização do desempenho, para identificar oportunidades de melhoria.

Problema	Abordagem <i>Action - Research</i>	Abordagem <i>Lean Manufacturing</i>
Tempos de preparação desajustados	Envolver as equipas na identificação de oportunidades de melhoria, no tempo de preparação, e na implementação de soluções que reduzam o tempo necessário.	Exigência na redução do tempo de preparação de tarefas e máquinas, para aumentar a eficiência.
Mudanças constantes nas ordens de produção e planeamento logístico	Envolver as equipas na identificação de oportunidades de melhoria, no planeamento, e na implementação de soluções que reduzam as mudanças constantes e aumentem a previsibilidade.	Foca a relevância de reduzir a variabilidade dos processos e aumentar a previsibilidade, para melhorar a eficiência do planeamento. Padronização do processo de planeamento e comunicação de mudanças.

É importante notar que ambas as abordagens têm muitos pontos em comum, como a importância de envolver as equipas na identificação de oportunidades de melhoria e na implementação de soluções efetivas, a padronização de procedimentos para garantir a qualidade e reduzir erros, e a necessidade de medir e monitorizar o desempenho para identificar oportunidades de melhoria. A diferença principal entre as abordagens é que a metodologia LM enfatiza a importância de reduzir a variabilidade e aumentar a previsibilidade para melhorar a eficiência dos processos, enquanto a abordagem AR tem uma ênfase maior na participação das equipas na identificação e resolução de problemas.

De forma a sintetizar o uso da metodologia AR até esta secção, bem como para clarificar o uso da mesma no desenvolvimento dos resultados, a Tabela 14 descreve as secções da dissertação correspondentes às múltiplas etapas dos dois ciclos AR representados na Figura 1.

Tabela 14 - Secções da dissertação para cada etapa de ambos os ciclos AR.

Etapas	<i>Ciclo de resolução de problemas</i>	<i>Ciclo de pesquisa</i>
<i>Análise</i>	Secção 2.3	Secção 3.1
<i>Constatação dos factos</i>	Secção 2.1 e 2.2	Secção 3.2
<i>Conceptualização</i>	Secção 4.1, 4.2 e 4.3	Secção 3.3
<i>Planeamento</i>	Secção 4.5	Secção 4.4
<i>Implementação da ação</i>	Secção 4.6	Secção 4.7
<i>Avaliação</i>	Secção 4.8	Secção 4.9

4. RESULTADOS

No capítulo de desenvolvimento e resultados desta dissertação, serão abordados diversos aspectos relacionados com a implementação de uma lógica de melhoria contínua na unidade de produção. Inicialmente, será realizada a identificação dos recursos materiais e imateriais essenciais para a produção de produtos intermédios, bem como a análise das principais barreiras que podem dificultar a implementação dessa abordagem.

Em seguida, será definido um Indicador-chave de desempenho (KPI) específico para o projeto, que servirá como uma métrica fundamental para avaliar o progresso e os resultados alcançados. Além disso, serão implementadas ferramentas de avaliação dos colaboradores e de desempenho, visando a monitorização e aprimoramento constante das atividades.

Um passo importante será o planeamento das ações a serem implementadas na UPI, levando em consideração os princípios da eficácia, eficiência e efetividade (Filosofia dos 3Es), em busca de um processo mais otimizado. Serão sugeridas medidas que reforcem e tornem sustentável uma cultura de melhoria contínua na UPI, levando em consideração as especificidades da empresa e do setor em que está inserida.

No âmbito deste capítulo, também serão abordadas algumas questões de pesquisa relevantes para o contexto. Será discutido o caminho para a implementação das ferramentas LM, numa UPI de uma PME, analisando as suas principais vantagens e desvantagens. Além disso, serão explorados os ganhos e benefícios da implementação da metodologia de melhoria contínua na unidade de produção, bem como os custos associados a esse processo, e a possibilidade de considerá-lo um processo de melhoria rápida.

4.1. Elencagem dos problemas

A identificação dos problemas é uma etapa essencial para o planeamento e implementação de ações corretivas e preventivas, com o propósito de alcançar melhores resultados, aumentar a eficiência e promover a melhoria contínua no processo de estampagem.

Nesta fase, é imperativo considerar a gravidade, frequência, impacto e relevância de cada um dos problemas identificados. Tal abordagem faculta uma avaliação mais precisa dos desafios enfrentados, e permite uma adequada hierarquização das prioridades de intervenção.

Neste sentido, foi elaborado um formulário minucioso para a identificação de problemas, cuja descrição consta no Apêndice A. Além disso, ao caracterizar os problemas em três tópicos distintos, nomeadamente o Fluxo de Processo, o Controlo de Qualidade e a Organização e Ambiente de Trabalho, é possível obter uma visão abrangente das áreas afetadas e das interconexões entre os problemas. Esta categorização propiciou uma análise estruturada das áreas afetadas, e das potenciais interligações entre os problemas.

Adicionalmente, a representação destes problemas através de uma matriz de Eisenhower, que entrelaça a urgência com a importância, fornece uma representação visual clara para a identificação das ações que carecem de intervenção imediata, aquelas que requerem um planeamento estratégico, e aquelas que podem ser abordadas num momento posterior.

Com base na Tabela 15 apresentada, reflete-se uma análise minuciosa das tarefas e dos problemas associados ao fluxo de processo, classificando-os com base na sua urgência e importância. Num primeiro olhar, é possível identificar problemas no fluxo de trabalho que estão relacionados com os conceitos de desperdício *Lean*.

Tabela 15 - Matriz de Eisenhower para Fluxo de Processo.

	<i>Urgente e Importante</i>	<i>Importante, mas não Urgente</i>	<i>Urgente, mas não Importante</i>	<i>Não Urgente e não Importante</i>
<i>Crítico</i>	- Gargalos (4/5/4/4) - Processos redundantes (5/4/4/4)	- Movimento Excessivo (5/4/4/4) - Plano de Trabalho (4/5/4/3)	Setup Elevado (5/4/3/5)	Processos Inadequados (5/4/3/3)
<i>Relevante</i>	Padrões de Trabalho (4/4/3/4)	Uso de Ferramentas Erradas (4/3/4/4)	Desequilíbrio na Linha (4/3/3/4)	Alocação de Matéria-Prima (4/3/3/4)
<i>Menos Relevante</i>	-	Falta instruções de trabalho (3/3/3/5)	Erros de Planeamento (4/4/4/2)	-
<i>Não Essencial</i>	Pedidos de última hora urgentes (3/4/3/4)	-	-	-

Sob a perspectiva da metodologia AR, a análise da matriz de avaliação do controlo de qualidade revela-se como uma abordagem eficaz para a resolução colaborativa de problemas críticos. Esta metodologia realça a relevância de uma análise contínua aliada a ações práticas, capacitando as organizações para enfrentar os desafios inerentes ao controlo de qualidade, de maneira mais eficiente e eficaz. Assim, promove-se um ciclo constante de melhoria e um ambiente propício à interiorização da dinâmica organizacional. Analogamente ao fluxo de processo, a Tabela 16 representa a matriz de Eisenhower para Controlo de Qualidade

Tabela 16 - Matriz de Eisenhower para Controlo de Qualidade.

	<i>Urgente e Importante</i>	<i>Importante, mas não Urgente</i>	<i>Urgente, mas não Importante</i>	<i>Não Urgente e não Importante</i>
<i>Crítico</i>	Falhas de Manutenção (5/4/4/4)	Material Devolvido (4/4/3/3)	-	-
<i>Relevante</i>	Produtos Rejeitados (4/4/4/3)	Falta de Controlo de Processo (4/4/3/3)	-	Duplicação de Informação (3/3/3/3)
<i>Menos Relevante</i>	-	-	Ausência de sinalização de segurança (2/2/3/4)	-
<i>Não Essencial</i>	-	-	-	Lotes Mal Dimensionados (3/3/3/2)

Para a organização e ambiente de trabalho, a análise da Tabela 17, à luz das perspectivas LM e AR, destaca a importância de abordar problemas críticos relacionados com a organização e o ambiente de trabalho. No quadrante "Crítico", identificam-se desafios como a dispersão de ferramentas e a presença de peças obsoletas, que, sob uma abordagem *Lean*, podem ser alvos de melhorias direcionadas à eliminação de desperdícios e à otimização de recursos, por meio da aplicação 5S.

No entanto, a matriz também revela questões relacionadas com a organização e o ambiente de trabalho, que requerem uma abordagem mais colaborativa, alinhada com a metodologia AR. A desordem e a falta de limpeza, bem como a ausência de um plano de organização, são tarefas que beneficiariam de investigações participativas e intervenções que envolvam os colaboradores.

Tabela 17 - Matriz de Eisenhower para Organização e Ambiente de Trabalho.

	Urgente e Importante	Importante, mas não Urgente	Urgente, mas não Importante	Não Urgente e não Importante
Crítico	Ferramentas Espalhadas (4/4/4/4) - Peças Obsoletas (4/5/4/4)	Desordem e Falta de Limpeza (5/4/3/3)	Ausência de plano de organização (3/3/4/5)	-
Relevante	Material Espalhado (3/4/4/4)	Mobiliário Inadequado (3/3/3/4)	-	-
Menos Relevante	Material Não Identificado (4/4/3/3)	Falta de Incentivo à Mudança (3/4/4/4)	Ergonomia inadequada (3/3/2/3)	-
Não Essencial	Pouca Iluminação (3/3/2/4) Ruído excessivo (3/3/3/4)	Falta de Formação (3/3/3/3)	-	-

A conjugação das perspectivas LM e AR proporciona uma abordagem holística, que abrange tanto os aspectos técnicos quanto os sociais da organização. Isso resulta em melhorias significativas na eficiência e eficácia do ambiente de trabalho. A categorização por tópicos, a matriz de Eisenhower e o formulário de descrição de problemas, formam uma metodologia estruturada e abrangente.

Essa abordagem orienta o planejamento, a tomada de decisões e a implementação de soluções de forma eficaz. Portanto, é evidente que essa metodologia desempenha um papel fundamental em impulsionar a eficiência, qualidade e produtividade no processo de estampagem, com impactos positivos a longo prazo na organização.

4.2. Alocação dos problemas aos desperdícios típicos

A alocação dos problemas aos desperdícios típicos no processo de estampagem, desempenha um papel fundamental na identificação das áreas que requerem intervenção e foco na implementação das ferramentas *Lean* e de Qualidade, para a sua eliminação. Na Figura 22, são apresentados alguns dos problemas identificados, e organizados de acordo com os grupos de desperdícios.

Esta análise minuciosa permite identificar os desperdícios mais comuns, tais como os tempos de espera, que podem ser resultantes de atrasos na entrega de matéria-prima, ou movimentação excessiva, consequência provável de um *layout* inadequado e de produção excessiva decorrente de problemas de qualidade.



Figura 22 - Caracterização dos problemas e motivos de acordo com os desperdícios.

Estes desperdícios são pontos de partida para a implementação de ações corretivas específicas. Adicionalmente, problemas como o transporte excessivo de materiais, o inventário em excesso, a produção excessiva, o processamento inadequado, a espera de máquina, a movimentação desnecessária dos funcionários e os defeitos, são também identificados como áreas-chave que requerem melhorias. Esta alocação estratégica dos problemas permite estabelecer um plano de implementação eficaz das ferramentas *Lean* e da Qualidade, com o objetivo de eliminar os desperdícios e aumentar a eficiência e produtividade no processo de estampagem.

4.3. Alocação das ferramentas *Lean* e da Qualidade para a eliminação de desperdício

A aplicação das ferramentas *Lean* e da Qualidade para a eliminação de desperdícios no processo de estampagem requer a identificação das ferramentas mais adequadas e a sua alocação estratégica. Na Figura 23, são descritas as principais ferramentas utilizadas e a forma como estão alocadas.

A alocação correta das ferramentas *Lean* e da Qualidade desempenha um papel fundamental na eliminação dos desperdícios. Essas ferramentas são estratégicas para identificar e abordar os problemas que impactam a eficiência e a produtividade num processo produtivo.

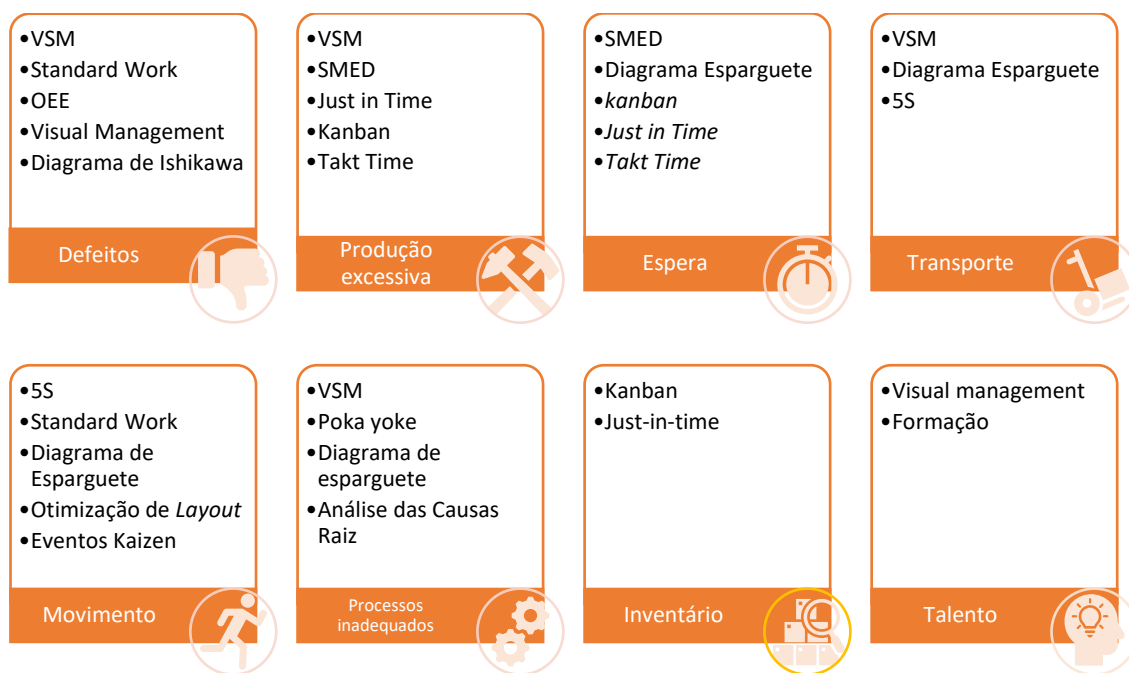


Figura 23 - Compatibilidade de ferramentas com os desperdícios.

Ao direcionar cada ferramenta específica para os desperdícios correspondentes, é possível otimizar o uso dos recursos, melhorar a qualidade dos produtos, reduzir os tempos de espera, eliminar movimentações desnecessárias, minimizar a produção excessiva e defeitos, entre outros benefícios. A alocação inteligente das ferramentas permite uma abordagem sistemática e direcionada para a eliminação dos desperdícios, contribuindo para um processo produtivo mais eficiente e sustentável.

4.4. Metodologia de aplicação das ferramentas

A metodologia de aplicação das ferramentas *Lean* no setor de estampagem requer uma abordagem sistemática para melhorar o desempenho do processo e eliminar desperdícios.

O primeiro passo desta metodologia consiste em realizar uma análise detalhada do fluxo de valor no processo de estampagem. Por meio desse mapeamento, busca-se identificar todas as etapas envolvidas, desde a receção das matérias-primas até à entrega do produto final. São levadas em consideração as atividades, os tempos de espera, a movimentação de materiais e informações, os gargalos e os possíveis desperdícios presentes no fluxo.

Esta etapa inicial é similar à fase de diagnóstico da AR, na qual os problemas e desafios são identificados. Com o mapeamento do fluxo de valor, torna-se possível identificar os desperdícios existentes no processo de estampagem. Categorizar e quantificar esses desperdícios é fundamental para orientar as ações de melhoria. A partir dessa análise e identificação, é estabelecido um conjunto de metas claras e mensuráveis com o intuito de aprimorar o desempenho do processo.

A definição de indicadores de desempenho é necessária para acompanhar o progresso em relação às metas estabelecidas. Tanto na metodologia *Lean* quanto na AR, após o diagnóstico, são estabelecidas metas claras e mensuráveis. No contexto do *Lean*, essas metas estão relacionadas com a eliminação de desperdícios e melhoria do desempenho da estampagem. Já na AR, as metas são definidas com base nos problemas identificados e nos objetivos de mudança desejados.

Com as metas bem definidas, passa-se à seleção das ferramentas *Lean* mais adequadas para abordar os desperdícios identificados e alcançar os objetivos estabelecidos. A implementação dessas ferramentas pode envolver atividades como formação dos colaboradores, reorganização do *layout* da área, padronização de processos, implementação de sistemas visuais de controlo e redução dos tempos de *setup*. Essas ações específicas visam eliminar desperdícios e melhorar a eficiência do processo de estampagem.

O acompanhamento e monitorização contínuos do processo de estampagem são essenciais para avaliar o progresso e realizar um novo diagnóstico da situação. Os indicadores de desempenho definidos anteriormente são utilizados para verificar se as metas estão a ser alcançadas. Esse acompanhamento também é relevante na metodologia AR, na qual se procura selecionar as ações mais adequadas para abordar os problemas identificados e promover a mudança desejada. A implementação das ações deve ser conduzida de maneira participativa, envolvendo os colaboradores e demais partes interessadas no processo. Durante o processo, foram realizadas avaliações periódicas para monitorizar o progresso e identificar possíveis ajustes necessários.

Ao adotar essas práticas de acompanhamento e avaliação contínuos, tanto a metodologia *Lean* quanto a AR contribuem para a criação de um ambiente de aprendizagem organizacional. Através do compartilhamento de experiências e conhecimentos adquiridos ao longo do processo de melhoria, é possível identificar boas práticas e recomendações que podem ser aplicadas em outras áreas e setores. Dessa forma, promove-se a disseminação do conhecimento e o avanço do campo, beneficiando não apenas a UPI, mas também a empresa como um todo.

4.5. Implementação das ferramentas na eliminação de desperdícios

No início do plano de implementação das ferramentas *Lean* para a eliminação de desperdícios no processo de estampagem, é crucial definir de forma clara os objetivos a serem alcançados. O objetivo principal consiste em reduzir os desperdícios e otimizar o processo de estampagem, visando a obtenção de um aumento de eficiência de 30%.

1. **Ferramenta 5S:** Será realizado um processo de organização, limpeza, padronização, identificação e disciplina na área de estampagem, onde estão alocadas prensas. Numa primeira fase, isso contribuirá para a percepção real de área ocupada e visualizar melhor o fluxo de trabalho.
2. **VSM:** Será feito um mapeamento detalhado dos fluxos de valor dos processos. Isso ajudará a identificar gargalos, tempos de espera e atividades desnecessárias, permitindo priorizar atividades de melhoria.
3. **Diagrama de Ishikawa:** Serão identificadas as causas dos problemas ou desperdícios, por meio de uma análise sistemática. A utilização desta ferramenta permitirá uma compreensão mais profunda dos problemas e direcionará as ações para a sua solução.
4. **SMED:** Será realizado um estudo detalhado dos tempos de troca de ferramentas, ou *setup*. Com base nessa análise, serão implementadas melhorias para reduzir o tempo necessário, aumentando a eficiência dos processos.
5. **Standard Work:** Serão estabelecidos padrões claros e documentados para os processos. Isso garantirá consistência, reduzirá erros e facilitará a transferência de conhecimento entre os colaboradores.
6. **Visual Management:** Serão criados painéis visuais para exibir informações relevantes de forma clara e acessível. Essa abordagem ajudará na comunicação, na tomada de decisões e no monitoramento do desempenho dos processos.

Cada ferramenta será implementada de forma sistemática, seguindo os passos adequados e envolvendo os colaboradores relevantes. O progresso e os resultados serão monitorizados e ajustes serão feitos conforme necessário. Com essa abordagem, espera-se alcançar uma melhoria significativa na eficiência, na qualidade e na redução de desperdícios nos processos da organização.

4.6. Resultados obtidos por ferramenta e por posto de trabalho

A Figura 24 apresenta uma visão das atividades relacionadas ao tempo de implementação, desperdício, práticas 5S, foco. Essas informações representam desafios e problemas encontrados no contexto do chão de fábrica, especificamente no setor de estampagem. Cada entrada na tabela descreve um cenário específico, destacando desafios e problemas enfrentados durante as operações diárias.

O uso desta tabela é essencial para proporcionar uma compreensão aprofundada de como esses fatores afetam a eficiência operacional. A análise detalhada dos desafios presentes no chão de fábrica é fundamental para identificar oportunidades de melhoria e implementar soluções eficazes.

Tempo de implem	Desperdício	Práticas 5S	Foco
Longo prazo	Espera	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos
Longo prazo	Espera	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos
Longo prazo	Processos inadequados	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos
Médio	Espera	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos
Imediato	Processos inadequados	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos
Médio	Processos inadequados	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos
Longo prazo	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Médio	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Longo prazo	Espera	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Médio	Produção Excessiva	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Médio	Produção Excessiva	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Longo prazo	Produção Excessiva	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Médio	Movimento	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Médio	Movimento	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Imediato	Movimento	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Imediato	Espera	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Imediato	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Médio	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Médio	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Longo prazo	Espera	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações
Imediato	Processos inadequados	Seiso (Limpeza)	Limpeza regular de todas as áreas de trabalho
Médio	Defeitos	Seiketsu (Padronização)	Controlo de qualidade consistentes
Médio	Defeitos	Seiketsu (Padronização)	Controlo de qualidade consistentes
Médio	Defeitos	Seiketsu (Padronização)	Controlo de qualidade consistentes
Longo prazo	Defeitos	Seiketsu (Padronização)	Controlo de qualidade consistentes

Figura 24 – Tempo de implementação, desperdício, práticas 5S e foco para atividades realizadas no contexto de chão de fábrica.

