



Beatriz Ferreira Novais Rocha dos Santos

Licenciada em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Aplicação de ferramentas de Melhoria Contínua num ambiente *Engineer-To-Order*

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Ana Sofia Leonardo Viela de Matos,
Arguente: Professora Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias
Vogal: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro de 2021

Aplicação de ferramentas de Melhoria Contínua num ambiente *Engineer-to-order*

Copyright © Beatriz Ferreira Novais Rocha dos Santos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização do presente estudo.

À Professora Helena Navas pela disponibilidade, paciência e compreensão demonstradas. Mas principalmente pela orientação, imprescindível ao longo desta etapa.

À A.Brito pela oportunidade dada, permitindo que o estudo fosse realizado numa das suas unidades fabris, pela disponibilidade e pela flexibilidade no âmbito estudado.

A toda a equipa da A.Brito, nomeadamente ao Engenheiro Luís Sousa por toda a simpatia, acompanhamento e ajuda; à Doutora Ana Morais pela receção, simpatia e disponibilidade; à equipa do planeamento, Engenheiro Abílio Vaz e Engenheiro Nelson Duarte, pela paciência, colaboração e transmissão de conhecimento; e ao responsável da secção da Talhagem, Francisco Oliveira, pelo acompanhamento, disponibilidade e paciência demonstrados durante a apresentação da sua secção.

À minha família por todo o apoio, força, carinho e amor dados, especialmente nesta fase.

Aos meus amigos, a minha segunda família, que tornaram o meu percurso académico inesquecível.

A evolução das necessidades dos clientes tem vindo a dificultar a capacidade de resposta das organizações. Para manter a competitividade no mercado, muitas indústrias procuram melhorar a eficiência e eficácia dos processos, recorrendo à filosofia *Lean*. A aplicação contínua das suas práticas permite identificar e eliminar desperdícios e, a longo prazo, promove uma cultura de melhoria contínua.

O estudo realizado teve lugar na unidade fabril do Porto da empresa A.Brito, que fabrica componentes metalomecânicos por encomenda. Para responder às flutuações da procura, a empresa tenta ser flexível, apostando na capacidade de customização. Desta forma, o sistema produtivo da empresa pode ser caracterizado como um *Engineer-to-order*, conhecido por fabricar uma ampla gama de artigos em pequenas quantidades.

O estudo teve como objetivo melhorar os processos desta unidade fabril. Para o efeito, foram aplicadas algumas ferramentas *Lean* (5S, gestão visual, SMED, quadro *kanban*, *gemba walk*, entre outras), 5 Porquês, diagrama de Ishikawa, análise ABC, *brainstorming*, diagrama de Gantt, matrizes de GUT, de Esforço/Impacto e de capacidades.

Assim, foram elaboradas propostas de melhoria que visaram: a melhoria do *layout* da unidade fabril, da organização, arrumação e limpeza do chão de fábrica e das condições de trabalho; a implementação das ações de formação e de reuniões diárias de planeamento; a redução do tempo de *setup*; e a criação de uma nova zona de armazenagem para a matéria-prima.

A implementação integral das propostas permitirá: aumentar a organização, arrumação e limpeza em 41% na auditoria 5S, reduzir as distâncias percorridas em 70% e o tempo de *setup* em 21%; melhorar as condições ambientais, a polivalência dos operadores e a elaboração do planeamento da produção e aumentar a qualidade dos produtos.

Ao todo, espera-se a redução de desperdícios e do *lead time* de produção dos artigos, contribuindo para o melhor cumprimento de prazos e o aumento da competitividade.

Palavras-chave: *Lean*, Melhoria Contínua, *Engineer-to-order*, *High-mix low-volume*, SMED, 5S

The evolution of customer's needs has been harming the organizations' responsiveness. To maintain their market competitiveness, many industries seek to improve processes' effectiveness and efficiency through Lean Philosophy. The continuous enforcement of its practices allows to identify and eliminate waste and, in long-term, promote a culture of continuous improvement.

The present study took place at the Porto's factory unit of the company A.Brito, which manufactures metal-mechanical components on demand. To answer demand's fluctuations, the company seeks to be flexible, betting on the customization capability. Thereby, the company's productive system can be characterized as an Engineer-to-order, known for manufacturing a wide range of products in small quantities.

The study aimed to improve the processes of this manufacturing unit. For this purpose, some Lean tools (5S, visual management, SMED, *kanban* board, gemba walk, among others), 5 Why's, Ishikawa diagram, ABC analysis, brainstorming, Gantt diagram and GUT, Effort/Impact and Skills Matrix were applied.

Thus, the improvement proposals elaborated aimed to: improve the factory unit's layout, the organization, tidiness and cleanliness of the shop floor and the work conditions; implement training activities and daily planning meetings; decrease the setup time; and to create a new storage area for the raw materials.

The complete implementation of the proposals will: increase organization, tidiness and cleanliness by 41% in the 5S audit, reduce the distances travelled by 70% and the setup time by 21%; improve the environment conditions, the workers' range of skills and the production planning and increase product quality.

All in all, it is expected the reduction of waste and of product's manufacturing lead time, contributing to improvements in meeting deadlines and increasing competitiveness.

Keywords: Lean, Continuous Improvement, Engineer-to-order, High-mix Low-volume, SMED, 5S

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO DO ESTUDO	1
1.2	OBJETIVOS DO ESTUDO	2
1.3	METODOLOGIA DO ESTUDO.....	2
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
2.	METODOLOGIAS DE APOIO À MELHORIA DE PROCESSOS	5
2.1	FILOSOFIA <i>LEAN</i>	5
2.1.1	HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA FILOSOFIA <i>LEAN</i>	5
2.1.2	PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA <i>LEAN</i>	7
2.1.3	TIPOS DE DESPERDÍCIO.....	9
2.1.4	FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	11
2.1.5	<i>LAYOUT</i> INDUSTRIAL NUM AMBIENTE <i>LEAN</i>	18
2.1.6	<i>LEAN</i> NUM AMBIENTE <i>ENGINEER-TO-ORDER</i>	24
2.2	OUTRAS FERRAMENTAS DE APOIO	28
3.	ESTUDO DE CASO	37
3.1	A EMPRESA – A.BRITO	37
3.1.1	FÁBRICA DO PORTO	39
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO	40
3.2.1	EVOLUÇÃO DAS ENCOMENDAS DA A.BRITO	40
3.2.2	ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO	41
3.3	IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS.....	45
3.3.1	DETERMINAÇÃO DOS ARTIGOS MAIS IMPORTANTES	45
3.3.2	<i>GEMBA WALK</i> E QUESTIONÁRIOS INFORMAIS.....	50
3.3.3	AUDITORIA 5S INICIAL	51
3.4	PRIORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	57
4.	PROPOSTAS DE MELHORIA	63
4.1	MELHORIA DA ORGANIZAÇÃO E LIMPEZA DOS POSTOS DE TRABALHO	66
4.2	NOVA ÁREA DE ARMAZENAGEM DE MATÉRIA-PRIMA.....	68
4.3	NOVO <i>LAYOUT</i> ADEQUADO AO PROCESSO FABRIL	76
4.4	MELHORIA DA PARTILHA DE INFORMAÇÃO.....	81
4.5	MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO NO CHÃO DE FÁBRICA	85

4.6	PLANEAMENTO DE AÇÕES DE FORMAÇÃO DOS OPERADORES	86
4.7	DIMINUIÇÃO DO TEMPO DE <i>SETUP</i>	89
4.8	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	96
5.	CONCLUSÕES.....	109
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	ANEXOS	119
	ANEXO I – DIMENSÕES DOS EQUIPAMENTOS DE CADA SECÇÃO DA FÁBRICA.....	119
	ANEXO II – EXEMPLO DO QUADRO <i>KANBAN</i> DE EQUIPAMENTOS	121
	ANEXO III – OBSERVAÇÕES RECOLHIDAS E TEMPO NORMAL DE <i>SETUP</i>	123
	ANEXO IV – AUDITORIA <i>5S</i> DO ESTADO FINAL	125

Índice de Figuras

Figura 2.1: Primeiro modelo da casa TPS.....	6
Figura 2.2: Princípios do <i>Lean Thinking</i>	9
Figura 2.3: Fases de aplicação do SMED.....	15
Figura 2.4: Quadro <i>kanban</i>	17
Figura 2.5: Ciclo de implementação da <i>gemba walk</i>	18
Figura 2.6: Classificação dos tipos de <i>layout</i> por variedade e volume de artigos.....	19
Figura 2.7: Ciclo de melhoria contínua do planeamento do <i>layout</i> das instalações.....	20
Figura 2.8: Exemplo de <i>layout</i> por processo.....	21
Figura 2.9: Exemplo de um <i>layout</i> por produto.	22
Figura 2.10: Exemplo e um <i>layout</i> por célula.	22
Figura 2.11: Exemplo de um <i>layout</i> fixo.....	23
Figura 2.12: Localização do CODP nas várias estratégias das CA.....	24
Figura 2.13: Fases do processo de uma indústria do tipo ETO.....	25
Figura 2.14: Matriz Esforço/Impacto.....	30
Figura 2.15: Diagrama de Ishikawa genérico.....	32
Figura 2.16: Diagrama de Gantt exemplo.....	33
Figura 2.17: Diagrama de Pareto exemplo.....	34
Figura 3.1: Áreas funcionais que constituem a empresa.....	37
Figura 3.2: Organograma da empresa A.Brito.....	38
Figura 3.3: Planta, medidas e secções da fábrica do Porto.....	39
Figura 3.4: Evolução do número de encomendas recebidas de 2000 até 2019.....	40
Figura 3.5: Evolução da quantidade encomendada por encomenda desde 2000 até 2019.....	40
Figura 3.6: Exemplos de peças fabricadas pela A.Brito.....	42
Figura 3.7: Fluxograma do processamento de uma encomenda.....	43
Figura 3.8: Fluxograma da preparação de uma encomenda.....	44
Figura 3.9: Diagrama de Pareto das referências que geram maior volume de faturação.....	45
Figura 3.10: Diagrama de Pareto das referências responsáveis pela ocupação da fábrica.....	46
Figura 3.11: Parte da ficha de acompanhamento exemplo de uma peça da família A.....	47
Figura 3.12: Fluxograma do processo de fabrico mais realizado na fábrica do Porto.....	48
Figura 3.13: Exemplos de postos de trabalho com excesso de ferramentas.....	52
Figura 3.14: Ferramentas armazenadas das quais muitas não são utilizadas.....	53
Figura 3.15: Exemplos de equipamentos não utilizados, na secção da Talhagem.....	53
Figura 3.16: Exemplo de componentes sem local de armazenagem próprio.....	53
Figura 3.17: Estado atual da nova área de armazenagem de MP “Peças”.....	54

Figura 3.18: Exemplos de ferramentas não identificadas.....	54
Figura 3.19: Exemplo de fresas-mãe armazenadas por tipo.....	54
Figura 3.20: Exemplo de um contentor sem identificação nem marcação.....	55
Figura 3.21: Exemplos de zona de passagem obstruída.....	55
Figura 3.22: Estado de conservação das MP "cilindros".....	55
Figura 3.23: Estado de conservação dos produtos acabados para expedição.....	56
Figura 3.24: Exemplo de postos de trabalho com resíduos da produção.....	56
Figura 3.25: Material de limpeza de um posto de trabalho.....	56
Figura 3.26: Quadro informativo que se encontra na entrada do chão de fábrica.....	57
Figura 3.27: “5 Porquês” aplicados à falta de condições de trabalho.....	58
Figura 3.28: Diagrama de Ishikawa aplicado à elevada duração do <i>setup</i>	59
Figura 3.29: “5 Porquês” aplicados ao Planeamento incorreto.....	60
Figura 3.30: “5 Porquês” aplicados ao <i>layout</i> inadequado.....	61
Figura 4.1: Delimitação das zonas de circulação da fábrica sugerida.....	67
Figura 4.2: Identificação dos locais de armazenagem das MP e do corredor central.....	69
Figura 4.3: Localização da nova zona de armazenagem de MP "Peças".....	69
Figura 4.4: <i>Layout</i> atual do espaço destinado à armazenagem de MP "Peças".....	70
Figura 4.5: Diâmetro do conjunto porta-paletes e trabalhador.....	71
Figura 4.6: Hipótese de <i>layout</i> 1.....	72
Figura 4.7: Exemplo de espaçadores de paletes.....	73
Figura 4.8: Hipótese de <i>layout</i> 2.....	73
Figura 4.9: Estrutura proposta para arrumação da MP "Cilindros".....	74
Figura 4.10: Esquemática da Organização da estante de MP "Cilindros".....	75
Figura 4.11: Dimensões sugeridas da estrutura elaborada.....	75
Figura 4.12: Fluxo de uma unidade de um artigo da família A ao longo do seu processo.....	76
Figura 4.13: Hipótese 1 do novo <i>layout</i> da fábrica.....	80
Figura 4.14: Hipótese 2 do novo <i>layout</i> da fábrica.....	80
Figura 4.15: Cartão de acompanhamento dos artigos no quadro <i>kanban</i>	83
Figura 4.16: Indicação das zonas de passagem em contacto direto com o exterior.....	85
Figura 4.17: Exemplo de cortinas de lamelas.....	86
Figura 4.18: Lógica utilizada no cálculo do Tempo Normal dos elementos de atividade.....	91
Figura 4.19: Exemplo de um aspirador industrial de limalhas metálicas.....	95
Figura 4.20: Exemplar de uma roda dentada rotulada da fábrica.....	95
Figura 4.21: Diagrama de Gantt da organização da implementação das ações e respetiva duração... 98	98
Figura 4.22: Diagrama de Gantt da execução das etapas de implementação novo <i>layout</i>	103

Figura 4.23: Observações recolhidas da duração do <i>setup</i> do equipamento da Talhagem escolhido.	106
Figura 4.24: Resumo da diminuição do tempo de <i>setup</i> com a aplicação do SMED.....	107

Índice de Tabelas

Tabela 1.1: Tópicos abordados em cada capítulo da dissertação.	4
Tabela 2.1: Comparação dos Sistemas de Produção.	7
Tabela 2.2: Desperdícios do <i>Lean</i>	10
Tabela 2.3: Descrição de algumas das ferramentas do <i>Lean</i>	11
Tabela 2.4: Exemplo de uma matriz de capacidades preenchida.	29
Tabela 2.5: Classificação da gravidade, urgência e tendência.	31
Tabela 3.1: Área e quantidade de equipamentos de cada secção.	39
Tabela 3.2: Informação relativa às encomendas recebidas entre 2017 e 2019.	41
Tabela 3.3: Faturação da A.Brito e Tempo total de Processamento por tipo de família de artigos. ...	47
Tabela 3.4: Resultados dos Questionários.	50
Tabela 3.5: Auditoria 5S do estado atual da fábrica.	51
Tabela 3.6: Priorização dos problemas identificados através da Matriz GUT.	58
Tabela 4.1: Causas raiz das condições de trabalho não ideais e respetivas sugestões de melhoria.	63
Tabela 4.2: “Matriz Esforço/Impacto” aplicada às ações de melhoria do Problema 3.	63
Tabela 4.3: Causas raiz do <i>setup</i> elevado e respetivas ações de melhoria propostas.	64
Tabela 4.4: Matriz “Esforço/Impacto” aplicada às ações de melhoria do Problema 1.	64
Tabela 4.5: Causas raiz do Planeamento não eficaz e respetivas ações de melhoria propostas.	64
Tabela 4.6: Matriz “Esforço/Impacto” aplicada às ações de melhoria do Problema 4.	65
Tabela 4.7: Causas raiz do <i>layout</i> inadequado e respetivas ações de melhoria propostas.	65
Tabela 4.8: Matriz “Esforço/Impacto” aplicada às ações de melhoria do Problema 2.	65
Tabela 4.9: Melhorias sugeridas, propostas a elaborar e respetivos problemas.	66
Tabela 4.10: Melhorias propostas para corrigir os pontos críticos.	66
Tabela 4.11: Quadro 5S presente em cada posto de trabalho.	68
Tabela 4.12: Dados antropométricos estáticos da População Portuguesa Masculina.	71
Tabela 4.13: Avaliação das Hipóteses Atual, 1 e 2.	74
Tabela 4.14: Diagrama de relações entre as secções da fábrica.	79
Tabela 4.15: Comparação das distâncias entre centroides das secções.	81
Tabela 4.16: Guião da reunião diária.	82
Tabela 4.17: Quadro <i>kanban</i> de operadores.	84
Tabela 4.18: Matriz de capacidades elaborada para a secção da Talhagem.	87
Tabela 4.19: Planeamento e organização da Ação de Formação.	88
Tabela 4.20: Especialidades dos operadores.	88
Tabela 4.21: Sequência de tarefas da operação Troca de Formato.	90
Tabela 4.22: Conversão de tarefas internas em externas.	92

Tabela 4.23: Sequencialização das tarefas.	93
Tabela 4.24: Cálculo do Custo de implementação das ações de melhoria 5S.	97
Tabela 4.25: Comparação do cenário Atual com a hipótese 2.	99
Tabela 4.26: Comparação das distâncias entre secções do novo <i>layout</i> com cenário atual.	100
Tabela 4.27: Tempo de montagem e desmontagem de equipamentos.	102
Tabela 4.28: Tarefas de implementação do novo <i>layout</i> e respetiva duração.	102
Tabela 4.29: Áreas a cobrir com as cortinas de lamelas.	104
Tabela 4.30: Melhorias aplicadas e respetivos tempos normais de execução.	106
Tabela 4.31: Tempo da mudança de formato despendido por tipo de tarefa e respetiva melhoria. ..	106
Tabela 4.32: Duração das tarefas nos vários cenários estudados e respetiva melhoria.	107
Tabela A.1: Dimensões dos equipamentos.	119
Tabela A.2: Exemplo do quadro <i>kanban</i> do processo representativo.	121
Tabela A.3: Observações recolhidas e cálculo do tempo normal do <i>setup</i>	123
Tabela A.4: Auditoria 5S ao estado final da fábrica esperado.	125

Abreviaturas, Siglas e Acrônimos

ATO – *Assembly-To-Order*
BTO – *Buy-To-Order*
CA – Cadeia de Abastecimento
CED – *Cause-and-Effect Diagram*
CNC – *Computerized Numerical Control*
CODP – *Costumer-Order-Decoupling-Point*
DP – Desvio-Padrão
ENVA – *Essencial Non-Value Added*
ETO – *Engineer-To-Order*
FA – Fator de Atividade
GUT – Gravidade, Urgência e Tendência
JIT – *Just-In-Time*
KPI – *Key Performance Indicator*
LP – *Lean Production*
LT – *Lean Thinking*
MO – Mão-de-Obra
MP – Matéria-Prima
MTO – *Make-To-Order*
MTS – *Make-To-Stock*
NUMMI – New United Motor Manufacturing Inc.
NVA – *Non-Value Added*
OSHA – *Occupation Safety and Health Administration*
PA – Produto Acabado
PDCA – *Plan-Do-Check-Act*
PVC – Policloreto de Vinila
PMM – *Performance Measurement Systems*
SMED – *Single Minute Exchange of Die*
STS – *Ship-To-Stock*
SWOT – *Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats*
TMC – Toyota Motor Company
TMO – Tempo Médio Observado

TN – Tempo Normal

TPS – *Toyota Production S system*

VA – *Value Added*

WIP – *Work In Process*

Simbologia

n – Número de observações efetuadas até ao momento

N – Número de observações necessárias

p – Nível de significância

s – Erro relativo

$t_{p,n-1}$ – valor da distribuição *t-student*

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo faz o enquadramento do tema do presente estudo, exprime a motivação e os objetivos do seu desenvolvimento e apresenta a metodologia utilizada para a sua realização. Por último, descreve a estrutura de organização das temáticas da dissertação.

1.1 ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO DO ESTUDO

A evolução tecnológica e a constante mudança das necessidades dos clientes dificultam o funcionamento das empresas, que lutam diariamente por manter a sua competitividade no mercado. Para se manterem atrativas, estas, têm de ter a capacidade de responder a uma procura variável (resultado do curto período de vida útil dos produtos comercializados nos mercados) e de customizar qualquer pedido consoante os requisitos do cliente. A característica mais importante de uma entidade face a este panorama é a flexibilidade, ou seja, a capacidade de se adaptar e ajustar a alterações da procura, conseguindo satisfazer uma grande gama de pedidos.

Os produtos fabricados pelos modelos de produção mais convencionais (por exemplo, MTO – *Make-To-Order*, MTS – *Make-To-Stock* e ATO – *Assembler-To-Order*) possuem características e requisitos pré-definidos e cada cliente encomenda apenas os artigos disponíveis no leque de opções destas indústrias. Por este motivo, as operações necessárias são constantes e previsíveis, obtendo-se um processo de fabrico bem definido e organizado. Como a personalização destes artigos é reduzida ou mesmo inexistente, associa-se a estes sistemas uma baixa flexibilidade, pois não existe espaço para alterações (Novais *et al.*, 2019).

Para existir a possibilidade de customização, os recursos, que a empresa precisa de ter disponíveis para conseguir fazer a gestão da encomenda recebida, são muito superiores a um sistema de produção de artigos *standard* – utilizados por exemplo na produção de Henry Ford. Alguns exemplos destes recursos extra são a mão-de-obra necessária para conceber o artigo e definir todos os materiais, ferramentas e equipamentos fundamentais.

Com o objetivo de conseguirem ser uma entidades flexíveis e eficientes – como as fábricas da Toyota –, as empresas devem procurar novas estratégias de gestão e funcionamento, visando a inovação e a melhoria contínua, que as ajudem a ultrapassar as barreiras à medida que vão surgindo (Ohno & Bodek, 1988). Assim sendo, a melhoria contínua de processos é um elemento importante para qualquer organização, que pretenda manter a sua vantagem competitiva no mercado onde está inserida e, em simultâneo, melhorar os seus processos e práticas de trabalho, seja ela de grande ou pequena dimensão. A curto prazo, permite aumentar a eficácia dos processos e, a longo prazo, permite manter ou aumentar a competitividade.

Um dos fatores da melhoria contínua que contribui para o sucesso das empresas é a constante busca pela perfeição, nunca se satisfazendo com os resultados obtidos e procurando sempre formas de fazer mais e melhor com menos recursos. Ou seja, trabalhar melhor e não mais, para ser mais eficiente e rentável. Com este objetivo em mente, a filosofia *Lean* é utilizada, juntamente com ferramentas e técnicas para atingir os objetivos propostos (Migita *et al.*, 2018).

A filosofia *Lean*, segundo Womack & Jones (2003), surge como um guia da melhoria contínua que se foca na eliminação de desperdícios, com o intuito de satisfazer os clientes com o mínimo de recursos necessários (quer seja mão-de-obra, material, equipamentos ou outros), identificando sempre o que é valorizado pelo cliente e o que não é. Basicamente, tudo o que não contribua, direta ou indiretamente, para a satisfação dos requisitos impostos (ou seja, que acrescente valor ao produto) deve ser eliminado tanto quanto possível.

Desta forma, restando apenas os processos e operações essenciais, simplifica-se todo o processo fabril e obtém-se um fluxo de atividades mais fluído e transparente. Outros benefícios da implementação da cultura *Lean* e das suas práticas são: a melhoria do fluxo de informação; a integração dos trabalhadores

na melhoria de processos (aumentando a sua motivação e satisfação); o aumento da qualidade final do produto; e o aumento da satisfação do cliente final (Melton, 2005).

Tendo sempre a melhoria contínua em mente e efetuando esforços para continuar a aplicação das suas práticas, é possível transformar o ambiente de qualquer empresa. Sendo a resistência à mudança o maior obstáculo ao sucesso da implementação da filosofia *Lean*, quanto maior o nível de familiarização dos trabalhadores destas entidades com as práticas da melhoria contínua menor a sua resistência à adoção de novos métodos de trabalho (Melton, 2005).

É neste contexto que se insere a empresa A.Brito onde foi desenvolvido o estudo da presente dissertação. É uma empresa do ramo industrial especializada no fabrico de engrenagens, componentes mecânicos, equipamento de transmissão e na reparação e manutenção de peças, funcionando maioritariamente como apoio a outros setores industriais (por subcontratação).

Atualmente, a empresa é constituída por duas unidades fabris, uma no Porto e outra em Alfena, sendo esta foi a última a ser adquirida e por isso contém os equipamentos mais atualizados. Como cerca de 60% da sua produção é exportada, principalmente para países europeus como França, Alemanha, Holanda e Espanha, a empresa sente uma necessidade acrescida de melhorar os seus processos para satisfazer os seus clientes.

A sua estratégia de produção classifica-se como um sistema *Engineer-to-order* (ETO) que, resumidamente, é caracterizado por o processo produtivo começar na fase de *design* do produto (onde se dá toda a sua idealização, conceptualização, desenho, conformidade com requisitos, entre outros). Por base, foca-se na customização, não possuindo produtos *standard*, e obriga a que para cada pedido recebido seja necessário executar todas as tarefas da fase inicial de *design* e construir todo o seu processo de manufatura. Só depois começa a produção inerente ao pedido do cliente em causa.

Este tipo de indústria raramente recebe pedidos repetidos e, por isso, fabrica uma grande variedade de produtos, mas em pequena quantidade, sendo conhecido na literatura como *high-mix, low-volume production* (Svancara & Kralova, 2012). O *lead time* de produtos é elevado e corresponde basicamente a todo o seu tempo de processamento, contrariamente aos sistemas de produção de artigos *standard* – onde o *lead time* resume-se ao tempo de entrega do produto.

Neste tipo de ambiente fabril surgem grandes dificuldades, tais como: tempos de *setup* elevados; não cumprimento dos prazos de entrega; baixa utilização de recursos; *layouts* ineficientes; entre outros. Todos estes são prolemas que também a A.Brito enfrenta.

1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

Os objetivos do estudo inicialmente formulados pela empresa visaram a melhoria do *layout* da unidade fabril do Porto e da nova zona de armazenagem da matéria-prima (MP). Durante o decorrer do estudo, foram surgindo mais objetivos que se centraram: na melhoria organização, arrumação e limpeza do chão de fábrica; na melhoria das condições ambientais; na implementação de ações de formação de operadores e criação de estratégias para aumentar e diversificar as suas competências; na diminuição do tempo de *setup*; e na realização de reuniões diárias de planeamento.

Dado o baixo nível de familiarização da unidade fabril e dos seus trabalhadores com a cultura *Lean*, considerou-se como outro objetivo do estudo a sensibilização da A.Brito e dos seus trabalhadores para os benefícios da adoção de uma nova cultura, de zero desperdícios, mesmo sendo o seu contexto fabril ETO um dos mais complexos.

1.3 METODOLOGIA DO ESTUDO

O estudo realizado que deu origem à presente dissertação pode ser dividido em 7 etapas:

- 1) Caracterização da unidade fabril, da sua estratégia de produção e dos seus processos;
- 2) Identificação de problemas e de oportunidades de melhoria;
- 3) Priorização e análise dos problemas identificados;
- 4) Elaboração de sugestões de melhoria;
- 5) Triagem das sugestões;
- 6) Elaboração detalhada das propostas selecionadas;
- 7) Análise de resultados.

A primeira etapa consistiu na caracterização da unidade fabril, da sua estratégia de produção e dos seus processos. Esta fase começou com a realização de visitas diárias ao chão de fábrica para conhecer as operações e tarefas que os trabalhadores realizam. Foi efetuada uma análise do histórico de encomendas da A.Brito, de modo a perceber de que forma esta se tem adaptado às necessidades dos clientes ao longo dos anos de atividade e que dados podem ser utilizados como representação do panorama atual das suas encomendas. Caracterizaram-se também os tipos de peças fabricadas e a forma do processamento e preparação de encomendas.

A informação utilizada para elaborar a fase 1, relativa à caracterização da empresa, foi obtida através de documentos fornecidos pela mesma, informação disponibilizada no seu *website* ou através de sessões de *brainstorming* realizadas com as equipas. Nesta, foram utilizadas as seguintes ferramentas: fluxograma, observação direta, *gemba walk*, *brainstorming* informal, análise de documentos internos e análise gráfica.

Seguidamente, na etapa 2, determinaram-se os artigos fabricados mais importantes para a empresa (os que originam maior volume de faturação e que têm maior tempo de produção) e identificou-se o fluxo de produção respetivo. Este é o fluxo de produção da família que representa o tipo de artigo mais produzido na fábrica e com maior volume faturado e, por isso, foi considerado como representativo do dia-a-dia do chão de fábrica. De seguida, realizaram-se novas visitas ao chão de fábrica para detetar oportunidades de melhoria.

Para a realização desta etapa, utilizaram-se as seguintes ferramentas: diagrama de Pareto e análise ABC; fluxograma; questionários; observação direta; *gemba walk*; *brainstorming* informal; inquéritos; análise de documentos internos; e auditoria 5S.

A terceira etapa consistiu na priorização e análise dos problemas identificados. Em primeiro lugar determinou-se a prioridade de cada problema, de forma a determinar a sequência pela qual deveriam ser abordados, dado o limitado período de tempo do estudo realizado. Depois, cada problema foi analisado em detalhe, segundo a priorização obtida, onde se determinaram as causas raiz de cada um. Quanto às ferramentas, aplicou-se a matriz de GUT, o diagrama de Ishikawa, os 5 Porquês, observação direta, questionários informais e *brainstorming* informal.

De seguida, na etapa 4, foram sugeridas ações de melhoria para cada causa raiz encontrada e, utilizando a matriz Esforço/Impacto, fez-se a sua triagem (etapa 5). As ações escolhidas para prosseguir com o estudo são aquelas que necessitam de menor esforço por parte da empresa para serem implementadas, mas que têm um grande impacto.

A sexta etapa consistiu na elaboração das propostas de melhoria. Isto é, tendo determinadas as sugestões de melhoria mais interessantes para a unidade fabril, construíram-se as propostas a partir da agregação dessas sugestões, ou seja, uma proposta de melhoria pode contemplar várias sugestões e, portanto, contribuir para a resolução de um ou mais problemas. As ferramentas utilizadas foram a metodologia 5S, o diagrama de relações de atividades, 5W2H, o quadro *kanban*, a matriz de capacidades, a metodologia SMED, cronometragem de tempos e o fluxograma.

No último passo analisaram-se os resultados. Para cada proposta de melhoria, enumeraram-se os benefícios e (sempre que possível) quantificaram-se os ganhos e os custos provenientes da sua implementação. Para algumas propostas, foi também elaborado o cronograma da sua implementação através da listagem das tarefas necessárias e do cálculo da duração prevista. Recorreu-se ao diagrama de Gantt, *brainstorming* informal, auditoria 5S e medição de distâncias.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se repartida por 5 capítulos, inclusive o capítulo atual que introduz o estudo realizado, começando por fazer o enquadramento, apresentar a motivação e os objetivos, depois a metodologia utilizada e, finalmente, a sua estrutura.

O capítulo 2, sobre as metodologias de apoio à melhoria de processos, consiste na revisão bibliográfica realizada e apresenta os conceitos teóricos relevantes para o estudo. Começa com a introdução à filosofia *Lean*, nomeadamente a sua história e evolução, os seus princípios, os tipos de desperdícios e as suas ferramentas. Ainda neste subcapítulo, são abordados os tipos de *layout* industriais existentes e quais as suas vantagens numa ótica de melhoria de processos e, de seguida, a aplicação desta cultura num ambiente ETO, nomeadamente as suas vantagens e barreiras.

O terceiro capítulo, o estudo de caso, engloba a apresentação da empresa e da unidade fabril onde o estudo foi realizado, a caracterização do seu sistema de produção, nomeadamente o estudo do histórico das encomendas recebidas e a sua evolução ao longo do tempo e a estratégia de produção adotada. De seguida, é apresentada a identificação dos problemas, que inclui a determinação dos artigos mais importantes, a *gamba walk*, os questionários e a auditoria 5S realizados. Por fim, apresenta-se a priorização dos problemas e a análise dos mesmos de acordo com as suas prioridades.

A elaboração detalhada das propostas de melhoria, apresentada no capítulo 4, começa com o desenvolvimento de cada proposta em pormenor e, no fim, é feita a análise e discussão dos resultados previstos provenientes da sua implementação.

No capítulo 5 apresentam-se as conclusões do estudo e são propostos trabalhos futuros.

No final, este documento contempla ainda dois capítulos: todas as referências bibliográficas; e os anexos, constituídos por figuras e tabelas auxiliares ao estudo.

Na tabela 1.1 é apresentada uma breve descrição do conteúdo de cada capítulo da presente dissertação.

Tabela 1.1: Tópicos abordados em cada capítulo da dissertação.

Capítulo	Tópicos Abordados
1. Introdução	Enquadramento, motivação e objetivos do estudo; Metodologia; Estrutura da dissertação.
2. Metodologias de Melhoria de Processos	Introdução à melhoria contínua de processos, como a filosofia <i>Lean</i> ; apresentação das ferramentas utilizadas; apresentação do conceito ETO e dos tipos de <i>layout</i> industriais existentes num ambiente <i>Lean</i> .
3. Estudo de Caso	Apresentação da empresa e da unidade fabril; Caracterização do seu sistema de produção; Identificação, priorização e análise de problemas.
4. Propostas de Melhoria	Apresentação das propostas de melhoria elaboradas; Análise e discussão dos resultados obtidos.
5. Conclusões	Conclusões do estudo e apresentação dos trabalhos futuros propostos.

2. METODOLOGIAS DE APOIO À MELHORIA DE PROCESSOS

O presente capítulo aborda os conceitos teóricos aplicados no estudo realizado. São abrangidas temáticas como a filosofia *Lean* e outras ferramentas de apoio consideradas relevantes para a estrutura de produção do tipo *Engineer-to-order*. Será também explanada a implementação da filosofia *Lean* num ambiente ETO, nomeadamente os seus benefícios, desafios e barreiras.

2.1 FILOSOFIA *LEAN*

A melhoria contínua de processos consiste no constante desenvolvimento de qualquer etapa, fase, operação ou tarefa de um determinado processo. Significa apostar em melhorias que contribuam para o aumento da performance de empresas, muitas vezes para aumentar a satisfação dos seus clientes (Sujová & Marcineková, 2015).

Nesta ótica, surge a filosofia *Lean* que, através de variadas práticas de gestão, intende aumentar a eficácia e eficiência das operações de um processo. Anexadas a esta filosofia estão muitas ferramentas da qualidade utilizadas na identificação de problemas e elaboração de melhorias (Roriz *et al.*, 2017).

2.1.1 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA FILOSOFIA *LEAN*

No final da década de 40 do século XX, o Japão encontrava-se numa situação pós-guerra economicamente frágil. Arrasadas pela 2ª Guerra Mundial, muitas das empresas japonesas tiveram de repensar o seu modo de funcionamento como forma de sobreviver a esta crise. Contrariamente, em países como os Estados Unidos da América várias indústrias estavam a prosperar, nomeadamente no ramo automóvel onde a produção em massa estava cada vez mais difundida (Ohno & Bodek, 1988).

Perante esta disparidade, a empresa Toyota Motor Company (TMC) traçou como objetivo aumentar a sua produção até alcançar a sua concorrência, enviando Eiji Toyoda e Taiichi Ohno para os Estados Unidos da América estudar o sistema de produção em massa de Henry Ford (Ohno & Bodek, 1988). Na altura, era o sistema de produção mais avançado, garantindo resultados na diminuição do custo de produção das linhas com o aumento do número de automóveis produzidos por unidade de tempo (Womack & Jones, 2003).

Os tipos de produção das fábricas da Ford e da Toyota pouco se assemelhavam, uma vez que a produção das fábricas japonesas caracterizava-se pelo elevado nível de customização, enquanto que as americanas focavam-se em produzir elevadas quantidades de modelos *standard* (Melton, 2005). Assim, não podendo aplicar o sistema de produção em massa para satisfazer os seus clientes, a Toyota procurou revolucionar o seu sistema produtivo alterando a cultura de trabalho utilizada, dando origem ao *Toyota Production System* (TPS) (Ohno & Bodek, 1988).

Em “*The evolution of a Manufacturing System at Toyota*”, Fujimoto afirma que ‘*Toyota’s production organization [. . .] adopted various elements of the Ford system selectively and in unbundled forms, and hybridized them with their ingenious system and original ideas. It also learnt from experiences with other industries (e.g. textiles). It is thus a myth that the Toyota Production System was a pure invention of genius Japanese automobile practitioners. However, we should not underestimate the entrepreneurial imagination of Toyota’s production managers (e.g. Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno, and Eiji Toyoda), who integrated elements of the Ford system in a domestic environment quite different from that of the United States. Thus, the Toyota-style system has been neither purely original nor totally imitative. It is essentially a hybrid*’ (Fujimoto, 1999).

O sistema TPS, que pretende eliminar de forma absoluta todos os tipos de desperdícios, reduzir custos e aumentar a produtividade (Ohno & Bodek, 1988), assenta em dois pilares: *Just-in-time* (JIT); e *Jidoka* (ou autonomia – automação com um toque humano). E baseia-se em quatro conceitos chave: produção nivelada; trabalho padronizado; gestão visual; e *Kaizen* (Ohno & Bodek, 1988). O primeiro

modelo gráfico da casa do TPS, elaborado pela Toyota onde estão representados os seus objetivos e pilares, apresenta-se na figura 2.1.

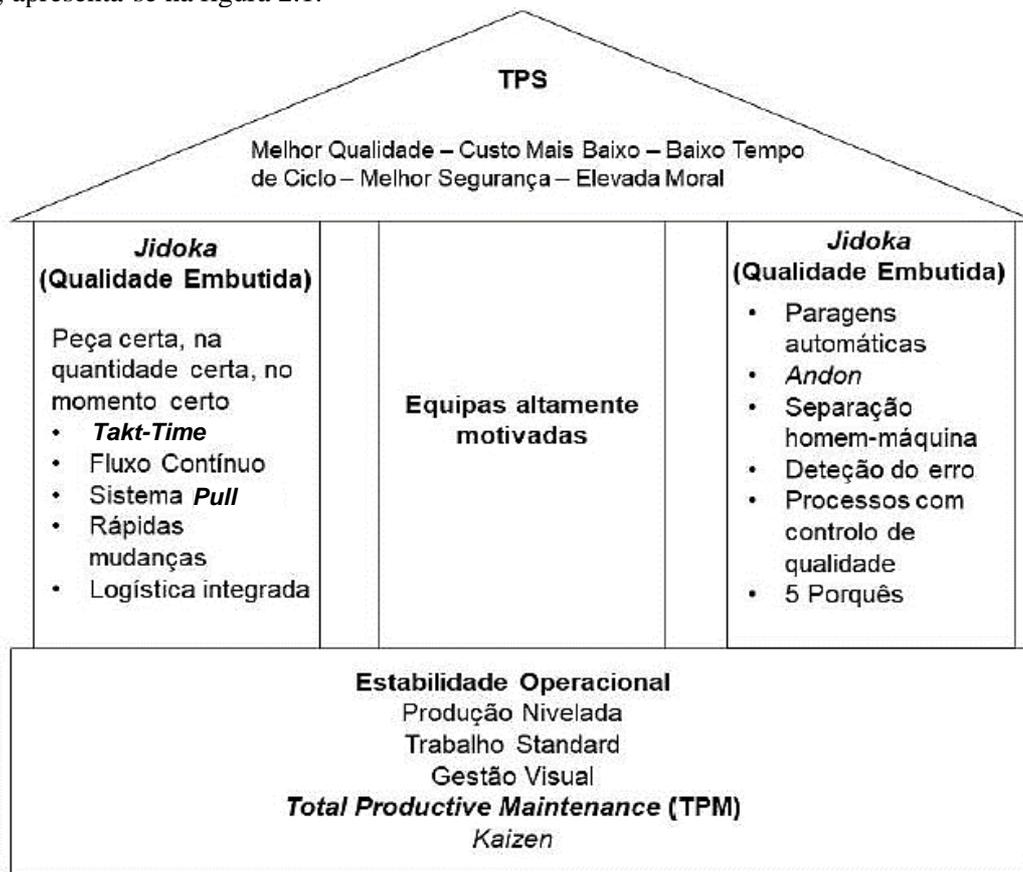


Figura 2.1: Primeiro modelo da casa TPS (adaptado de Liker, 2004).

Depois de a Segunda Guerra Mundial, a Toyota sentiu uma necessidade acrescida de produzir produtos com maior qualidade e na quantidade necessária com o mínimo de recursos possível. Foi neste contexto que o pensamento *Lean* surgiu.

Contudo, o próprio termo “*Lean*” surgiu mais tarde com a atribuição da designação “*Lean Production*” (LP) ao sistema de produção utilizado pelas fábricas da Toyota (Krafcik, 1988), pelo investigador John Krafcik, colaborador na primeira fábrica japonesa instalada fora do Japão, resultante da união das empresas *General Motors* e Toyota, designada de New United Motor Manufacturing Inc. – NUMMI (Shook, 2010). Este conceito ganhou popularidade com a publicação do livro “*The machine that changed the world*” com a utilização do conceito *Lean Thinking* (LT) pela primeira vez (Womack & Jones, 2003).

Pode-se definir *Lean Production* como uma abordagem organizacional de produção constituída por diversas ferramentas que apoiam a gestão dos processos de uma organização, cujo objetivo é a eliminação de desperdício e a criação de valor em toda a cadeia. O seu lema é “fazer mais com menos” (Womack & Jones, 2003). Pode-se considerar uma metodologia orientada para a resolução de problemas, gerando resultados num curto espaço de tempo (Schiele & McCue, 2011).

Já o *Lean Thinking*, apesar de ter o mesmo objetivo que o LP, pode-se definir como uma filosofia de pensamento incorporada e praticada por aqueles dentro do sistema. Foca-se nos resultados obtidos a longo prazo (“*the big picture*”), como o aumento da qualidade, da flexibilidade do processo e da competitividade empresarial (Schiele & McCue, 2011).

Na tabela 2.1, podem-se observar os principais contrastes entre os dois sistemas de produção, o de Henry Ford utilizado nos Estados Unidos da América e a Produção *Lean*.

Tabela 2.1: Comparação dos Sistemas de Produção (adaptado de Melton, 2005).

	Produção segundo Ford	Produção <i>Lean</i>
Base	• Henry Ford	• Ford e Toyota
Pessoas - <i>design</i>	• Profissionais com capacidades pouco diversificadas.	• Equipas com capacidades diversificadas em todos os níveis da organização.
Pessoas - produção	• Profissionais pouco ou nada qualificados.	• Equipas com capacidades desenvolvidas em todos os níveis da organização.
Equipamentos	• Equipamentos dispendiosos que executam uma tarefa única.	• Sistemas autónomos e manuais que conseguem produzir grandes volumes de produtos variados.
Métodos de Produção	• Produção de grandes volumes de produtos <i>standard</i> .	• Produção por encomenda.
Filosofia Organizacional	• Hierárquica – a gestão responsabiliza-se.	• Fluxos de valor, em que a responsabilidade chega até aos níveis mais baixos.
Filosofia	• Alcançar “bom o suficiente”.	• Perseguir a Perfeição.

Atualmente, a produção *Lean* está implementada em diversas empresas dispersas por todo o mundo, tanto empresas de bens como de serviços, nos mais diversos ramos. Assim sendo, é considerada como uma abordagem transversal e global cada vez mais importante para a sobrevivência das organizações (Roriz *et al.*, 2017).

2.1.2 PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA *LEAN*

No livro “*Lean Thinking: Banish waste and create wealth in you corporation*”, Womack e Jones apresentam os princípios do *Lean Thinking* que visam guiar as ações de qualquer organização na conversação dos processos em processos *Lean* (Womack & Jones, 2003).

Este livro surgiu após o sucesso que seguiu a publicação do primeiro “*The Machine that changed the world*” que levantou muitas questões por parte de diretores, gestores, trabalhadores, investidores, fornecedores e clientes em como implementar *Lean Production* (Schiele & McCue, 2011).

Estes princípios, que foram a base para que a abordagem organizacional de LP se tornasse uma filosofia de pensamento, são: especificar valor; identificar a cadeia de valor; garantir um fluxo contínuo; adotar um sistema *pull*; e perseguir a perfeição. A sua definição foi retirada de Womack & Jones (2003).

→ Especificar valor

Este é o ponto crítico de partida. O valor de um artigo ou serviço é definido pelo último cliente, de acordo com as suas necessidades, e é criado pelo fabricante, sendo que o cliente final só está disposto a pagar pelas atividades que permitem satisfazer os seus requisitos. Esta etapa contraria o estabelecimento de preços do produto final consoante o custo de fabrico e a margem de lucro (independentemente do nível de eficiência da organização).

É crucial o envolvimento do cliente final e dos fornecedores nesta primeira fase para definir *à priori* as especificações e o valor do produto.

→ **Identificar a cadeia de valor**

A cadeia de valor é o conjunto de ações específicas que permitem conduzir um determinado produto ou serviço através das tarefas de gestão críticas em qualquer negócio, segundo Womack & Jones (2003) existem três tipos de tarefas:

- Resolução de Problemas: começa na formação do conceito do produto, passando pela fase de *design* e engenharia, terminando no seu lançamento;
- Gestão de informação: inicia com o recebimento da encomenda, continua com planeamento detalhado e finaliza com a expedição do produto.
- Transformações físicas: desde as matérias-primas até ao produto acabado (PA) entregue ao cliente final.

Identificar esta cadeia de ações é o segundo passo do *Lean Thinking* que, resumidamente, consiste em identificar e distinguir as atividades que acrescentam valor (VA – *value added*), as que não acrescentam mas são necessárias (ENVA – *essencial non-value added*) e as que não acrescentam desnecessárias (NVA – *non-value added*) (Womack & Jones, 2003). Este passo permite identificar muitas fontes de desperdício a eliminar – atividades NVA – e a reduzir – atividades ENVA.

→ **Garantir um fluxo contínuo**

Após identificadas todas as atividades, segue a fase em que estas são reorganizadas de forma a criar um fluxo de operações e tarefas contínuo. Nesta etapa, muitas vezes surgem barreiras, na medida em que a organização destas indústrias pode estar dividida por departamentos e grupos de funções que não correspondem à sequência de execução mais fluída, podendo existir resistência à mudança.

O primeiro efeito visível da aplicação deste princípio é a redução acentuada do período de tempo entre a criação do conceito do produto e o seu lançamento, entre venda e entrega e entre matérias-primas e consumidor final. Com a implementação destas alterações, pretende-se que a nova estrutura organizacional contribua positivamente para a criação de valor e responda em tempo real às necessidades de todos os *stakeholders* ao longo da cadeia produtiva.

→ **Adotar um sistema *pull***

O sistema *pull* consiste na produção de bens e serviços de acordo com as necessidades reais dos clientes, isto é, através da colocação de encomendas. Apenas se produz o que o consumidor final pediu. Este é um dos pilares do *Lean*.

Ao adotar este sistema de produção, contrariamente ao sistema tradicional *push* onde o conceito é produzir para *stock*, consegue-se reduzir esses mesmos *stocks* (intermédios e finais) – diminuindo o desperdício associado – fabricando apenas o necessário, no momento certo.

→ **Perseguir a perfeição**

Adotando uma política de melhoria contínua, o último princípio do LT é a perseguição da perfeição, na medida em que, com o passar do tempo e da aprendizagem, a resolução de uns problemas vai fazer outros aparecerem. Assim, percebe-se que este é um processo cíclico, no qual, todos os princípios estão ligados e devem ser feitos esforços para que sejam continuamente aplicados, justificando a afirmação que diz que estes princípios foram o impulso que levou a abordagem do *Lean Production* a ser transformada numa filosofia, o *Lean Thinking*.

Os princípios estão apresentados graficamente na figura 2.2.



Figura 2.2: Princípios do *Lean Thinking*.

Desta secção, pode-se concluir que a procura pela criação de valor e pela eliminação de desperdício deve ser uma tarefa constante, para que, as empresas consigam aumentar o seu desempenho e desafiar a sua concorrência.

2.1.3 TIPOS DE DESPERDÍCIO

O objetivo principal da filosofia *Lean* é a eliminação de desperdício (ou *muda*) em qualquer etapa da cadeia produtiva (Womack & Jones, 2003). Qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto gera desperdício, por isso, deve-se tentar ao máximo eliminá-la. Estes desperdícios surgem quando são utilizados mais recursos que os necessários para executar determinada tarefa (Arlbjørn & Freytag, 2013).

Tendo em conta o conceito de desperdício que teve origem no livro “*Toyota Production System: Beyond large-scale production*”, Ohno & Bodek (1988) identificaram os primeiros 7 tipos de *muda*: defeitos; sobreprodução; tempo de espera; transportes; movimentações; sobreprocessamento ou processamento inapropriado; e *stock*.

Mais tarde, Liker (2004) acrescentou o oitavo desperdício aos sete identificados previamente, o subaproveitamento ou a perda do conhecimento humano, por exemplo, das suas ideias, criatividade e *know how*.

Ohno & Bodek (1988) sugerem dois pontos a ter em consideração durante a análise do desperdício:

- 1) Aumentar a eficiência faz sentido sempre que está associada a redução de custos; para satisfazer este ponto deve-se produzir apenas o necessário utilizando o mínimo de recursos possíveis;
- 2) Analisar a eficiência de cada operador de cada posto, de seguida, analisar a eficiência de todos os operadores como um todo e, por fim, de todo chão de fábrica; A eficiência deve ser melhorada passo a passo, desde o individual até ao todo.

Os oito desperdícios do *Lean* estão apresentados em detalhe na tabela 2.2.

Tabela 2.2: Desperdícios do *Lean*
(adaptado de Liker, 2004; Melton, 2005; Ohno & Bodek, 1988)

Tipo de Desperdício	Descrição	Na indústria transformadora (situações exemplo)	Algumas consequências
Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Erros que ocorrem durante o processo. • Para cumprir os requisitos é necessário retrabalho ou trabalho adicional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Material fora das especificações devido a documentação associada incompleta; • Erros na entrada de dados; • Erros de comunicação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atrasos nas entregas; • Tempo extra excessivo; • Aumento dos custos operacionais;
Sobreprodução	<ul style="list-style-type: none"> • Produzir mais unidades que as pedidas pelo cliente ou que o necessário; • Desenvolver produtos, processos ou infraestruturas que não acrescentam valor para o cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode estar associado à produção de lotes de grandes quantidades ou a processos de manufatura de grande escala; • Desenvolvimento de processos que não contribuem para a redução dos gargalos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento dos níveis de <i>stock</i>; • Aumento do espaço de armazém necessário; • Elevados custos associados aos processos desnecessários.
Tempo de Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Ocorre quando os recursos necessários não estão disponíveis, como materiais, pessoas ou informação. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Stock</i> intermédio e <i>buffers</i> de material à espera de serem processados; • Encomendas paradas por não haver operadores, ferramentas ou equipamentos disponíveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do <i>lead time</i> dos produtos; • Aumento dos custos associados.
Transportes	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de pessoas, materiais e produtos entre várias localizações e entidades temporárias; • Enquanto estão em transporte não estão a acrescentar valor para o cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrico de MP's em diversas localizações que são depois transferidas para fabricar os componentes que são de seguida transferidos para o local onde se fabrica o produto final; • Algumas operações podem ser realizadas fora da localização principal, por exemplo no caso da subcontratação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessários vários armazéns intermédios; • Elevados custos de transporte, aumentando o custo final.
Movimentações	<ul style="list-style-type: none"> • Deslocações desnecessárias de pessoas, materiais, equipamentos ou produtos dentro da própria entidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Layouts</i> inadequados, desorganização e práticas de trabalho disfuncionais, como deslocações de pessoas para entregar fichas de acompanhamento aos operadores, movimentação de WIP de e para o armazém. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mau aproveitamento dos recursos humanos e de tempo; • Redução da produtividade e eficácia.
Sobreprocessamento	<ul style="list-style-type: none"> • Processos que não acrescentam valor aos produtos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Por exemplo, fases de <i>design</i> e planeamento demoradas não acrescentam diretamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Gera desperdício de tempo e de recursos humanos.

Tabela 2.2: Desperdícios do Lean (continuação).

Tipo de Desperdício	Descrição	Na indústria transformadora (situações exemplo)	Algumas consequências
<i>Stock</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenagem de produtos, componentes e MP's em excesso. • Tipo de desperdício mais comum, utilizado para camuflar problemas na Cadeia de Abastecimento (CA). 	<ul style="list-style-type: none"> • valor ao produto e aumentam o seu <i>lead time</i>; • A repetição de operações, como testagem e recolha de amostras; • Compra de grandes lotes de MP que permanecem no armazém durante grandes períodos de tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes quantidades de WIP nas instalações fabris e necessidade de armazéns de grandes dimensões.
Subaproveitamento Humano	<ul style="list-style-type: none"> • Quando as capacidades e experiência dos trabalhadores não é aproveitada ao máximo, talvez pela presença de uma cultura de pouca abertura na empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Por exemplo, para a resolução de problemas em postos de trabalho, o envolvimento dos operadores é essencial, uma vez que, estes são os que conhecem melhor o seu funcionamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de motivação e sentimento de exclusão.

2.1.4 FERRAMENTAS LEAN

Nesta secção estão apresentadas algumas das ferramentas do *Lean* utilizadas para implementar *Lean Production* e de apoio à determinação e resolução de problemas. As utilizadas no desenvolvimento do estudo são, de seguida, explicadas com maior detalhe.