Iniciando pela perspectiva das soluções de implementação a longo prazo, que abrangem um período de 2 a 6 meses, constata-se que estas incidem principalmente sobre questões de espera e processos inadequados. Um dos desafios mencionados relaciona-se com o tempo impactado por devoluções de material, sugerindo a existência de problemas no sistema de qualidade ou logística que originam devoluções frequentes, afetando negativamente o tempo de produção. Adicionalmente, a necessidade contínua de reparação de ferramentas aponta para a possível ausência de práticas de manutenção preventiva. O desafio relacionado à organização geral do processo de estampagem por matriz progressiva é também salientado, indicando a necessidade de uma abordagem mais estruturada e padronizada.

As soluções de implementação relacionadas com a organização estão associadas à prática 5S de *Seiton*, que implica a organização eficiente de recursos, materiais e informações. O transporte de peças para fora do setor com recurso a empilhador e entre processos, também utilizando o empilhador, evidencia a necessidade de otimizar os fluxos de material e alocar recursos de forma eficaz. Além disso, o tempo de espera de recursos devido a pedidos de última hora indica que a programação deve ser mais eficiente.

As soluções de implementação relacionadas com a organização estão associadas à prática 5S de *Seiton*, que implica a organização eficiente de recursos, materiais e informações. O transporte de peças para fora do setor com recurso a empilhador e entre processos dentro do próprio setor também recorrendo ao empilhador evidencia a necessidade de otimizar os fluxos de material e alocar recursos de forma eficaz. Além disso, o tempo de espera de recursos devido a pedidos de última hora indica que a programação deve ser mais eficiente.

Relativamente às soluções relacionadas com a qualidade, estas estão vinculadas às práticas 5S de *Seiketsu* e *Seiso*. O tempo de produção excessiva devido a defeitos sublinha a importância de um controlo de qualidade consistente. A produção de peças com qualidade insatisfatória em lotes de

diferentes dimensões destaca a necessidade de aprimorar a qualidade do processo em todas as etapas da produção.

Os subcapítulos subsequentes revelam os resultados obtidos com as ferramentas utilizadas, descrevendo o caminho inicial na identificação de cada problema observado ou apresentando soluções implementadas para eliminar ou mitigar o problema.

4.6.1. Resultados da ferramenta 5S

A aplicação do método 5S, que pode ser acompanhada através das fotografias apresentadas no Apêndice B, trouxe consigo um conjunto de melhorias substanciais no ambiente de trabalho e na eficiência dos processos. Começando pelo primeiro "S" - "*Seiri*" ou separação – eliminou-se peças obsoletas, classificaram-se as amostras de peças, e corrigiram-se as deficiências na ordenação das ferramentas, como punções e ferramentas complementares. O resultado dessas intervenções foi relevante: a criação de um mostruário de amostras e a implementação de um sistema de arrumação na RACK de apoio ao setor de stock *Work in Progress* (WIP), criando assim um *buffer*.

A situação antes e depois da implementação da etapa *Seiri* na estampagem está representada na Figura 25 e Figura 26, respectivamente. Da mesma forma, a Figura 27 e Figura 28 representam a situação antes e depois da organização das peças WIP.



Figura 25 - Situação anterior à implementação da etapa *Seiri* (Estampagem).



Figura 26 - Situação após a implementação da etapa *Seiri* – Mostruário (Estampagem).



Figura 27 - Situação antes da organização de peças WIP.



Figura 28 - Situação após a organização de peças WIP.

Assim como no setor de estampagem, também foi necessário criar mobiliário no setor de maquinagem convencional. Neste caso, foi concebida uma bancada com dupla frente de trabalho. A bancada foi projetada para organizar o trabalho realizado nas fresadoras e, na direção oposta, tem a função de dar apoio à conceção e manutenção de ferramentas para as prensas. As Figura 29 e Figura 30 representam respetivamente a frente de bancada virada para área de desenvolvimento/manutenção de ferramentas e a frente virada para as fresas. Também o interior não foi esquecido; todas as gavetas foram personalizadas, para criar identificação de material com o objetivo de reduzir os tempos de *Setup* (SMED), das máquinas do setor. Estas medidas tiveram um impacto positivo direto na resolução de gargalos de produção, além de aprimorarem a gestão das peças e materiais.



Figura 29 - Frente virada para área de desenvolvimento/manutenção de ferramentas.



Figura 30 - Frente virada para as fresas.

No que se refere ao segundo "S" - "*Seiton*" ou organização – reorganizou-se completamente a disposição das ferramentas e implementou-se um sistema para separar e organizar as matrizes por porte. Este esforço, não só aumentou a eficiência no rastreamento de ferramentas, como também reduziu o tempo perdido na sua procura. Adicionalmente, uniformizou-se as espigas das

matrizes das prensas, tornando as trocas mais ágeis e eficazes, e foram construídas bases de apoio específicas para a troca de matrizes de porte elevado, diminuindo o esforço exigido dos operadores e o tempo necessário para o transporte.

Outro aspecto crucial do processo foi o aumento do registo de peças nos desenhos técnicos, uma medida que reduziu significativamente o tempo necessário para validação das peças, contribuindo para a otimização dos procedimentos. Através da ferramenta 5S, transformou-se um ambiente desorganizado e ineficiente, num espaço ordenado e produtivo.

O Figura 31 apresenta os benefícios alcançados com melhorias efetivas das práticas 5S após a aplicação das duas práticas iniciais, *Seiri* e *Seiso*. Podemos constatar que as atividades que os operadores realizam no seu dia-a-dia relacionadas com a limpeza e organização do setor são complementares, uma vez que têm percentagens muito próximas. No que diz respeito à padronização dos procedimentos, esta traz consigo a consistência nos procedimentos e melhora o fluxo.

De forma resumida, os resultados alcançados com as melhorias nas práticas 5S, com ênfase em *Seiso* (50%), *Seiton* (46%) e *Seiketsu* (45%), representam um avanço notável na organização e limpeza do ambiente de trabalho. Essas melhorias tiveram um impacto significativo na eficiência operacional e na qualidade do trabalho, destacando a importância fundamental de manter o local de trabalho limpo, organizado, e seguir procedimentos padronizados para otimizar o desempenho e a produtividade.

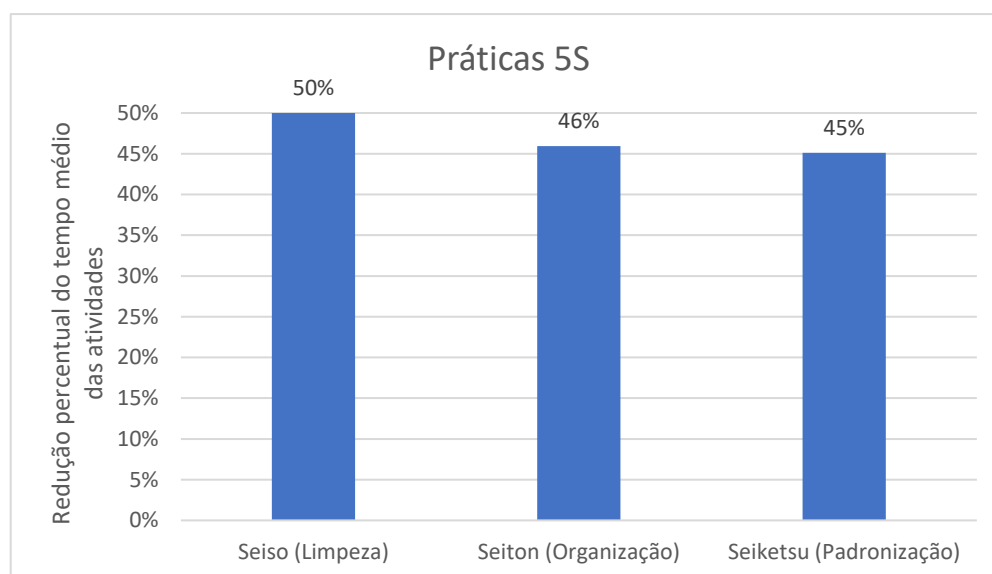


Figura 31 - Redução percentual do tempo médio das atividades enquadrada nas práticas 5S.

4.6.2. Resultados da ferramenta VSM

No início, o Diagrama de Esparguete revelou-se uma ferramenta de grande valor na visualização do fluxo de trabalho na fábrica. Através desta técnica, foi possível registar os movimentos das equipas no chão de fábrica, revelando ineficiências físicas previamente impercetíveis, como deslocações excessivas e repetição de movimentos (ver Figura 32). Estas observações contínuas

desempenharam um papel fundamental na identificação de áreas problemáticas, fornecendo uma base sólida para futuras melhorias na logística de produção.

Conforme ilustrado na Figura 32, identificam-se duas áreas (assinaladas a laranja) com uma concentração de movimentos, seja de materiais, representados por linhas a roxo, ou de operadores, indicados por linhas a vermelho. Estas áreas de elevada atividade são pontos centrais de operação, indicando que os materiais provenientes da máquina de corte seguem diretamente para as prensas, enquanto os materiais provenientes da puncionadora são encaminhados diretamente para a quinadora.

Observa-se, adicionalmente, a movimentação de WIP entre as máquinas (prensas), sugerindo a existência de peças em diferentes estágios de preparação. Num primeiro ponto de reflexão, seria pertinente avaliar a necessidade de enfrentar esses estágios com ferramentas progressivas e/ou analisar a proximidade entre as máquinas, ou seja, considerar uma reorganização do *layout*.

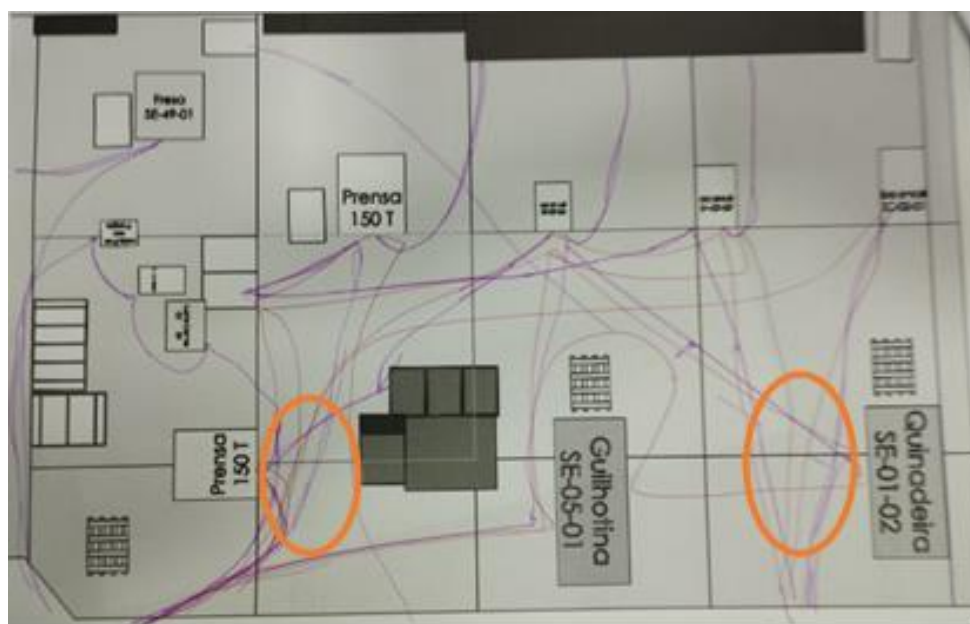


Figura 32 - Diagrama de Esparguete.

Adicionalmente, complementando esta abordagem, procedeu-se a uma *Multi Moment Analysis* (MMA), em português Análise Multi-Momento, no interior do setor. Durante uma manhã de trabalho, registaram-se minuciosamente os períodos dedicados a diversas tarefas, proporcionando uma compreensão detalhada da gestão de tempo pela equipa.

Essa análise permitiu identificar áreas passíveis de otimização da carga de trabalho e de redistribuição mais eficiente dos recursos, o que resultou em melhorias significativas no desempenho do setor. De entre as ineficiências identificadas, merecem destaque os deslocamentos desnecessários e os tempos de espera prolongados, tal como demonstrado na Figura 33.

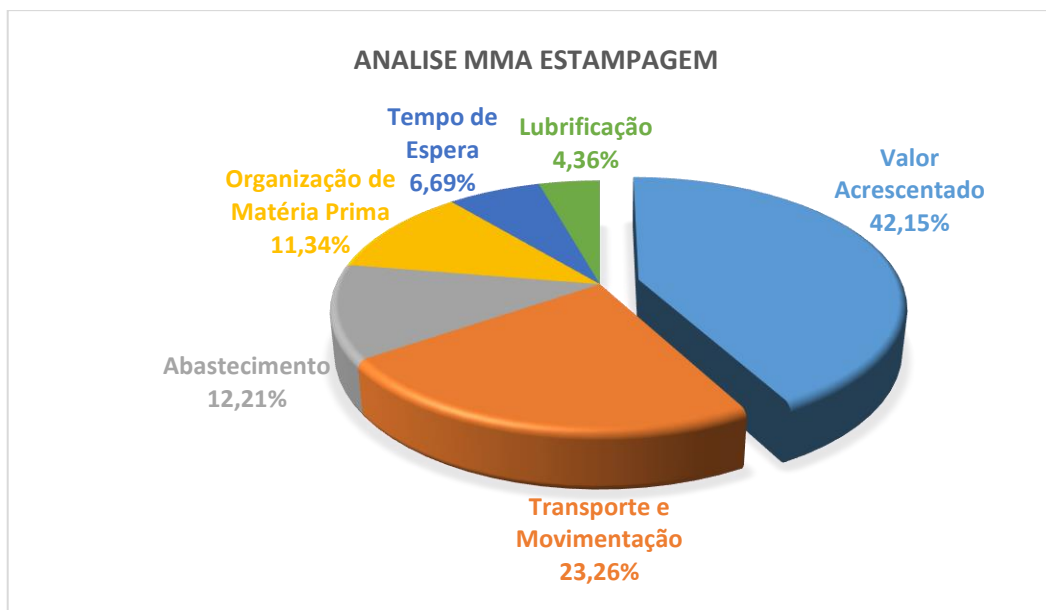


Figura 33 - Análise Multi-Momento.

Antecipar o uso do diagrama de esparguete e da análise de multi-momento é essencial para uma melhoria eficaz de processos, proporcionando uma visão detalhada do fluxo atual e identificando oportunidades de melhoria. Compreendendo a fundo as atividades de valor, a equipa pode direcionar estrategicamente os esforços de melhoria, e essa antecipação prepara para a implementação do VSM, facilitando a transição para a próxima fase do processo de otimização.

O VSM realizado para o processo de estampagem esboça as etapas fundamentais na produção de um lote de 700 unidades de uma peça metálica específica. Este processo de estampagem tem início com a entrada da matéria-prima, atravessando diversas fases, incluindo operações de corte, dois processos distintos de estampagem e um de quinagem. O ciclo do processo culmina com a expedição das peças para a UPA.

A análise do processo através do VSM destaca lacunas cruciais: a inexistência de um sistema de controlo de qualidade implementado e o prolongado tempo de *Lead Time* entre processos semelhantes. Este último evidencia desafios no transporte ou movimentação do WIP dentro do próprio setor, tornando-se um ponto de foco relevante.

A inexistência de um sistema de controlo reveste-se de importância crítica, uma vez que a qualidade do produto é determinante para garantir a satisfação do cliente e a conformidade com as especificações. Assim, a implementação de um sistema de controlo de qualidade ao longo do fluxo de valor surge como uma oportunidade de melhoria de alto impacto no processo de estampagem. Esta medida pode contribuir de forma substancial para a identificação precoce de potenciais problemas, reduzindo a necessidade de produção excessiva e assegurando a consistência na produção.

Além disso, é crucial direcionar o foco para a otimização do tempo de *Lead Time* entre processos semelhantes. Esse esforço é essencial para a eficiência global do setor, facilitando uma movimentação mais eficaz do WIP e, consequentemente, contribuindo para uma produção mais eficiente e ágil.

Como observável na Tabela 18, a redução do tempo de ciclo é essencialmente atribuída à mudança de layout, com a aproximação das máquinas eliminando a necessidade de transporte excessivo. Melhorias nos *setup* das máquinas contribuíram para esses ganhos. A redução no tempo de ciclo resultou em ganhos significativos de tempo de produção, aproximadamente 43 minutos por lote da peça em questão, e uma diminuição do *Lead Time* em 3.2 horas.

Vale destacar que, neste contexto, o tempo de espera de expedição e o tempo de entrega de matéria-prima permaneceram inalterados para melhor refletir os resultados em relação às melhorias implementadas. Este resumo sublinha a eficácia da mudança de layout, destacando ganhos de eficiência e produtividade.

Tabela 18 - Análise primária do setor de estampagem.

Métrica	Situação inicial	Situação após mudança layout
Tempo de ciclo Total	9,3 horas	8,6 horas
Lead Time Total	21,74 dias	21,38 dias
Qualidade total do processo	88%	88%

Assim, por último, a Figura 34 representa o mapa VSM do setor de estampagem após analisar o movimento dos operadores e da matéria-prima no setor, recorrendo ao diagrama de esparguete, e compreender a gestão de tempo da equipa utilizando a análise de multi-momento, analisa-se agora o fluxo de valor completo desde o fornecedor até ao momento de expedição.

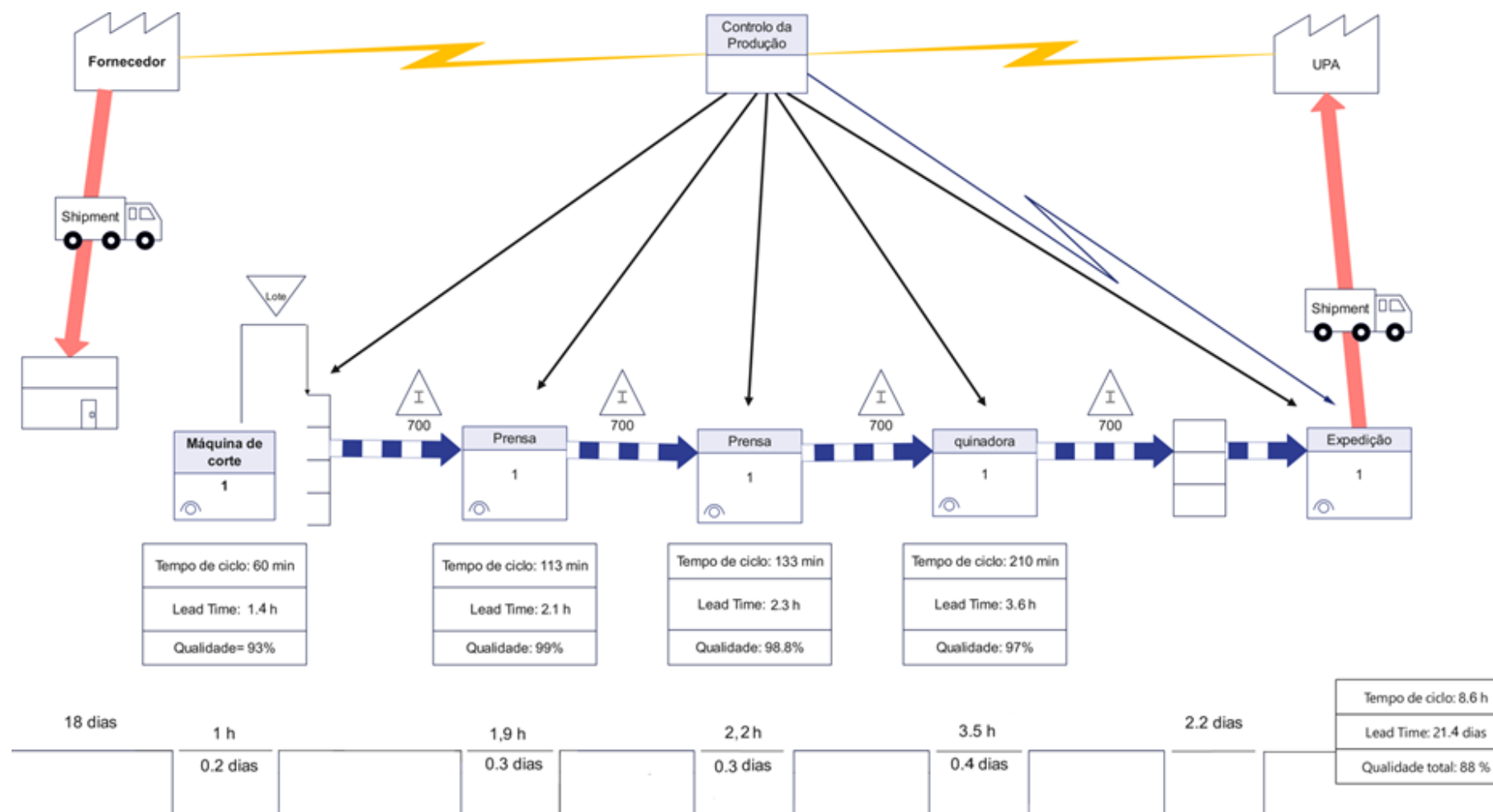


Figura 34 - Mapa VSM do setor de estampagem após mudança de *layout*.

4.6.3. Resultados da ferramenta Diagrama Ishikawa

A aplicação do Diagrama de Ishikawa da linha de estampagem revelou-se de extrema relevância para a identificação e resolução de problemas. Para tal foram identificadas causas atendendo à mão de obra, o método, as medições, a matéria-prima, o meio ambiente e a maquinaria. Estas causas levam consequentemente ao efeito de um lead time excessivo, conforme representado na Figura 35.

Este método de análise permitiu uma investigação profunda das causas raiz dos problemas, resultando em melhorias eficazes tais como a alteração dos grampos de fixação de ferramentas, que teve como consequência a diminuição de tempo de setup, a elaboração de um “caderno máquinas”, que permite a um operador ter mais autonomia e não necessitar de terceiros para fazer as tarefas, e a mudança de layout que permite um fluxo de materiais e operadores mais otimizado.



Figura 35 - Diagrama de Ishikawa.

Após a elaboração do diagrama e a identificação das possíveis causas para os problemas identificados, conseguiu-se direccionar os esforços para as áreas críticas. Isto desencadeou ações corretivas que resolveram efetivamente os problemas subjacentes.

Uma das questões identificadas foi a falta de desenhos técnicos adequados, que causava uma grande variabilidade na produção. Com a introdução de desenhos técnicos precisos, conseguiu-se alinhar melhor os nossos processos e reduzir consideravelmente os erros de produção.

Além disso, os tempos de *setup* eram anteriormente demorados e ineficientes. Através da padronização das alturas das bases das matrizes e reorganização das espigas, conseguiu-se

otimizar o tempo de *setup*, garantindo que as máquinas estão prontas para a produção de forma mais rápida e eficiente. A reorganização do *layout* veio colmatar muitas das questões referidas no diagrama, a qual melhorou o fluxo de trabalho e proporcionou maior conforto aos nossos colaboradores.

Estes pontos foram identificados tanto pela equipa de avaliação como pelos colaboradores, que desempenharam um papel fundamental na implementação bem-sucedida destas melhorias.

4.6.4. Resultados da ferramenta SMED

A implementação da metodologia SMED na linha de estampagem trouxe consigo uma série de melhorias substanciais nos processos. Ao adotar abordagens focadas na redução do tempo de *setup* e troca de ferramentas, conseguiu-se otimizar a eficiência da produção e aumentar a flexibilidade da linha.

Uma das melhorias mais notáveis foi a uniformização das dimensões das alturas da base e construção de respetivos grampos de fixação em resposta à variabilidade de alturas de base das matrizes, conforme é visível na Figura 36. Isso ajudou a garantir que as bases das peças fossem consistentes em tamanho, reduzindo a necessidade de ajustes frequentes durante o *setup*. Os grampos de fixação também tornaram esse processo mais rápido e preciso. A Figura 37 representa um desses grampos de fixação utilizados na UPI.

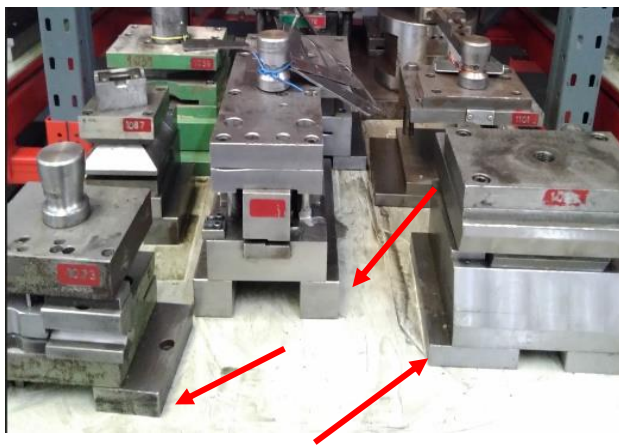


Figura 36 - Variabilidade de alturas de base das matrizes.



Figura 37 - Grampo de fixação UPI.

Outra melhoria importante foi a uniformização do tamanho da espiga das prensas, simplificando o processo de *setup*, e permitindo a troca de ferramentas entre diferentes prensas sem ajustes demorados. A uniformização das dobradiças por etapas de processo semelhantes também foi relevante, reduzindo gargalos de produção e tornando o *setup* mais eficiente.

A substituição de pinos soldados, nas dobradiças personalizadas, por pinos rebitados por prensa, foi uma solução eficaz para simplificar o processo e torná-lo mais rápido. Esse método mais expedito, economiza tempo e reduz a complexidade das trocas de ferramentas.

A Figura 38 representa um grampo uniformizado (A), conforme anteriormente descrito, bem como o grampo conforme utilizado na UPI após a implementação das melhorias descritas.

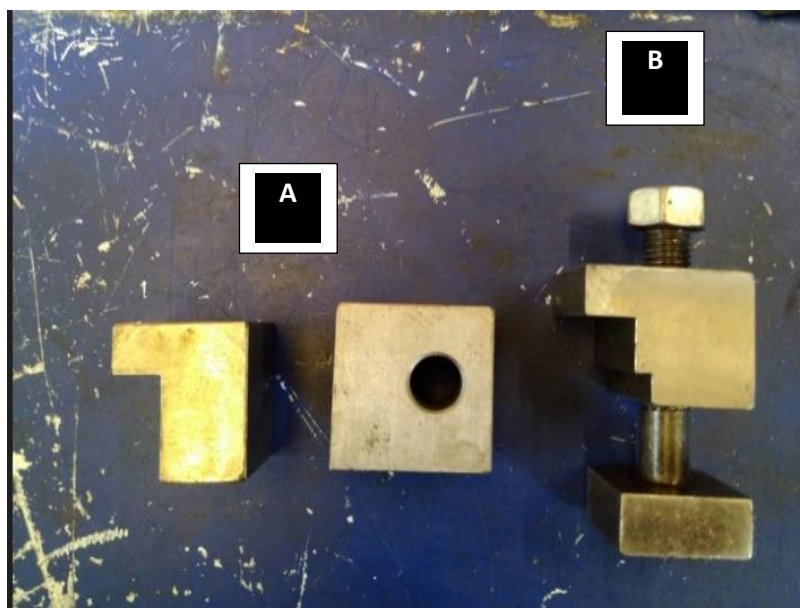


Figura 38 – (A) Grampo uniformizado; (B) grampo usado na UPI.

Por último, a incorporação de batentes nas matrizes progressivas desempenhou um papel fundamental na prevenção da rejeição da primeira peça. Isso resultou em economia de tempo, evitou desperdícios e assegurou um arranque suave da produção. Exemplos de peças produzidas por ferramentas progressivas são apresentadas na Figura 39. Além disso, permitiu um melhor aproveitamento da matéria-prima e um aumento na quantidade de peças por lote. Essa medida, em conjunto com as outras melhorias implementadas, contribuiu significativamente para a eficiência dos processos. A aparência de uma peça final, após as referidas melhorias, está representada na Figura 40.



Figura 39 - Exemplos de peças produzidas por ferramenta progressiva.



Figura 40 - Peça final.

Ainda no seguimento do assunto anterior, a introdução de um quadro de execução de tarefas no setor maquinagem convencional, foi fundamental para uma melhor gestão do processo de *setup*.

Isso permitiu que todos na equipa soubessem exatamente o que fazer em cada passo, reduzindo a probabilidade de erros e atrasos.

A Figura 41 ilustra a redução percentual do tempo médio das atividades que têm como foco os tempos de *setup* de máquina através da padronização dos procedimentos e a organização dos recursos. Isto atendendo à prática 5S na forma de *Seiton* (Organização) e *Seiketsu* (Padronização).

Assim, após a tiragem de tempos antes e depois das melhorias verificaram-se reduções significativas no tempo médio das atividades. Em particular, atendendo novamente à Figura 41, no caso das atividades relacionadas com a organização eficiente de recursos, materiais e informações e padronização dos procedimentos as reduções foram de 65% e 59%, respetivamente.

Ao longo do tempo, conseguiu-se notar uma diminuição do tempo necessário para preparar as máquinas para a produção. Isso é resultado direto das medidas adotadas, como a uniformização de peças e matrizes, a organização mais eficaz do processo e a simplificação das trocas de ferramentas.

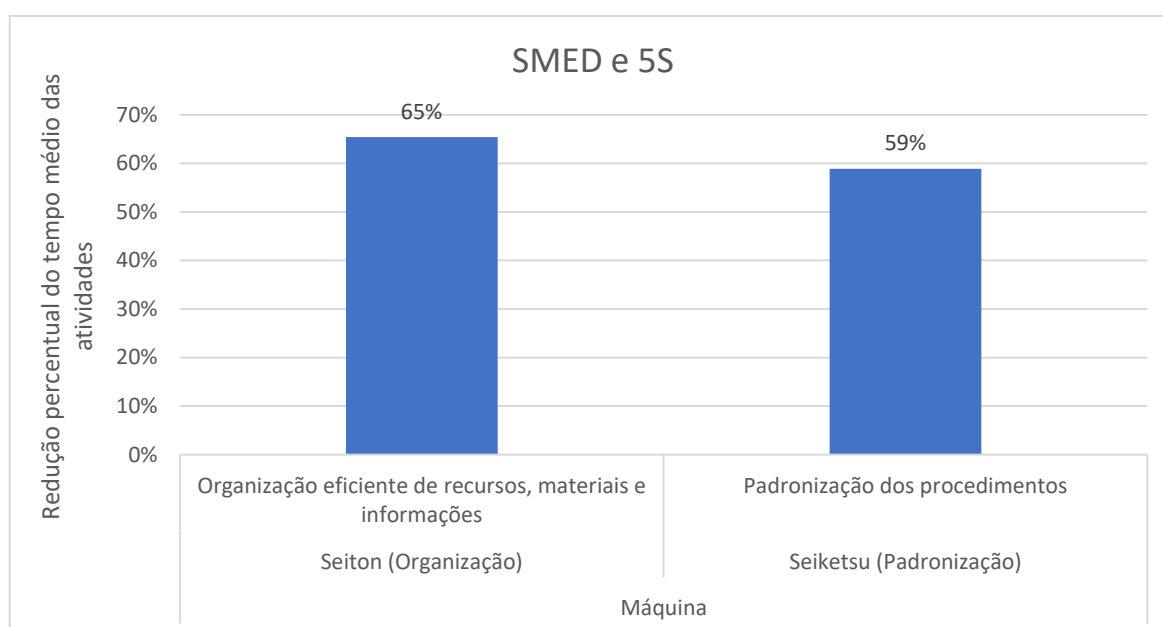


Figura 41 - Redução percentual do tempo médio das atividades relacionadas com o tempo de *setup* de máquina, atendendo às práticas 5S e SMED.

Numa outra perspetiva, ainda avaliando tempo médio das atividades relacionadas com o tempo de *setup* de máquina, decidiu-se categorizar os tempos tirados conforme descrito na Tabela 19. O objetivo desta classificação é criar um testemunho visual da procura contínua pela eficiência, e da dedicação da equipa para alcançar resultados cada vez melhores. Essa redução nos tempos de *setup*, não apenas economiza recursos valiosos, mas também torna o processo mais ágil e capaz de atender à procura do mercado de forma mais eficaz.

Tabela 19 – Classificação do tipo de ação conforme o tempo de implementação da mesma.

Tipo de ação	Tempo de implementação
Imediata	Até 1 semana
Média	Entre 1 semana até 2 meses
Longo prazo	Entre 2 meses até 6 meses

Deste modo, a Figura 42 representa a redução percentual do tempo médio das atividades relacionadas com o tempo de *setup* de máquina, categorizada no tipo de ação e atendendo às práticas 5S. Observando a Figura 42 verifica-se uma redução do tempo médio das atividades, em todas as categorias de ação, quer para o *Seiton* como para o *Seiketsu*. No caso particular do *Seiton*, alcançou-se uma redução no tempo médio das atividades de 83%, 45% e 20% para as categorias de tempo de ação imediato, médio e longo prazo, respetivamente. Por sua vez, nas atividades com foco na padronização dos procedimentos as reduções do tempo médio foram de 67%, 41% e 45% para as categorias de tempo de ação imediato, médio e longo prazo, respetivamente.

Deste modo, torna-se claro que as tarefas imediatas, em ambos os casos, contribuíram com a maior redução no tempo médio das atividades sendo que as tarefas de longo prazo relacionadas com a organização eficiente de recursos, materiais e informações foram aquelas onde as melhorias tiveram menor impacto. Verificou-se também, empiricamente, que esta redução nos tempos de *setup*, não apenas economiza recursos valiosos, mas também torna o processo mais ágil e capaz de atender à procura do mercado de forma mais eficaz.

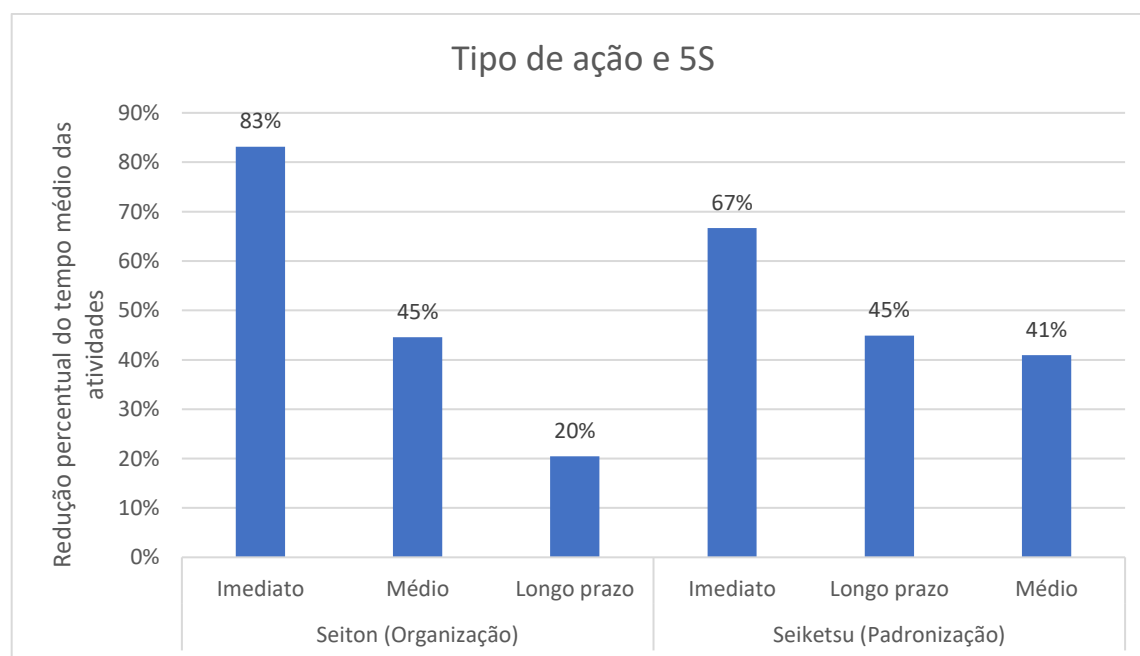


Figura 42 - Redução percentual do tempo médio das atividades relacionadas com o tempo de *setup* de máquina, categorizada no tipo de ação e atendendo às práticas 5S.

4.6.5. Resultados da ferramenta *Standard Work*

A ferramenta *Standard Work* foi utilizada com o objetivo de reduzir a variabilidade nos processos, tendo sido desenvolvido um "Caderno de Máquinas" (conforme detalhado no Apêndice D). Esse caderno engloba informações técnicas sobre o equipamento, diretrizes de boas práticas e segurança, instruções de trabalho, e também fornece um espaço dedicado ao planejamento de inspeções e manutenção do equipamento. A principal finalidade dessa iniciativa é catalogar todas as atividades relacionadas com as máquinas, promovendo, assim, a uniformização do processo operacional.

Através deste "Caderno de Máquinas", procura-se padronizar as operações e as medidas de segurança associadas à operação dos equipamentos. Este documento é também uma ferramenta valiosa para o treino de novos operadores, fornecendo instruções claras e detalhadas sobre como operar as máquinas de forma segura e eficaz.

Além disso, inclui informações sobre manutenção preventiva, ajudando a prolongar a vida útil das máquinas, e a evitar paragens não planeadas. É uma importante fonte de documentação e rastreabilidade, crucial para auditorias e investigações futuras. A constante atualização deste caderno permite procurar continuamente melhorias na eficiência e na segurança das operações, contribuindo para a melhoria contínua dos processos.

Para avaliar o impacto das melhorias na prática *Seiketsu*, decidiu-se avaliar a redução do tempo médio atendendo a esta prática bem como às duas categorias de foco das atividades: aquelas que exigem padronização de procedimentos, e aquelas relacionadas com o controlo de qualidade. A Figura 43 representa os resultados do estudo anteriormente mencionado em termos da redução percentual do tempo médio das atividades.

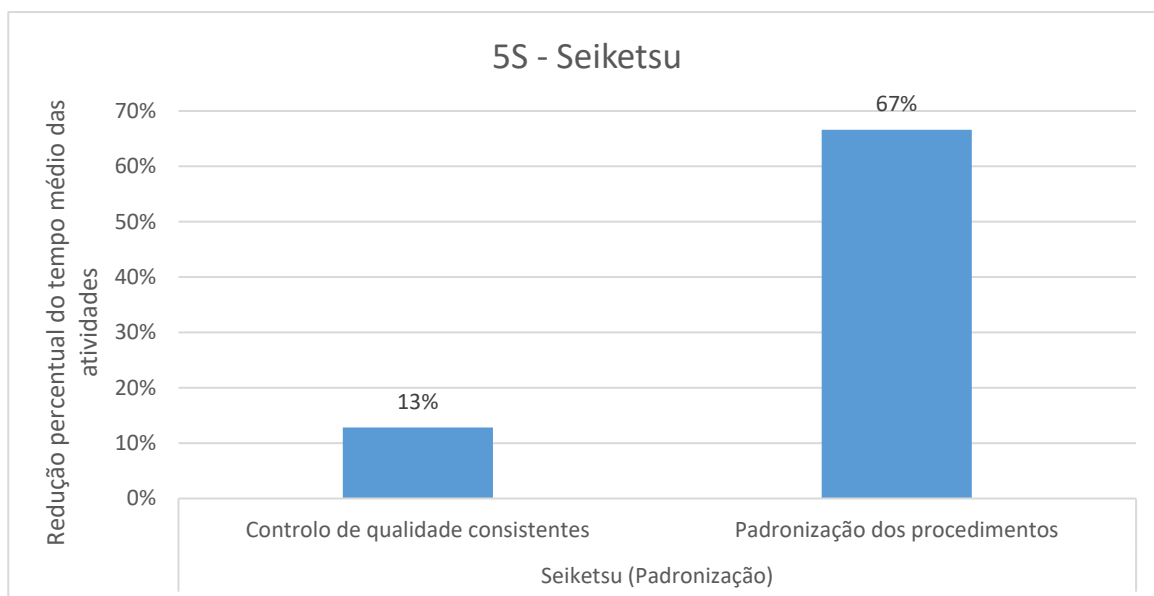


Figura 43 - Redução percentual do tempo médio das atividades atendendo à prática *Seiketsu* considerando duas categorias de foco distintas.

Observando a Figura 43 verifica-se que a maior diminuição de tempo ocorreu na padronização dos procedimentos. Constata-se uma diminuição percentual do tempo médio das atividades com

este foco igual a 67 % comparativamente com a tiragem de tempo *à priori* das melhorias. Por sua vez, as atividades com foco no controlo de qualidade consistentes viram o seu tempo médio reduzido em 13% fruto das melhorias aplicadas. Estas melhorias decorrem da ferramenta *standard work* conforme descrito anteriormente, bem como na introdução teórica.

Deve ainda notar-se que a maioria das operações de melhoria se basearam na padronização de procedimentos do ponto de vista operador-máquina, não tendo sido implementado um sistema de qualidade. Este facto justifica a diferença nas percentagens de diminuição do tempo médio das atividades, sendo que os 13% de redução nas atividades com foco no controlo de qualidade consistentes advém de um conjunto de melhorias adjacentes.

4.6.6. Resultados da ferramenta Visual Management

A identificação de caixas com códigos das peças revelou-se uma prática de extrema utilidade. Este procedimento permite uma fácil rastreabilidade das peças em fase intermédia, melhorando a eficiência no processo de produção. Além disso, a designação de um local específico para as ferramentas, mostrou ser uma medida igualmente benéfica. Esta organização cuidadosa garante que as ferramentas estejam sempre acessíveis, reduzindo o tempo desperdiçado à procura, e contribuindo para uma linha de produção mais eficaz.

Outra ação implementada foi a marcação do chão. Esta prática, não só promove a segurança no ambiente de trabalho, como também serve como orientação para os operadores, tornando mais eficiente o fluxo de movimentação nas instalações da linha de estampagem. Em resumo, estas medidas são exemplos práticos da implementação de princípios *Lean*, os quais têm contribuído significativamente para melhorar o desempenho e organização na linha de estampagem da manufatura.

4.7. Conjugação de resultados através da aplicação de várias ferramentas

Numa análise cuidada das ferramentas como VSM e Diagrama de Ishikawa, aliada aos princípios *Lean*, é evidente que a alteração do *layout* se apresenta como a abordagem mais eficaz para potenciar todo o trabalho mencionado anteriormente.

Na filosofia *Lean*, a avaliação do *layout* de produção, tanto a nível global como a nível setorial, é de extrema importância, uma vez que está intrinsecamente ligada à redução de desperdícios. Nesse sentido, a mudança de *layout* foi discutida previamente com a equipa, tendo sido apresentada uma proposta ao Responsável, como forma de otimizar todo o projeto. Esta proposta está alinhada com a metodologia AR, que envolve a participação ativa dos envolvidos na identificação de problemas, no planeamento de ações e na avaliação de resultados, com o objetivo de alcançar melhorias significativas na eficiência operacional.

Assim, ao unir todas as ferramentas e conhecimentos mencionados anteriormente, conduziu-se uma análise minuciosa sobre o *layout Lean*. Isso envolveu a consideração dos princípios de fluxo contínuo, identificação das áreas-chave, criação de zonas de armazenamento estratégico e minimização do WIP, sempre com ênfase na flexibilidade para futuras mudanças e na garantia de

condições de segurança. A solução resultante foi apresentada e discutida durante uma exposição do projeto perante o conselho administrativo da Frigocon.