Na tabela 2.3 encontram-se algumas das ferramentas e uma breve descrição de cada uma.

Tabela 2.3: Descrição de algumas das ferramentas do *Lean*.

Ferramenta	Conceito
<i>Just-in-time</i> (JIT)	Produzir apenas o necessário, na quantidade requerida, no momento certo e entregar no local correto (Singh <i>et al.</i> , 2013).
<i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED)	Analisa e simplifica o processo de <i>setup</i> , diminuindo a sua duração e o seu custo para o mínimo possível (Singh <i>et al.</i> , 2018).
<i>Kanban</i>	Sistema de cartões utilizado para controlar o consumo de recursos (materiais, de informação ou de pessoas) desde o cliente até ao fornecedor, de forma a repor estes recursos utilizados antes que haja rotura (Oliveira <i>et al.</i> , 2017).

Tabela 2.3: Descrição de algumas das ferramentas do *Lean* (continuação).

Ferramenta	Conceito
<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	Operações de manutenção que reduzem o tempo de avaria e permitem uma maior eficiência operacional dos equipamentos (Oliveira <i>et al.</i> , 2017).
Produção Celular	Organização dos equipamentos e postos de trabalho em conjuntos (células) interligados para que muitas ou todas as operações do processo possam ocorrer dentro desse agregado (Kumar & Singh, 2019).
<i>Poka Yoke</i>	Dispositivos que permitem prever erros e prevenir defeitos através da eliminação da falha humana, aumentando a qualidade e segurança nas linhas de produção (Rafique <i>et al.</i> , 2016).
<i>Kaizen</i>	Melhorias pequenas, mas contínuas e sustentáveis dos processos de trabalho de toda a organização (Radziwill, 2018).
5S's	Conjunto de práticas para avaliar a utilização, organização, limpeza, uniformização e disciplina, que permitem reduzir desperdícios, por exemplo, tempo e movimentações (Oliveira <i>et al.</i> , 2017).
Fluxo contínuo	Coordenação das operações produtivas de acordo com a sequência de processamento para obter uma maior fluidez de movimento de pessoas e materiais, garantindo um fluxo sincronizado e contínuo ao longo da cadeia produtiva (Womack & Jones, 2003).
<i>Total Quality Management</i> (TQM)	Cálculo do tempo de ciclo necessário para satisfazer a procura do cliente (Lopes Silva <i>et al.</i> , 2013).
Gestão Visual	Gestão de pessoas e processos através de ferramentas visuais que tornam a informação mais clara e intuitiva, auxiliando a tomada de decisões e execução de atividades (Oliveira <i>et al.</i> , 2017).
<i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	Mapeamento de um produto ou família de produtos que mostra visualmente o fluxo de materiais e informação ao longo do processo de produção com o objetivo de identificar as atividades VA e NVA (Oliveira <i>et al.</i> , 2017).
Nivelamento da Produção (<i>Heijunka</i>)	Distribuir equitativamente a produção de forma a minimizar picos e baixas de trabalho. Pretende suavizar a variação da procura sobre os processos (Ohno & Bodek, 1988).
<i>Standard Work</i>	Padronizar a sequência e forma de execução de operações para assegurar que todos executam as tarefas de igual forma, reduzindo variações nos métodos de trabalho (Oliveira <i>et al.</i> , 2017).
Autonomação (<i>Jidoka</i>)	Dispositivos utilizados para monitorizar equipamentos e evitar problemas permitindo a paragem automática dos mesmos em caso de defeito (Ohno & Bodek, 1988).
<i>Gemba Walk</i>	Visitar o <i>gemba</i> , observar os processos, sem realizar juízos de valor, e tentar identificar e perceber a causa dos problemas (Alnajem, 2020).

De seguida, estão apresentadas mais a pormenor as ferramentas *Lean* utilizadas no desenvolvimento do presente estudo.

→ 5S

A ferramenta 5S foi desenvolvida em 1960 no Japão por Sakichi Toyoda, Kishiro Toyoda e Taiichi Ohno (Oliveira *et al.*, 2017). Mais tarde, surgiram dois *frameworks*, um por Takashi Osada e outro por Hiroyuki Hirano, sobre entender e aplicar a metodologia 5S em ambientes empresariais. O primeiro formalizou oficialmente a ferramenta 5s, já no final da década de 60 (Randhawa & Ahuja, 2018).

Esta ferramenta foi criada com objetivo de proporcionar ao ambiente de trabalho um clima organizado e fluído através da eliminação de desperdícios nos postos de trabalho e meio envolvente (Gupta & Jain, 2015), contribuindo para a redução de custos e aumento tanto da eficiência como da eficácia do sistema onde é aplicada. A sua implementação pode revelar problemas que, de outra forma, teriam passado despercebidos (Gapp *et al.*, 2008).

Os 5S's baseiam-se originalmente em 5 conceitos japoneses que podem ser considerados os 5 passos a dar durante a sua implementação (Hirano, 1995):

- **Seiri (Utilização)**: consiste em ter os itens (material, ferramentas, objetos, equipamentos, entre outros) necessários na quantidade necessária para realizar as tarefas, fazendo a distinção entre utilizados e não utilizados pelos trabalhadores, de seguida removem-se todos objetos não utilizados (obsoletos, em excesso, entre outros);
- **Seito (Organização)**: manter o local de trabalho arrumado; atribuir um local próprio a cada item classificado como utilizado onde deve permanecer quando não está a ser utilizado, de forma a, evitar perdas de material; identificar sempre os locais de arrumação e os itens a arrumar poupando tempo no momento de arrumação;
- **Seiso (Limpeza)**: manter o local de trabalho limpo e livre de resíduos, reduzindo a probabilidade de ocorrência de acidentes e proporcionando as condições de trabalho ideais, aumentando a atenção e capacidade de concentração dos trabalhadores, contribuindo para a deteção de falhas e anomalias nos processos;
- **Seiketsu (Uniformização)**: uniformizar os métodos de trabalho (operações, tarefas, entre outros), reforçando a implementação as práticas utilizadas nos três primeiros S's;
- **Shitsuke (Disciplina)**: consiste na manutenção das etapas anteriores através de monitorização, controlo e fomentação de uma cultura *Lean* no ambiente de trabalho, para que, todos tenham o mesmo *mindset* e compreendam a importância do cumprimento destas práticas.

Há ainda quem considere um sexto S de *safety* (segurança), que enfatiza a necessidade de estabelecer normas de segurança perante a realização de qualquer tarefa e operação com qualquer equipamento, mas não é um tema consensual pois estas medidas devem ser adotadas logo desde a criação das organizações (Srinivasan *et al.*, 2016).

Defende-se também que, mais que uma ferramenta, os 5S's são uma filosofia que permite atingir sistematicamente um ambiente organizado, limpo e uniformizado pela reestruturação do local de trabalho e criação de uma base forte para futuras melhorias, o que motiva e satisfaz os trabalhadores de qualquer organização (Randhawa & Ahuja, 2017).

A ferramenta 5S traz muitos benefícios para qualquer organização, sendo os mais relevantes a diminuição dos desperdícios de tempo e espaço. Outros impactos positivos são ao nível da produtividade e da competitividade organizacional (Oliveira *et al.*, 2017).

Para que a sua implementação seja bem-sucedida, requerem-se esforços redobrados na monitorização e avaliação da aplicação das práticas, de modo a combater uma das principais barreiras, a resistência à mudança (Hirano, 1995).

→ SMED

A metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), desenvolvida por Shigeo Shingo em colaboração com a Toyota, foi publicada pela primeira vez em 1985 e é hoje uma referência no que toca a redução da duração do *setup* de equipamentos (Costa *et al.*, 2013; Shingo, 1985). Contrariamente às outras ferramentas do TPS, o SMED foi a única ferramenta desenvolvida externamente aplicada no sistema japonês.

O *setup* é o período de tempo necessário para que todas as tarefas que constituem a mudança de formato (troca de ferramentas, limpeza, ajustes, entre outros) entre a produção consecutiva de dois lotes de artigos diferentes sejam executadas. Pode ser definido também como o tempo que decorre desde a última peça boa produzida de um lote até à primeira peça boa produzida do lote seguinte (Costa *et al.*, 2013).

O termo “*Single Minute Exchange of Die*” refere-se a uma teoria e ferramentas utilizadas para executar a mudança de formato em menos de 10 minutos, obtendo um período de tempo expresso (em minutos) num único dígito. Esta é a meta do sistema descrito, mas apesar de muitas vezes não ser possível atingir valores tão pequenos, na maioria destes casos verifica-se uma diminuição acentuada da duração do *setup* (Martins *et al.*, 2018).

No seu livro, Shigeo Shingo afirma que os princípios do SMED podem ser aplicados nos processos produtivos de qualquer tipo de indústria, independentemente do tipo e variedade de equipamentos utilizados. Verificando sempre melhorias consideráveis na produtividade e no *lead time* do produto (Shingo, 1985).

Shigeo Shingo demorou 9 anos a desenvolver o SMED, tendo começado em 1950 quando iniciou o estudo de melhorias para as indústrias da Toyota. Foi nesta altura que se apercebeu pela primeira vez da existência de dois tipos de atividades: as que têm de ser executadas com o equipamento parado (atividades internas) e as que podem ser executadas com o equipamento em funcionamento (atividades externas) (Shingo, 1985).

Mais tarde, em 1969, perante um desafio que a Toyota lhe lançou sobre diminuir o *setup* de uma prensa para um terço do atual, Shingo apercebeu-se que as atividades internas tinham o potencial de ser convertidas em externas. Desta forma, afirma que mais que uma técnica, o SMED é uma forma completamente inovadora de ver a produção em si (Shingo, 1985).

A aplicação desta metodologia pode ser dividida de diferentes formas, a definida por Shingo e utilizada no desenvolvimento deste estudo foi a seguinte (Shingo, 1985):

Estágio 0 (Preliminar): Atividades internas e externas não diferenciadas

Consiste na identificação todas as tarefas da mudança de formato e no cálculo dos seus parâmetros, como o seu tempo de execução neste estado inicial (Sugai *et al.*, 2007). Para obter estes valores, Shingo (1985) sugere o uso do cronómetro, o estudo do método, entrevistar operadores ou a análise da filmagem da operação, permitindo uma análise detalhada das condições do equipamento e respetivo posto de trabalho.

Estágio 1: Distinguir atividades internas das externas

Esta fase consiste na classificação das atividades como atividades externas ou internas, na sua organização e separação, criando dois grupos de atividades: o *setup* interno e o *setup* externo (Singh *et al.*, 2018).

Esta é considerada a fase mais importante do SMED e Shingo afirma que “[...] se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre *setup* interno e externo é o passaporte para atingir o SMED” (Shingo, 1985).

Estágio 2: Converter as atividades internas em externas

De forma geral, a diminuição da duração do *setup* interno gerada pela execução do estágio 1 não é suficiente para atingir o objetivo último desta metodologia. Assim, torna-se imperativo repensar as atividades realizadas internamente, fornecendo todas as condições necessárias, para as transformar em atividades externas (Shingo, 1985).

Estágio 3: Simplificar as atividades internas e as externas

Sendo a última fase do SMED, o estágio 3 tem como objetivo a melhoria contínua das suas atividades. Requer análises sistemáticas das tarefas para encontrar pontos a melhorar, resultando na diminuição da duração das operações (Shingo, 1985).

Na figura 2.3 apresentam-se esquematizadas as diferentes fases do SMED.

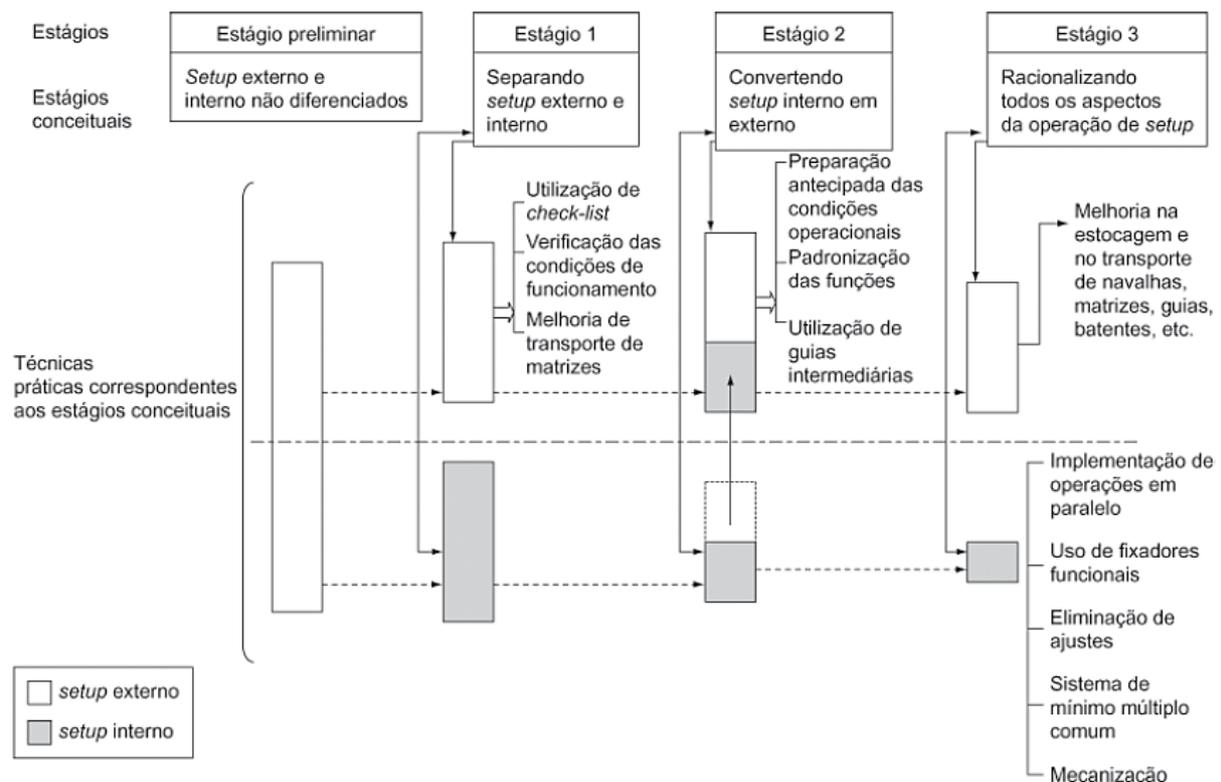


Figura 2.3: Fases de aplicação do SMED
(adaptado de Shingo, 2019).

Com a implementação do SMED podem-se esperar vários benefícios, tais como (Shingo, 1985):

- Aumento da flexibilidade da produção (devido à facilidade de troca de formato);
- Redução da duração do *setup*;
- Redução do desperdício de tempo (por exemplo em ajustes);
- Redução da ocorrência de erros em trocas de formato (devido à normalização e simplificação das atividades);
- Aumento da qualidade do produto;
- Aumento da segurança durante a realização das tarefas.

Por fim, perante as vantagens desta metodologia, Shingo (1985) questiona-se quanto à falta de empenho na procura pela melhoria contínua por parte das organizações e responde afirmando que as melhorias relativas aos *setup* são realizadas no chão de fábrica e dependem das capacidades dos trabalhadores. Ora, perante esta dificuldade, quem estuda o *setup* (por exemplo gestores da produção) tende a refugiar-se no conceito tradicional da quantidade económica de lotes. Desta forma, afirma que os engenheiros industriais têm uma responsabilidade acrescida nesta matéria e devem procurar a melhoria contínua.

→ **Gestão visual**

Da mesma forma que “uma imagem vale mil palavras”, as ferramentas de gestão visual são essenciais para adquirir informação importante em pouco tempo. Estas ferramentas, muito utilizadas para expressar o estado atual de um determinado sistema, permitem, numa questão de segundos, tomar decisões baseadas na informação verdadeira disponível em tempo real (Oliveira *et al.*, 2017). Assim, recursos económicos, de tempo e de pessoas são utilizados de melhor forma, diminuindo os desperdícios associados (Tezel *et al.*, 2016).

As ferramentas utilizadas devem permanecer simples e apelativas aos sentidos, através de cores, luzes, sons, entre outros. Quanto mais apelativas forem mais facilmente transmitem a informação pretendida, combatendo uma das principais barreiras na indústria, a partilha de informação ineficaz entre trabalhadores e equipas ao longo da hierarquia organizacional (Tezel *et al.*, 2016).

As ferramentas de gestão visual partilham cinco características (Oliveira *et al.*, 2017; Tezel *et al.*, 2016):

- A informação nas ferramentas é apresentada de forma a criar espaços informativos no local de trabalho aos quais qualquer pessoa tenha acesso livre;
- A necessidade de informação é determinada de forma prévia para que sejam evitados défices de informação;
- A informação apresentada está incorporada em elementos do processo (chão de fábrica, equipamentos, ferramentas, materiais, entre outros) onde seja mais pertinente, entre a interface direta do operador com o elemento do processo respetivo (não dentro de gavetas ou *dossiers*);
- A comunicação é simples e pouco ou nada apoiada em informação verbal ou em texto;
- O seu objetivo é tornar os operadores capazes de gerir o seu trabalho, reduzindo erros e desperdícios.

Algumas das ferramentas de gestão visual são: sinais, rótulos, etiquetas, marcações ou limites; gráficos, fotografias, vídeos, pôsteres ou desenhos; diagrama de Pareto, árvores de decisão, folhas A3 ou centros de *performance*; tabelas; amostras ou protótipos; fichas de acompanhamento de operações padrão; *One point lesson*; VSM; quadros *Heijunka*; ou sistemas *kanban* (cartões, quadros, entre outros) (Tezel *et al.*, 2016).

Quadro Kanban:

Neste estudo foram utilizados os quadros *kanban* – o sentido mais primitivo do próprio sistema *kanban*. São uma ferramenta eficaz no controlo da produção de qualquer tipo de indústria. Os três objetivos principais desta ferramenta são: a materialização do fluxo de informação; a visualização do fluxo de trabalho; e a limitação do WIP (*Work In Process*). Conseguindo atingir estas três metas, o quadro *kanban* permite controlar o fluxo de trabalho, melhorando e acelerando a sua coordenação (Powell, 2018).

Este quadro é muito utilizado em reuniões diárias de planeamento (normalmente inferior a 15 minutos), onde todos os membros da equipa se juntam à sua volta para discutir (Powell, 2018):

- O trabalho completado no dia anterior;

- As encomendas recebidas;
- O trabalho a fazer no próprio dia;
- Alguns problemas ou situações que precisem de ser abordados.

Esta prática encoraja e facilita a colaboração entre membros da equipa e a resolução de problemas em equipa, aumentando a produtividade do sistema (Ohno & Bodek, 1988).

Na figura 2.4 apresenta-se um quadro *kanban* exemplo.

Backlog	To-do (4)	Doing (2)	Done
I J	E	C	A
K L	F	D	B
M N	G		
O P	H		

Figura 2.4: Quadro *kanban* (Powell, 2018).

→ *Gemba walk*

A palavra “*gemba*” pode ter vários significados, como “o lugar real” e “vai e vê por ti próprio”. Na prática, refere-se a qualquer lugar numa organização onde é criado valor (Imai, 1997). É o local onde a mudança deve acontecer e onde é recolhida a maioria da informação necessária. Na indústria, este termo remete maioritariamente para o chão de fábrica onde o verdadeiro trabalho acontece (Womack & Shook, 2011).

O conceito “*gemba walk*” foi desenvolvido por Taiichi Ohno e significa observar algo sem preconceitos e com uma mente em branco, limpa (Alnajem, 2020). Durante estas caminhadas devemos perguntar-nos repetidamente “porquê?” para entender os processos e os problemas a acontecer, segundo Ohno & Bodek (1988), geralmente basta repetir a pergunta 5 vezes. Resumidamente, o seu objetivo é visitar o chão de fábrica, ver o que realmente lá está a acontecer, conversar com diferentes trabalhadores para depois terminar a caminhada com novas ideias de melhoria em mente (Aij *et al.*, 2015).

Estas caminhadas devem ser realizadas de forma calma e ponderada, mostrando interesse nas tarefas que os trabalhadores estão a executar, com o intuito de as entender e não de os avaliar ou corrigir. Assim, a prática *gemba walk* ajuda a melhorar a comunicação dentro de uma organização, conectando vários níveis da sua hierarquia (Aij *et al.*, 2015). Facilita a comunicação entre líderes e gestores com os trabalhadores do chão de fábrica, quebrando barreiras sociais. Assim, existe uma partilha de informação mais fluída e é criado um ambiente propício à melhoria contínua (Womack & Shook, 2011).

Para ser bem-sucedido na *gemba walk* existem quatro etapas a cumprir (Imai, 1997; Womack & Shook, 2011):

- 1) **Determinar o propósito:** deve ser definido sempre um objetivo para cada caminhada, como que operação observar e porquê, o que se pretende entender ou descobrir, entre outros;

- 2) **Conhecer o *gemba*:** para se cumprir o propósito definido é importante já estar familiarizado com os trabalhadores e as operações a observar, caso contrário, torna-se difícil entender algo a pormenor e reparar em detalhes importantes;
- 3) **Observar processos:** depois de conhecer o *gemba*, as suas atividades e trabalhadores, chega a altura de observar os processos dando foco aos mais relevantes, mas sem negligenciar o propósito e as pessoas envolvidas; estes três estão ligados na medida em que resolver um problema (ou satisfazer um propósito) é sempre realizado através das suas pessoas e dos seus processos;
- 4) **Melhorar:** a observação do *gemba* serve para encontrar oportunidades de melhoria, depois estas devem ser analisadas, triadas, elaboradas e implementadas; pode ser feito um plano das alterações necessárias com a respetiva informação, como onde, quem, quando e como.

Após serem implementadas as melhorias a prática da *gemba walk* não acaba, em vez disso recomeça. Volta-se a definir um propósito, por exemplo avaliar as melhorias implementadas e retomam-se as caminhadas (Liker, 2004). Pode assim afirmar-se que a *gemba walk* é um ciclo (figura 2.5).

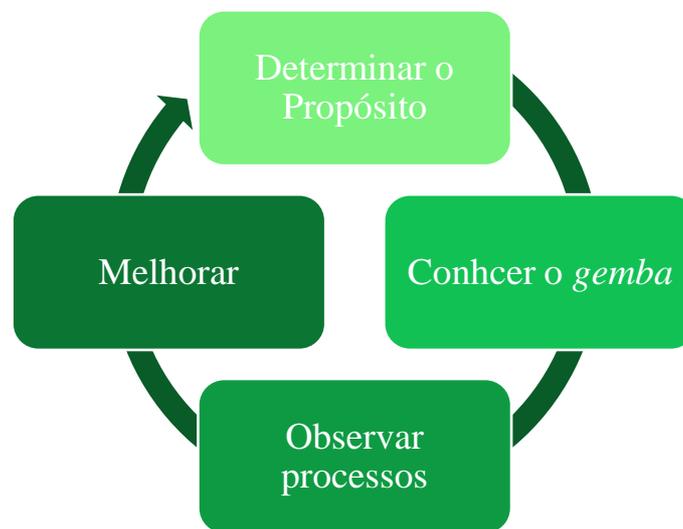


Figura 2.5: Ciclo de implementação da *gemba walk*.

2.1.5 LAYOUT INDUSTRIAL NUM AMBIENTE LEAN

Um bom *layout* de uma instalação é definido como equipamentos, postos de trabalho, ferramentas, entre outros, dispostos no chão de fábrica de forma eficiente, para que movimentações de material, tempos e acidentes de trabalho possam ser minimizados (Kumar & Singh, 2019). A execução de um *layout* eficiente permite diminuir o custo de fabrico de 10% a 30% e o custo de movimentação de material de 15% a 40%. Desta forma, o planeamento da disposição das instalações ajuda qualquer organização a aumentar a sua competitividade (Tompkins, 2010).

Atualmente existem vários tipos de *layout*, sendo os mais comuns o *layout* por produto, por processo, por célula e o posicional. Qualquer se seja o tipo de *layout*, todos eles têm o objetivo de melhorar as condições de trabalho e diminuir desperdícios (como tempo e movimentação), contribuindo positivamente para os resultados da organização (D'Antonio *et al.*, 2018). Cada empresa deve escolher o *layout* que melhor se adequa ao seu tipo de fabrico e dia-a-dia vivido no chão de fábrica (Gayam *et al.*, 2020).

Na figura 2.6 encontra-se a classificação dos tipos de *layout* mais comuns, aplicados nas indústrias consoante a variedade e quantidade de produtos fabricados pelas mesmas. Por exemplo, o *layout* por processo é mais benéfico para indústrias com uma grande variedade de artigos, contrariamente ao *layout* por produto. Já o *layout* posicional possui a classificação “baixa” tanto na variedade como no volume, uma vez que, destina-se a indústrias com uma produção muito própria, como a indústria aeronáutica, naval ou de construção, onde os produtos são encomendados em pequenas quantidades e com pouco espaço para modificações (Tompkins, 2010).

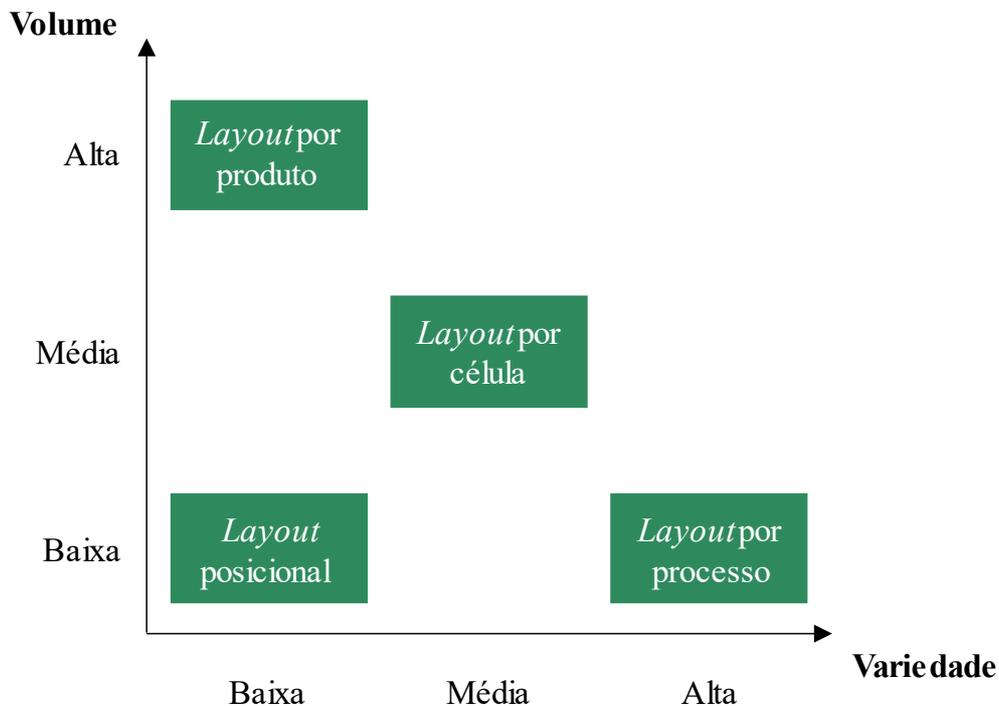


Figura 2.6: Classificação dos tipos de *layout* por variedade e volume de artigos.
(adaptado de Tompkins, 2010)

De forma geral, a escolha do tipo de *layout* adequado traz os seguintes benefícios para qualquer organização (Tompkins, 2010):

- Eliminação de movimentações desnecessárias;
- Redução de custos de movimentação de materiais;
- Utilização mais eficiente do espaço;
- Utilização mais eficiente dos recursos humanos;
- Redução do *lead time* dos artigos;
- Aumento da transparência e visibilidade do processo produtivo;
- Integração de normas de segurança;
- Diminuição de erros, acidentes e defeitos no produto;
- Aumento da qualidade do produto;
- Aumento da flexibilidade do sistema produtivo;
- Aumento da eficiência e eficácia da organização.