Em resumo, o novo *layout* foi concebido para criar um fluxo de trabalho organizado e alinhado com o tipo de peças produzidas no setor de estampagem. Na Figura 44, observa-se o fluxo WIP das peças antes da intervenção. O *layout* existente caracterizava-se por um fluxo de trabalho confuso, sem entradas e saídas de material adequadas, o que tornava o transporte de matéria-prima difícil, sobretudo quando era necessário utilizar um empilhador. Este problema era frequentemente mencionado pelos colaboradores, tanto no setor de estampagem como no de maquinaria convencional.

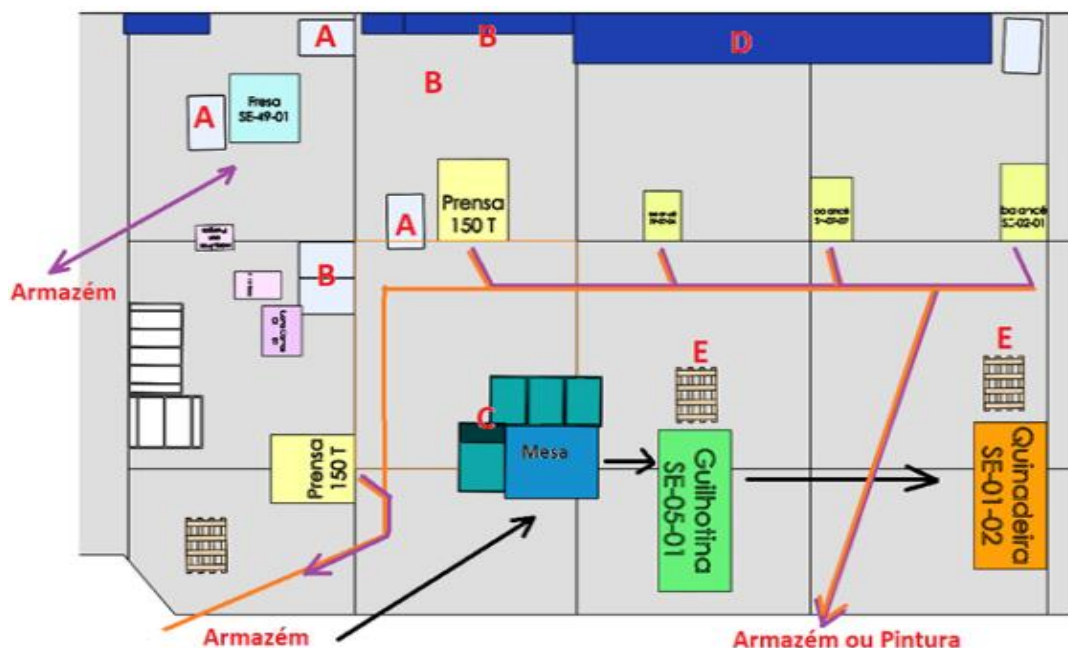


Figura 44 - *Layout* inicial no setor da estampagem (A - Matéria-prima; B- Sucata Técnica; C- Zona de reciclagem; D- estantes de ferramentas; E- Paletes vazias).

Num primeiro momento, a preocupação foi criar corredores de fluxo estrategicamente posicionados para a entrada e saída de material, permitindo que o empilhador acesse sem a necessidade de remover obstáculos. Em segundo lugar, considerou-se a sequência de fluxo de trabalho da maioria das peças produzidas no setor e o seu destino.

Após a análise destas considerações, o *layout* foi projetado para ser dividido em zonas específicas para cada operação, agrupando as máquinas de acordo com os respetivos processos. A Figura 45 ilustra o posicionamento das prensas em linha, voltadas para um corredor. A frente da quinadora e da guilhotina também foram orientadas para as prensas, criando um corredor de fluxo para o WIP.

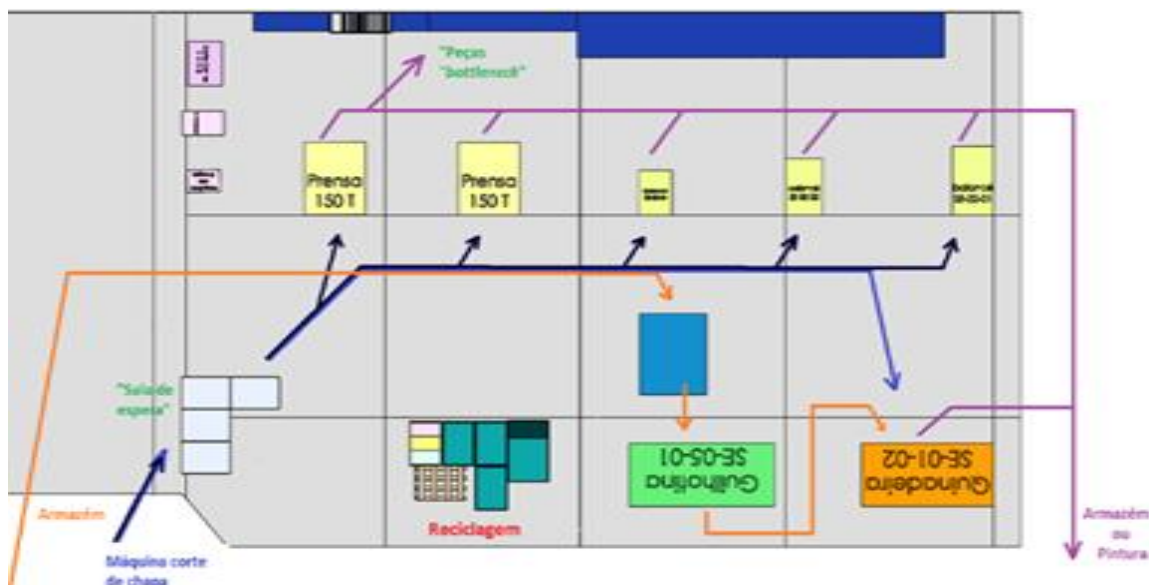


Figura 45 - Novo Layout no setor da estampagem.

Além disso, foram criadas zonas, como a reciclagem e uma "sala de espera", onde se colocou material de apoio, como caixas de apoio à produção. A fresa foi removida desta secção, uma vez que o processo não pertencia ao setor de estampagem. Aproximar as máquinas e as estações de trabalho com um *layout* lógico e bem pensado, resultou numa redução significativa dos prazos de entrega.

O mesmo procedimento foi aplicado ao setor de maquinagem convencional. Agrupar as máquinas por processo é o mais adequado para estes setores, uma vez que este tipo de *layout* funcional permite a realização de operações análogas na mesma zona, sendo a matéria-prima deslocada para a zona de trabalho de acordo com as necessidades, o que é uma vantagem quando se tem produções diversificadas em pequena e média escala. A Figura 46 e Figura 47 representam, respetivamente, a zona de maquinagem convencional antes e depois das mudanças acima mencionadas.



Figura 46 - Zona de maquinagem convencional antes da mudança.



Figura 47 - Zona de maquinagem convencional depois da mudança.

Neste setor, o problema mais evidente era a falta de espaço devido ao mau posicionamento das máquinas. Na Figura 48, cada linha representa o movimento que os operadores fazem quando estão a trabalhar no mesmo tipo de operações. Um exemplo claro é o movimento da linha a verde, que são fresadoras e retificadoras. O operador que estivesse a proceder a uma operação de fresagem, quando quisesse fazer a operação de finalização como retificação, teria de se deslocar para outra zona do setor. Neste contexto, o empilhador não conseguia entrar, embora essa necessidade não fosse frequente neste setor, ocasionalmente era preciso entrar para levar material de grandes dimensões.

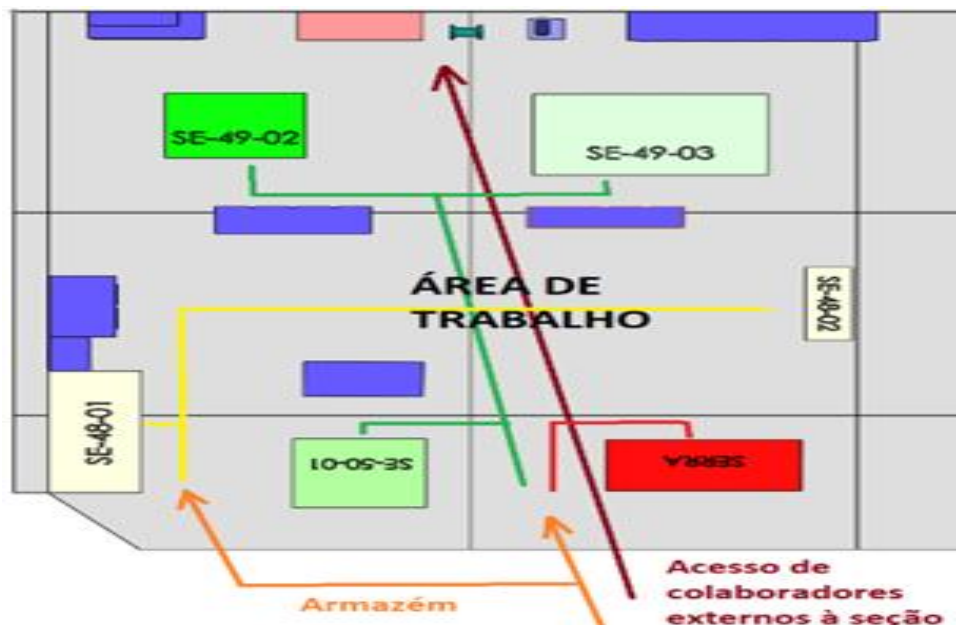


Figura 48 - *Layout* inicial no setor maquinagem convencional.

Com a nova organização, nos mesmos moldes que o setor da estampagem, o empilhador tem acesso e os operadores conseguem realizar atividades análogas no mesmo local, conforme mostrado na Figura 49. A fresa retirada da estampagem foi agrupada às máquinas com o mesmo propósito, ficando estas máquinas dispostas em L para melhor aproveitamento de espaço e funcionalidade. Sintetizando todo este processo, pode-se afirmar que a mudança de *layout* permitiu a conjugação de todas as ferramentas utilizadas e potencializou o resultado obtido.



Figura 49 - Novo *Layout* no setor de maquinagem convencional.

Na Figura 49 observa-se a aplicação de ferramentas avançadas de simulação, como o *software* 3D Solidworks, que se revela uma ferramenta de relevo no contexto da otimização de processos industriais. Esta abordagem permite uma visualização tridimensional do *layout*, proporcionando uma compreensão mais aprofundada da disposição física dos elementos. A capacidade de simular diversos cenários oferece vantagens significativas, possibilitando a análise de fluxo de materiais, tempos de ciclo e eficiência geral do processo.

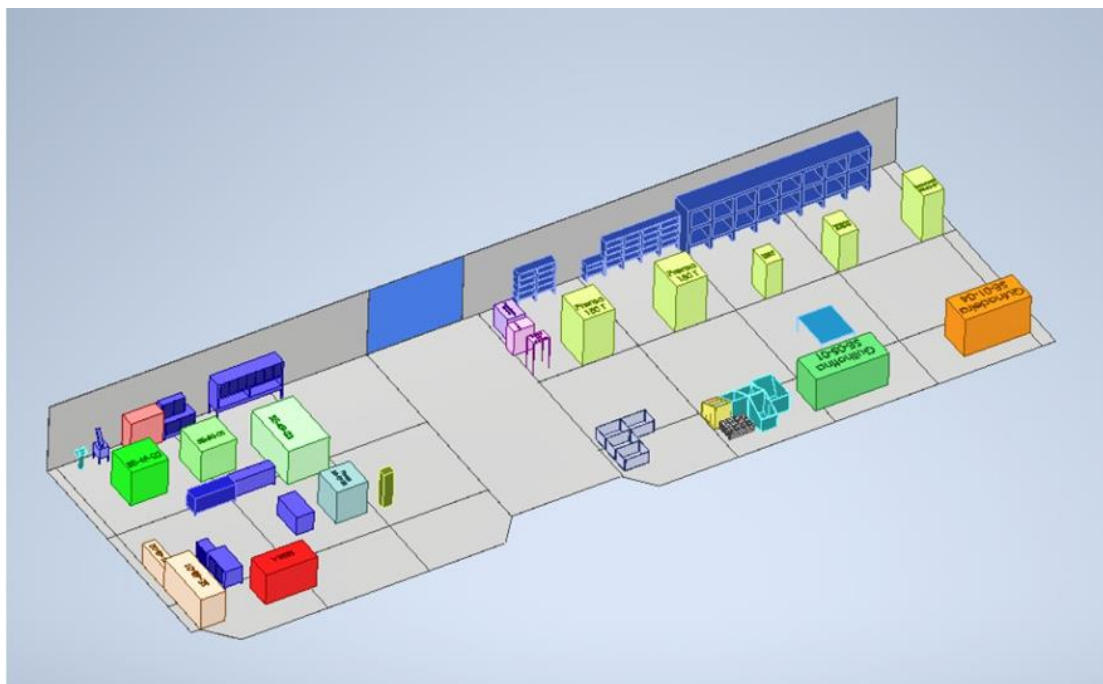


Figura 50 - Vista do *layout* em conjunto.

Além disso, a visualização realista facilita a identificação de oportunidades de melhoria, enquanto a facilidade de modificar virtualmente o *layout* agiliza o processo de tomada de decisões. A simulação 3D, não apenas contribui para a eficiência operacional, mas também promove uma comunicação mais clara com a equipa, fornecendo uma base sólida para a implementação de mudanças bem-sucedidas, oferecendo uma perspectiva valiosa para aprimorar a eficácia e a eficiência dos processos.

Por último, é também importante mencionar que a Fricon é uma empresa presente em vários tipos de mercados da refrigeração, nomeadamente no setor dos supermercados, gelados e congelados, os seus produtos apresentam alguma sazonalidade. Portanto, este *layout* em conjunto é também mais adaptável a produtos com variação sazonal. Isto deve-se ao facto de o agrupamento das várias tipologias de maquinaria facilitar o envio das peças para o setor objetivo evitando a acumulação de componentes em zonas indevidas, minimizando o deslocamento do material e uso desse mesmo material indevidamente. Para além do descrito e, pelos mesmos motivos anteriormente mencionados, esta disposição facilita também o ajustar dos picos de procura o que atribui flexibilidade à UPI. No entanto, não se pode esquecer as suas fragilidades em relação à necessidade de movimentação de materiais, um controlo mais apertado e *stock* intermédio.

4.8. Análise global dos resultados obtidos

Os resultados apresentados nos gráficos deste subcapítulo estabelecem várias correlações significativas entre si, com base em três elementos principais: a implementação das práticas 5S, a identificação dos oito desperdícios, e o tempo necessário para efetuar essas melhorias. Esta análise foi conduzida no contexto do setor de estampagem. As correlações destacam como a

aplicação das práticas 5S impacta na identificação e redução dos oito desperdícios, levando em consideração também o tempo necessário para implementar essas melhorias.

A categorização do tempo de implementação em "Imediato", "Médio" e "Longo prazo", conforme anteriormente descrito na Tabela 19, oferece uma visão abrangente das mudanças ao longo do tempo, e de como essas melhorias estão relacionadas com as práticas 5S e os ganhos na redução de desperdícios no setor de estampagem. No entanto, é fundamental lembrar que a correlação não implica necessariamente causalidade direta, pois outros fatores podem ter uma influência mínima nos resultados das atividades.

Atendendo ao que foi descrito, a Figura 51 representa a redução percentual do tempo médio das atividades atendendo à prática *Seiso*, *Seiketsu* e *Seiton* bem como os seus focos de ação. Neste contexto, quando se relaciona as práticas 5S com o seu elemento central, ou seja, o seu principal enfoque, podemos afirmar que a maioria dos ganhos decorrentes das melhorias efetuadas, concentrou-se principalmente na padronização dos procedimentos e na manutenção regular da limpeza das áreas de trabalho registrando, respetivamente, uma diminuição de 67% e 50% face ao tempo registado antes das melhorias serem implementadas.

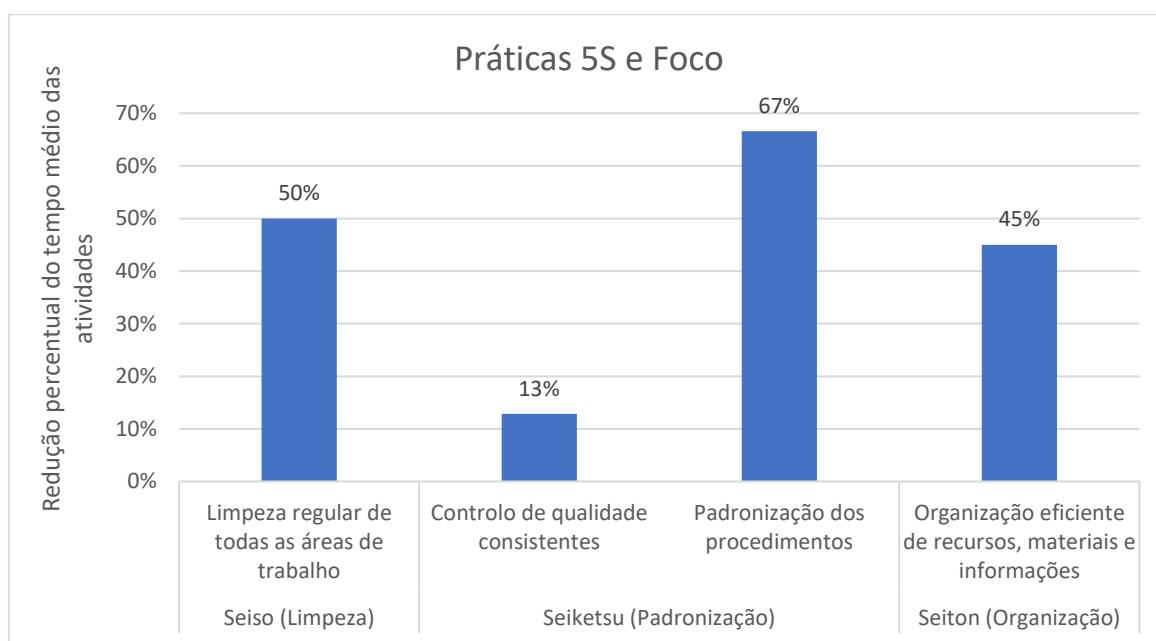


Figura 51 – Redução percentual do tempo médio das atividades atendendo à prática *Seiso*, *Seiketsu* e *Seiton* bem como os seus focos de ação.

Paralelamente, constatou-se que, embora a padronização dos procedimentos tenha sido o foco com maior impacto na redução dos tempos médios, foi a organização dos recursos, materiais e informações que demonstrou resultados mais rapidamente, tendo sido responsável por uma redução do tempo médio das atividades de 83%. Também a nível imediato, verificou-se uma redução de 67% e 50% no tempo de implementação de atividades imediatas para as atividades de padronização e limpeza, respetivamente. Estes dados encontram-se sistematizados na Figura 52 para todas as categorias de tipo de ação conforme descritas na Tabela 19.

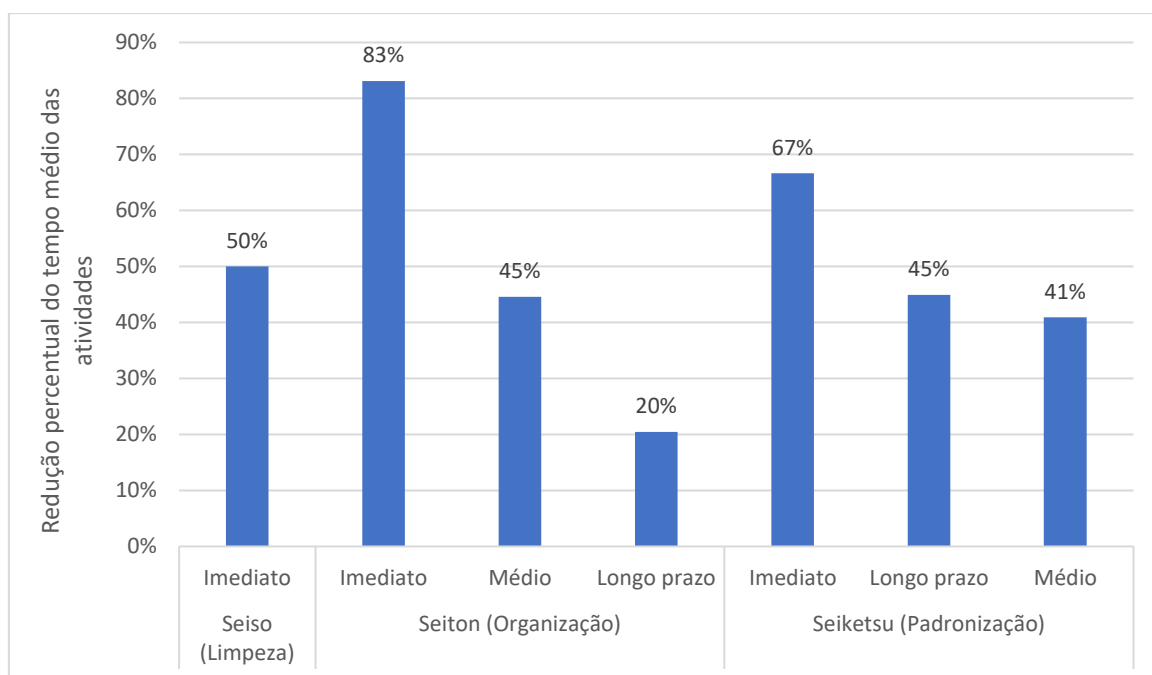


Figura 52 - Redução percentual do tempo médio das atividades categorizada no tipo de ação e atendendo às práticas 5S, em particular a prática *Seiso*, *Seiton* e *Seiketsu*.

Estes resultados devem-se em grande medida às ações de eliminação das peças consideradas obsoletas e à estruturação das amostras técnicas, as quais contribuíram significativamente para esse feito. De um modo geral, as medidas implementadas demonstraram um impacto que pode ser categorizado como de médio a curto prazo.

Seguindo o mesmo raciocínio decidiu-se também avaliar a redução percentual do tempo médio das atividades atendendo às práticas 5S, em particular a prática *Seiso*, *Seiton* e *Seiketsu* e os vários tipos de desperdício dessas mesmas atividades. Consideraram-se para este efeito desperdícios das seguintes naturezas: defeitos, processos inadequados, espera, transporte, movimento e produção excessiva. Esta avaliação encontra-se representada na Figura 53.

Observando a Figura 53 é evidente que a padronização de procedimentos, como parte do LM, é fundamental para melhorar a eficiência e reduzir erros. A consistência proporcionada pela padronização, ou seja, *Seiketsu*, realmente contribui para a diminuição de defeitos. Mesmo que esses defeitos possam representar apenas 13% da redução do tempo médio das atividades, a padronização ainda desempenha um papel importante na melhoria contínua dos processos. Isso está alinhado com as filosofias de gestão que procuram eliminar desperdícios e aprimorar a qualidade.

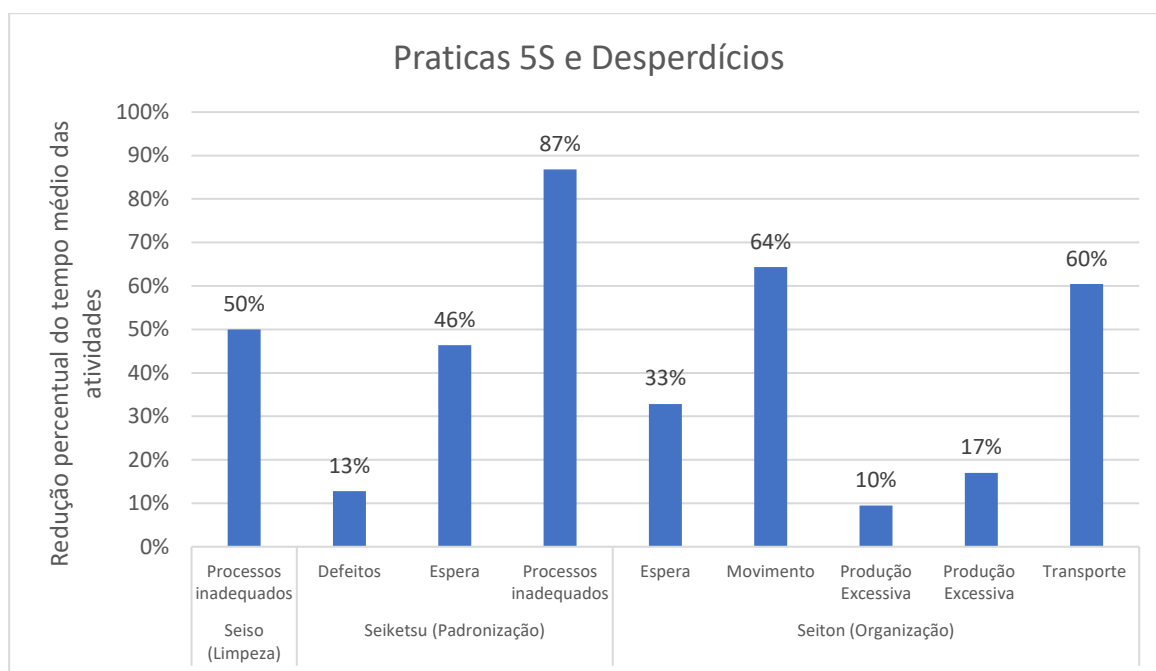


Figura 53 - Redução percentual do tempo médio das atividades atendendo às práticas 5S, em particular a prática *Seiso*, *Seiton* e *Seiketsu* e os vários tipos de desperdício dessas mesmas atividades.

Ainda analisando a Figura 53 verifica-se que a eliminação de processos inadequados atendendo à prática *Seiso* e *Seiton* resultaram numa diminuição do tempo médio das atividades de 87% e 50%, respetivamente. Do ponto de vista organizacional a maior contribuição na diminuição dos tempos médio após a implementação das melhorias advém da diminuição dos movimentos, resultando numa redução de 64% dos tempos por comparação à tiragem efetuada *a priori* das melhorias.

Além disso, é crucial considerar a relação entre os desperdícios e o tempo necessário para implementar melhorias. Notou-se que os diversos tipos de desperdício apresentam variações nos prazos de implementação, uma vez que cada um dos oito desperdícios pode exigir um período diferente para ser identificado, analisado e resolvido. Esta observação destaca a importância de priorizar e abordar esses desperdícios com base no seu impacto e complexidade. Essa abordagem está em sintonia com os princípios do LM, que procuram constantemente eficiência e qualidade, levando em consideração a gestão eficaz do tempo.

Na análise da relação entre os desperdícios e o tempo requerido para implementar melhorias, foram obtidas informações cruciais. Estes dados evidenciam uma ligação direta entre a eficiência na gestão de processos e a economia de tempo, um elemento vital em qualquer contexto de produção. Desta forma, a Figura 54 representa a redução percentual do tempo médio das atividades atendendo aos desperdícios devido ao movimento e transporte.

Primeiramente, foi observado o desperdício de movimento, onde foi alcançada uma diminuição média no tempo das atividades de 75%, para as atividades de carácter imediato, após a implementação das melhorias. Este resultado é consequência da organização das matrizes por porte, da procura por grampos de fixação adequados, e da implementação de uma base eficaz para transporte. Desta forma fica evidente como a otimização de procedimentos pode ter um impacto imediato e substancial na economia de tempo.

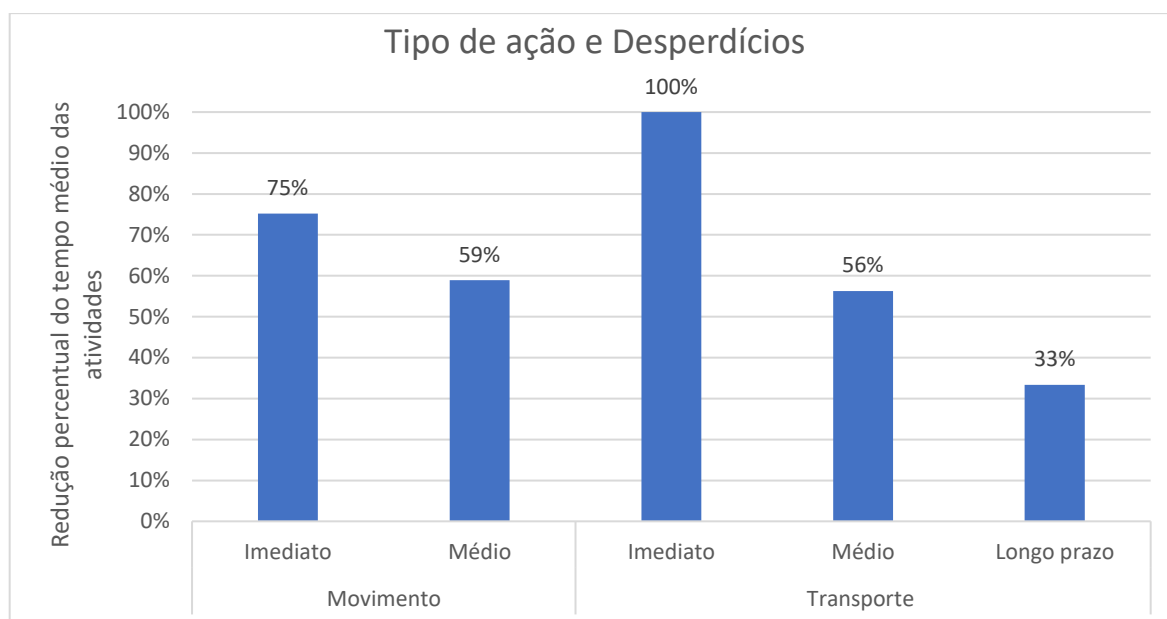


Figura 54 – Redução percentual do tempo médio das atividades atendendo aos desperdícios devido ao movimento e transporte.

Em segundo lugar, consideramos o desperdício de transporte. Aqui, conseguiu-se reduzir na totalidade o desperdício de transporte no tipo de ação imediata. A razão para este ganho reside na eliminação completa das peças obsoletas que anteriormente requeriam movimentação para diferentes locais. Como tal, a consequência direta foi a poupança total de tempo nessa atividade.

Adicionalmente, é importante destacar uma redução de 33% no tempo médio das atividades relacionadas com o desperdício de transporte para atividades de longo prazo. Este facto encontra-se intimamente relacionado com a necessidade de transporte recorrendo ao empilhador que, tal como descrito anteriormente, foi reduzida pela otimização do layout. Fica, portanto, demonstrado como, ao longo do tempo, as melhorias podem continuar a proporcionar benefícios significativos, mesmo após a implementação inicial.

Estes dados dão ênfase à eficácia das práticas LM na redução de desperdícios e otimização de processos, ilustrando de forma clara como a gestão eficiente dos recursos e a eliminação de atividades desnecessárias podem resultar em economia de tempo considerável, contribuindo assim para a melhoria contínua e a excelência operacional.

4.8.1. Melhoria da produtividade

Para avaliar a melhoria de produtividade começou-se por considerar a redução percentual da quantidade de peças devido a produção antecipada de stock e produção com qualidade insatisfatória por lote de pequena, média e grande quantidade. Para tal considerou-se como lote de pequena, média e grande dimensão quantidades até 200, 500 e acima de 500 peças, respetivamente. Os resultados deste estudo encontram-se representados na Figura 55.

Observando a Figura 55 verifica-se que para lotes de pequena dimensão a produção antecipada diminuiu, em média, 9% por lote, com a maior diminuição ocorrendo nos lotes médios e sendo esta igual a 17%. Relativamente à produção de peças com qualidade insatisfatória verificou-se a redução de 3% destas mesmas peças para lotes de grandes dimensões. A maior redução verificou-

se para lotes de média dimensão tendo-se observado uma redução média de 10% após as melhorias efetuadas. Este cenário é, em grande parte, atribuído ao processo de estampagem progressiva, que compõe a maior parte da produção e é considerado uma vantagem, uma vez que mantém a qualidade das peças em níveis aceitáveis, mesmo com a diminuição na produção antecipada. Além disso, a necessidade de produção antecipada diminuiu como consequência da redução dos defeitos. Por outras palavras, devido à menor incidência de reclamações e defeitos, a procura por produção antecipada também diminuiu. Isso indica que a melhoria da qualidade dos produtos resultou numa diminuição da necessidade de produção excessiva para compensar defeitos ou reclamações, alinhando-se com os princípios do *Lean*, de eliminar desperdícios e focar na eficiência do processo.

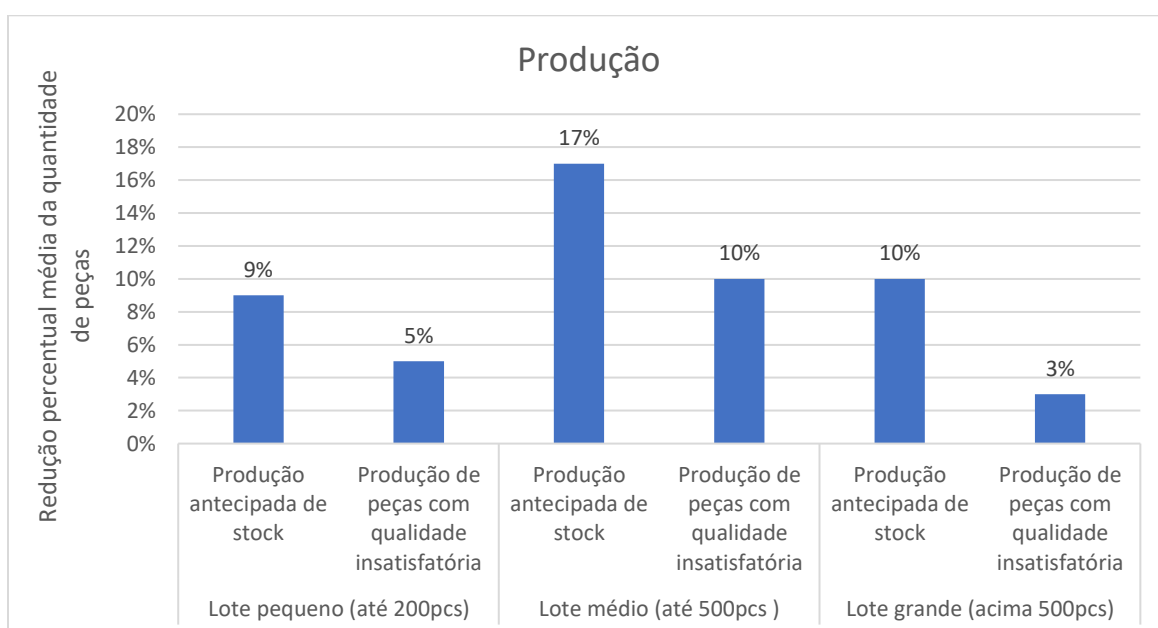


Figura 55 – Redução percentual média da quantidade de peças devido a produção antecipada de stock e produção com qualidade insatisfatória por lote de pequena, média e grande quantidade.

Considerando agora a maquinagem, a Figura 56 representa os tempos médios despendidos nos procedimentos para colocar uma prensa mecânica em funcionamento antes da aplicação da ferramenta SMED. Observa-se que os procedimentos que consumiam mais tempo antes da implementação da ferramenta SMED estavam relacionados com a procura de específicas, como as espigas da matriz, a seleção e posicionamento da matriz, o posicionamento da caixa MP e a fixação da matriz.

Devido às melhorias implementadas, como a padronização das alturas das bases e a uniformização das espigas em relação ao tamanho da matriz, houve uma redução significativa no tempo dedicado a essas tarefas. Para além do referido, com a implementação da ferramenta SMED verificou-se também uma redução significativamente especialmente na procura de ferramentas como é o caso dos grampos, para além das já referidas espigas de matriz. Adicionalmente, deve ainda referir-se que a introdução de painéis de ferramentas, utilizando a ferramenta de gestão visual, eliminou completamente o tempo necessário à procura.

De forma a quantificar objetivamente esses tempos, a Tabela 20 sistematiza os tempos médio antes e depois da aplicação SMED dos quatro procedimentos mais despendidos.

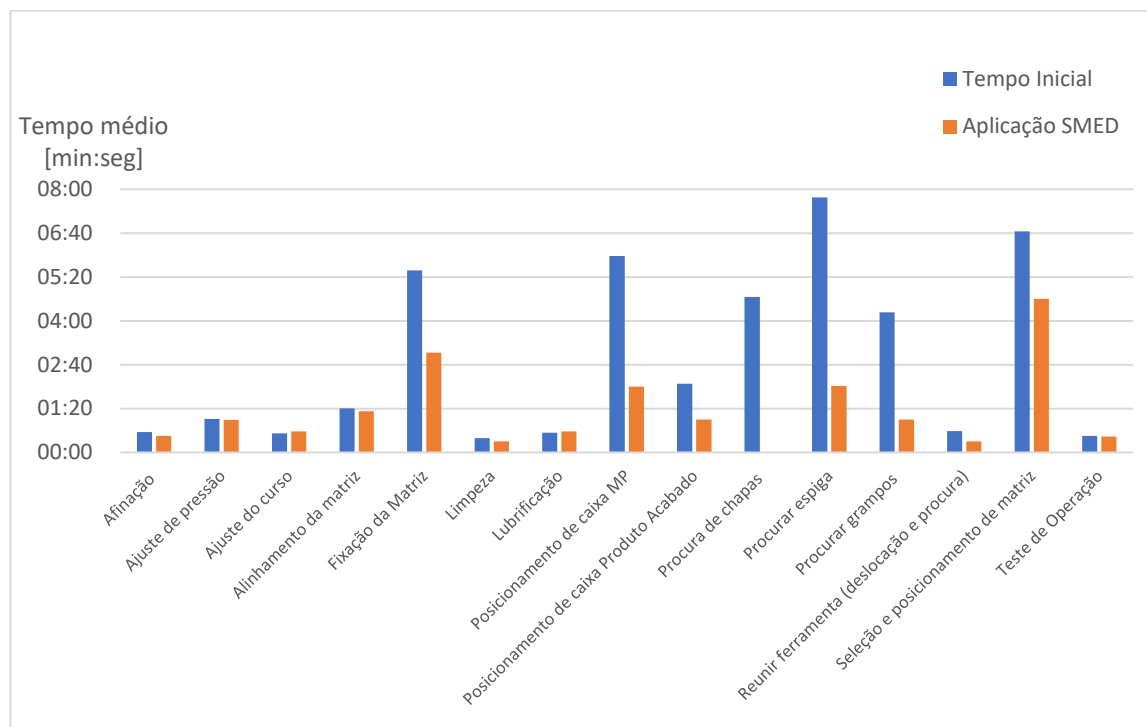


Figura 56 - Tempos médio despendidos nos procedimentos para colocar uma prensa mecânica em funcionamento antes e depois da aplicação da ferramenta SMED.

Tabela 20 - Tempos médio antes e depois da aplicação SMED dos quatro procedimentos mais despendidos.

Procedimento	Tempo inicial [min:seg]	Tempo após SMED [min:seg]
Procura das espigas de matriz	07:45	02:01
Seleção e posicionamento da matriz	06:43	04:40
Posicionamento da caixa MP	05:38	02:00
Fixação da matriz	05:32	03:02

De modo a resumir os dados apresentados na Figura 56, o tempo médio total despendido na troca de ferramentas de uma prensa mecânica antes e depois da aplicação da ferramenta SMED é apresentado na Figura 57. Assim, é possível notar a disparidade entre a situação prévia à introdução da ferramenta SMED e a situação subsequente. Anteriormente, o colaborador encarregado da troca de ferramentas necessitava, em média, de aproximadamente 43 minutos para efetuar a substituição de uma ferramenta de porte médio. Após a implementação do SMED, esse intervalo foi significativamente reduzido para 18 minutos, representando assim uma diminuição de 55,9%.

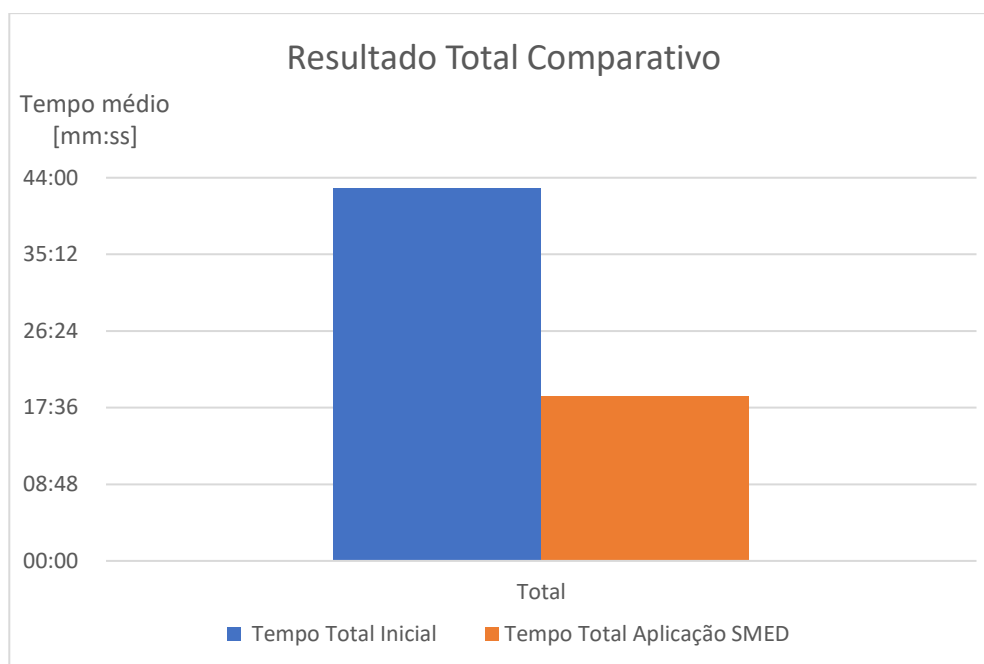


Figura 57 – Tempos médio total despendido na troca de ferramentas de uma prensa mecânica antes e depois da aplicação da ferramenta SMED.

A análise desses dados revela um quadro encorajador de melhorias substanciais na eficiência e qualidade do processo, apesar das dificuldades de registo e da ausência de resultados anteriores para comparação direta. Foi adotada uma abordagem pragmática ao realizar uma amostra de produção de *Key Performance Indicator* (KPI), em português, Indicador-Chave de Desempenho, antes e depois da implementação das melhorias.

Antes das melhorias, o *Overall Equipment Efficiency* (OEE), em português, Índice de Eficiência Global (OEE), estava em 53%, a disponibilidade em 78%, o desempenho em 71% e a qualidade em 95%. Esses números indicam que havia espaço para aprimoramentos significativos em vários aspetos do processo.

Após a implementação das melhorias, registaram-se resultados significativos. O OEE aumentou para 68% (ver Figura 58), a disponibilidade atingiu 91%, o desempenho subiu para 76%, e a qualidade alcançou notáveis 98%, como pode ser facilmente observado Figura 59. Esses dados indicam uma melhoria considerável em termos de eficiência operacional, tempo de atividade das máquinas, desempenho e qualidade do produto final.

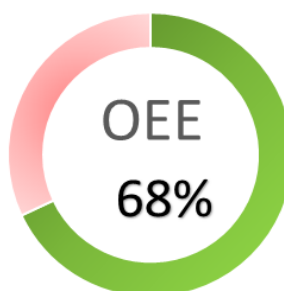


Figura 58 - Resultado OEE.