Para elaborar um *layout* com sucesso podem ser seguidos os passos apresentados na figura 2.7.

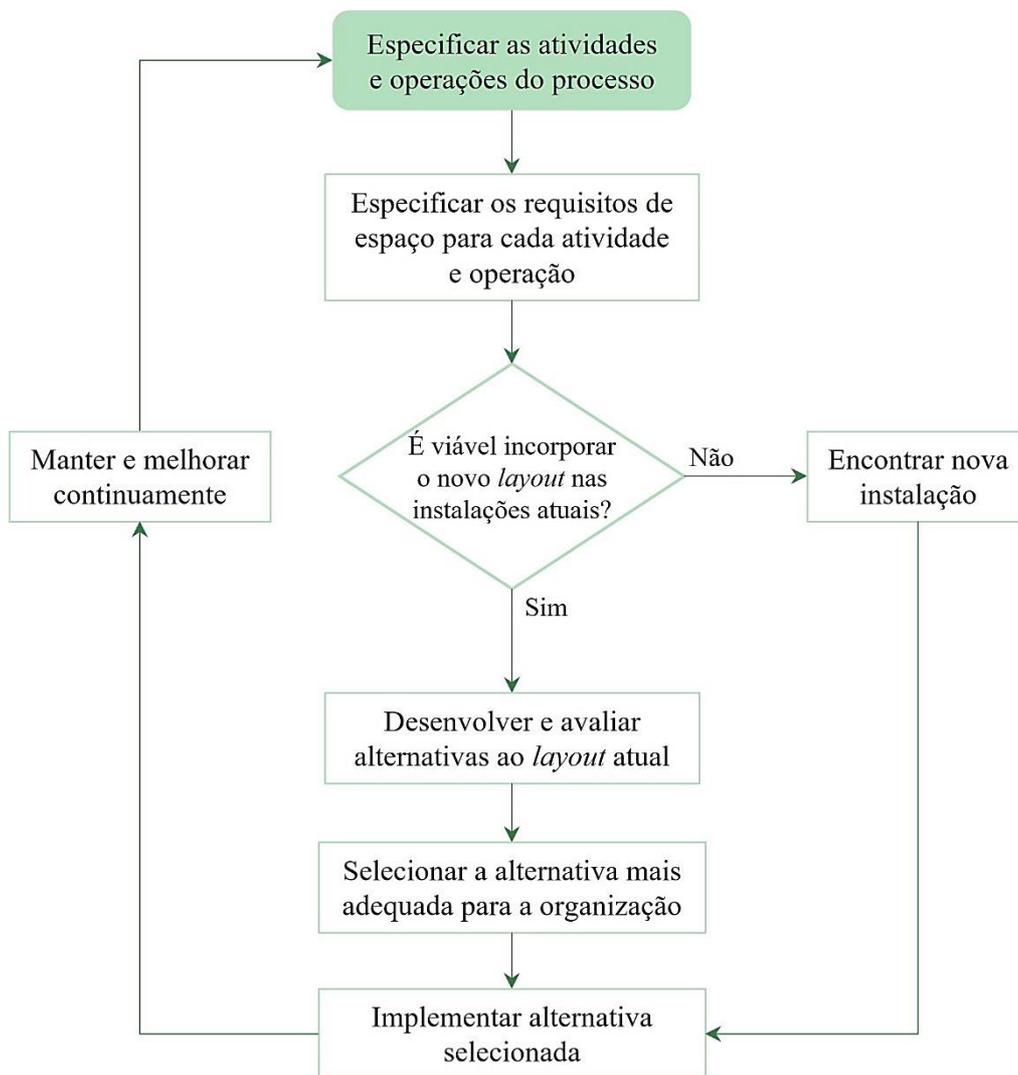


Figura 2.7: Ciclo de melhoria contínua do planeamento do *layout* das instalações. (adaptado de Tompkins, 2010)

Os cinco tipos de *layout* mais comuns estão apresentados de seguida.

→ **Layout por Processo (ou funcional)**

Como o nome indica, este tipo de disposição consiste em agrupar os postos de trabalho (equipamentos, postos de montagem, entre outros) pelo seu processo, isto é, tipo de operação ou função que executam. Após serem formados os grupos, estes são dispostos na planta consoante o fluxo de materiais entre eles, ou seja, de acordo com a sequência de produção. Assim sendo, este tipo de *layout* caracteriza-se por possuir um elevado fluxo de materiais entre agrupamentos e reduzido dentro de cada grupo de processos (Tompkins, 2010).

O *layout* por processo permite que as encomendas sejam produzidas da forma mais conveniente para a fábrica e para o cliente, pois, os produtos vão percorrendo o chão de fábrica de acordo com a disponibilidade dos postos de trabalho chegando ao destino final mais rapidamente. Desta forma, contribui para a maximização da utilização dos postos de trabalho (D'Antonio *et al.*, 2018).

Esta forma de organização permite que sejam manufaturados artigos muito diversificados, divididos por lotes, que vão passando pelos postos e operações de acordo com as suas necessidades e requisitos, contribuindo para o aumento da flexibilidade da produção (D'Antonio *et al.*, 2018).

A maior vantagem deste tipo de *layout* é utilização mais eficiente e eficaz dos recursos disponíveis através da diminuição das perdas associadas – que constituem desperdícios – como tempo, material e recursos humanos (Gayam *et al.*, 2020). Outras vantagens consistem: na diversificação das tarefas dos operadores; na utilização de equipamentos com propósitos mais abrangentes; e na elevada flexibilidade de alocação de pessoal e de postos de trabalho (Tompkins, 2010).

Contudo, possui as seguintes desvantagens: elevada movimentação de material; menor visibilidade e transparência do processo, que dificulta o seu controlo; maiores níveis de WIP; linhas de produção mais extensas e não lineares; são necessários trabalhadores mais polivalentes para serem capazes de executar uma maior variedade de tarefas (Tompkins, 2010).

Na figura 2.8 encontra-se um exemplar do *layout* por processo, neste podem-se observar quatro grupos de operações entre a armazenagem de MP e PA.

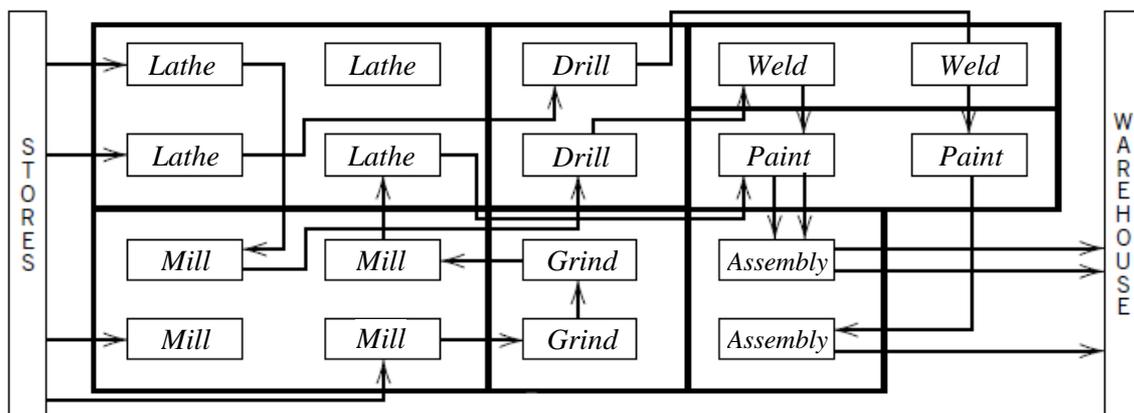


Figura 2.8: Exemplo de *layout* por processo (Tompkins, 2010).

→ **Layout por Produto (ou linear)**

O *layout* por produto caracteriza-se por organizar os postos de trabalho sequencialmente formando linhas de produção. Cada linha é responsável por produzir um tipo de artigo, possuindo apenas os postos e operações necessárias para o efeito (Tompkins, 2010).

Este tipo de *layout* é geralmente utilizado por indústrias que produzam artigos em variedade reduzida e grande volume. Tem como objetivo reduzir as distâncias percorridas pelos materiais e pelas unidades fabricadas, pois os artigos fluem diretamente de uma estação para a adjacente (D'Antonio *et al.*, 2018). É característico da produção em massa (Tompkins, 2010).

Normalmente, cada operador fica encarregue de um posto de trabalho e o seu esforço contribui para a continuidade e fluidez da linha, ficando especializado nas tarefas que lhe estão confiadas (Gayam *et al.*, 2020).

Esta forma de disposição tem várias vantagens associadas, tais como: elevada simplicidade, transparência e visibilidade da linha e do processo produtivo; menor quantidade de *stock* intermédio; tempo de ciclo reduzido; pouca movimentação de material; os operadores não necessitam de elevadas capacidades; e podem ser utilizados equipamentos menos multifacetados (Tompkins, 2010).

No entanto, possui também alguns inconvenientes, por exemplo: se um posto da linha pára, todos são obrigados a parar; caso seja necessário alterar o produto (características e, conseqüentemente, operações de fabrico necessárias) o *layout* torna-se obsoleto; e o posto com menor cadência de produção é o que define a velocidade da linha (Tompkins, 2010).

Observando a figura 2.9 encontra-se um *layout* por produto exemplo com quatro linhas produtivas que executam operações distintas.

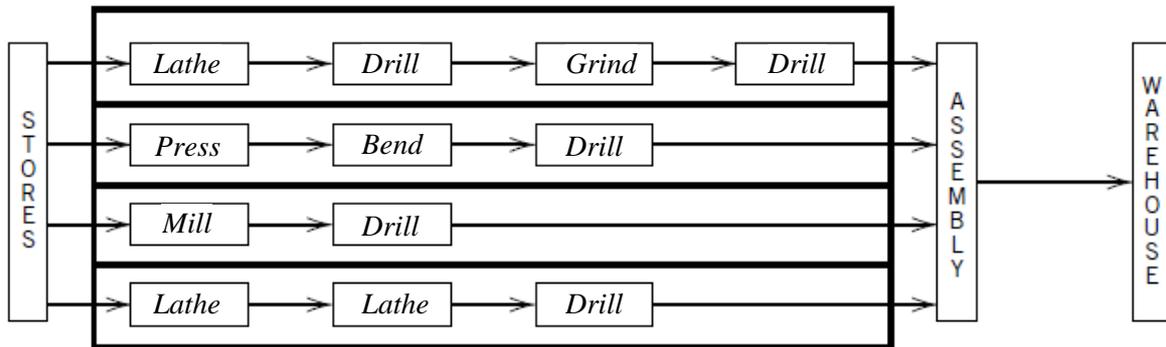


Figura 2.9: Exemplo de um *layout* por produto (Tompkins, 2010).

→ *Layout* por Célula

Este *layout* consiste em agrupar peças e componentes para formar famílias de artigos com seqüências de fabrico, formatos e/ou composição material semelhantes (Tompkins, 2010). Seguidamente, os postos de trabalho são agregados por família de artigos, ficando cada grupo encarregue do fabrico de uma família (D’Antonio *et al.*, 2018). O *layout* celular ficou conhecido no final de século XX e é frequentemente associado com JIT, TQM e *Lean* (Tompkins, 2010).

O seu fluxo de materiais e produtos é caracterizado como elevado dentro da célula e reduzido externamente, ou seja, o produto é praticamente todo fabricado dentro da célula e só se move para fora da mesma se necessitar de alguma operação que não seja lá executada ou se já estiver terminado (Tompkins, 2010).

As principais vantagens deste tipo de *layout* são: maior taxa de ocupação dos postos de trabalho; fluxo de material mais linear; distâncias percorridas inferiores; e criação de um ambiente de trabalho em equipa e aumento da motivação dos trabalhadores (Tompkins, 2010).

Por sua vez, tem associadas as seguintes desvantagens: são necessários operadores mais qualificados para operar diferentes equipamentos; está dependente do balanceamento da produção de todas as células; se não for feito o balanceamento, são necessárias elevadas quantidades de WIP para evitar paragens e deslocações para ir buscar material necessário (Tompkins, 2010).

Na figura 2.10 encontra-se um exemplo de uma planta industrial disposta por células de trabalho, neste caso, existem quatro células cuja produção segue diretamente para o armazém.

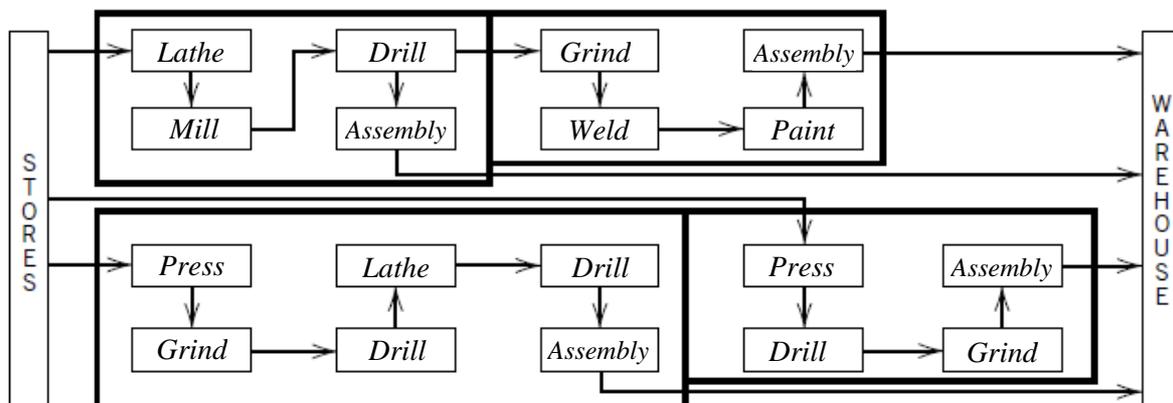


Figura 2.10: Exemplo e um *layout* por célula (Tompkins, 2010).

→ **Layout Posicional (ou fixo)**

Neste tipo de *layout* o artigo a fabricar não se move, a sua localização é fixa no chão de fábrica, enquanto os equipamentos, materiais e pessoas necessários se movimentam à sua volta para realizar as operações necessárias (D'Antonio *et al.*, 2018). Desta forma, envolve o estudo do sequenciamento e do posicionamento das estações de trabalho em torno do produto e dos materiais (Tompkins, 2010).

Apesar deste tipo de disposição estar muito associado a produtos de grandes dimensões e elevado peso – por serem de difícil movimentação – é certo que a sua utilização não se limita aos mesmos. Exemplo disso é o fabrico de computadores, pois as operações envolvidas como a montagem e a testagem são feitas num único local, onde são levados todos os materiais, ferramentas e componentes necessários (Tompkins, 2010).

Esta forma de disposição oferece as seguintes mais valias: reduzida movimentação de materiais; quando utilizada uma abordagem em equipa, continuidade e fluidez de operações é o resultado; diversificação das tarefas e aumento da motivação dos operadores; e é completamente flexível, facilmente acomoda alterações no produto, processo de fabrico e quantidade desejada (Tompkins, 2010).

No entanto, acarreta as seguintes desvantagens: elevada movimentação de pessoal e equipamentos; requer trabalhadores com elevada qualificação; necessita de instalações de grandes dimensões; e requer elevado controlo e coordenação do planeamento da produção (Tompkins, 2010).

Na figura 2.11 observa-se um exemplo da produção posicional onde são executadas seis operações diferentes.

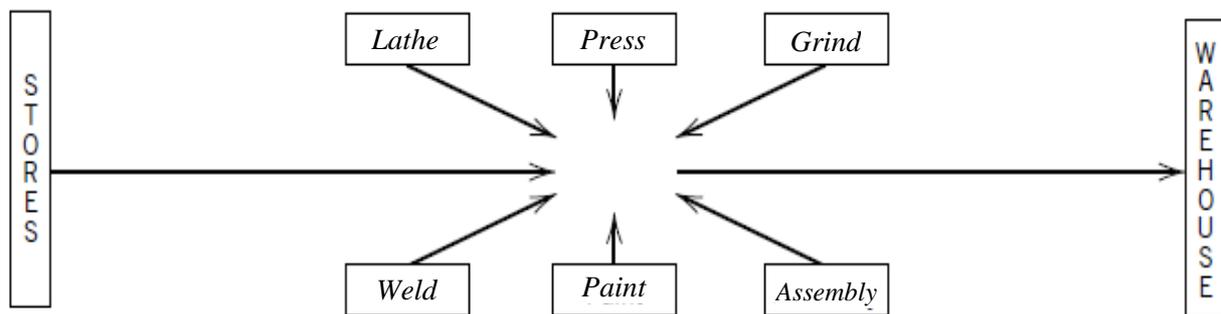


Figura 2.11: Exemplo de um *layout* fixo (Tompkins, 2010).

→ **Layout Combinado**

Este tipo de *layout* resulta da combinação de dois tipos de disposição: o *layout* por produto e o *layout* por processo. A utilização do *layout* combinado vai permitir somar os benefícios dos dois tipos de *layout*, atingindo um compromisso entre os objetivos de cada um deles (D'Antonio *et al.*, 2018).

Esta junção de *layouts* é útil em indústrias que possuam processos de produção mais complexos, por exemplo, com uma grande variedade de operações e de produtos (Gayam *et al.*, 2020).

Este tipo de *layout* pode ser considerado o mais vantajoso, uma vez que, reduz o fator risco presente nos outros dois tipos de *layout*, como a falta de dinamização das capacidades dos operadores presente no *layout* por produto e a falta de informação associada à produção de lotes de produtos diferentes (Gayam *et al.*, 2020).

2.1.6 LEAN NUM AMBIENTE ENGINEER-TO-ORDER

Nesta secção começa-se por apresentar a estrutura *Engineer-to-order*, a sua definição e características e, depois, o papel do *Lean* neste contexto fabril e os passos a tomar para a sua implementação.

→ Estrutura *Engineer-to-order*

A estrutura *Engineer-to-order* insere-se num conjunto de nomenclaturas utilizadas para classificar o funcionamento de diferentes cadeias de abastecimento. Entre as mais comuns: *Ship-To-Stock* (STS), *Make-To-Stock*, *Make-To-Order*, *Assemble-To-Order*, *Buy-To-Order* (BTO) (Gosling & Naim, 2009).

De forma geral, o que as diferencia é em que fase da CA está localizado o “*Customer Order Decoupling Point*” (CODP) – ou ponto de dissociação. Este ponto separa a parte da cadeia que interage diretamente com o cliente (caracterizada como um sistema *Pull*) da parte que utiliza previsões da procura para efetuar o planeamento da produção (caracterizada como um sistema *Push*) (Gosling & Naim, 2009). O ponto de dissociação representa a localização na CA onde o produto que está a ser fabricado está diretamente ligado ao cliente final. Por esta lógica, diferentes ambientes produtivos (como ETO, MTS, ATO e MTO) possuem CODP em diferentes posições (Uusitalo & Lidelöw, 2015).

Na cadeia de abastecimento ETO o ponto de dissociação localiza-se geralmente na fase de *design*. A estratégia produtiva deste tipo de indústrias aposta na capacidade de customização do produto, assim, ao colocar uma encomenda cada cliente lida diretamente com os departamentos de engenharia e *design* para especificar os requisitos do artigo desejado. Estes ambientes industriais estão, desta forma, associados a projetos extensos e complexos, acabando por fabricar uma grande variedade de produtos (Uusitalo & Lidelöw, 2015).

Já as restantes estratégias por não priorizarem a customização vão possuir um CODP localizado mais à frente na cadeia. Na figura 2.12 podem-se observar as diferentes posições do ponto de dissociação consoante a estratégia adotada.

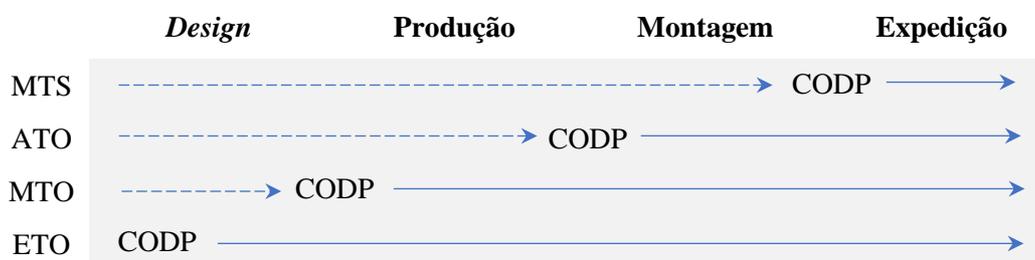


Figura 2.12: Localização do CODP nas várias estratégias das CA (adaptado de Uusitalo & Lidelöw, 2015).

Na cadeia de abastecimento MTO, o ponto de dissociação localiza-se entre a fase de *design* e a produção, pois a encomenda do cliente entra no sistema antes da produção começar. Já no ATO, o pedido do cliente entra antes da fase de montagem para que esta operação possa funcionar como um sistema *pull*. Por fim, no MTS, o CODP localiza-se antes da expedição, pois a produção é para *stock* e o cliente só compra o que já estiver produzido (Gosling & Naim, 2009).

Analisando estas estratégias encontra-se a segunda maior diferença entre as mesmas, a previsão de vendas. Enquanto numa indústria do tipo ETO é praticamente impossível prever e elaborar previsões da procura precisas e detalhadas, pois os produtos customizados são únicos e raramente surgem pedidos repetidos, as restantes estratégias utilizam técnicas de previsão da procura para planear e adaptar a sua produção em função das encomendas que esperam receber (Uusitalo & Lidelöw, 2015).

Não conseguindo planejar e coordenar atempadamente a produção com os restantes departamentos, as indústrias ETO têm de ter a capacidade de controlar e acompanhar cada encomenda recebida. Caso contrário, será necessário um maior esforço por parte do planeamento, existirá uma maior necessidade de revisões e retrabalho dos produtos – criando desperdício de tempo e aumentando os custos associados –, o cumprimento de prazos será mais difícil, serão necessárias alterações de última hora que consomem mais recursos disponíveis e os planos de produção criados são pouco precisos (Uusitalo & Lidelöw, 2015).

Mesmo após a confirmação do pedido e tendo a produção controlada, surgem desafios ao longo do processo relacionados com o *design* do produto, pois, o cliente pode solicitar que sejam utilizados fornecedores específicos e, por vezes, surgem alterações no *design* do produto já quando o processo está numa fase mais avançada (sendo, portanto, de difícil alteração), atrasando todo o planeamento (Strandhagen *et al.*, 2018; Uusitalo & Lidelöw, 2015).

Na figura 2.13 podem-se observar, de forma geral, as diferentes etapas que constituem o processo de uma indústria ETO.



Figura 2.13: Fases do processo de uma indústria do tipo ETO.

Como a interação com o cliente começa logo na fase inicial, o *lead time* dos produtos vai ser muito semelhante ou mesmo igual ao seu tempo de produção, evidenciando a importância da participação do mesmo, contrariamente, por exemplo, à estratégia MTS (Gosling & Naim, 2009).

Outra diferença entre a estrutura ETO e as restantes é o tipo de produção. As cadeias MTO, ATO e MTS possuem uma manufatura de volume elevado, geralmente focada na produção em massa de produtos padronizados, com elevados níveis de automação e de atividades rotineiras e repetitivas criando um fluxo de produtos linear e constante (Gosling & Naim, 2009). Em oposição, estratégias ETO focam-se na produção de pequenos volumes, mas elevada variedade de produtos (chamada também de produção *High-Mix, Low-Volume*), com o objetivo de adicionar valor para o cliente, no entanto, possuem fluxos de material desordenados variáveis (Uusitalo & Lidelöw, 2015).

Resumindo, as principais características dos ambientes de produção ETO são (Gosling & Naim, 2009):

- Elevados níveis de customização;
- Integração do cliente logo na fase inicial de todo o processo;
- Produção de elevada variedade e reduzido volume de artigos;
- Elevada flexibilidade de produção;
- Trabalhadores dinâmicos e multifacetados;
- Elevados níveis de incerteza na fase de *design* dos produtos;
- Elevados níveis de incerteza relativamente aos processos e operações necessários;
- Elevados níveis de incerteza da procura, nomeadamente do tipo de artigo e quantidade desejada;
- Fluxos de material e informação não lineares e desordenados;
- Elevado *lead time* dos produtos.

Para combater todos estes obstáculos, indústrias *Engineer-to-order* recorrem muitas vezes à subcontratação para operações onde são menos qualificadas e tentam melhorar os seus restantes recursos

(aumentando a sua produtividade e qualidade, por exemplo). Com o tempo, estes ambientes desenvolvem-se tornando-se sistemas altamente flexíveis com equipas qualificadas e multifacetadas (Uusitalo & Lidelöw, 2015).

Para controlar a produção, as estratégias adotadas devem ter em conta a posição do CODP, na medida em que é fundamental perceber como funcionam a procura e a produção a jusante e a montante do mesmo (Barbosa & Azevedo, 2019).

Outras estratégias que ambientes ETO podem adotar para melhorar o seu desempenho são (Gosling & Naim, 2009):

- 1) **Alterar a estrutura da CA:** consiste em alterar a estrutura da cadeia de abastecimento ETO em direção às estratégias menos assentes na customização, com o objetivo de diminuir a variabilidade associada aos artigos fabricado, através da modularização (produção por módulos), isto é, o produto final é decomposto em vários conjuntos de componentes independentes, sendo possível recorrer à subcontratação de diferentes organizações especializadas na produção de cada um, permitindo simplificar o processo produtivo;
- 2) **Integração da CA:** significa que todas as entidades de uma cadeia possuem sistemas de informação conectados que comunicam entre si trocando informação de forma rápida e sem perturbações; um exemplo da aplicação desta estratégia é o estabelecimento de relações de proximidade com os fornecedores, facilitando o controlo e acompanhamento da sua produção;
- 3) **Gestão da informação:** informação avançada sobre a procura, mesmo que incompleta e imperfeita, ajuda a reduzir a incerteza; devem ser utilizados sistemas adequados ao tipo de produção de um ambiente ETO, em oposição ao sistema MRP muito utilizado;
- 4) **Flexibilidade de produção:** crucial na estratégia ETO pois permite lidar com a incerteza da procura; destaca-se a flexibilidade do produto, de produção, de mão-de-obra e de fornecedores;
- 5) **Redução do tempo de projeto:** a redução do tempo da fase de projeto dos produtos permite reduzir o tempo total de entrega e os custos associados;
- 6) **Melhoria do processo de desenvolvimento de novos produtos:** indústrias ETO podem cumprir os seus objetivos de forma mais eficiente se conseguirem simplificar a fase de *design*, diminuir o retrabalho e melhorar a troca de informação entre as fases de *design* e produção, evitando erros.

Apesar das estratégias mencionadas contribuírem para o aumento da performance de indústrias ETO, ainda existe grande potencial quanto à redução do desperdício e melhoria de todos os processos envolvidos desde a criação à expedição de um produto. O *Lean* é um exemplo de uma filosofia de trabalho que em muitas indústrias ETO pode ser a resposta aos seus problemas (Strandhagen *et al.*, 2018).

→ *Lean num ambiente Engineer-to-order*

Devido à constante diminuição do tempo de vida dos produtos e do aumento da sua variedade, as indústrias de transformação enfrentam cada vez mais desafios ligados à satisfação da procura dos seus clientes. Esta evolução das suas necessidades obriga a que os sistemas de produção adotem estratégias para fortalecer a sua competitividade, como o *Lean*, de modo que se consigam adaptar o mais rápido possível às flutuações do mercado (Metternich *et al.*, 2013).

Contudo, um sistema altamente flexível capaz de responder a todas as necessidades acarreta custos mais elevados. Deste modo, o sistema em questão não deve ser mais flexível que o necessário, apenas o suficiente para manter o nível de satisfação dos clientes desejado (Metternich *et al.*, 2013).

Segundo Toni & Tonchia (1998), a flexibilidade de um sistema pode ser definida como a sua capacidade de mudar rapidamente e com pequena penalização no tempo, esforço, custos e performance de um estado para outro, de forma a responder à alteração das necessidades.

De todos os tipos de flexibilidade existentes (de equipamentos, movimentação de material, operações, variedade de produtos, transporte, quantidade fabricada, *layout*, planeamento e da produção), Metternich *et al.* (2013) afirmam que os mais importantes são relativos à variedade e quantidade de artigos fabricados. Assim sendo, estes são os tipos de flexibilidade a melhorar num ambiente ETO.

A implementação do *Lean* em ambientes *low-mix, high-volume* (produção em massa de artigos padronizados), já muito comprovada, traz muitos benefícios. No entanto, a sua aplicação em ambientes *high-mix, low-volume*, apesar de ainda não ter sido estudada na mesma escala que a anterior, é também uma mais-valia para as organizações (Powell *et al.*, 2014).

De forma geral, a maioria das estratégias aplicadas num ambiente ETO têm tido como principais objetivos reduzir o desperdício e o *lead time* dos artigos, focando-se apenas na melhoria dos processos de manufatura. No entanto, Strandhagen *et al.* (2018) afirmam que o *Lean* deve ser implementado ao longo de todos os processos e etapas, desde as vendas à expedição dos produtos.

Powell *et al.* (2014) analisaram a evolução da aplicação dos princípios *Lean* ao longo de diversas áreas, propuseram um novo conjunto de princípios para atingir o ideal *Lean* num ambiente *Engineer-to-order* e validaram-no através da sua aplicação em vários casos de estudo. O resultado obtido sugere que estes novos princípios podem ser utilizados em ambientes de grande variedade e pequena quantidade, com o objetivo de satisfazer exatamente as necessidades dos seus clientes (internos e externos) permitindo-os atingir os seus próprios objetivos com mínimo desperdício.

Os princípios fundamentais definidos foram (Powell *et al.*, 2014):

- 1) **Definir o valor dos Stakeholders:** contrariamente à abordagem mais utilizada cujo foco é apenas o cliente final, este princípio pretende valorizar todas as partes envolvidas no processo (como, clientes internos, fornecedores, trabalhadores, governo, entre outros) sem as quais a organização não funcionaria;
- 2) **Liderança, pessoas e aprendizagem:** importante para aplicar as ferramentas *Lean* com sucesso, pode-se resumir no envolvimento de todos no processo de melhoria, dando sempre o exemplo de como fazer e em caso de erro tomar responsabilidade, aprendendo com o sucedido;
- 3) **Flexibilidade:** capacidade que um sistema tem em se adaptar a novas situações;
- 4) **Modularização:** agregação da produção por módulos de componentes;
- 5) **Fluxo contínuo de processo:** criação de um fluxo linear entre operações;
- 6) **Sistema Pull:** toda a produção é impulsionada pela colocação de encomendas de clientes;
- 7) **Integração de sistemas e Stakeholders:** consiste na implementação de sistemas de informação ligados entre si em todas as entidades envolvidas no processo que permitam visualizar a tempo real a situação de cada uma a qualquer instante; permite melhor troca de informação, contribuindo para a fluidez do processo produtivo;
- 8) **Transparência:** necessária para que o princípio 7 seja implementado com sucesso, nomeadamente a partilha de indicadores da performance de cada entidade;
- 9) **Tecnologia:** importante em indústrias focadas na customização, pois as suas fases de *design*, engenharia e produção requerem equipamentos tecnológicos avançados que lhes permitam efetuar as alterações necessárias com o mínimo esforço e perturbação possíveis;
- 10) **Melhoria Contínua:** procurar continuamente melhorar processos, perseguindo a perfeição.

Strandhagen *et al.* (2018) através de um caso de estudo numa indústria de equipamentos eletrónicos determinaram que as maiores fontes de desperdício que afetam negativamente o tempo de entrega dos produtos encontram-se nos processos de vendas, de *design* e de planeamento – todos processos não físicos (onde não ocorre transformação de material). Seguindo os princípios adaptados para este tipo de ambiente industrial, concluíram que é possível identificar e reduzir significativamente o desperdício ao longo de todo o processo, contribuindo para a redução do *lead time* dos produtos.

Cannas *et al.* (2018) estudaram a aplicação de metodologias e ferramentas da filosofia *Lean* numa indústria de equipamentos elétricos com o objetivo de diminuir a incerteza da procura e, conseqüentemente, melhorar o planeamento das atividades para entregar as encomendas sem atrasos. Focando-se nas fases de planeamento e controlo do *design* e da produção, chegaram à conclusão que a utilização de ferramentas como reuniões diárias matinais e técnicas de gestão visual ajudam a identificar e mitigar problemas quando estes ocorrem, adotando uma postura ativa e flexível perante a flutuação das necessidades. Os resultados obtidos mostram que ferramentas *Lean* num ambiente ETO permitem aumentar a eficácia e eficiência dos processos e melhorar a utilização dos recursos disponíveis.

Abu *et al.* (2019) efetuaram uma revisão bibliográfica sobre os motivos, desafios e aplicações da filosofia *Lean* em várias indústrias de produção de móveis de madeira onde concluíram que: os principais objetivos das organizações são aumentar a eficiência, a utilização e organização do espaço; existem organizações que não implementam *Lean* porque não percebem como o lucro aumenta com as práticas do mesmo; uma das principais barreiras na implementação desta filosofia em organizações sem conhecimentos de melhoria contínua é a resistência à mudança por parte dos trabalhadores; falta de capacidades, formação e treino leva à má aplicação das práticas do *Lean*; mesmo com poucos recursos disponíveis, estas organizações têm o potencial para implementar *Lean* nos seus processos com sucesso, sendo necessário apenas que estas se concentrem e se empenhem nos projetos.

2.2 OUTRAS FERRAMENTAS DE APOIO

Este subcapítulo apresenta outras ferramentas utilizadas no decorrer do estudo que serviram de apoio à análise da implementação das melhorias propostas.

→ Matriz de Competências

Cada vez mais são utilizadas ferramentas, modelos e metodologias de controlo e gestão da performance de uma organização. Contudo, a utilização destes sistemas de medição de performance (PMM – *Performance Measurement Systems*) é bastante reduzida quando comparada com a utilização dos tradicionais KPI's (*Key Performance Indicator*). Duas razões bastante disseminadas na literatura são a má comunicação e a dificuldade de compreensão dos PMM's por toda a organização (Shah *et al.*, 2018). Para combater este problema surgem técnicas visuais, como a matriz de competências (ou capacidades).

Esta matriz apresenta de forma visual a capacidade que determinado indivíduo possui em realizar determinada tarefa, dessa forma, terá duas entradas (colunas e linhas): os indivíduos e as tarefas. Pode ser utilizada em qualquer área, desde a indústria à saúde (Khalil *et al.*, 2019).

A elaboração desta matriz define-se em quatro fases (Khalil *et al.*, 2019):

- 1) **Consultar os Stakeholders:** consiste em consultar as partes interessadas (gestores, líderes, chefes de equipa, entre outros) para definir os objetivos do projeto, ou seja, o que se pretende obter com a utilização desta matriz;
- 2) **Colaborar com os Stakeholders:** recolha da informação necessária a partir da fonte mais rica – quem detém o maior conhecimento – por exemplo, na área da produção de uma indústria, para classificar as capacidades dos trabalhadores seria imperativo consultar os chefes de equipa e

gestores da produção que conhecem os trabalhadores em causa e a sua experiência; esta informação é depois inserida na matriz;

- 3) **Consolidação do projeto:** esta fase consiste em analisar a informação da matriz e identificar lacunas (células da matriz com valor baixo ou nulo), que representam pessoas com pouca ou nenhuma capacidade de realizar determinada tarefa – são as oportunidades de melhoria –; de seguida, são definidas metas e a forma de as atingir (por exemplo, formação);
- 4) **Implementação:** implementar as soluções propostas na fase 3 e avaliar os resultados obtidos.

A informação oferecida pela matriz (tabela 2.4) vai permitir abordar os problemas da organização da forma que lhe for mais conveniente, por exemplo, dando prioridade a determinada tarefa por ser mais importante para o processo ou porque existem poucos trabalhadores com experiência suficiente para a executar, o que poderá vir a limitar a produção (Nelson & Joshi, 1995).

Tabela 2.4: Exemplo de uma matriz de capacidades preenchida.

		Operadores		
		1	2	3
Tarefas	1	0	4	2
	2	3	1	0
	3	1	1	2

Legenda:

4	Operador experiente e autónomo. Pode dar formação.	1	Operador em fase de aprendizagem, pouco competente.
3	Operador muito competente, precisa de apoio ocasionalmente.	0	Operador sem competência, necessita de formação e treino.
2	Operador competente, mas não autónomo.		

A matriz de competências incentiva a diversificação das capacidades dos trabalhadores, o que é benéfico tanto para a organização como para os mesmos, pois diminui a monotonia de um trabalho repetitivo diário e aumenta o seu valor da perspetiva da organização, contribuindo para a sua motivação e satisfação (Nelson & Joshi, 1995).

→ **Matriz Esforço/Impacto**

A matriz Esforço/Impacto é uma ferramenta de priorização. Geralmente é utilizada no contexto da resolução de problemas, após serem identificadas as causas raiz e propostas soluções, sendo útil para determinar a resposta de cada problema mais conveniente para a organização (Antony *et al.*, 2019).

É uma ferramenta que dá resposta à pergunta “Que solução atinge os melhores resultados com o menor esforço?”. A sua construção segue os seguintes quatro passos (Kumar *et al.*, 2009):

- 1) Recolher sugestões dadas para resolver o problema em questão;
- 2) Classificar cada sugestão quanto ao esforço e o impacto provenientes da sua implementação;
- 3) De acordo com as classificações, colocar as soluções no respetivo quadrante da matriz;

4) As soluções no quadrante superior esquerdo são as que se devem implementar primeiro.

Para muitas organizações escolher a solução mais vantajosa continua a ser uma tarefa desafiante, conseqüentemente, são tomadas más decisões no momento da escolha do projeto a desenvolver, culminando na não satisfação dos objetivos traçados à partida – a resolução dos problemas detetados (Kumar *et al.*, 2009). Desta forma, a aplicação da matriz Esforço/Impacto auxilia muito estas organizações, permitindo tomar decisões de forma consciente e bem informada. Torna-se assim uma ferramenta essencial no dia-a-dia de várias equipas e departamentos (Antony *et al.*, 2019).

Na figura 2.14 encontra-se apresentada uma matriz de exemplo.

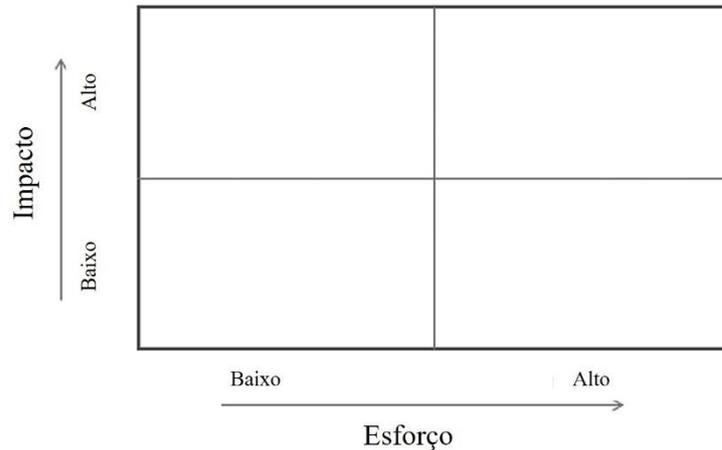


Figura 2.14: Matriz Esforço/Impacto.
(adaptado de Antony *et al.*, 2019)

→ **Matriz GUT**

A matriz GUT é uma ferramenta de priorização de problemas muito utilizada por empresas para auxiliar a tomada de decisão. Através da classificação de cada problema encontrado quanto à sua Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T) permite determinar a ordem pela qual os problemas devem ser abordados. Estas definem-se da seguinte forma (Pereira de Carvalho *et al.*, 2020):

- **Gravidade:** possível dano ou prejuízo que pode decorrer de uma situação; representa o impacto do problema para os envolvidos (quanto mais grave for o problema, maior o valor da gravidade);
- **Urgência:** prazo ou tempo disponível para resolver o problema ou executar a solução (quanto menor for o prazo, maior a urgência do problema);
- **Tendência:** representa o potencial de crescimento do problema, ou seja, a probabilidade de se agravar com o passar do tempo (quanto maior esta probabilidade, maior será o valor da tendência).

Esta ferramenta, muito utilizada juntamente com o diagrama de Ishikawa, a matriz SWOT (*Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats*), o diagrama de Pareto e o ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), é uma ajuda importante no planeamento estratégico, pois permite ao utilizador avaliar quantitativamente os problemas para tomar decisões informadas (Pereira de Carvalho *et al.*, 2020).

A aplicação desta matriz pode-se dividir em três passos (Pereira de Carvalho *et al.*, 2020):

- 1) Recolher problemas identificados;

- 2) Classificar cada problema quanto à sua gravidade, urgência e tendência tendo em conta os valores da tabela 2.5;

Tabela 2.5: Classificação da gravidade, urgência e tendência.

Classificação	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)
5	Extremamente grave	Extremamente urgente	Vai piorar rapidamente
4	Muito grave	Muito urgente	Vai piorar em pouco tempo
3	Grave	Urgente	Vai piorar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Sem urgência	Não piora com o passar do tempo

- 3) Calcular o valor de GUT de cada problema, que define a sua prioridade, através da seguinte equação:

$$GUT = G \times U \times T$$

- 4) Criar um *ranking* de problemas de acordo com o valor de GUT, quanto maior o valor, maior a sua prioridade, menor o valor do *ranking* (o valor de GUT mais alto terá o primeiro lugar no *ranking*).

Resumidamente, a matriz GUT permite alocar os recursos de uma organização estrategicamente onde eles são mais precisos.

→ Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, desenvolvido em 1943, é definido detalhadamente por Kaoru Ishikawa, professor na universidade de Tokyo, no seu livro “*What is Total Quality Control? The Japanese Way*” (Ishikawa, 1985). Este tipo de diagrama mostra a relação existente entre características da qualidade e fatores causais, sendo esta a justificação para o seu outro nome: diagrama causa-efeito (CED – *Cause-and-Effect Diagram*) (Suárez-Barraza & Rodríguez-González, 2019).

As características da qualidade são qualquer tipo de característica que se pretenda melhorar e controlar, por exemplo, a durabilidade de um produto ou a ocorrência de falhas (Rodgers & Oppenheim, 2019). Os fatores causais são a razão para que as características da qualidade variem e precisem de ser controladas, como as matérias-primas ou os métodos de trabalho (Ishikawa, 1986).

O diagrama de Ishikawa faz parte de um conjunto de ferramentas que se conhece como “As sete ferramentas básicas do Controlo da Qualidade”. O seu nome, “Ishikawa”, foi atribuído por Juran no seu livro “*Quality Control Manual*”. É apelidado também de “Diagrama Espinha de Peixe” pela sua semelhança com o esqueleto de um peixe (Suárez-Barraza & Rodríguez-González, 2019).

Esta ferramenta é utilizada com o intuito de identificar a variabilidade das características da qualidade como efeito ou consequência de várias causas. O seu foco principal são as causas raiz e não os efeitos. Permite assim controlar a qualidade de vários processos de uma forma simples, os responsáveis utilizando este diagrama são capazes de identificar as causas dos problemas e de as tratar. Sempre que surge um problema ou se verifica uma não conformidade no produto, é vital registar todas as possíveis razões para a ocorrência da situação (Suárez-Barraza & Rodríguez-González, 2019).

Os fatores mais comuns são os que pertencem ao acrónimo “5M’s”: o Material (matéria-prima, componentes, entre outros); as Máquinas (equipamentos); o Métodos de trabalho; a Mão-de-obra; e as Medições (como inspeções e controlos) (Ishikawa, 1986). Outros autores incluem também o Meio-ambiente e a Gestão. Para determinar as causas raiz deve-se analisar cada fator, questionando o que é

que pode estar a causar o efeito e porquê. Quantas mais perguntas colocarmos mais ramos e níveis do diagrama vamos ter. Depois de ter todas as causas determinadas pode-se contruir o diagrama (Suárez-Barraza & Rodríguez-González, 2019).

A sua construção resume-se nos seguintes passos (Suárez-Barraza & Rodríguez-González, 2019):

- 1) Decidir o efeito que se pretende analisar, melhorar e controlar;
- 2) Determinar os fatores que podem estar a contribuir para o efeito;
- 3) Analisar cada fator, perguntar “porquê?” as vezes necessárias até chegar às causas raiz;
- 4) Colocar toda a informação obtida no diagrama (figura 2.15).

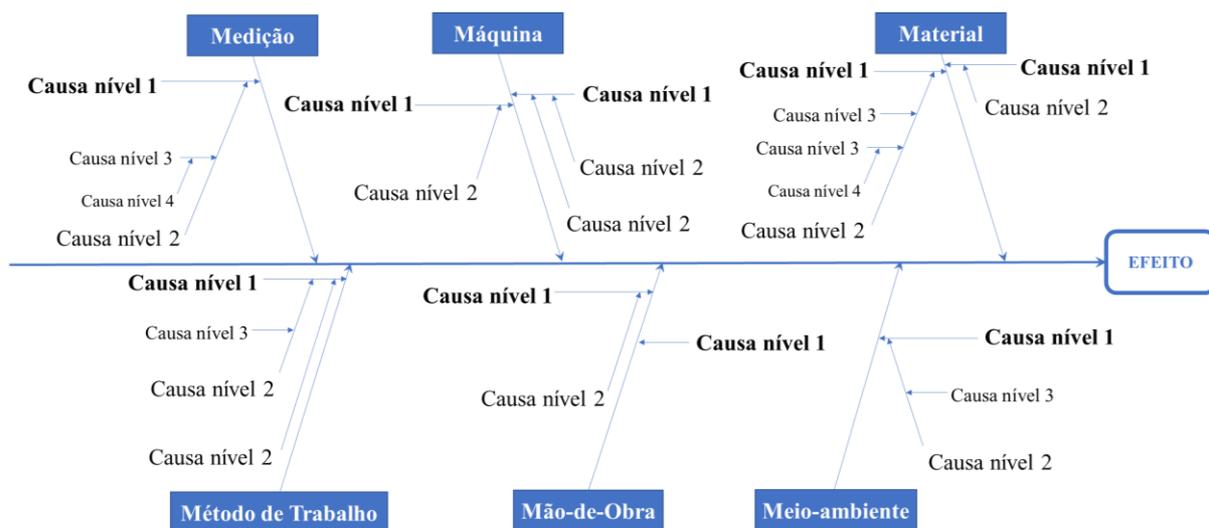


Figura 2.15: Diagrama de Ishikawa genérico.

Tendo o diagrama elaborado, na ótica da resolução de problemas, chega o momento para tentar resolver as causas raiz propondo soluções para as mesmas. Podem até ser aplicadas outras ferramentas, como o diagrama de Pareto para ajudar a triar as causas, como determinar as que contribuem mais para o efeito, sendo estas as que devem ser abordadas em primeiro lugar (Benjamin *et al.*, 2015).

→ Diagrama de Gantt

O diagrama de Gantt é atualmente uma das ferramentas mais utilizadas no planeamento de projetos. É versátil pois pode ser integrado praticamente em qualquer contexto, por exemplo, tanto na produção “contínua” (caracterizada pela baixa variedade e elevado volume) como na produção por encomenda (caracterizada pela elevada variedade e reduzida quantidade) (Geraldi & Lechter, 2012).

Foi desenvolvido por Henry Lawrence Gantt em 1917 com o intuito de aumentar a produtividade de operações repetitivas e rotineiras, tendo sempre como preocupação o uso eficiente e eficaz dos recursos disponíveis (Geraldi & Lechter, 2012).

Antes de desenvolver a versão do diagrama mais semelhante à utilizada atualmente, Gantt desenvolveu várias outras ferramentas visuais, por exemplo, para ajudar os trabalhadores do chão de fábrica a controlar o seu desempenho. Todas estas se focavam em monitorizar o que tinha sido realizado (registando o passado) e só em 1914 é que surgiu a segunda versão do diagrama de Gantt (a mais semelhante à versão utilizada hoje em dia), focada no presente e no futuro (comparando o planeado com o atual) (Geraldi & Lechter, 2012).

Este diagrama é resumidamente um gráfico de barras horizontais que ilustra graficamente determinadas tarefas a realizar e a sua respetiva duração (Levin & Levin, 2019). A sua execução consiste na sequencialização das tarefas específicas de acordo com o que é mais vantajoso para a empresa. A sua esquematização facilita o controlo e o planeamento das mesmas, permitindo determinar *à priori* qual a duração prevista para a realização do projeto em questão e os recursos necessários.

Esta ferramenta é uma mais-valia para qualquer organização na medida em que (Levin & Levin, 2019):

- Obriga à criação de um plano de execução de tarefas;
- Facilita a gestão dos recursos humanos necessários;
- Ajuda a controlar a realização das tarefas, a evitar atrasos e o não cumprimento de prazos de entrega;
- Expõe as dependências entre atividades e operações, explicitando quais precisam de ser realizadas antes ou depois.

Na figura 2.16 encontra-se um exemplo de um diagrama de Gantt.

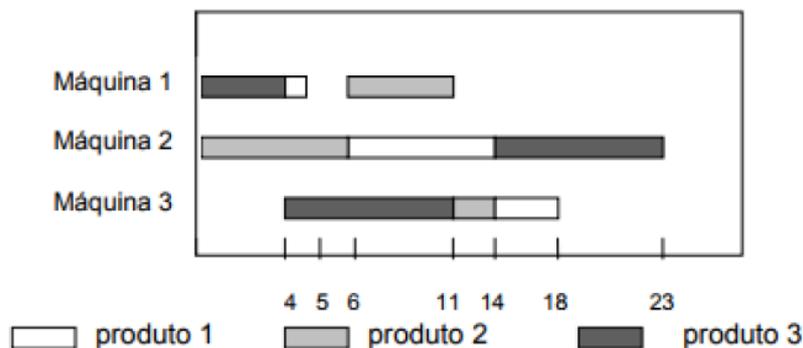


Figura 2.16: Diagrama de Gantt exemplo.
(adaptado de Haddad, 2003)

→ Diagrama de Pareto/Análise ABC

O método de Pareto foi desenvolvido por Vilfredo Pareto, onde demonstrou que cerca de 80% da riqueza de Itália era detida apenas por 20% da sua população. Mais tarde, esta lógica foi introduzida na gestão da qualidade por Joseph Juran ao adotar o princípio 80/20 que diz que 80% dos problemas existentes num processo produtivo são consequência de 20% de todas as causas possíveis identificadas (Ab Talib *et al.*, 2015).

Esta ferramenta de fácil utilização realça as causas vitais a tratar em contraste com as restantes e permite determinar as tarefas que terão maior impacto. Assim, auxilia a tomada de decisão permitindo direcionar os esforços para estas oportunidades de melhoria, alocando recursos de forma mais consciente (Ab Talib *et al.*, 2015).

Os resultados desta análise são representados no diagrama de Pareto. Este apresenta os fatores considerados (causas, tarefas, problemas, entre outros) por ordem da classificação obtida, adotando frequentemente o aspeto de um gráfico de barras verticais ordenadas por ordem decrescente (Cervone, 2009). É um gráfico de frequências que mostra a contribuição relativa de cada fator para o problema em questão (Pereira & Requeijo, 2008).

A análise e a elaboração de um diagrama de Pareto seguem as seguintes etapas (Cervone, 2009):

- 1) Identificar o problema a analisar;
- 2) Recolher informação e dados relevantes relativos ao problema;
- 3) Registrar as ocorrências, agrupá-los por categorias e classificá-las;
- 4) Determinar a frequência de ocorrência absoluta e relativa de cada categoria;
- 5) Ordenar as categorias por ordem decrescente;
- 6) Construir um gráfico de barras da frequência em função das categorias;
- 7) Traçar a curva da frequência relativa acumulada.

Depois de efetuar estes passos pode-se ainda aplicar a análise ABC que consiste em dividir as categorias dos fatores pela sua importância, isto é, pela sua frequência de ocorrência (quanto mais vezes um fator ocorre mais importante é) (Zhang *et al.*, 2020). Ao dividir as categorias são constituídas três classes (Mehdizadeh, 2020):

- **Classe A:** os fatores de maior importância, correspondem em média a 20% do total de fatores;
- **Classe B:** os fatores de média importância, correspondem em média a 30% do total de fatores;
- **Classe C:** os fatores de menor importância, correspondem em média a 50% do total de fatores.