É importante salientar que estas melhorias foram alcançadas em condições desafiantes, incluindo a falta de resultados anteriores como ponto de referência. Isso demonstra o compromisso da equipe em procurar a excelência, e a capacidade de implementar mudanças positivas mesmo em cenários desconhecidos.

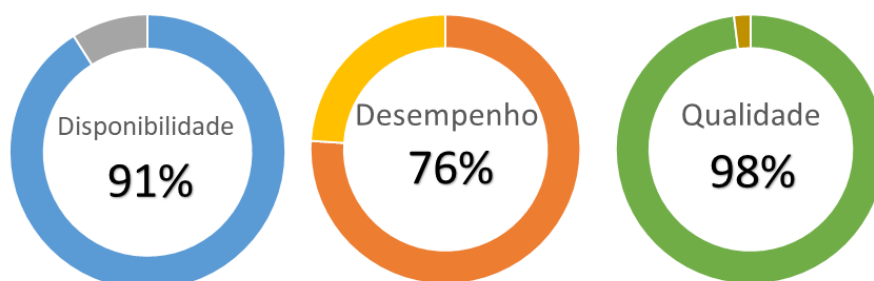


Figura 59 - Impacto das Melhorias nas Métricas de Eficiência e Qualidade.

Os resultados obtidos refletem não apenas um ganho tangível em eficiência e qualidade, mas também o potencial de continuar a aprimorar os processos com base nesses indicadores. Essas melhorias não apenas beneficiam a empresa em termos de desempenho, mas também fortalecem a sua posição competitiva, e demonstram a capacidade de adaptação e inovação em face de desafios. É um testemunho do compromisso da equipe em alcançar padrões mais elevados de excelência.

4.9. Discussão de resultados

Num contexto de expansão e reestruturação da UPI, a implementação das metodologias LM e AR beneficia da cooperação total e cultura de criação na organização. Estas metodologias, não apenas identificam áreas de melhoria, mas também capacitam os colaboradores a serem agentes ativos de mudança, fortalecendo a cultura de inovação e a busca pela excelência [54].

Após a implementação das práticas 5S, houve uma transformação notável na área de intervenção, com maior limpeza e espaço de trabalho. Isso impactou positivamente o tempo gasto na procura de ferramentas e na gestão de componentes em estado intermédio de produção.

Os resultados obtidos demonstram que as melhorias reduziram os desperdícios, incluindo processos inadequados e transporte. A modificação das ferramentas progressivas, como a instalação de um batente, teve um impacto significativo.

Conforme descrito por Costa *et al.* [56], à medida que as práticas 5S são implementadas, observa-se uma otimização tanto no desempenho quanto na produtividade dos operadores. Esses dados são corroborados com o verificado no decorrer deste trabalho, tal como é observado nos gráficos de melhoria de produtividade.

A revisão do *layout* surgiu como uma abordagem promissora após a análise das ferramentas VSM e Diagrama de Ishikawa [73]. Todos os intervenientes participaram na discussão e na identificação

de problemas, planejamento de ações e avaliação de resultados. O novo *layout* melhorou o fluxo de trabalho e resolveu problemas de movimentação de material.

O mesmo princípio de agrupar máquinas por processo foi aplicado ao setor de maquinagem convencional, tornando-o mais adequado para produções diversificadas em pequena e média escala. Em resumo, a mudança de *layout*, alinhada com os princípios *Lean*, resultou em melhorias significativas na eficiência operacional, tempo de entrega e adaptação a produtos sazonais, apesar de desafios de espaço e movimentação de materiais.

A análise dos tempos gastos nos procedimentos para colocar uma prensa em funcionamento antes do SMED, revelou que a padronização e a gestão visual eliminaram o tempo gasto na procura de ferramentas. No final do estudo verificou-se uma redução do tempo médio de setup de uma prensa mecânica de 43%. Este valor vai de encontro com o experienciado por outros autores quando aplicado esta ferramenta a processos similares, tendo como referência os trabalhos de Silva *et al.* [67] e Sousa *et al.* [59] estes autores experienciaram diminuições de 20% e 43%, respetivamente, nos tempos de configuração de máquinas na indústria da cortiça.

Os indicadores-chave de desempenho (KPI) mostraram melhorias substanciais após a implementação dos aperfeiçoamentos. O OEE aumentou para 68%, a disponibilidade atingiu 91%, o desempenho subiu para 76%, e a qualidade alcançou notáveis 98%. Esses resultados indicam uma melhoria significativa na eficiência operacional, no tempo de atividade das máquinas, no desempenho e na qualidade do produto final. Para além do descrito esta percentagem vai de encontro com o documentado na literatura conforme descrito por Hedman *et al.* [87] que registou um OEE de 65%, em ambiente metalomecânico. Valores similares no mesmo foram obtidos por Singh *et al.* [89] e Becker *et al.* [88]

É importante destacar que essas melhorias foram alcançadas num contexto desafiador, sem resultados anteriores como ponto de referência. Isso demonstra o compromisso da equipa em procurar a excelência e a capacidade de implementar mudanças positivas, mesmo em cenários desconhecidos. Estes resultados não beneficiaram apenas a empresa em termos de desempenho, mas também fortaleceram a sua posição competitiva e demonstram a sua capacidade de adaptação e inovação diante de desafios. É um testemunho do compromisso da equipa em alcançar padrões mais elevados de excelência.

5. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta, na primeira secção, as conclusões do trabalho, evidenciando as principais conquistas do mesmo bem como as respostas às questões científicas colocadas no início. Na segunda secção, debatem-se as limitações do presente trabalho bem como os potenciais trabalhos futuros

5.1. Conclusões finais

Neste trabalho, investigaram-se e propuseram-se ações para melhorar a eficiência e eficácia dos processos produtivos na linha de estampagem da UPI da Frigocon. Para o efeito aplicaram-se ferramentas LEAN, com um foco específico na otimização do processo de estampagem e do setor de maquinaria convencional, apoiada pela metodologia *Action Research* (AR). Para tal, desdobrou-se o trabalho em metas específicas que direcionaram a pesquisa ao longo deste estudo.

Em termos de metodologia, em primeiro lugar, identificaram-se os recursos materiais e imateriais que desempenham um papel fundamental no processo de produção. Além disso, todos os implicados enfrentaram os desafios e superaram esses mesmos desafios representados pelas barreiras que obstaculizavam a implementação de melhorias contínuas. Elaborou-se também um plano de ação detalhado, com o objetivo de otimizar o processo em todos os seus aspetos. Por fim, apresentaram-se propostas concretas e práticas destinadas a fortalecer e perpetuar uma cultura de melhoria contínua na UPI.

Os resultados alcançados neste trabalho mostraram melhorias significativas na implementação da metodologia 5S, que serviu como um ponto de partida importante para iniciativas de melhoria contínua mais amplas. Após a implementação dessas práticas, observamos transformações na área de intervenção, incluindo uma maior organização e espaço de trabalho.

Ao analisarmos os dados, ficou claro que as ações de melhoria também reduziram desperdícios, abrangendo processos inadequados, transporte e movimentação. A modificação das ferramentas progressivas, incluindo a instalação de batentes para evitar a rejeição da primeira peça, contribuiu significativamente para essa redução. A padronização dos procedimentos levou a uma redução do tempo médio das atividades igual a 67% comparativamente às tiragens de tempo efetuadas *à priori* das melhorias. Em tarefas de organização classificadas como imediatas e, portanto, com duração inferior a 1 semana alcançou-se uma redução do tempo médio das atividades de 83%. Por fim, verificou-se uma diminuição de 78% de desperdícios em processos inadequados tendo sido possível eliminar por completo os desperdícios relativos ao transporte de peças de carácter imediato.

Além disso, a revisão do *layout* do setor emergiu como uma abordagem com potencial para melhorar ainda mais o desempenho. Essa proposta foi discutida com a equipa, permitindo a participação ativa de todos na identificação de problemas, no planeamento de ações e na avaliação de resultados, alinhando-se com os princípios *Lean* e a metodologia AR.

Da mesma forma, conduziu-se uma avaliação qualitativa por meio de inquéritos, abrangendo diversas áreas de intervenção. Além disso, foram elaboradas matrizes de Eisenhower para

priorizar as atividades e realizar uma avaliação quantitativa por meio de indicadores-chave de desempenho. Os resultados revelaram melhorias significativas nos setores de estampagem, embora o OEE não tenha atingido os níveis desejados de 95%. Após a implementação das melhorias, registaram-se resultados significativos. O OEE aumentou para 68%, a disponibilidade atingiu 91%, o desempenho subiu para 76%, e a qualidade alcançou notáveis 98%.

No entanto, considerando que a UPI está no início de um processo de reestruturação e que faltam indicadores para uma avaliação mais precisa, podemos concluir que o resultado é positivo.

Desta forma, na conclusão desta dissertação, é evidente que os objetivos inicialmente traçados foram alcançados, resultando em contribuições significativas para a melhoria dos processos produtivos na linha de estampagem da UPI. No desfecho deste estudo, é importante ainda abordar as questões científicas que orientaram a investigação:

Qual é o caminho para a implementação de ferramentas LEAN numa UPI de uma PME?

A jornada revelou-se desafiadora, mas também repleta de oportunidades. Inicialmente, é crucial desenvolver uma compreensão profunda dos processos e da cultura organizacional da PME. O primeiro passo consiste em garantir o comprometimento da alta administração da PME, que deve compreender plenamente a importância da filosofia *Lean* e apoiar ativamente a sua implementação. Este apoio da alta direção é fundamental para estabelecer uma base sólida e orientar todo o processo de transformação organizacional.

A integração gradual das ferramentas *LEAN*, adaptadas à realidade da PME, demonstrou ser eficaz. A formação dos colaboradores e a promoção de uma mentalidade de melhoria contínua, são passos subsequentes nesse percurso. É essencial estabelecer indicadores-chave de desempenho para monitorizar o progresso e os resultados da implementação *Lean*. Na organização, é imperativo que todos estejam abertos ao *feedback* dos funcionários, e que esse *feedback* seja utilizado para efetuar ajustes na implementação. A aprendizagem contínua desempenha um papel vital nesse processo de melhoria contínua.

À medida que os benefícios da implementação *Lean* se tornam evidentes, vão-se expandindo gradualmente para outras áreas da PME. Por último, é importante compreender que a implementação *Lean* não é um projeto de curto prazo, mas sim um compromisso contínuo. Deve ser mantida e aprimorada constantemente ao longo do tempo, para garantir a sustentabilidade das melhorias alcançadas.

Quais são as principais vantagens e desvantagens da implementação destas ferramentas?

No que diz respeito às principais vantagens da implementação das ferramentas *Lean*, destacam-se diversos pontos positivos. Em primeiro lugar, a aplicação destas metodologias pode levar a uma melhoria significativa na eficiência operacional, resultando em reduções de custos operacionais. Além disso, a implementação do *Lean* pode aumentar a qualidade dos produtos e serviços oferecidos pela organização, o que, por sua vez, pode levar a uma maior satisfação do cliente e à conquista de uma posição mais forte no mercado. Como fica demonstrado nesta dissertação.

Outra vantagem, e já referida na questão anterior, é a promoção de uma cultura de melhoria contínua dentro da organização. Isso envolve todos os níveis de funcionários na identificação e resolução de problemas, incentivando a inovação e a procura constante pela excelência.

No entanto, é importante reconhecer que a implementação do *Lean* não está isenta de desafios e desvantagens. Uma das principais desvantagens é que o processo de mudança pode ser disruptivo e encontrar resistência por parte dos colaboradores. Além disso, a implementação do *Lean* requer um investimento de tempo e recursos significativos, o que pode ser um obstáculo para algumas organizações, especialmente as de menor porte. Este tema é abordado no Capítulo 3.

É crucial salientar que, embora a implementação das ferramentas *Lean* possa resultar em melhorias substanciais, os benefícios completos podem não ser imediatamente perceptíveis. Este é um aspecto importante que foi observado neste estudo, uma vez que, apesar de todas as melhorias implementadas terem sido notadas e bem-recebidas pelos colaboradores, estas não se refletiram de forma tão expressiva quanto o desejado nas métricas de qualidade.

Esse fenômeno pode ser atribuído a diversos fatores, incluindo a complexidade dos processos envolvidos, a necessidade de tempo para que as mudanças sejam totalmente assimiladas e incorporadas na cultura organizacional, bem como a possível existência de fatores externos que podem influenciar os resultados.

Portanto, é necessário ter uma visão de longo prazo e um comprometimento contínuo com a implementação *Lean*. Os gestores e colaboradores devem compreender que a jornada de melhoria contínua é um processo evolutivo, e que os resultados positivos podem ser alcançados ao longo do tempo, à medida que a organização se adapta e aprimora suas práticas operacionais.

Essa paciência e comprometimento a longo prazo são essenciais para que a filosofia *LEAN* possa efetivamente transformar a organização, otimizar os seus processos e alcançar um desempenho de alto nível de forma sustentável. Portanto, a implementação do *Lean* deve ser vista como um investimento estratégico, que trará recompensas ao longo do tempo, mesmo que os resultados imediatos possam não ser tão evidentes quanto o desejado.

Para concluir, as vantagens da implementação das ferramentas *Lean* incluem melhorias na eficiência, qualidade e cultura organizacional, enquanto as desvantagens envolvem desafios de resistência à mudança e investimentos iniciais.

Qual é o estado da arte na aplicação deste tipo de ferramentas em particular na indústria metalomecânica?

No contexto da indústria metalomecânica, o estado da arte na aplicação das ferramentas *Lean* representa uma abordagem cada vez mais relevante e difundida para a melhoria dos processos e operações. A indústria metalomecânica, devido à sua natureza diversificada e complexa, enfrenta desafios específicos que tornam a implementação das práticas *Lean* especialmente benéfica.

No setor metalomecânico, a aplicação dos princípios *Lean* tem ganho destaque como uma abordagem essencial para aprimorar a eficiência, reduzir custos e elevar a qualidade dos produtos. Ferramentas como o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), o método 5S, que foram empregadas neste estudo, e outras como o *Kanban* e o *Kaizen*, destacam-se nesse cenário. A evidência dessa tendência está na crescente produção de artigos científicos sobre o tema, demonstrando a adaptabilidade das ferramentas *Lean* às necessidades específicas das empresas.

O estado atual da aplicação dessas ferramentas na indústria metalomecânica reflete o esforço das empresas em busca de maior eficiência, agilidade e competitividade. A redução de desperdícios, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade dos produtos são metas claras. No entanto,

é importante ressaltar que cada empresa deve personalizar as ferramentas *Lean* de acordo com sua realidade operacional única no setor metalomecânico. Portanto, o estado da arte não se limita apenas à adoção das ferramentas, mas também à habilidade de adaptá-las para atender às necessidades individuais das empresas neste setor.

Quais são os ganhos/benefícios dessa implementação no conjunto total da unidade de produção? Quais são os custos associados à implementação desta metodologia? Poderá este ser considerado um processo de melhoria rápida?

A implementação das ferramentas *Lean* na unidade de produção da UPI trouxe benefícios significativos para o conjunto total da operação. Primeiramente, observou-se um aumento na eficiência dos processos produtivos, refletido na redução do tempo de *setup* e do tempo de produção. Isso resultou em uma produção mais ágil e eficaz, permitindo atender às demandas de forma mais rápida e precisa. Além disso, houve melhorias perceptíveis no fluxo de informação dentro da empresa, contribuindo para uma comunicação mais eficaz entre os departamentos.

Quanto aos custos associados a essa metodologia, houve despesas iniciais relacionadas à aquisição de recursos e à implementação das ferramentas, a mudança de layout por parte de uma empresa externa foi claramente um investimento a considerar. No entanto, esses custos foram considerados necessários para a melhoria dos processos e da eficiência geral.

Quanto à questão de ser considerado um processo de melhoria rápida, podemos afirmar que a implementação *Lean* não pode ser caracterizada como uma mudança instantânea. É um processo contínuo e gradual que exige comprometimento a longo prazo. Os resultados podem não ser imediatamente perceptíveis, como demonstrado pelo fato de que as métricas de qualidade não refletiram completamente as melhorias realizadas. No entanto, com dedicação e aprendizagem contínua, a implementação *Lean* pode levar a melhorias significativas e sustentáveis no desempenho da unidade de produção ao longo do tempo. Portanto, não é uma solução rápida, mas sim um caminho sólido em direção à melhoria contínua.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Uma das limitações identificadas reside na rapidez com que as alterações propostas eram implementadas. Durante as reuniões diárias, sugestões e atividades eram discutidas e, muitas vezes, implementadas no dia seguinte. Embora isso demonstre a proatividade da equipa e tenha criado um ambiente dinâmico, dificultou o registo preciso das melhorias nos indicadores, pois não era possível distinguir claramente a situação antes e depois das alterações. A interligação entre os setores adjacentes, onde as sugestões eram partilhadas, também complicou a análise dos resultados. Quanto ao impacto a longo e médio prazo, a observação foi limitada, sugerindo a necessidade de avaliações mais extensas para compreender a sustentabilidade das melhorias e a capacidade da equipa de manter a disciplina, conforme preconizado pela última prática do 5S.

Para futuras investigações, recomenda-se um estudo aprofundado do fluxo contínuo de valor entre as unidades. Além disso, sugere-se uma análise e intervenção no fluxo produtivo de setores-chave, como a chaparia da UPA, e a aplicação da ferramenta *Kaizen* nos setores de logística. Por fim, propõe-se a implementação de ferramentas de qualidade para controlar o fluxo de produção, proporcionando uma abordagem mais abrangente para a otimização dos processos, sendo esta também, uma área de investigação interessante a ser considerada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Duarte, A., and S. Murta, F., "Macroeconomic Impacts of the Covid-19 Pandemic in Some European Union Countries: A Counterfactual Analysis," *Gabinete de Estratégia e Estudos*, Ministério da Economia, No. 161, 2022.
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:mde:wpaper:0161>
- [2] Pinto, C. M. A., Mendonça, J., Babo, L., Silva, F. J. G., and Fernandes, J. L. R., "Analyzing the Implementation of Lean Methodologies and Practices in the Portuguese Industry: A Survey," *Sustainability (Switzerland)*, Vol. 14, No. 3, 2022, p. 1929.
<https://doi.org/10.3390/su14031929>
- [3] Blume, S., Herrmann, C., and Thiede, S., "Increasing Resource Efficiency of Manufacturing Systems Using a Knowledge-Based System," *Procedia CIRP*, Vol. 69, 2018, pp. 236-241.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.126>
- [4] Teixeira, P., Coelho, A., Fontoura, P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Santos, G., and Ferreira, L. P., "Combining Lean and Green Practices to Achieve a Superior Performance: The Contribution for a Sustainable Development and Competitiveness—An Empirical Study on the Portuguese Context," *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 29, No. 4, 2022, pp. 887–903. <https://doi.org/10.1002/csr.2242>
- [5] Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., and Matias, J. C. O., "A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends," *Procedia Manufacturing*, Vol. 17, 2018, pp. 783–790. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.129>
- [6] Pereira, J., Silva, F. J. G., Bastos, J. A., Ferreira, L. P., and Matias, J. C. O., "Application of the A3 Methodology for the Improvement of an Assembly Line," *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, 2019, pp. 745–754. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.101>
- [7] Elkhairi, A., Fedouaki, F., and El Alami, S., "Barriers and Critical Success Factors for Implementing Lean Manufacturing in SMEs," *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 52, No. 13, 2019, pp. 565-570. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.303>
- [8] Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., and Pimentel, C., "Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products," *Procedia Manufacturing*, Vol. 17, 2018, pp. 696-704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>
- [9] Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., and Matias, J. C. O., "A Practical Study of the Application of SMED to Electron-Beam Machining in Automotive Industry," *Procedia Manufacturing*, Vol. 17, 2018, pp. 647-654. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.113>
- [10] Monteiro, C., Ferreira, L. P., Fernandes, N. O., Silva, F. J. G., and Amaral, I., "Improving the Machining Process of the Metalwork Industry by Upgrading Operative Sequences, Standard Manufacturing Times and Production Procedure Changes," *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, 2019, pp. 1713-1722.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.106>
- [11] Rodrigues, J., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Jimenez, G., and Santos, G., "A Rapid Improvement Process through 'Quick-Win' Lean Tools: A Case Study," *Systems*, Vol. 8, No. 4, 2020, p.55. <https://doi.org/10.3390/systems8040055>
- [12] Silva, J., Silva, F., Campilho, R., Sá, J., and Pinto Ferreira, L., "A Model for Productivity Improvement on Machining of Components for Stamping Dies," *International Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 12, No. 2, 2021, pp. 85–102.
<https://doi.org/10.24867/IJIEEM-2021-2-279>