Na figura 2.17 encontra-se o gráfico exemplo resultante da execução dos passos descrito e da aplicação da análise ABC.

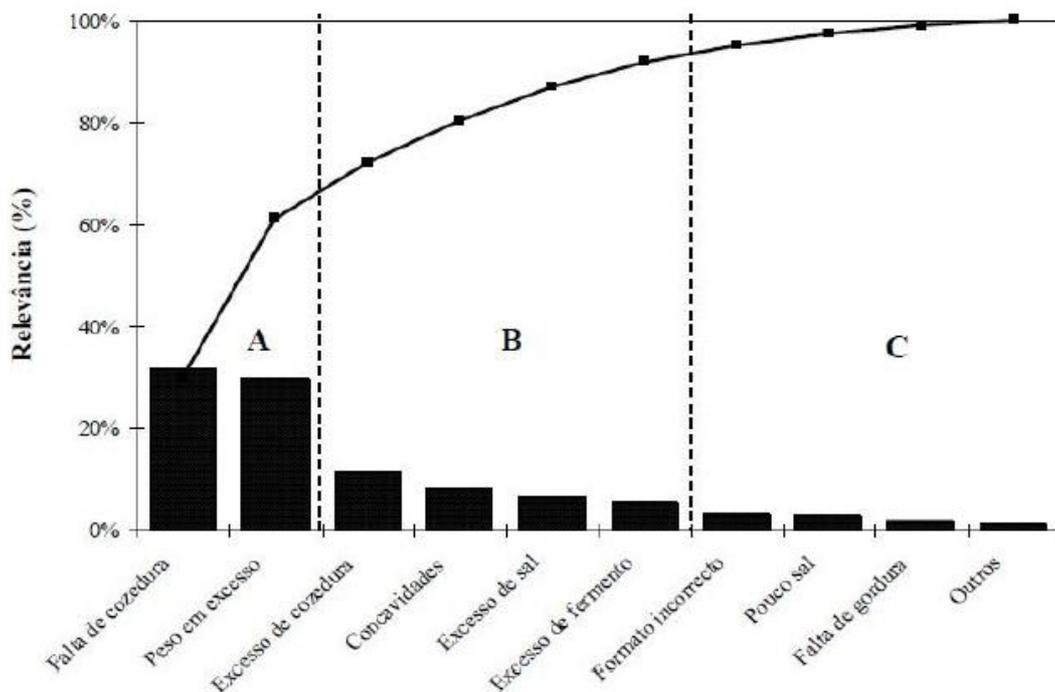


Figura 2.17: Diagrama de Pareto exemplo (Pereira & Requeijo, 2008).

→ 5 Porquês

5 Porquês é uma ferramenta que permite identificar as causas raiz de qualquer problema ou efeito (Murugaiah *et al.*, 2010). Surgiu como resultado das observações diárias de Taiichi Ohno na Toyota onde se deparava frequentemente com ocorrências de erros e enganos pelos quais nenhum operador se queria responsabilizar. Ao perceber que estas situações são inevitáveis concentrou o seu foco na identificação das suas causas raiz e na sua resolução (Ohno & Bodek, 1988).

Esta ferramenta de simples aplicação consiste em perguntar sistematicamente “Porquê?” até encontrar a raiz do problema em questão. Ohno considera que na maioria dos casos é suficiente repetir a pergunta cinco vezes, dando assim o nome à ferramenta. O exemplo elucidativo mais conhecido que Taiichi Ohno utiliza para exemplificar o uso dos 5 Porquês é o seguinte (Ohno & Bodek, 1988):

Pergunta 1: Porque é que o robô parou?

Resposta: O circuito está sobrecarregado, causando a explosão de um fusível.

Pergunta 2: Porque é que o circuito está sobrecarregado?

Resposta: A lubrificação nos rolamentos era insuficiente, então eles ficaram presos.

Pergunta 3: Porque é que a lubrificação nos rolamentos era insuficiente?

Resposta: A bomba de óleo do robô não está a fazer circular óleo suficiente.

Pergunta 4: Porque é que a bomba não está a fazer circular óleo suficiente?

Resposta: A entrada da bomba está entupida com aparas de metal.

Pergunta 5: Porque é que a entrada está entupida com aparas de metal?

Resposta: Porque a bomba não tem nenhum filtro.

A solução do exemplo de Ohno seria instalar um filtro na bomba. Contudo, as respostas para estas questões nem sempre são assim tão diretas. Uma verdadeira análise de 5 Porquês permite na maioria dos casos identificar causas raiz que necessitam medidas corretivas, mas estas podem ser consideradas também de prevenção, na medida em que, previnem o acontecimento de novas ocorrências e são soluções duradouras (Murugaiah *et al.*, 2010).

→ 5W2H

A sigla 5W2H significa “*what, when, who, where, why, how, how much*”. É uma ferramenta da qualidade simples e eficaz utilizada para descrever de forma clara e objetiva uma ação planeada, assegurando uma execução organizada e bem-sucedida (Lopes Silva *et al.*, 2013).

A aplicação mais completa desta ferramenta consiste em efetuar estas sete perguntas a cada ação planeada (Lopes Silva *et al.*, 2013):

- 1) O que vai ser feito? (**What**)
- 2) Quando vai ser feito? (**When**)
- 3) Quem vai fazer? (**Who**)
- 4) Onde vai ser feito? (**Where**)
- 5) Porque é que vai ser feito? (**Why**)

6) Como vai ser feito? (**How**)

7) Qual o investimento necessário? (**How much**)

Dependendo da complexidade da ação em questão, podem ser aplicadas versões mais simples desta ferramenta – não incluindo tantas questões. A sua utilização facilita a gestão de equipas e o controlo sobre as tarefas a executar, contribuindo para o aumento da produtividade e competitividade de qualquer organização (Neves *et al.*, 2018).

Juntamente com outras ferramentas, como o ciclo PDCA, o diagrama de Ishikawa e 5S, é útil na resolução de problemas e implementação de melhorias (Neves *et al.*, 2018).

3. ESTUDO DE CASO

Este capítulo tem como intuito apresentar a empresa A.Brito, nomeadamente a fábrica do Porto onde foi desenvolvido o estudo que deu origem à presente dissertação.

De seguida, faz-se a caracterização do sistema produtivo da unidade fabril e são identificadas oportunidades de melhoria.

3.1 A EMPRESA – A.BRITO

A empresa A.Brito do ramo industrial é especializada no fabrico de engrenagens, componentes mecânicos, equipamento de transmissão – rolamentos, carretos, excêntricos, entre outros – e na reparação e manutenção de peças. A sua produção funciona maioritariamente como apoio a outros setores industriais, variando de acordo com as suas necessidades, não possuindo um produto próprio e único.

Esta empresa foi fundada em 1981. Atualmente, é constituída por duas fábricas, uma no Porto e outra em Alfena, com 2300 m² e 6200 m² respetivamente. A primeira foi adquirida em 1985 e a segunda em 2019 com o intuito de aumentar a área fabril disponível e de ficar encarregue das operações de maquinagem mais modernas – acolhendo os equipamentos mais automatizados (equipamentos CNC – *Computerized Numerical Control*). No momento do estudo existiam 23 trabalhadores em Alfena e 47 no Porto.

O volume de negócio da A.Brito ronda os 4 milhões de euros por ano e possui clientes em diversas partes da Europa, para além de Portugal, principalmente em França, Holanda, Espanha e Alemanha, sendo que cerca de 60% da sua produção é exportada.

As áreas funcionais que a A.Brito possui para satisfazer as encomendas dos seus clientes estão apresentadas na figura 3.1.



Figura 3.1: Áreas funcionais que constituem a empresa.

As áreas apresentadas na figura 3.1 estão encarregues de todas as tarefas necessárias para planear e executar a produção de qualquer artigo, desde a receção de um pedido até à expedição da encomenda.

Na figura 3.2 é possível observar o organograma que apresenta a organização da empresa em departamentos e secções.



Figura 3.2: Organograma da empresa A. Brito.

No decorrer do estudo, todos os departamentos e respetivos escritórios encontravam-se instalados na fábrica do Porto, mas futuramente seriam transferidos para Alfena, dada a dimensão das novas instalações. Desta forma, o estudo foi realizado na fábrica do Porto sob a orientação do departamento técnico.

A A. Brito (2020) declara como sua missão “Fornecer produtos e serviços que satisfaçam os nossos Clientes. Desenvolver as nossas competências, o nosso conhecimento e a nossa eficácia nos produtos e serviços que prestamos, acrescentando valor para Clientes, Colaboradores, Fornecedores e Acionistas.”

Tem a visão de “Ser referência de excelência no mercado de componentes mecânicos de precisão, transmissões mecânicas e engrenagens. Apostar na melhoria contínua dos sistemas de gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança” (A. Brito, 2020).

E a missão de “Asseguramos um fornecimento de produtos e serviços de excelência aos Clientes de acordo com as suas necessidades e expectativas. Fomentamos o envolvimento de colaboradores e fornecedores na concretização dos objetivos da A. Brito. Pautamos a atuação da A. Brito e dos seus Colaboradores pelo respeito da legalidade, padrões de ética e integridade pessoal” (A. Brito, 2020).

Assim, relativamente à certificação da manufatura, em março de 2001, a empresa adquiriu o certificado ISO 9002:1994 que garantia o cumprimento dos requisitos de um sistema de qualidade para demonstrar capacidade de fornecer produtos conformes com o projeto estabelecido, especialmente de empresas no setor da produção e montagem; e em abril de 2003, adquiriu a certificação de qualidade ISO 9001:2000 que englobava as diretrizes anteriores da ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003 (modelo de garantia na inspeção e ensaios finais).

3.1.1 FÁBRICA DO PORTO

O estudo realizou-se na fábrica do Porto da A.Brito, no momento do estudo, responsável pela manufatura da maior parte do total de artigos fabricados pela empresa e, como tal, possui uma grande variedade de processos de fabrico. Nesta fábrica é produzida uma grande variedade de referências, desde engrenagens a caixilharias para os meios de transporte urbanos.

Na figura 3.3 pode-se observar a planta desta fábrica onde estão identificadas as 9 secções transformadoras e 3 não transformadoras – auxiliares ao processo de fabrico (as secções de resíduos, controlo de qualidade e armazenagem de produto acabado).

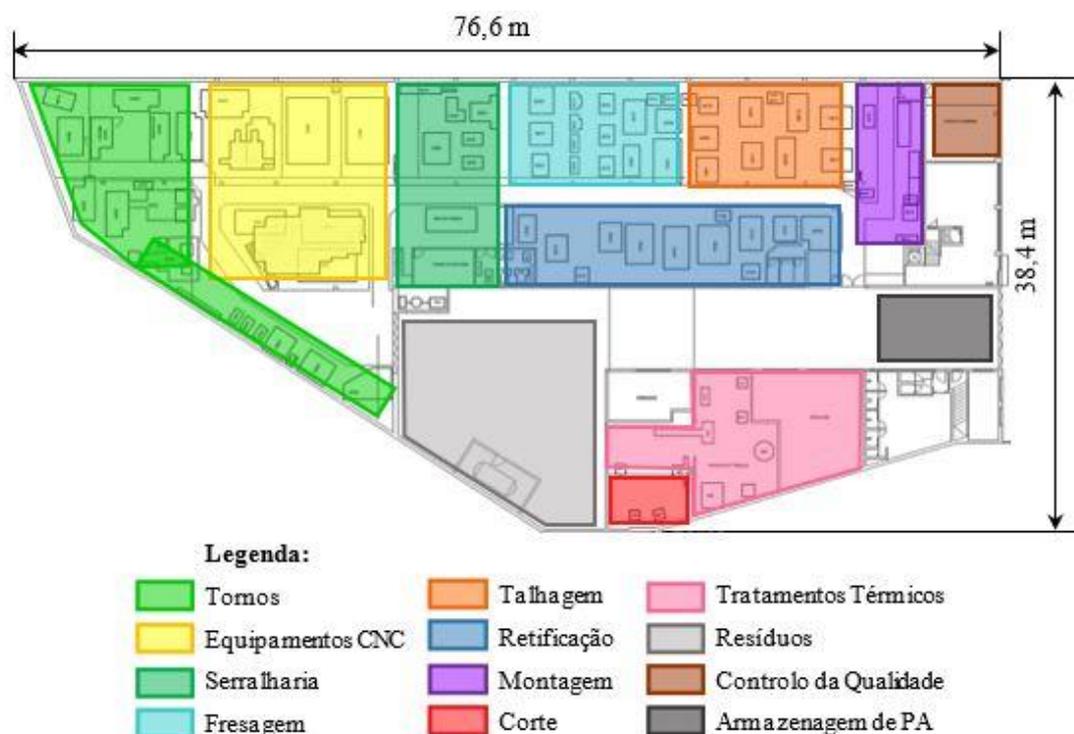


Figura 3.3: Planta, medidas e secções da fábrica do Porto.

Cada secção tem o nome da principal atividade que lá se realiza. O número de equipamentos que cada uma possui, bem como a área ocupada, pode ser observado na tabela 3.1.

Tabela 3.1: Área e quantidade de equipamentos de cada secção.

Secção	Área (m ²)	Nº de equipamentos
Torneamento	225	7
Equipamentos CNC	238	8
Serra-lharia	128	23
Fresa-gem	126	10
Talhagem	117	19
Retificação	182	10
Montagem	60	1
Corte	28	3
Tratamentos Térmicos	141	5
Controlo da Qualidade	12	3
Armazenagem de PA	14	1
Armazenagem de Resíduos	217	-

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

O presente subcapítulo pretende caracterizar sucintamente o sistema de produção característico das fábricas da A.Brito, começando por analisar o seu histórico de encomendas e, de seguida, a estratégia de produção utilizada.

3.2.1 EVOLUÇÃO DAS ENCOMENDAS DA A.BRITO

Para dar início ao estudo elaborado para a execução da presente dissertação, analisou-se brevemente a evolução das encomendas colocadas à empresa, o que permitiu perceber de que forma a A.Brito se tem vindo a adaptar às necessidades dos clientes ao longo dos anos de atividade.

Apesar da empresa iniciar a sua atividade em 1981, o sistema informático foi apenas instalado em 1997, não existindo um histórico de dados prévio a esta data e, mesmo após a sua implementação, só a partir do ano 2000 é que começaram a introduzir todos os dados no sistema relativos às encomendas.

Desta forma, começou-se por elaborar um gráfico que apresenta o número de encomendas recebidas por ano, desde 2000 até 2019 (figura 3.4).

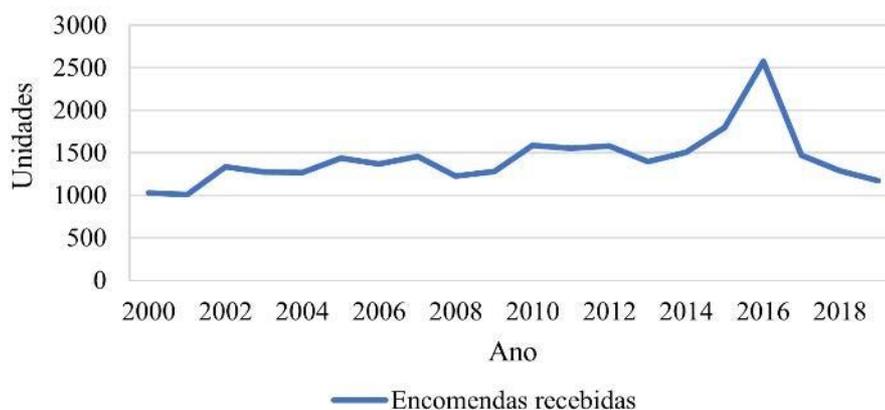


Figura 3.4: Evolução do número de encomendas recebidas de 2000 até 2019.

Observando a figura 3.4, identifica-se em primeiro lugar um pico no número de encomendas recebidas em 2016. A empresa não possui uma justificação direta, mas pode-se tentar explicar este valor através do crescimento económico desse ano registado nos países para onde exporta (The World Bank, 2021), dado que a sua atividade é influenciada por flutuações dos mercados colaboradores – principalmente Alemanha, França e Holanda – demonstrando uma dependência macroeconómica.

Para o mesmo intervalo de tempo, analisou-se também a quantidade encomendada por pedido dos clientes, obtendo a figura 3.5.



Figura 3.5: Evolução da quantidade encomendada por encomenda desde 2000 até 2019.

Comparando as duas figuras (3.4 e 3.5), constata-se que as encomendas recebidas têm uma tendência positiva, ou seja, o número de pedidos colocados tem vindo a aumentar; e que, contrariamente, a quantidade por encomenda tem vindo a diminuir, apresentando em geral uma tendência negativa.

Este acontecimento justifica-se com a evolução das necessidades dos clientes da A.Brito, maioritariamente componentes de equipamentos das suas indústrias. Com o passar dos anos e o desenvolvimento industrial em diferentes partes do mundo, os equipamentos têm crescido em variedade e complexidade, bem como os componentes mecânicos integrantes, nomeadamente os que a A.Brito fabrica e repara.

Deste modo, dada a crescente diversidade dos componentes, as encomendas aumentam em número e diminuem em quantidade – pois equipamentos diferentes, fabricados por entidades diferentes, não possuem componentes iguais, sendo colocados mais pedidos de diferentes referências, mas de poucas unidades.

O desenvolvimento dos mercados onde a A.Brito se insere é a razão pela qual o presente estudo utilizou apenas a informação relativa aos últimos três anos dos dados recolhidos (2017, 2018 e 2019) para futuras análises, como o cálculo do número médio de encomendas recebidas e a faturação média (tabela 3.2).

Tabela 3.2: Informação relativa às encomendas recebidas entre 2017 e 2019.

	Nº Médio de Encomendas Recebidas (unidades)	Quantidade Média Encomendada (unidades)	Faturação Média
Por encomenda	-	35	2 787,89 €
Por dia	6	193	15 457,26 €
Por mês	109	109	304 422,24 €
Por ano	1310	45625	3 653 066,91 €

Estes dados serão úteis futuramente para a elaboração das propostas de melhoria e para o cálculo dos seus resultados.

3.2.2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

A necessidade de adaptar a produção às variações da procura é um fator determinante na estratégia de produção da A.Brito. Como já referido, esta empresa é subcontratada por outros mercados para o fabrico, manutenção e reparação de componentes mecânicos, os quais, com a evolução da indústria, têm vindo a diversificar. Assim, necessariamente, a sua estratégia tem de apostar na flexibilidade produtiva para ser capaz de acompanhar o desenvolvimento destes componentes.

Como a sua produção é impulsionada pela colocação de encomendas, o seu funcionamento pode ser caracterizado como um sistema *Pull*. Para além disto, como as encomendas são fabricadas maioritariamente uma a uma, por cliente, então esta produção é também caracterizada como *job shop*.

Para atingir a satisfação total dos seus clientes, é necessário oferecer uma vasta gama de tipos de maquinaria e prestação de serviços, apostando na capacidade de customização da fábrica, o que faz com que a A.Brito possua até ao momento uma vasta gama de referências fabricadas.

Para cumprir todos os requisitos impostos, tem de existir uma forte componente criativa no processo produtivo, onde ambas as partes – a empresa e o cliente – participem. Ou seja, quando são colocados pedidos de novas referências, todo o trabalho de engenharia envolvido na criação do artigo requer a

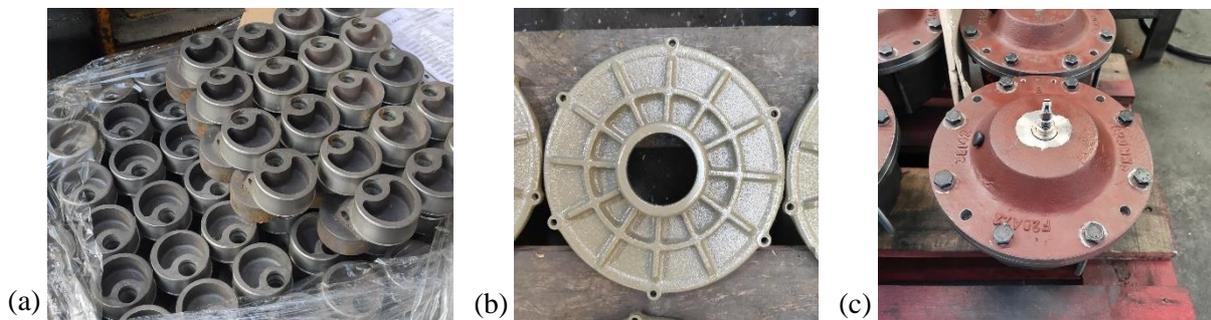
participação do cliente, para que todos os pormenores sejam tratados conforme as especificações do mesmo.

Esta componente de engenharia engloba operações como: elaboração de desenhos técnicos; de desenhos 3D; de gamas operatórias dos artigos; e programação da maquinaria necessária. Consequentemente o tempo de produção e entrega dos artigos aumentará. Esta tática de produção é apelidada de *Engineer-to-order*.

A manufatura de uma grande variedade de produtos em quantidade reduzida, atribui à produção a designação *High-Mix Low-Volume*, muito utilizada por manufaturas *job shop* de artigos com muitos requisitos e características diferentes.

Este tipo de indústria não possui um processo produtivo claro, possui um fluxo de materiais e produtos variável e uma procura de artigos imprevisível e não linear. Neste contexto, a fábrica é obrigada a depender da sua capacidade de ser flexível, para aumentar a sua capacidade de customização e satisfazer todos os seus clientes.

Na figura 3.6 estão apresentados exemplos de peças fabricadas no Porto durante o decorrer do estudo.



- (a) – Excêntricos de compressores de frio;
- (b) – Tampas de redutores planetários;
- (c) – Atuadores pneumáticos.

Figura 3.6: Exemplos de peças fabricadas pela A.Brito.

De seguida, são explicados os passos tomados no processamento de encomendas onde as características específicas da estratégia de fabrico da fábrica podem ser observadas.

→ Forma de processamento de encomendas

Após o recebimento de um pedido de um cliente, o primeiro passo tomado é a execução do orçamento necessário para satisfazer a encomenda, se o valor apresentado não for aceite pelo cliente a empresa perde a encomenda, se for aceite então segue-se para a preparação da mesma. Esta etapa é o passo mais importante que antecede a produção e, como tal, vai ser apresentado em pormenor mais adiante nesta secção, na figura 3.8.

Assim que a preparação está concluída e toda a informação necessária está disponível, passa-se para a análise da capacidade da fábrica, focando nos equipamentos críticos – os que possuem maior carga de trabalho, geralmente por executarem tarefas específicas ou com maior precisão. Se não existirem equipamentos disponíveis opta-se pela subcontratação, caso contrário inicia-se a produção.

Após estarem concluídas as operações necessárias, o artigo é inspecionado para averiguar a sua conformidade, caso necessite de ser retrabalhado volta para o chão de fábrica, caso contrário está pronto para ser embalado e expedido.

Para compreender melhor o processamento das encomendas na fábrica, elaborou-se um fluxograma (figura 3.7) que mostra os passos tomados após o recebimento de um pedido de um cliente.

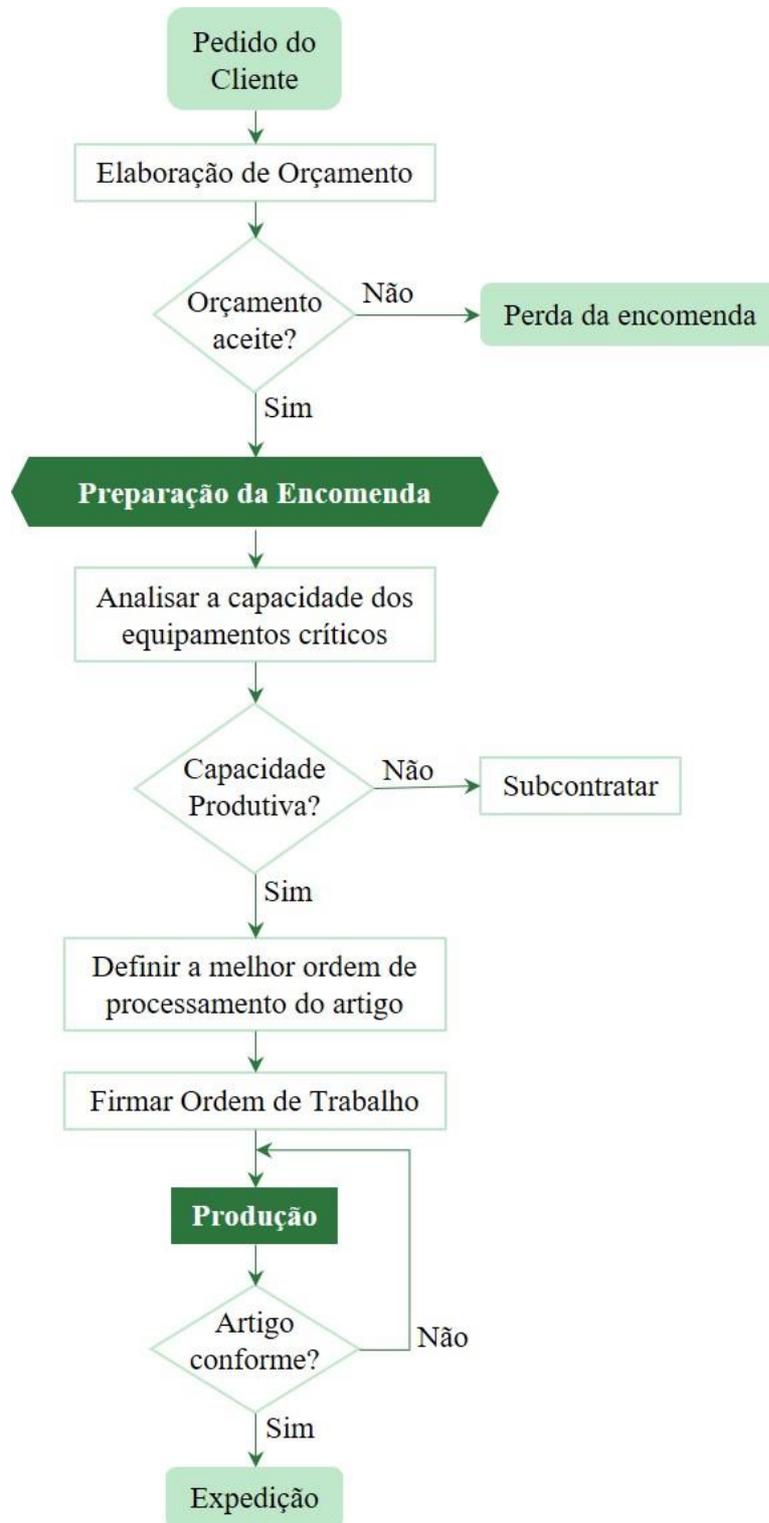


Figura 3.7: Fluxograma do processamento de uma encomenda.