- [13] Nunes, D. M., Campilho, R., and Silva, F. J. G., "Design of a Transfer System for the Automotive Industry," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, Vol. 236, No. 5, 2022, pp. 2044–2055. <https://doi.org/10.1177/09544089221080042>
- [14] Soares, D., da Silva, F. J. G., Ramos, S. C., Kirytopoulos, K., Sá, J. C., and Ferreira, L. P., "Identifying Barriers in the Implementation of Agile Methodologies in Automotive Industry," *Sustainability*, Vol. 14, No.9, 2022, p. 5453. <https://doi.org/10.3390/su14095453>
- [15] Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., and Pereira, M. T., "Optimization of the Cold Profiling Process through SMED," *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, 2019, pp. 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>
- [16] Alves, D., Ferreira, L. P., Pereira, T., Sá, J. C., Silva, F. J. G., and Fernandes, N. O., "Analysis and Improvement of the Packaging Sector of an Industrial Company," *Procedia Manufacturing*, Vol. 51, 2020, pp. 1327–1331. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.185>
- [17] Liu, Y., van Marrewijk, A., Houwing, E. J., and Hertogh, M., "The Co-Creation of Values-in-Use at the Front End of Infrastructure Development Programs," *International Journal of Project Management*, Vol. 37, No. 5, 2019, pp. 684-695. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.013>
- [18] Lindström, J., Lejon, E., Kyösti, P., Mecella, M., Heutelbeck, D., Hemmje, M., Sjö Dahl, M., Birk, W., and Gunnarsson, B., "Towards Intelligent and Sustainable Production Systems with a Zero-Defect Manufacturing Approach in an Industry4.0 Context," *Procedia CIRP*, Vol. 81, 2019, pp. 880-885. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.218>
- [19] Takey, S. M., and Carvalho, M. M. de, "Competency Mapping in Project Management: An Action Research Study in an Engineering Company," *International Journal of Project Management*, Vol. 33, No. 4, 2015, pp. 784-796. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.10.013>
- [20] Lewin, K., "Action Research and Minority Problems," *Journal of Social Issues*, Vol. 2, No. 4 1946, pp. 34–46. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x>
- [21] Mejía, R., López, A., and Molina, A., "Experiences in Developing Collaborative Engineering Environments: An Action Research Approach," *Computers in Industry*, Vol. 57, No.4, 2007, pp. 329-346. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2006.07.009>
- [22] Kemmis, S., "Participatory Action Research and the Public Sphere," *Educational Action Research*, Vol. 14, No.4, 2006, pp. 459-476. <https://doi.org/10.1080/09650790600975593>
- [23] Susman, G. I., and Evered, R. D., "An Assessment of the Scientific Merits of Action Research," *Administrative Science Quarterly*, Vol. 23, No.4, 1978, pp. 582-603. <https://doi.org/10.2307/2392581>
- [24] Mckay, J., and Marshall, P., "The Dual Imperatives of Action Research," *Information Technology & People*, Vol. 14 No. 1, 2001, pp. 46-59. <https://doi.org/10.1108/09593840110384771>
- [25] Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., and Silva, F. J. G., "Warehouse Operations Logistics Improvement in a Cork Stopper Factory," *Procedia Manufacturing*, Vol. 51, 2020, pp. 1723–1729. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.240>
- [26] "FRIGOCON – Indústria de Frio e Congelação, S.A." Consultado a 25 de outubro de 2021. <https://www.fricon.pt/>

- [27] “Portaria 316/2001, de 2 de Abril,” *Diário da República: I SÉRIE-B*, 2001.
- [28] Pratheesh Kumar, S., Elangovan, S., Mohanraj, R., and Ramakrishna, J. R., “Review on the Evolution and Technology of State-of-the-Art Metal Additive Manufacturing Processes,” *Materials Today: Proceedings*, Vol. 46, 2021, pp. 7907–7920. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.567>
- [29] “OECD Statistics,” 2019. Consultado a 12 de setembro 2023. <https://stats.oecd.org/#>
- [30] “PORDATA,” 2021. Consultado a 1 de outubro 2022. <https://www.pordata.pt/portugal/empresas+no+setor+da+industria+transformadora+tota+l+e+por+tipo-2955>
- [31] “PORDATA,” 2021. Consultado a 1 de outubro 2022. <https://www.pordata.pt/db/portugal/ambiente+de+consulta/tabela/5835678>
- [32] “PORDATA,” 2021. Consultado a 1 de outubro 2022. <https://www.pordata.pt/db/portugal/ambiente+de+consulta/tabela>
- [33] Banco de Portugal, “BP Stat,” Consultado a 14 de outubro de 2022. <https://bpstat.bportugal.pt/conteudos/publicacoes/1313>
- [34] Duarte, M., and Carvalho, F., “Portugal in the Global Innovation Index: A Panel Data Analysis,” *Gabinete de Estratégia e Estudos, Ministério da Economia*, No. 144, 2020.
- [35] Marinho, J., and Carvalho, P., “Assessing the Competitiveness of the Metalworking Sector,” *Gabinete de Estratégia e Estudos, Ministério da Economia*, No. 92, 2018.
- [36] Santos, A., Cincera, M., Neto, P., and Serrano, M. M., “Competition Effect on Innovation and Productivity - The Portuguese Case,” *Gabinete de Estratégia e Estudos, Ministério da Economia*, No. 102, 2018.
- [37] Magalhães, D. F. de, “Implementação de Metodologias LEAN Numa Unidade de Fabrico de Tintas de Base Aquosa,” *Instituto Superior de Engenharia do Porto*, 2019. <http://hdl.handle.net/10400.22/14940>
- [38] Martins, D. N. S. G., “Estudo Da Implementação Das Práticas LEAN Na Indústria Portuguesa,” *Instituto Superior de Engenharia do Porto*, 2018. <http://hdl.handle.net/10400.22/13096>
- [39] Womack, J., and Jones, D., “Lean Thinking Intro and Chapter 1,” *Lean Thinking*, 1ª Edição Simon and Schuster, New York, 2003. ISBN: 978-0743249270.
- [40] Pinto, J. P., “Pensamento Lean - A Filosofia Das Organizações Vencedoras,” 6ª Edição, Lidel, 2014. ISBN: 978-9897520327.
- [41] Liker, J., “The Toyota Way - 14 Management Principles the World’s Greatest Manufacturer,” 1ª Edição, McGraw Hill, 2004. ISBN: 978-0071392310.
- [42] Womack, J. P., Jones, D. T., and Roos, D., “The Machine That Changed the World,” *Business Horizons*, Vol. 35, No. 3, 1992, pp. 81-82. [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(92\)90074-J](https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90074-J)
- [43] Womack, J. P., and Jones, D. T., “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation,” 2ª Edição, Free Press, 2003. ISBN: 978-0743249270.
- [44] Liker, J. K., and Meier, D., “The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota’s 4Ps,” 1ª Edição, McGraw-Hill Companies, 2006. ISBN: 978-0071448932.
- [45] Sundar, R., Balaji, A. N., and Satheesh Kumar, R. M., “A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques,” *Procedia Engineering*, Vol. 97, 2014, pp. 1875-1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>

- [46] Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., and Campilho, R., "SMED Methodology: The Reduction of Setup Times for Steel Wire-Rope Assembly Lines in the Automotive Industry," *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, 2017, pp. 1034-1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- [47] Rosa, C., Silva, F. J. G., and Ferreira, L. P., "Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-Rope Assembly Lines for the Automotive Industry," *Procedia Manufacturing*, Vol.11, 2017, pp. 1035-1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- [48] "https://Bobemiliani.Com/Comparing-Tps-and-Lean/," 2017. Consultado a 14 de abril de 2022.
- [49] Shingo, S., "A Revolution in Manufacturing: The SMED System," 1ª Edição, Productivity Press, 1985. ISBN: 978-0915299034.
- [50] Shingo, S., "A Revolution in Manufacturing: The SMED System," 1ª Edição, 2019. <https://doi.org/10.4324/9781315136479>
- [51] Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., and Espinosa, M. del M., "5S Methodology Implementation in the Laboratories of an Industrial Engineering University School," *Safety Science*, Vol. 78, 2015, pp. 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- [52] Agrahari, R. S., Dangle, P. A., and Chandratre, K. V., "Implementation of 5S Methodology in the Small Scale Industry: A Case Study," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol. 4, No. 3, 2017, pp. 180-187. <https://doi.org/10.9790/9622-0707084448>
- [53] Costa, F. A., "Implementação Da Metodologia 5S Numa Empresa Do Setor Mobiliário," Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2019. <http://hdl.handle.net/10400.22/14978>
- [54] Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., and Silva, F. J. G., "Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company," *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, 2019, pp. 975-982. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.181>
- [55] Omogbai, O., and Salonitis, K., "The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach," *Procedia CIRP*, Vol. 60, 2017, pp. 380-385. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- [56] Costa, C., Pinto Ferreira, L., Silva, F. J. G., and Sá, J., "Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company," in DAAAM International Scientific Book, 2018, pp. 1–12. ISBN 978-3-902734-19-8. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- [57] Rocha, H. T., Ferreira, L. P., and Silva, F. J. G., "Analysis and Improvement of Processes in the Jewelry Industry," *Procedia Manufacturing*, Vol. 17, 2018, pp. 640–646. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.110>
- [58] Coutinho, C., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S., "Investigação-Ação : Metodologia Preferencial Nas Práticas Educativas," *"Revista Psicologia, Educação e Cultura."* Vol.13, No.2, 2009, pp.355-379. <https://hdl.handle.net/1822/10148>
- [59] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, R. P. S., "Applying SMED Methodology in Cork Stoppers Production." *Procedia Manufacturing*, Vol. 17, 2018, pp. 611-622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- [60] Santos, I. F., "O desenvolvimento da metodologia LEAN em processos produtivos," Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2019. <http://hdl.handle.net/10400.22/15600>
- [61] Ahmad, R., and Soberi, M. S. F., "Changeover Process Improvement Based on Modified SMED Method and Other Process Improvement Tools Application: An Improvement

- Project of 5-Axis CNC Machine Operation in Advanced Composite Manufacturing Industry,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 94, No. 1, 2018, pp. 433–450. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0827-7>
- [62] Goubergen, D., “Set-up Reduction for Lean Cells and Multi-Machine Situations,” *IFIP – The International Federation for Information Processing*, Vol. 257, 2008, pp 295–303. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77249-3_31
- [63] Silva, A. D., “Implementação do SMED em duas linhas de corte,” Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2019. <http://hdl.handle.net/10400.22/15723>
- [64] Shingo, S., “Sistema de Troca Rápida de Ferramenta,” 1ª Edição, Bookman, 2000. ISBN: 9788573075281
- [65] Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., and Pereira, M. T., “Implementation of SMED in a Cutting Line,” *Procedia Manufacturing*, Vol. 51, 2020, pp. 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>
- [66] Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., and Pereira, T., “SMED Methodology Applied to the Deep Drawing Process in the Automotive Industry,” *Procedia Manufacturing*, Vol. 51, 2020, pp. 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>
- [67] Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Pinto Ferreira, L., and Pereira, M. T. R., “A Comparison of the Application of the Smed Methodology in Two Different Cutting Lines,” *Quality Innovation Prosperity*, Vol. 25, No. 1, 2021, pp. 124–149. <https://doi.org/10.12776/qip.v25i1.1446>
- [68] Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., and Gonçalves, M. A., “Combining SMED Methodology and Ergonomics for Reduction of Setup in a Turning Production Area,” *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, 2017, pp. 1112–1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>
- [69] Oliveira, J., Sá, J. C., and Fernandes, A., “Continuous Improvement through ‘Lean Tools’: An Application in a Mechanical Company,” *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, 2017, pp. 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- [70] Stadnicka, D., and Ratnayake, R. M. C., “Enhancing Aircraft Maintenance Services: A VSM Based Case Study,” *Procedia Engineering*, Vol. 182, 2017, pp. 665–672. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.177>
- [71] Bertholey, F., Bourniquel, P., Rivery, E., Coudurier, N., and Follea, G., “Méthodes d’amélioration Organisationnelle Appliquées Aux Activités Des Établissements de Transfusion Sanguine (ETS) : Lean Manufacturing, VSM, 5S,” *Transfusion Clinique et Biologique*, Vol. 16, No. 2, 2009, pp. 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2009.04.007>
- [72] Garza-Reyes, J. A., Torres Romero, J., Govindan, K., Cherrafi, A., and Ramanathan, U., “A PDCA-Based Approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM),” *Journal of Cleaner Production*, Vol. 180, 2018, pp. 335–348. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.121>
- [73] Singh, H., Bahl, A., Kumar, A., and Mann, G. S., “Materials and Information Flow Analysis and Optimization of Manufacturing Processes in MSMEs by the Application of Value Stream Mapping (VSM) Technique,” *Materials Today: Proceedings*, Vol. 5, No. 14, 2018, pp. 28420–28426. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.128>
- [74] Brown, A., Amundson, J., and Badurdeen, F., “Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM) in Different Manufacturing System Configurations: Application Case Studies,” *Journal*

- of Cleaner Production*, Vol. 85, 2014, pp. 164-179.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.101>
- [75] Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., and Gouveia, R., "Establishing Standard Methodologies To Improve The Production Rate Of Assembly Lines Used For Low Added-Value Products," *Procedia Manufacturing*, Vol. 17, 2018, pp. 555-562.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.096>
- [76] Antonioli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., and Silva, F. J. G., "Standardization and Optimization of an Automotive Components Production Line," *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, 2017, pp. 1120-1127.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- [77] Steenkamp, L. P., Hagedorn-Hansen, D., and Oosthuizen, G. A., "Visual Management System to Manage Manufacturing Resources," *Procedia Manufacturing*, Vol. 8, 2017, pp. 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.058>
- [78] Tokola, H., Gröger, C., Järvenpää, E., and Niemi, E., "Designing Manufacturing Dashboards on the Basis of a Key Performance Indicator Survey," *Procedia CIRP*, Vol. 57, 2016, pp. 619-624. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.107>
- [79] Tjell, J., and Bosch-Sijtsema, P. M., "Visual Management in Mid-Sized Construction Design Projects," *Procedia Economics and Finance*, Vol. 21, 2015, pp. 193-200.
[https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00167-7](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00167-7)
- [80] Savino, M., Mazza, A., and Battini, D., "New Easy to Use Postural Assessment Method through Visual Management," *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 53, 2016, pp. 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.09.014>
- [81] Freitas, A. M., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., and Pereira, J., "Improving Efficiency in a Hybrid Warehouse: A Case Study," *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, 2019, pp. 1074-1084. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.195>
- [82] Gladysz, B., Santarek, K., and Lysiak, C., "Dynamic Spaghetti Diagrams. A Case Study of Pilot RTLS Implementation," in *International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance- ISPEM 2017*, 2018, pp 238-248.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-64465-3_24
- [83] Hys, K., and Domagała, A., "Application of Spaghetti Chart for Production Process Streamlining. Case Study," *Archives of Materials Science and Engineering*, Vol. 89, No.2, 2018, pp. 64-71. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.7173>
- [84] Reis, L., Varela, M. L. R., Machado, J., and Trojanowska, J., "Application of Lean Approaches and Techniques in an Automotive Company," *Application of Lean Approaches and Techniques in an Automotive Company*, No. 50, 2016, pp. 112-118.
- [85] Cotrim, S. L., de Araújo, G. A., Valente, B. C., Leal, G. C. L., and Galdamez, E. V. C., "Implantação Do Programa 5S Em Uma Fábrica de Vassouras de Garrafa PET a Partir Do Diagrama Espaguete," *Revista Thema*, Vol. 16, No. 3, 2019, pp. 516-530.
<https://doi.org/10.15536/thema.V16.2019.516-530.1235>
- [86] Moreira, A., Silva, F. J. G., Correia, A. I., Pereira, T., Ferreira, L. P., and de Almeida, F., "Cost Reduction and Quality Improvements in the Printing Industry," *Procedia Manufacturing*, Vol. 17, 2018, pp. 623-630. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.107>
- [87] Hedman, R., Subramaniyan, M., and Almström, P., "Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE," *Procedia CIRP*, Vol. 57, 2016, pp. 128-133.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.023>

- [88] Jauregui Becker, J. M., Borst, J., and van der Veen, A., "Improving the Overall Equipment Effectiveness in High-Mix-Low-Volume Manufacturing Environments," *CIRP Annals*, Vol. 64, No. 1, 2015, pp. 419–422. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.126>
- [89] Singh, R., Shah, D. B., Gohil, A. M., and Shah, M. H., "Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation - Automation through Hardware & Software Development," *Procedia Engineering*, Vol. 51, 2013, pp. 579–584. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.082>
- [90] Cristóbal Andrade, L., Gómez Míguez, C., Taboada Gómez, M. C., and Bello Bugallo, P. M., "Management Strategy for Hazardous Waste from Atomised SME: Application to the Printing Industry," *Journal of Cleaner Production*, Vol. 35, 2012, pp. 214–229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.014>
- [91] G. Pinto, F. J. G. Silva, A. Baptista, Nuno O. Fernandes, R. Casais, C. C., "TPM Implementation and Maintenance Strategic Plan – a Case Study," *Procedia Manufacturing*, Vol. 51, 2020, pp. 1423–1430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>
- [92] Martins, L., Silva, F. J. G., Pimentel, C., Casais, R. B., and Campilho, R. D. S. G., "Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company," *Procedia Manufacturing*, Vol. 51, 2020, pp. 1551–1558. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.216>
- [93] Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., Carvalho, R. TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study, *Procedia Manufacturing*, 51, 2020, 1423–1430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>.
- [94] Reis, M. D. O. dos, Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., and Matias, J. C. O., "A TPM Strategy Implementation in an Automotive Production Line through Loss Reduction," *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, 2019, pp. 908–915. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.173>
- [95] Pinto, G. F. L., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Casais, R. B., Fernandes, A. J., and Baptista, A., "Continuous Improvement in Maintenance: A Case Study in the Automotive Industry Involving Lean Tools," *Procedia Manufacturing*, Vol. 38, 2019, pp. 1582–1591. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.127>
- [96] Pinto, G., Silva, F. J. G., Fernandes, N., Casais, R., Baptista, A., and Carvalho, C., "Implementing a Maintenance Strategic Plan Using TPM Methodology," *International Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 11, No. 3, 2020, pp. 192–204. <https://doi.org/10.24867/IJIEEM-2020-3-264>
- [97] Tavares, C., Silva, F. J. G., Correia, A. I., Pereira, T., Ferreira, L. P., and de Almeida, F., "Study On The Optimization Of TheTextile Coloristic Performance Of The Bleaching Process Using Pad-Steam," *Procedia Manufacturing*, Vol. 17, 2018, pp. 758–765. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.126>
- [98] Silva, F. J. G., Campilho, R., Pinto Ferreira, L., and Pereira, M., "Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics Parts," *Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0*, Vol. 7, 2018, pp. 887 - 896. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-898-3-887>
- [99] Silva, F. J. G., Morgado, L., Teixeira, A., Sá, J. C., Ferreira, L. P., and de Almeida, F., "Analysis and Development of a Failure Prediction Model for Electrical Terminals Used in the Automotive Industry," *Procedia Manufacturing*, Vol. 51, 2020, pp. 207–214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.030>
- [100] Costa, E., Bragança, S., Alves, A., and Sousa, R., "Action-Research Methodology to Improve

Performance Using Lean Production Tools,” in *Technics Technologies Education Management*, Vol. 9, No.2, 2014, pp. 253–264. ISSN 1840-1503

APÊNDICE A

Os apêndices são identificados por letras maiúsculas. Nos apêndices, o autor do trabalho é o autor do texto. Os apêndices têm de ser mencionados no texto (por exemplo, APÊNDICE A).

FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS NO PROCESSO DE ESTAMPAGEM

Data: 3/11/2020

Responsável pelo preenchimento: Sílvia Meireles

Definições:

Gravidade: Refere-se à intensidade do impacto negativo causado por um problema identificado.

Impacto: Refere-se à extensão do efeito causado por um problema identificado.

Relevância: Refere-se à importância ou significância de um problema em relação aos objetivos e metas do processo

Frequência: Refere-se à frequência com que um problema ocorre ao longo do tempo.

Instruções: Preencha o formulário abaixo, identificando os problemas encontrados no processo de estampagem. Descrever cada problema de forma clara e concisa, indicando sua gravidade, impacto, relevância e frequência.

*[escala de 1 a 5, sendo 1 o menos grave e 5 o mais grave]

Nº	Problema	Descrição	Gravidade	Impacto	Relevância	Frequência
1	Falhas de Manutenção	Ocorrência frequente de falhas na manutenção das máquinas e equipamentos de estampagem.	5	4	4	4
2	Produtos rejeitados/danificados por transporte	Produtos acabados que são rejeitados ou danificados durante o transporte.	4	4	4	3
3	Falta de controlo de processo	Ausência de um sistema adequado de controlo de processo, resultando em variações nos produtos.	4	4	4	3
4	Duplicação de informação e de tarefas	Ocorrência de duplicação de informação e tarefas, levando a desperdício de tempo e recursos.	3	3	3	3
5	Lotes mal dimensionados	Dimensionamento inadequado dos lotes de produção, resultando em desperdício de matéria-prima.	3	3	3	2
6	Desequilíbrio na linha-planeamento (alterações em	Alterações de planeamento de produção de última hora, causando desequilíbrio na linha.	4	3	3	4
7	Ferramentas espalhadas	Falta de organização das ferramentas, resultando em perda de tempo na busca e acesso.	4	4	4	4
8	Plano de trabalho mal definido	Ausência de um plano de trabalho claro e detalhado, causando confusão e gestão desadequada.	4	5	4	3
9	Gargalos	Existência de gargalos no processo de estampagem, causando atrasos e redução da produtividade.	4	5	4	4

Nº	Problema	Descrição	Gravidade	Impacto	Relevância	Frequência
10	Material espalhado	Desorganização no armazenamento do material, dificultando a localização e causando perda de tempo.	3	4	4	4
11	Material devolvido	Devolução de material devido a problemas de qualidade.	4	4	3	3
12	Planeamento ineficiente de pedidos de última hora urgentes	Gestão de estruturas mal definidas -gera pedidos de última hora.	3	4	3	4
13	Movimento excessivo	Deslocamentos desnecessários durante o processo.	5	4	4	4
14	Setup elevado	Tempo excessivo para a preparação de máquinas.	5	4	3	5
15	Alocação de matéria-prima afastada da zona de trabalho	Distância excessiva entre a matéria-prima e a zona de trabalho.	4	3	3	4
16	Padrões de trabalho não estão em vigor	Falta de aplicação de padrões de trabalho.	4	4	3	4
17	Processos inadequados	Processos ineficientes ou inadequados.	5	4	3	3
18	Uso de ferramentas erradas	Utilização de ferramentas incorretas ou inadequadas.	4	3	4	4
19	Problemas de etapas de processo redundantes	Etapas desnecessárias ou repetitivas no processo.	5	4	4	4
20	Falta instruções de trabalho	Ausência instruções de trabalho e equipamentos.	3	3	3	5
21	Peças obsoletas	Utilização de peças ou componentes obsoletos.	4	5	4	4
22	Erros de planeamento de produção	Erros no planeamento das encomendas.	4	4	4	3
23	Material não identificado	Material sem identificação adequada	4	4	3	3

Nº	Problema	Descrição	Gravidade	Impacto	Relevância	Frequência
24	Falta de formação	Ausência de formação adequada para os funcionários.	3	3	3	3
25	Inexistência de incentivo à mudança	Falta de motivação ou incentivo para a mudança.	3	4	4	4
26	Pouca iluminação	Iluminação insuficiente no ambiente de trabalho.	3	3	2	4
27	Ruído excessivo	Níveis elevados de ruído durante as operações.	3	3	3	4
28	Ergonomia inadequada	Condições de trabalho desconfortáveis que afetam a ergonomia.	3	3	2	3
29	Ausência de plano de organização	Ausência de sistemas eficazes de organização e armazenamento.	3	3	3	3
30	Desordem e falta de limpeza	Ambiente de trabalho desorganizado e falta de limpeza.	5	4	3	3
31	Mobiliário inadequado	Mobiliário não adequado aos processos e necessidades.	3	3	3	4
32	Ausência de sinalização de segurança	Falta de sinalização clara e adequada para a segurança dos colaboradores.	2	2	2	3

Após preencher o formulário, analisar os problemas identificados e utilizar as informações obtidas para estabelecer uma base sólida para o planejamento e implementação de futuras ações corretivas e preventivas.