De seguida, está apresentada em maior detalhe a execução da preparação de uma encomenda, onde se destaca a componente de engenharia presente na elaboração de novas referências.

→ Preparação da Encomenda

O procedimento geral para preparar as encomendas recebidas está apresentado na figura 3.8.

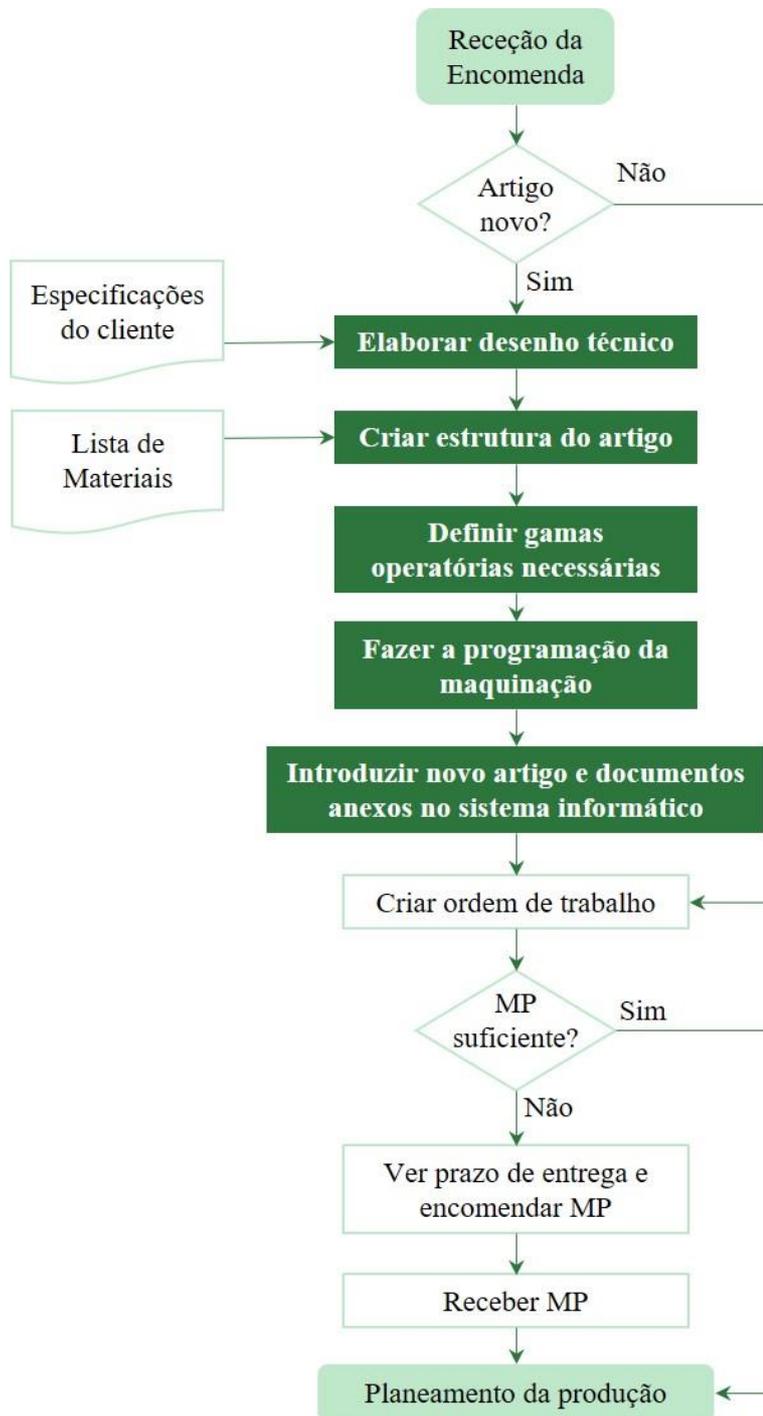


Figura 3.8: Fluxograma da preparação de uma encomenda.

Após a aceitação da encomenda, o departamento de planeamento verifica se as referências pedidas já foram fabricadas anteriormente ou se é a primeira vez. Se for um pedido novo, são realizados passos extra: elaborar o desenho técnico dos artigos; criar a estrutura, que indica a família de componentes; definir as gamas operatórias necessárias, as operações a que as peças terão de se sujeitar para atingir o resultado pretendido; fazer a programação da maquinação (elaborada pelo departamento técnico e de projeto); e introduzir toda a informação acoplada no sistema informático.

Destas tarefas, as salientadas a verde-escuro na figura 3.8 representam as tarefas de engenharia que permitem classificar a abordagem produtiva utilizada como ETO, esta é parte mais “criativa” do processo. Caso seja um pedido repetido, já existe toda a informação necessária (desenho técnico da peça e gama operatória) no sistema informático para dar início à produção, passando diretamente para a criação da ordem de trabalho.

De seguida, analisa-se a necessidade de adquirir MP, se for necessário averigua-se o seu prazo de entrega (preciso para a elaboração do planeamento) e procede-se para a sua encomenda ao fornecedor, caso contrário a ordem de trabalho segue diretamente para o Planeamento da Produção. Após a familiarização com a estratégia produtiva da fábrica, surge o momento da identificação das oportunidades de melhoria.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

Nesta fase do estudo, começou-se por determinar os artigos mais importantes para a fábrica do Porto, definindo também o respetivo processo de fabrico. Estes artigos serão o principal objeto de estudo das futuras análises, de onde a maioria das melhorias surgirão.

De seguida, a identificação dos problemas deu-se em duas instâncias. Em primeiro lugar, realizaram-se visitas ao chão de fábrica (*gemba walk*) e questionários informais para conhecer os equipamentos, operações e operadores. Em segundo lugar, avaliou-se o estado inicial do chão de fábrica através duma auditoria 5S. Dentro dos problemas encontrados, a empresa realçou dois problemas que gostaria que fossem abordados: o *layout* desadequado e a inexistência de um armazém de matéria-prima.

3.3.1 DETERMINAÇÃO DOS ARTIGOS MAIS IMPORTANTES

Neste contexto fabril, onde existe uma grande variedade de referências fabricadas, surgiu a necessidade de separar as mesmas em diferentes categorias de acordo com as suas características (e operações necessárias) para identificar quais as mais importantes para a empresa.

Os artigos mais importantes são aqueles que originam mais faturação e onde simultaneamente a fábrica depende mais tempo – representando melhor o dia-a-dia passado pelos operadores na fábrica. É nestes artigos que o presente estudo vai incidir, uma vez que a resolução de problemas existentes nas operações e processos relacionados com estes artigos terá certamente um maior impacto, comparativamente a artigos de menor importância para a fábrica.

Consequentemente, elaboraram-se duas classificações ABC, a primeira de acordo com a faturação (figura 3.9).

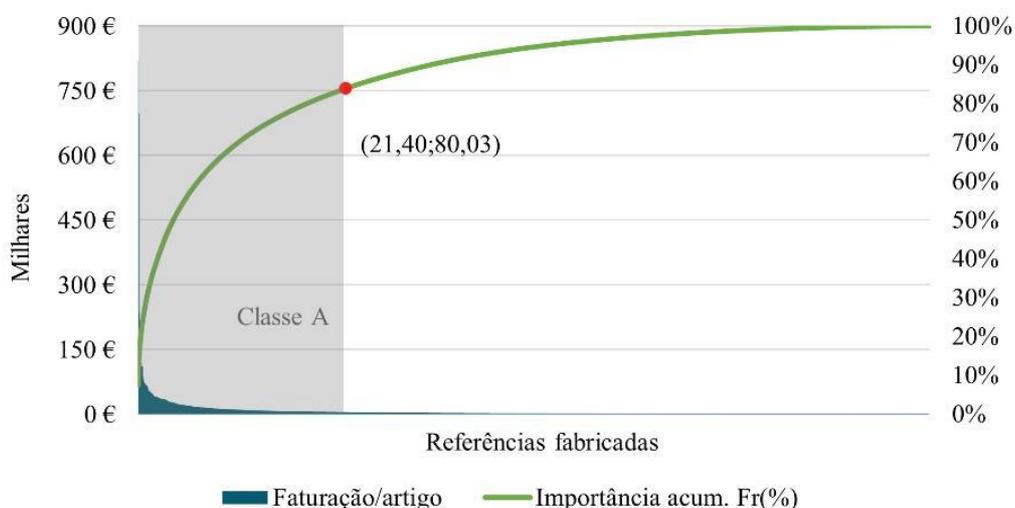


Figura 3.9: Diagrama de Pareto das referências que geram maior volume de faturação.

O Diagrama de Pareto apresentando é relativo aos artigos que criam maior volume de faturação para a empresa. Na figura 3.9, o ponto marcado diz respeito à última referência pertencente à Classe A, que engloba 21,40% dos artigos responsáveis por 80,03% de toda a faturação obtida nos últimos três anos.

A segunda classificação ABC é relativa ao tempo total de ocupação da fábrica, calculado a partir do tempo de produção das encomendas – determinado pelo produto da quantidade encomendada, pelo tempo das operações e pelo número de encomendas – pode-se observar na figura 3.10.

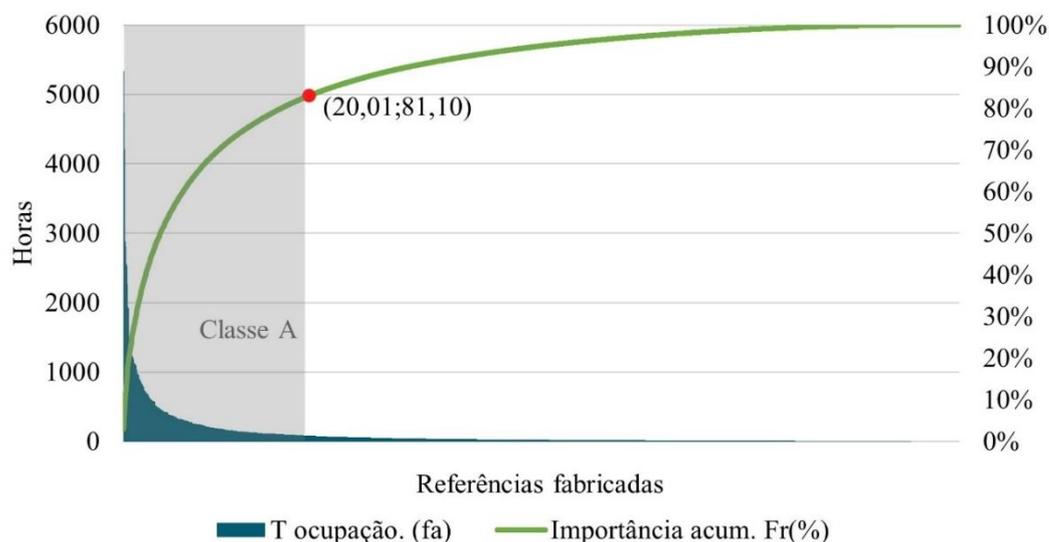


Figura 3.10: Diagrama de Pareto das referências responsáveis pela ocupação da fábrica.

Na análise apresentada, na figura 3.10, a classe A abrange 20,01% dos artigos fabricados nos últimos 3 anos responsáveis por 81,01% da soma dos tempos de processamento das referências.

De seguida, determinaram-se os artigos mais importantes para a empresa intersecando as duas classes A obtidas. Assim, os artigos mais importantes são os que pertencem a ambas.

Posteriormente, estes artigos foram categorizados consoante as suas gamas operatórias, estruturas de montagem e características. Foram definidas as seguintes famílias de artigos:

- **Formas Simples (A):** Artigos com processos de fabrico semelhantes, como rodas dentadas, pinhões, engrenagens, sem-fins, eixos, veios, flanges, plataformas, entre outros);
- **Formas Complexas (B):** Artigos com processos complexos e variáveis, como excêntricos e outros;
- **Montagem (C):** Referências criadas para abrir uma ordem de trabalho de montagem de vários artigos;
- **Centro de Maquinagem (D):** Artigos fabricados exclusivamente em centros de maquinagem;
- **Encomendas Pontuais (E):** Referências criadas para abrir ordens de trabalho de reparações, recuperações, tratamentos específicos ou certificação de artigos; acontecem com pouca frequência.

Na tabela 3.3 são apresentados os valores de faturação e de tempo total de ocupação da fábrica do Porto dos artigos pertencentes a cada família.

Tabela 3.3: Faturação da A.Brito e Tempo total de Processamento por tipo de família de artigos.

Família	Faturação Total	Faturação	Processamento total (horas)	Processamento total
Formas Simples (A)	5 180 286 €	47,3%	103835	59,7%
Formas Complexas (B)	381 527 €	3,5%	14636	7,9%
Montagem (C)	1 494 358 €	13,6%	6556	3,8%
Centro de Maquinagem (D)	108 891 €	1,0%	1906	1,1%
Encomendas Pontuais (E)	91 391 €	0,8%	1864	1,1%
TOTAL	7 256 453 €	66,2%	128798	73,5%

A família A é um grupo de artigos com sequência de processamento similar, o seu volume faturado corresponde a 47,3% do total faturado em 2017, 2018 e 2019 e representa quase 60% do tempo produtivo da fábrica. É a categoria que acrescenta maior valor à empresa.

Contrariamente, a família B possui processos de fabrico mais complexos, sem ordem ou padrão consistente, representando cerca de 3,5% faturação e 7,9% do tempo total de produção. Esta juntamente com os grupos C, D e E são as famílias que menos importância têm para a empresa.

É de notar que a soma da faturação e do processamento de todas as famílias não corresponde a 100%, uma vez que, as referências analisadas correspondem apenas a uma parte da classe A de ambos critérios. Ou seja, analisando todos os artigos manufaturados nos três anos estudados, encontrar-se-iam mais referências pertencentes a estas famílias (aumentando as percentagens obtidas), mas como são artigos que provavelmente não serão fabricados novamente, não têm relevância para o estudo.

Assim, conclui-se que a família de artigos a abordar é a família A, uma vez que é a que traz mais valor para empresa e que representa melhor o dia-a-dia vivido no chão de fábrica. Após se ter selecionado a família A como foco do estudo, procedeu-se para a análise das gamas operatórias de várias referências, como por exemplo a que está apresentada na figura 3.11 abaixo.

		FICHA DE ACOMPANHAMENTO			Página: 1	
Ordem Fabr. : OMRP.220217001 Artigo: 209221122 - Roda-coroa RM 1.5/4 S (802.S.0031.00/3) (A4.0922.001)				Data conclusão: 2020-03-20 Quant Total: 10		
Observações : Armazém : Amazém: PF-20.Produtos Finais Destino : PARA : 909221122 - Couple Roue RM 1.5/4 S (802.S.0031.00/3)		Nº Série: 55 Nº Lote: Nº Recepção: Nº Relatório:				
OPERAÇÕES PREVISTAS		Tempo	Tempo	Tempo	Qtd	Qtd.
NºOperação	Operação Posto Trabalho	Montagem [min.]	Troca peça [min.]	Maquinag. [min.]	Peças Boas	Peças Rejeit.
	010 - Tornear e Sangrar 04-13-TH CNC MORI SEIKI NL2500 L1200					
	020 - Talhar 06-01-Talhadora Pfauter 251					
	030 - Escatelar interior 05-02-Fresadora universal JAROCIN					
	040 - Rebarbar 08-02-Serviço de Bancada					
	500 - Controlar 12-02-Serviço de Controlo					

Figura 3.11: Parte da ficha de acompanhamento exemplo de uma peça da família A.

A folha de acompanhamento apresentada mostra que o artigo necessita de passar pelas operações: Torneamento; Talhagem; Fresagem; Rebarbagem; e pelo Controlo de Qualidade. Este é um exemplo de um artigo da família A. É certo que os artigos deste conjunto terão gamas operatórias diferentes, no entanto, são simultaneamente semelhantes, o que permite encontrar um fluxo de processo generalizado.

Este fluxo representa, portanto, o processo de fabrico mais realizado na fábrica. O mesmo apresenta-se esquematizado na figura 3.12.

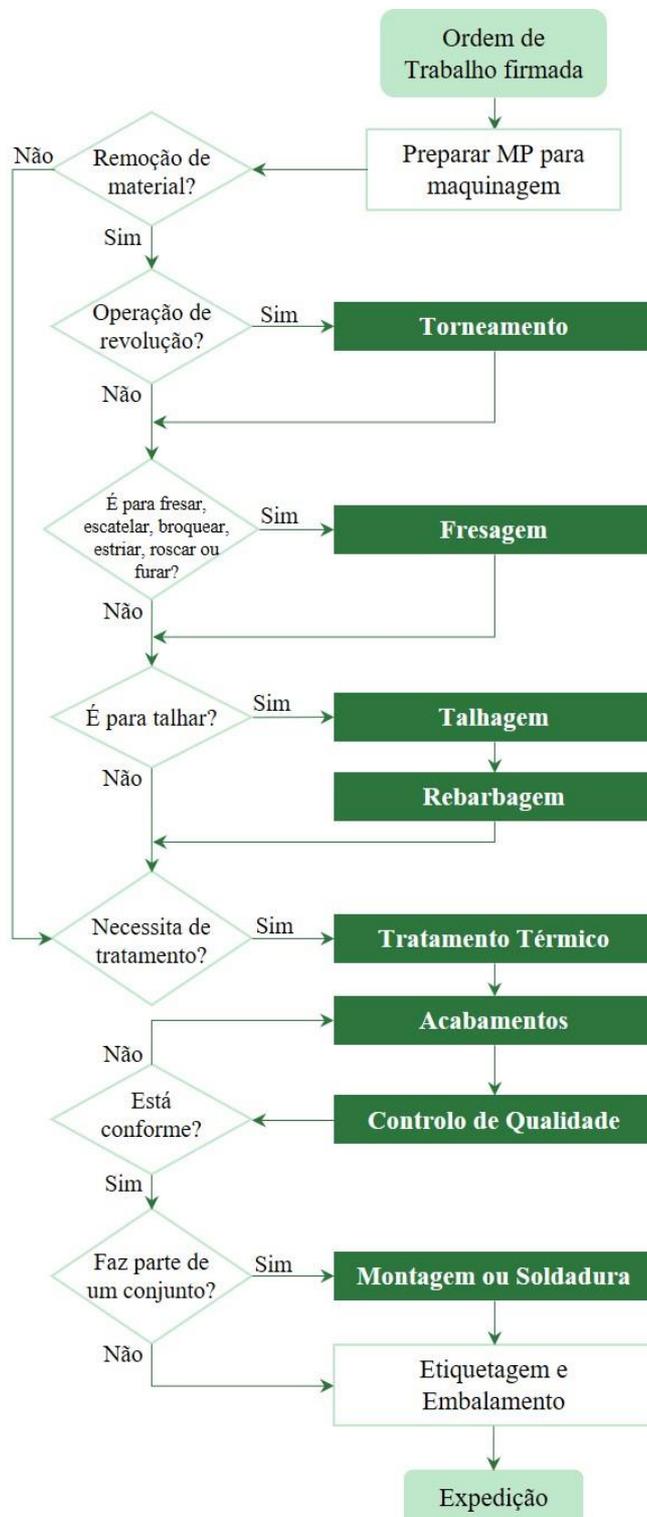


Figura 3.12: Fluxograma do processo de fabrico mais realizado na fábrica do Porto.

As operações de manufatura, pertencentes ao processo de fabrico mais comum, são:

- 1) **Preparação:** consiste em preparar os artigos para a maquinagem, para poderem entrar nos equipamentos; pode consistir em desbaste (remoção de material a mais na peça), corte (caso a MP venha no formato “bloco”), facejar (maquinar as faces dos artigos para poderem ser “agarradas” ou assentes nos equipamentos) e colocação de pontos (são feitos pontos onde as ferramentas das máquinas encaixam para agarrar as peças, necessário especialmente para o torneamento); esta etapa é realizada na secção de Corte;
- 2) **Torneamento:** Operação de remoção de material que combina dois movimentos, a rotação da peça e movimento de avanço da ferramenta, permite fundamentalmente alterar a forma da peça pela redução do seu diâmetro (torneamento externo); pode ainda ter outras variantes (dependendo do tipo de movimento e de ferramenta utilizada), como corte, roscagem e até alguns tipos de furação; esta operação é realizada na secção de Torneamento;
- 3) **Fresagem:** remoção de material em excesso da superfície de uma peça, para dar forma e/ou acabamentos específicos; é composto, geralmente, por dois tipos de movimentos, o de rotação da ferramenta (fresa-mãe) e o movimento de avanço da mesa do equipamento, onde é fixada a peça; esta operação é realizada na secção de Fresagem;
- 4) **Talhagem:** operação de remoção de material, utilizada para fazer os “dentes” (ou estrias) das engrenagens através de sucessivas passagens da ferramenta (fresa-mãe); esta operação é feita na secção de Talhagem;
- 5) **Rebarbagem:** consiste na remoção das rebarbas – excesso de material formado durante a maquinagem de peça; permite limpar e nivelar superfícies e arestas das peças; esta operação é feita na secção de Serralharia;
- 6) **Tratamentos térmicos:** tem como objetivo atribuir ou intensificar algumas características dos materiais utilizados, como a resistência ao desgaste e a dureza; alguns exemplos dos tratamentos realizados na fábrica são a nitruração iónica, a oxidação, o temperamento, a cementação, a fosfatização e a zincagem; estas operações são realizadas na secção de Tratamentos Térmicos;
- 7) **Acabamentos:** nesta etapa são realizadas diversas operações finais, como retificação (acabamento de precisão de zonas específicas das peças), cromagem, pintura, limpeza, lavagem, libertação de tensões, polimento, limagem, marcações e gravuras a laser; esta operação é realizada na secção de Retificação;
- 8) **Controlo de Qualidade:** consiste numa série de testes, ensaios, inspeções e medições que pretendem verificar se as peças estão de acordo com as especificações dos clientes; esta operação é feita na secção de Controlo de Qualidade;
- 9) **Montagem ou soldadura:** caso as peças pertençam a conjuntos é necessário proceder à montagem (por exemplo, encavilhar), ou então, se o conjunto tiver de ser unido, procede-se à soldadura; a operação de montagem é realizada na secção da montagem, enquanto a soldadura é realizada numa zona da secção de Tratamentos Térmicos;
- 10) **Etiquetagem e Embalamento:** última etapa do processo, consiste no embalamento dos artigos a expedir e na colocação de etiquetas com informação necessária; esta operação é realizada na zona de Armazenagem de produto acabado (figura 3.3).

3.3.2 GEMBA WALK E QUESTIONÁRIOS INFORMAIS

No decorrer do estudo, efetuaram-se diariamente visitas ao chão de fábrica para conhecer o processo de fabrico, as suas diferentes etapas, os trabalhadores, os equipamentos, as peças e os materiais. Durante as visitas ao *gemba* foram realizados vários questionários informais aos trabalhadores, com o intuito de perceber o que pode ser melhorado no seu dia-a-dia e outros aspetos com os quais eles estejam descontentes, onde foram colocadas perguntas como:

- Por que tarefas é responsável?
- Como caracteriza o seu dia-a-dia na fábrica?
- Com que problemas é que se depara diariamente?
- Que aspetos do seu trabalho ou posto gostava que fossem melhorados?
- Que aspetos da fábrica gostava que fossem melhorados?
- Que sugestões de melhoria propunha?

Com a permissão da empresa, para além dos questionários informais, foram também recolhidos fotografias e vídeos de operações, fulcrais na determinação e posterior análise de problemas.

Assim, através da observação direta e dos questionários informais, foram identificados vários problemas, posteriormente agrupados por tema, como se observa na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Resultados dos Questionários.

Problemas Identificados	Grupos de Problemas	Consequência Última
<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência de uma zona de armazenagem de MP 	Layout inadequado	Atraso nos prazos de entrega
<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza insuficiente • Zonas e áreas sem marcação no chão • Prateleiras não identificadas • Chão de fábrica desorganizado • Condições ambientais adversas 	Condições de trabalho não ideais	
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de MO especializada • Chão de fábrica desorganizado 	Tempo de <i>setup</i> elevado	
<ul style="list-style-type: none"> • Má partilha de informação entre departamentos • Prazo de entrega estabelecido pelo cliente 	Planeamento não eficaz	

Nos questionários realizados, constatou-se que todos os problemas identificados contribuem em última instância para o não cumprimento dos prazos de entrega – considerado assim o maior problema da fábrica – que diminui o nível de serviço. Este problema prejudica muito a imagem da empresa e a sua relação com os clientes devendo ser abordado no futuro próximo. Desta forma, procedeu-se para a análise dos quatro grupos de problemas que contribuem para a ocorrência desta situação.

Esta análise foi também um passo importante para a elaboração da auditoria 5S que se apresenta na secção 3.3.3, na medida em que promove o conhecimento, familiarização e análise crítica do meio envolvente.

3.3.3 AUDITORIA 5S INICIAL

Para analisar e avaliar o estado atual da fábrica, elaborou-se um formulário 5S para avaliar o espaço e como os trabalhadores operam nele, examinando os tópicos da Utilização, Organização, Limpeza, Uniformização e Disciplina. Cada parâmetro analisado pode ser classificado com: 0, se nunca se verifica; 1, se se verifica às vezes; 2, se se verifica sempre). Os tópicos abordados, bem como as pontuações dadas e comentários apontados podem ser observados na tabela 3.5.

Tabela 3.5: Auditoria 5S do estado atual da fábrica.