APÊNDICE B

Práticas 5S

1S "Seiri"

“ Se não sabes o que é, provavelmente, não precisas! ”

COMPONENTES Estampagem

ANTES



DEPOIS

Componentes obsoletos / componentes espalhados

1S "Seiri"

“ Se não sabes o que é, provavelmente, não precisas! ”

MATERIAL – Maquinagem Convencional

Transporte de Matéria-prima



Ferramentas espalhadas/ componentes espalhados

Práticas 5S

2S "Seiton"

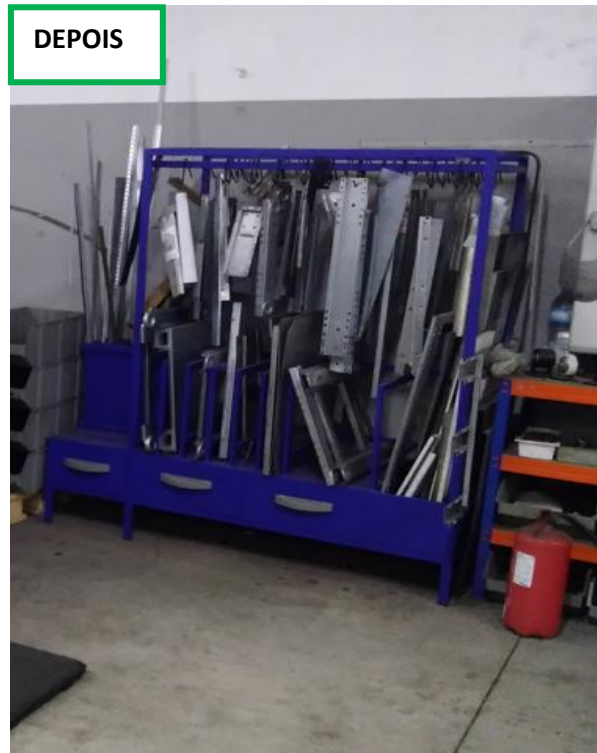
“ Se estiver acessível e no local apropriado, não procura!”

AMOSTRAS TÉCNICAS – Estampagem

ANTES



DEPOIS



Armazenamento/ organização de amostras técnicas

2S "Seiton"

“ Se estiver acessível e no local apropriado, não procuras! ”

FERRAMENTAS/ORGANIZAÇÃO

ANTES



DEPOIS



DUPLA FRENTE



Práticas 5S

4S "Seiketsu"

“ Se está organizado, sabes onde está! Sabes fazer! ”

Implementação de layout - Estampagem



4S "Seiketsu"

“ Se está organizado, sabes onde está! Sabes fazer! ”

Implementação de layout – Maquinagem Convencional



Práticas 5S

5S "*Shitsuke*"

“ Cria o hábito e não será difícil! ”

Layout funcional - Estampagem



5S "*Shitsuke*"
“ Cria o hábito e não será difícil! ”

Layout funcional– Maquinagem Convencional



APÊNDICE C

Tempo de implem	SMED	Desperdício	Práticas 5S	Foco	Atividades
Longo prazo	Outros	Espera	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos	Tempo impactado por devoluções de material
Longo prazo	Máquina	Espera	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos	Reparação de ferramentas
Longo prazo	Máquina	Processos inadequados	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos	Organização geral do processo de estampagem por matriz progressiva
Médio	Outros	Espera	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos	Indisponibilidade ou inexistência de desenhos
Imediato	Máquina	Processos inadequados	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos	Ferramentas complementar ao equipamento desorganizado e não catalogado
Médio	Outros	Processos inadequados	Seiketsu (Padronização)	Padronização dos procedimentos	Falta de organização de amostras
Longo prazo	Outros	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Transporte de peças fora do setor com o empilhador
Médio	Outros	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Transporte de peças entre processos com o empilhador
Longo prazo	Outros	Espera	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Tempo de espera de recursos devido a pedidos de última hora
Médio	Outros	Produção Excessiva	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Produção antecipada de stock- lote pequeno (até 200pcs)
Médio	Outros	Produção Excessiva	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Produção antecipada de stock- lote médio (até 500pcs)
Longo prazo	Outros	Produção Excessiva	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Produção antecipada de stock- lote grande (acima 500pcs)
Médio	Máquina	Movimento	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Procura por grampo de fixação durante o setup do equipamento
Médio	Máquina	Movimento	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Procura de produto inacabado
Imediato	Máquina	Movimento	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Procura de matrizes durante o setup do equipamento
Imediato	Máquina	Espera	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Procura de espigas durante o setup do equipamento
Imediato	Outros	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Movimentação de peças obsoletas pelo operador
Médio	Máquina	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Movimentação de peças Buffer
Médio	Máquina	Transporte	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Movimentação de matéria prima pelo operador
Longo prazo	Outros	Espera	Seiton (Organização)	Organização eficiente de recursos, materiais e informações	Manutenção de ferramentas
Imediato	Outros	Processos inadequados	Seiso (Limpeza)	Limpeza regular de todas as áreas de trabalho	Tempo de limpeza
Médio	Outros	Defeitos	Seiketsu (Padronização)	Controlo de qualidade consistentes	Tempo de retrabalho devido a defeitos
Médio	Outros	Defeitos	Seiketsu (Padronização)	Controlo de qualidade consistentes	Produção de peças com qualidade insatisfatória- lote pequeno (até 200pcs)
Médio	Outros	Defeitos	Seiketsu (Padronização)	Controlo de qualidade consistentes	Produção de peças com qualidade insatisfatória- lote médio (até 500pcs)
Longo prazo	Outros	Defeitos	Seiketsu (Padronização)	Controlo de qualidade consistentes	Produção de peças com qualidade insatisfatória- lote grande (acima 500pcs)

Caderno Máquinas

Puncionadora



FRICON®
COOLING LIFE

Página em branco

Ficha Técnica

Identificação do Equipamento	
Nome do Equipamento	Puncionadora
Marca	Goiti Danobat
Modelo	PGA-3
Ano de Fabrico	
Código Imobilizado	
Localização	Setor da estampagem
Número de Série	
Matrícula	Ch-08-01

Guia de Boas Práticas

Esta secção pretende alertar o operador para alguns conselhos e regras de operação do equipamento de forma a garantir a sua segurança e a dos demais. O incumprimento das instruções pode ser causa de lesões para os operários e de avarias no equipamento. A prevenção de acidentes deve ser um dos principais cuidados no trabalho.

Segurança Pessoal

- Ser conhecedor dos procedimentos diários de segurança é uma parte vital do trabalho.
- Evitar movimentos, vozes repentinas ou quaisquer distrações.
- O uso de vestuário e calçado apropriado é obrigatório. Deve ser restringido o uso de vestuário largo, colares, argolas, relógios, etc, na proximidade da máquina em movimento. Os cabelos compridos devem ser usados sempre presos e protegidos por uma touca ou similar.

- Use equipamento de segurança individual*. Coloque o equipamento adequado e limpo para proteção ocular e facial.

* Diretivas 93/68/CEE do Conselho de 22 de julho, Diretiva 93/95/CEE do Conselho de 29 de outubro e Diretiva 96/58/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 3 de setembro.

- Não opere com uma máquina se sentir tonturas ou fraqueza.

Cuidar de si, é cuidar de todos!!!

Segurança em Funcionamento

- Não toque na peça de trabalho ou em partes móveis da máquina com a mão ou com elementos impróprios.
 - Não opere no painel de botões com luvas, pode levar a operações não corrigidas ou outros erros. As luvas devem ser usadas para manusear peças rugosas, afiadas, ...
 - Mantenha todas as partes do corpo afastadas da Área de Trabalho (mesa, curso de componentes moveis), durante as operações de funcionamento.
 - Não se inclinar sobre a máquina ou chegar a coisas através dela, corre o risco de ligar inadvertidamente os botões de arranque, ferramentas ou outras partes móveis.
 - O operador deve manter as mãos afastadas da ferramenta da máquina; para trabalhos que se realizem em ciclos automáticos.
 - Não se apoie contra a máquina nem deixe as mãos ou os pés pousados sobre o equipamento em funcionamento. Pode ficar surpreendido ou ferido quando uma guia muda de movimento e acelera rapidamente.
 - Estar atento ao processo de funcionamento.
1. Observar se existem vibrações excessivas, ruídos fora da normalidade, etc. Estes poderão ser indícios de problemas que requerem atenção imediata.
 2. Evitar a acumulação de aparas ou lascas. O excesso de aparas/lascas faz com que a ferramenta ou outros elementos da máquina se danifiquem ou partam.
 3. Comprovar o estado dos cabos elétricos, continuamente para evitar descarga.
 4. No final do dia de trabalho desconetar a alimentação de energia.

Avisar o supervisor do turno de qualquer anormalidade!!

Segurança na Zona de Trabalho

- Manter sempre limpo e organizado a Área de trabalho com espaço de manobra para matéria-prima, ferramentas, equipamento periférico e produto acabado. A Área de trabalho deve estar isenta de obstruções.

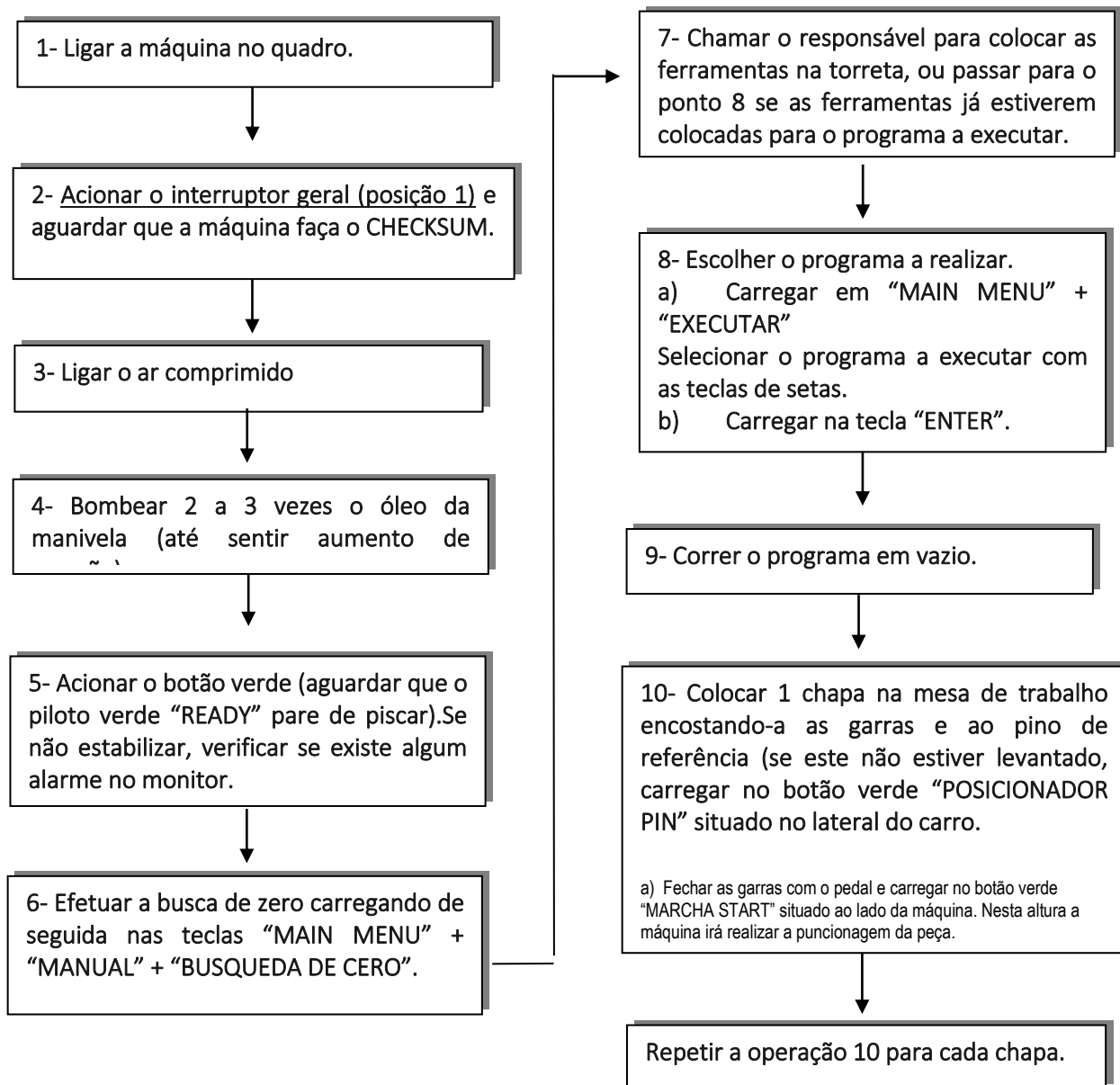
- Limpar e secar toda ou poça ou mancha de óleos, resíduos ou água para evitar quedas e acidentes.
- É proibido utilizar o local de trabalho como repouso para recipientes que contenham refeições ou bebidas.
- A máquina deve estar parada aquando da retirada das aparas e limalhas de metal. Usar ferramentas apropriadas (pinces de cerda para resíduos secos e pinces de borracha para resíduos molhados por força de uso de óleos).
- Manter bem-acondicionado materiais combustíveis (longe de locais quentes e fontes de ignição).
- Antes de começar a trabalhar deve realizar a inspeção diária planeada. Verificar o estado dos elementos que potencialmente possam estar danificados.
- Informar o supervisor sobre causas potenciadoras de perigo.

Avisar o supervisor do turno de qualquer anormalidade!!

Procedimento para ativar a Puncionadora

MODO DE OPERAÇÃO:

Procedimento de ativação da Puncionadora

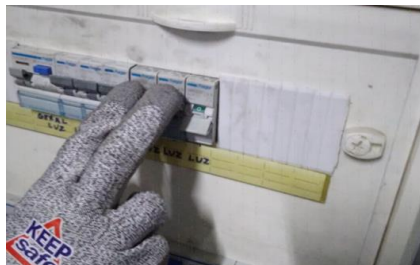
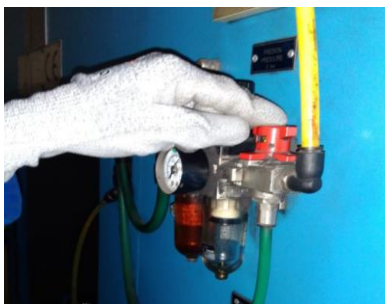


Procedimento de fecho da Puncionadora

Efetuar a busca de zero → Acionar botão vermelho "OFF" → Acionar o interruptor geral (posição 0) → Desligar o ar → Acionar a bomba das torretas → Desligar a máquina no quadro

Em caso de Emergência carregar num dos botões "PARADA DE EMERGÊNCIA" situados ao lado do monitor e perto do ponto de carga.

Procedimento de ativação através de imagens

Ativação da Puncionadora	
1. Ligar a máquina no quadro.	
2. <u>Acionar o interruptor geral (posição 1)</u> e aguardar que a máquina faça CHECKSUM.	
3. Ligar o ar comprimido.	
4. Bombear 2 a 3 vezes o óleo da manivela (até sentir aumento de pressão).	

5. Acionar o botão verde (aguardar que o piloto verde "READY" pare de piscar). Se não estabilizar, verificar se existe algum alarme no monitor.



6. Efetuar a busca de zero carregando de seguida nas teclas "MAIN MENU" + "MANUAL" + "BUSQUEDA DE CERO" (F1).



7. Chamar o responsável para colocar as ferramentas na torreta, ou passar para o ponto 8 se as ferramentas já estiverem colocadas para o programa a executar.



8. Escolher o programa a realizar.
"Usuário (F6) + Visualizar () + Programa (F3)"

- a) Carregar em "MAIN MENU" + "EXECUTAR"
Selecionar o programa a executar com as teclas de setas.
- b) Carregar na tecla "ENTER".



9. Correr o programa em vazio - "Sin Punzonar" (F2).



10. Colocar 1 chapa na mesa de trabalho encostando-a as garras e ao pino de referência (se este não estiver levantado, carregar no botão verde “POSICIONADOR PIN” situado no lateral do carro*.

- a) Fechar as garras com o pedal e carregar no botão verde “MARCHA START” situado ao lado da máquina. Nesta altura a máquina irá realizar a punção da peça.

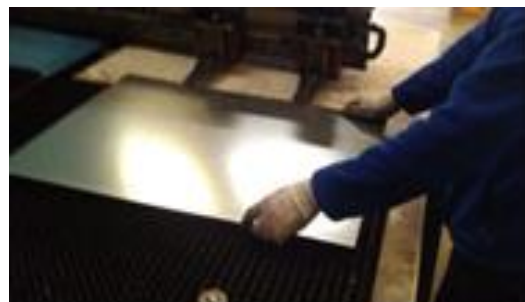
* Ler subcapítulo “Segurança em funcionamento”



11. Repetir a operação 10 para cada chapa. Ter especial cuidado com a retoma da peça após punção.

- a) O operador deve verificar as cotas de desenho, estas devem estar coincidentes com a peça obtida. Este procedimento deve ser realizado no início da primeira retoma**.

** De forma, a controlar o processo este procedimento deve ser executado sempre que se suspeitar de não conformidades durante a produção do lote. No caso da deteção de não conformidades comunicar ao supervisor.



Procedimento de desativação através de imagens

Desativação da Puncionadora

1. Efetuar a busca de zero.

“MAIN MENU” + “MANUAL” + “BUSQUEDA DE CERO”(F1).



2. Acionar botão vermelho “OFF”.



3. Acionar o interruptor geral (posição 0).



4. Desligar o ar.



5. Acionar a 2 a 3 vezes bomba das torretas.



6. Desligar a máquina no quadro.



PLANO DE INSPEÇÃO/MANUTENÇÃO PERIÓDICA DO OPERADOR EQUIPAMENTO [.....]

MANUTENÇÃO OPERADOR (Preencher [x] Realizado e [0] Não realizado)

SEMANAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
LIMPEZA	Limpar os alojamentos das ferramentas																																																				
	Limpar fotocélulas do punção (Usar pincel)																																																				
	Limpar Filtros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	Engraxador																																																				
	Correias metálicas																																																				
	Guias esféricas																																																				
	Guias de punção																																																				
	Bomba manivela (DIÁRIO)																																																				

Assinaturas:

1-	9-	17-	25-	33-	41-	49-
2-	10-	18-	26-	34-	42-	50-
3-	11-	19-	27-	35-	43-	51-
4-	12-	20-	28-	36-	44-	52-
5-	13-	21-	29-	37-	45-	
6-	14-	22-	30-	38-	46-	
7-	15-	23-	31-	39-	47-	
8-	16-	24-	32-	40-	48-	



PLANO DE INSPEÇÃO/MANUTENÇÃO PERIÓDICA DO OPERADOR EQUIPAMENTO [.....]

INSPEÇÃO OPERADOR (Preencher [ok] ou [NOK] em caso de não ok reportar supervisão e realizar descrição do problema no verso)

SEMANAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Inspeção	GARRAS	Verificar de fugas de ar																																																			
		Verificar a passagem das garras entre as torretas																																																			
		Verificar fecho e abertura de garras correto																																																			
	HIDRÁULICO	Verificar de níveis de óleo de pontos quentes anormais (acima 65°)																																																			
		Verificar sistema de tubagem																																																			
		Verificar, Limpar e Mudar se necessário o “Filtro de Pressão GH”																																																			
	ENGRAXADOR	Verificar a pressão de trabalho da bomba de engraxador (Opção manual 25 Bar)																																																			
		Verificar se estão oleadas as placas de apoio da torretas e guias de esferas																																																			
	TORRETA	Verificar tensão das correias																																																			
		Verificar intertravamento das torretas																																																			

Assinaturas:

1-	9-	17-	25-	33-	41-	49-
2-	10-	18-	26-	34-	42-	50-
3-	11-	19-	27-	35-	43-	51-
4-	12-	20-	28-	36-	44-	52-
5-	13-	21-	29-	37-	45-	
6-	14-	22-	30-	38-	46-	
7-	15-	23-	31-	39-	47-	
8-	16-	24-	32-	40-	48-	