Parâmetro a verificar	Pontuação (0 a 2)	Comentários
1. Utilização (Separar o necessário do desnecessário)		
1.1 Não existem materiais ou ferramentas desnecessárias (obsoletos ou em excesso).	1	– Ferramentas não utilizadas.
1.2 Não existem equipamentos desnecessários.	1	– Vários Equipamentos avariados.
1.3 Todas as prateleiras e armários estão a ser utilizados.	2	
1.4 A quantidade de zonas de deposição de lixo é a necessária.	2	– Cada posto tem um contentor próprio.
1.5 Os materiais e ferramentas necessários são facilmente acessíveis.	1	– As ferramentas não estão perto dos postos de trabalho.
1.6 As ferramentas estão organizadas de forma lógica.	1	– As ferramentas estão agrupadas por tipo.
2. Organização		
2.1 As zonas de arrumação de materiais, ferramentas e produtos estão marcadas.	0	
2.2 As zonas de arrumação de materiais e ferramentas estão identificadas.	0	
2.3 Os materiais e as ferramentas bem identificados.	1	– Alguns trabalhadores tiveram a iniciativa de identificar algumas ferramentas.
2.4 Os armários, gavetas, contentores e prateleiras estão arrumados e rotulados.	0	
2.5 Os espaços de circulação permitem o tráfego de pessoas e equipamentos sem perigo de incidentes ou acidentes.	1	– Materiais e produtos nas vias de circulação; – Não existem vias de circulação distintas para trabalhadores e meios de transporte de material.
3. Limpeza		
3.1 Todo o <i>stock</i> de produtos e materiais está limpo e livre de detritos.	1	– Material ou produtos parados à mais tempo necessitam de limpeza antes de serem utilizados.
3.2 O chão dessa zona encontra-se limpo.	1	
3.3 As ferramentas são limpas regularmente.	1	– Antes e depois de serem utilizadas.
3.4 O material de limpeza necessário é facilmente acessível a cada trabalhador.	1	
4. Uniformização (criar regras <i>standard</i> a cumprir)		
4.1 Existem métodos de trabalho normalizados.	0	– Os processos não estão documentados, cada trabalhador faz de acordo com a sua experiência.
4.2 Existe um programa de limpeza.	1	– Cada operador limpa o seu posto de trabalho depois da produção de cada lote.
4.3 Estão aplicadas as ferramentas de gestão visual necessárias (como etiquetas e delimitações).	0	

Tabela 3.5: Auditoria 5S do estado atual da fábrica. (continuação)

Parâmetro a verificar	Pontuação (0 a 2)	Comentários
5. Disciplina (manter estes hábitos)		
5.1 Existe a formação necessária acerca dos 5S.	1	– Alguns operadores conhecem e queriam que fosse implementado.
5.2 Existe inspeção do cumprimento das regras.	1	
5.3 As normas de segurança são cumpridas.	1	
5.4 Todos conhecem o seu papel e a sua responsabilidade perante os 5S.	1	– Os trabalhadores mantêm alguns hábitos de limpeza dos postos.
TOTAL	19 em 44 (43%)	

A auditoria realizada permitiu concluir que, da pontuação total possível, a fábrica do Porto atinge 43% dela.

Relativamente à Utilização, destacou-se a existência de ferramentas em excesso nos postos de trabalho. No que toca à Organização, reparou-se: na falta de rotulagem dos objetos, materiais e ferramentas e respetivos locais de armazenamento; na inexistência de uma lógica ou método de arrumação; na falta de marcação do chão, nomeadamente das vias de circulação; e na obstrução dos corredores com material.

Quanto à Limpeza, na auditoria verificou-se a falta de equipamentos de limpeza adequados e a pouca regularidade de limpeza. Na Uniformização, destacou-se a inexistência de métodos de trabalho normalizados e de ferramentas de gestão visuais auxiliares. Por fim, na Disciplina, existe pouca formação sobre 5S e pouco controlo sob os operadores. Resumindo, identificou-se:

- Excesso de ferramentas nos postos de trabalho (figura 3.13);



Figura 3.13: Exemplos de postos de trabalho com excesso de ferramentas.

- Existência de ferramentas obsoletas na fábrica (figura 3.14);



Figura 3.14: Ferramentas armazenadas das quais muitas não são utilizadas.

- Existência de equipamentos não utilizados (figura 3.15);



Figura 3.15: Exemplos de equipamentos não utilizados, na secção da Talhagem.

- Materiais e ferramentas não possuem locais de arrumação próprios (figuras 3.16 e 3.17);



Figura 3.16: Exemplo de componentes sem local de armazenagem próprio.



Figura 3.17: Estado atual da nova área de armazenagem de MP “Peças”.

- Não existe marcação nem identificação das zonas de armazenagem de ferramentas e materiais;
- Os materiais e ferramentas não estão maioritariamente identificados (figura 3.18);



Figura 3.18: Exemplos de ferramentas não identificadas.

- As ferramentas estão organizadas só por tipo (figura 3.19);



Figura 3.19: Exemplo de fresas-mãe armazenadas por tipo.

- As estruturas de arrumação não estão rotuladas (figura 3.20);



Figura 3.20: Exemplo de um contentor sem identificação nem marcação.

- As zonas de circulação não estão delimitadas pela marcação e estão obstruídas (figura 3.21);



Figura 3.21: Exemplos de zona de passagem obstruída.

- O *stock* não se encontra no melhor estado de conservação (figuras 3.22 e 3.23);

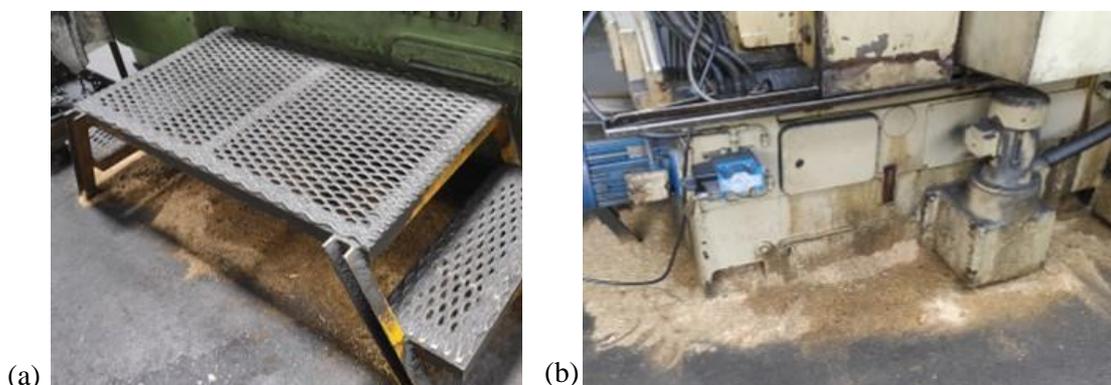


Figura 3.22: Estado de conservação das MP "cilindros".



Figura 3.243: Estado de conservação dos produtos acabados para expedição.

- Não existe rotina de limpeza (figura 3.24);



(a) – Acumulação de resíduos debaixo do banco do operador;
(b) – Acumulação de resíduos junto da base do equipamento.

Figura 3.234: Exemplo de postos de trabalho com resíduos da produção.

- Nem todos os postos de trabalho possuem material de limpeza (figura 3.25);



Figura 3.25: Material de limpeza de um posto de trabalho.

- Os métodos de trabalho não estão normalizados (cada operador opera de acordo com a sua experiência e por vezes dependem da ajuda dos que mais conhecimento têm);

- Não existem ferramentas de gestão visual na fábrica (figura 3.26).



Figura 3.26: Quadro informativo que se encontra na entrada do chão de fábrica.

Após a identificação das várias oportunidades de melhoria, foi realizada uma reunião com a chefia do departamento técnico da empresa onde se definiu que o objetivo seria atingir uma cotação de 80% na auditoria final. Para tal, seria necessário atuar sobre os parâmetros, começando pelos mais críticos.

3.4 PRIORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Este subcapítulo apresenta a sequência de análise dos problemas identificados, através da sua priorização, e analisa detalhadamente cada um, determinando as suas causas raiz. Os problemas identificados podem ser agrupados em quatro principais grupos de problemas a estudar, sendo estes os seguintes:

- 1) *Layout* inadequado;
- 2) Condições de trabalho não ideais;
- 3) Tempo de *setup* elevado;
- 4) Planeamento incorreto.

A classificação da prioridade dos problemas foi realizada em conjunto com o departamento técnico. Para tal foi aplicada a Matriz GUT, que classifica os problemas tendo em conta a sua gravidade, urgência e tendência. Quanto maior o valor de GUT, maior a importância do problema e a necessidade de ser resolvido.

Relativamente ao problema 1, a elevada duração dos tempos de mudança de formato dos equipamentos influencia bastante o cumprimento dos prazos de entrega da fábrica (quanto maior a duração do *setup* maior o tempo de entrega), diminuindo a sua capacidade de resposta e a satisfação dos clientes. Desta forma, deve ser abordado com urgência, uma vez que, também tem tendência a agravar com o passar do tempo, à medida que os equipamentos envelhecem e ficam mais desatualizados.

Quanto ao *Layout* inadequado, considerou-se que este problema tem um grande impacto no dia-a-dia da fábrica, nomeadamente na organização da mesma e nos desperdícios resultantes (tempo e MO), culminando na diminuição da sua eficiência. Mas, não piorando com o passar do tempo e não interferindo diretamente na qualidade dos processos ou na satisfação dos clientes, a sua resolução não é de máxima urgência.

O terceiro problema, que diz respeito às condições de trabalho não ideais no chão de fábrica – como a falta de limpeza e organização, excesso de ruído, falta de ventilação, grandes amplitudes térmicas

(especialmente inverno e verão) e corrente de ar excessiva – impacta bastante os trabalhadores, chegando estes a desenvolver patologias e a necessidade de deixar de trabalhar temporariamente. Como é uma situação recorrente e que tende a agravar as condições de saúde dos trabalhadores deve ser tratado com urgência.

Por último, considerou-se que o problema do Planeamento incorreto tem repercussões ao nível da eficiência e eficácia da fábrica, a longo prazo tem tendência a piorar (devido ao acumular de encomendas) e, como tal, deve ser tratado com urgência.

As classificações atribuídas apresentam-se de seguida na tabela 3.6.

Tabela 3.6: Priorização dos problemas identificados através da Matriz GUT.

Problemas Identificados	G	U	T	GUT	Prioridade
1. Tempo de <i>setup</i> elevado	5	4	2	40	2º
2. <i>Layout</i> inadequado	4	3	1	12	4º
3. Condições de trabalho não ideais	4	4	3	48	1º
4. Planeamento incorreto	3	3	2	18	3º

Assim, através da tabela 3.6, pode-se concluir que se deve atuar nos problemas pela ordem 3, 1, 2 e 4, de acordo com a sua prioridade. Seguidamente, estudou-se cada um e determinaram-se as causas raiz.

→ **Condições de trabalho não ideais**

Para este problema utilizou-se a ferramenta 5 Porquês (figura 3.27) para determinar as suas causas raiz.

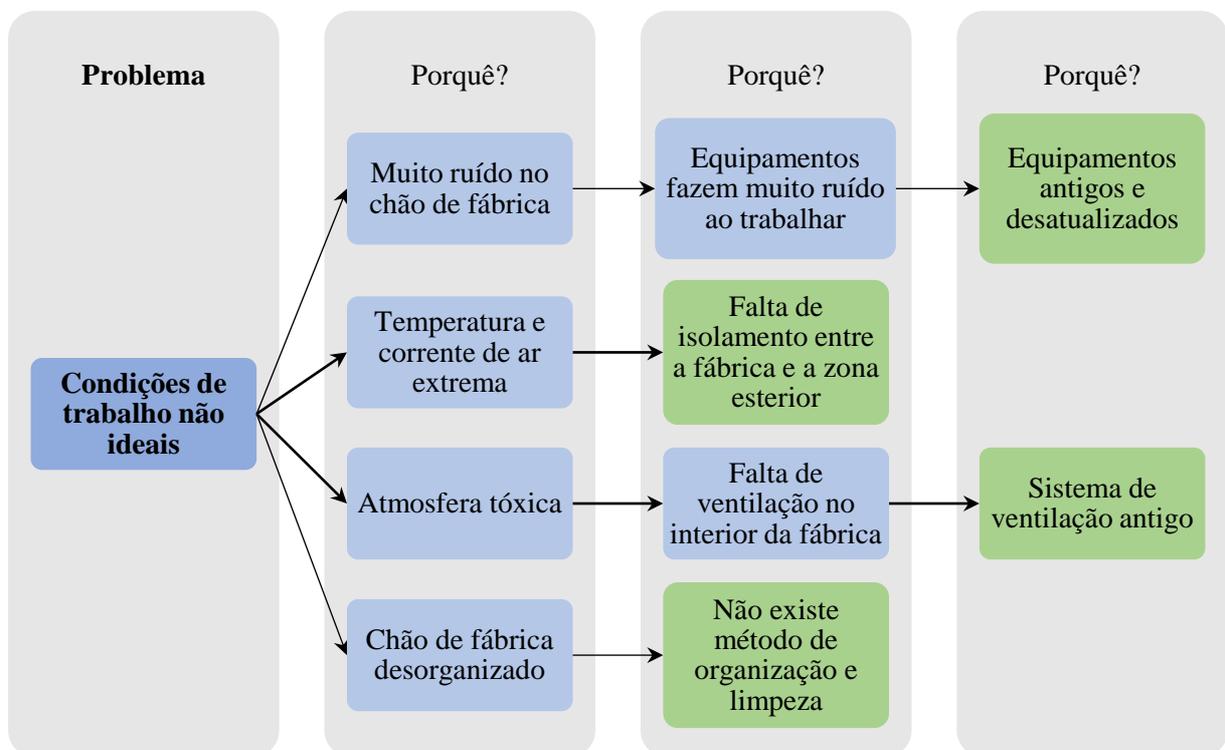


Figura 3.27: “5 Porquês” aplicados à falta de condições de trabalho.

Como se observa, as condições de trabalho dos operadores do chão de fábrica são afetadas pelo ruído causado pelos equipamentos existentes; pelas temperaturas extremas (no verão e inverno) e corrente de ar excessiva provocadas pela falta de isolamento dos espaços interiores dos exteriores; pela inexistência de um sistema de ventilação eficaz que limpe a atmosfera do interior da fábrica; e pela desorganização e falta de limpeza.

A falta de condições propícias dificulta o dia-a-dia dos trabalhadores, diminui a sua motivação, produtividade, precisão, capacidade de concentração e rigor; e aumenta a fadiga e o *stress*.

→ Tempo de *setup* elevado

Para saber como resolver este problema ou atenuar as suas consequências, foi necessário determinar as suas causas raiz. A esquematização das mesmas é apresentada na figura 3.28 através do Diagrama de Ishikawa aplicado ao problema Elevada duração do *setup* dos equipamentos da fábrica.

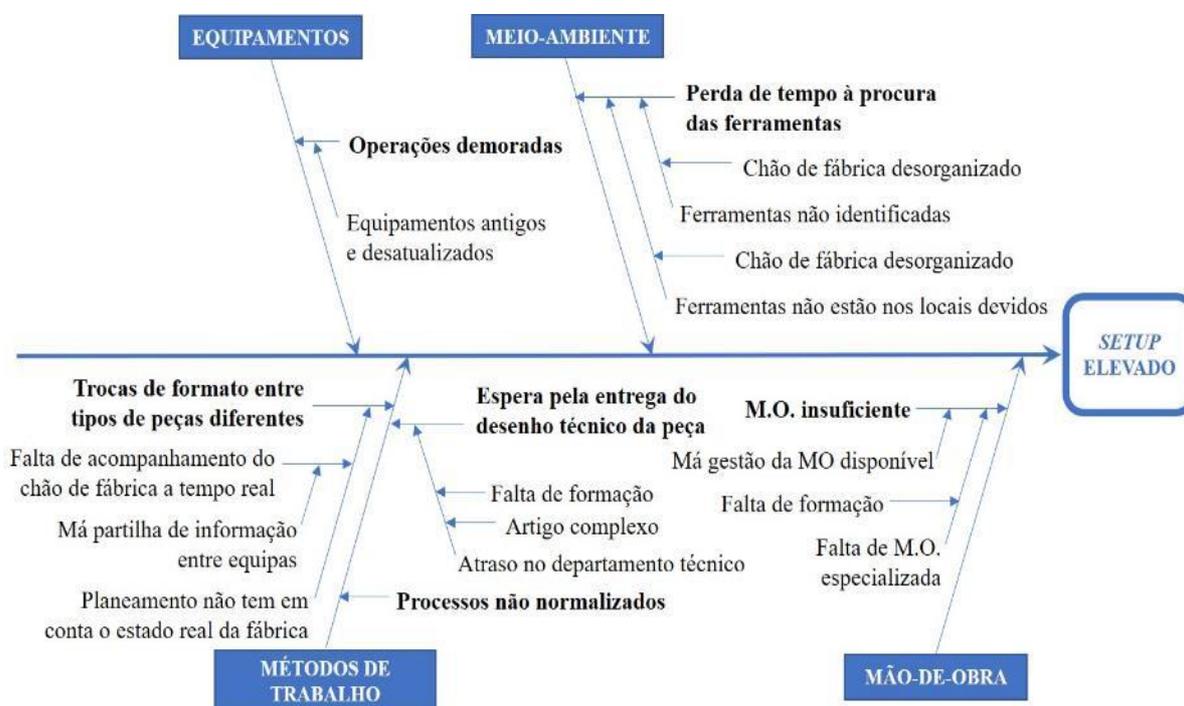


Figura 3.28: Diagrama de Ishikawa aplicado à elevada duração do *setup*.

Os Equipamentos antigos e desatualizados contribuem para o *setup* elevado na medida em que necessitam frequentemente de mais intervenções de manutenção, requerem mais tempo para executar operações e dependem mais da intervenção humana (aumentando o risco de ocorrência de erros).

No que concerne à desorganização do chão de fábrica, esta causa cria desperdícios de tempo – ao procurar ferramentas e materiais – aumentando do tempo de qualquer tarefa.

A falta de acompanhamento do estado do chão de fábrica, traduzida na partilha de informação incorreta entre a equipa da gestão da produção e as secções produtivas, faz com que o planeamento da produção não seja o mais eficaz e eficiente possível. Na realidade, o que acontece é que, depois da equipa ter feito o planeamento, este acaba por ser corrigido pelo coordenador de cada secção produtiva.

A inexistência de ações de formação impede o desenvolvimento das capacidades dos operadores, limitando a MO especializada e, por isso, muitas peças ficam à espera de um operador disponível para preparar determinados equipamentos.

Artigos complexos fazem com que a equipa de desenho demore mais a elaborar o desenho técnico do mesmo e, consecutivamente, a entregá-lo à produção. Esta causa não pode ser melhorada, dado que, não faria sentido reduzir a gama de peças fabricadas e que a elaboração de novos desenhos depende dos programas disponíveis. Os desenhos elaborados são guardados na base de dados da fábrica para, caso sejam fabricadas peças iguais no futuro, poderem ser novamente utilizados.

Relativamente à normalização de processos, a principal chave do processo de fabrico é a forma como são montadas as ferramentas nas máquinas, cada tipo de peça requer uma montagem própria; é esta produção altamente especializada que dificulta a normalização, no entanto, é possível elaborar processos *standard* gerais, para cada família de artigos, que funcionem como *guide lines* do processo.

Finalmente, se a gestão da mão-de-obra não tiver em conta as capacidades dos operadores bem como as tarefas atribuídas a cada um vai provocar erros no planeamento da preparação dos equipamentos atrasando a produção.

→ **Planeamento incorreto**

Para este problema, mais uma vez, utilizou-se a ferramenta dos 5 Porquês como forma a determinar as causas raiz onde atuar apresentada na figura 3.29.

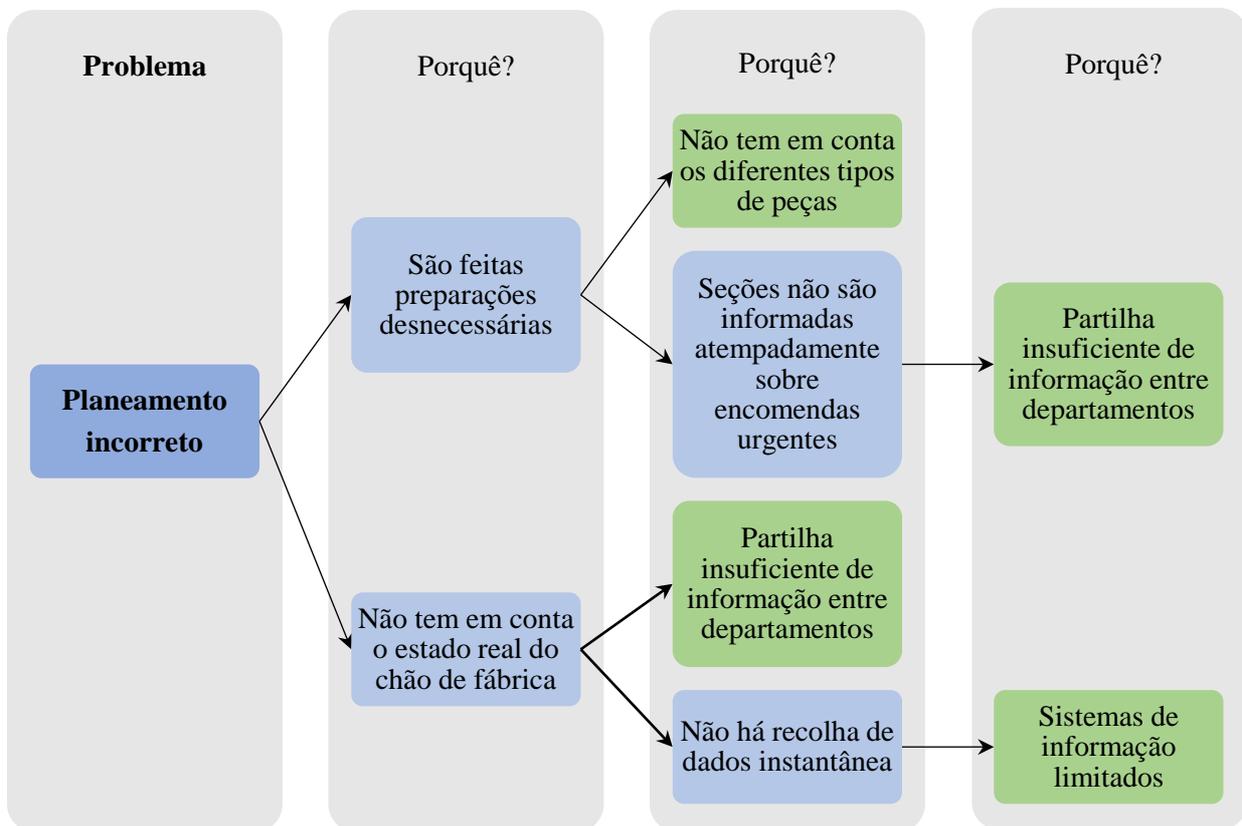


Figura 3.29: “5 Porquês” aplicados ao Planeamento incorreto.

O planeamento é dificultado pela diversidade de peças fabricadas. Dado que as mudanças de formato de equipamentos (troca do tipo de maquinaria da peça A para a B) são mais demoradas quanto mais distintas forem as peças, o planeamento da preparação dos equipamentos poderia considerar o tipo de peça que está montado em cada equipamento e o tipo que vai ser maquinado de seguida, diminuindo o tempo de preparação, bem como, preparações desnecessárias (estas ocorrem quando é preparado um equipamento para o tipo de peça A quando já havia um equipamento com a mesma preparação).

Em segundo, elabora-se um planeamento incorreto por não existir uma troca de informação fluída e eficaz, isto é, se as chefias de equipas e departamentos não comunicarem frequentemente e corretamente com os operadores das secções produtivas, perde-se a informação mais relevante sobre a produção.

A utilização de sistemas de informação limitados – pouco automatizados, que requerem a constante introdução de dados de forma manual e, por isso, raramente estão atualizados – dificulta a execução do planeamento exatamente porque, como não existe uma recolha de dados em tempo real, o mesmo é feito com base na informação menos atualizada, não representando o estado real do chão de fábrica.

→ **Layout inadequado**

Para determinar as causas raiz do segundo problema identificado, aplicou-se a ferramenta 5 Porquês, uma vez que se considerou que seria um problema de menor complexidade. As mesmas apresentam-se na figura 3.30.

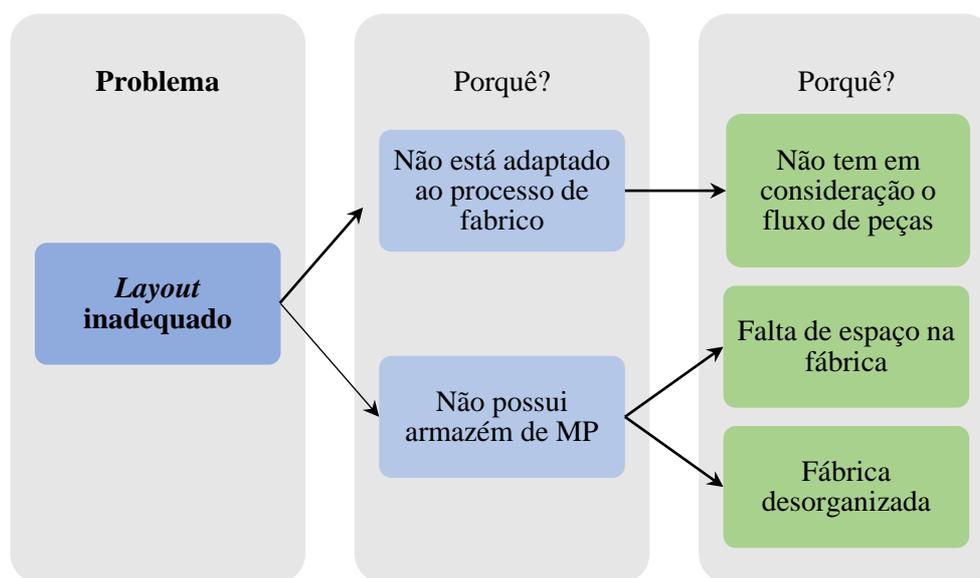


Figura 3.30: “5 Porquês” aplicados ao *layout* inadequado.

Esta ferramenta permitiu determinar que o *layout* atual do chão de fábrica não está adaptado ao processo de fabrico da fábrica, pois, as secções produtivas da fábrica não estão dispostas de acordo com o fluxo mais comum das peças, isto é, o circuito de fabrico mais realizado no dia-a-dia da fábrica que, dada a variedade de peças fabricadas (elevada customização) é difícil de definir, provocando deslocamentos desnecessários que se convertem em desperdícios de tempo.

A outra causa é a inexistência de um armazém de matéria-prima e faz com que a disposição do chão de fábrica não esteja completa. Atualmente estes materiais são colocados no corredor de passagem principal da fábrica, causando vários acidentes de trabalho e defeitos nas peças.

Após a determinação das causas raiz dos diversos problemas, chegou a fase de determinação e elaboração das propostas de melhoria.

4. PROPOSTAS DE MELHORIA

Esta etapa começa com o levantamento de ações de melhoria para cada causa raiz encontrada de cada problema, de seguida, dá-se a triagem dessas mesmas ações sugeridas através da aplicação da Matriz “Esforço/Impacto” e, por fim, são elaboradas as propostas de melhoria escolhidas.

→ Condições de trabalho não ideais

Na tabela 4.1 podem-se observar as causas raiz encontradas anteriormente no subcapítulo 3.4, bem como as ações de melhoria sugeridas para as resolver ou atenuar.

Tabela 4.1: Causas raiz das condições de trabalho não ideais e respetivas sugestões de melhoria.

Causas Raiz	Ações de Melhorias
Equipamentos antigos e desatualizados	1. Investir em equipamentos mais automatizados; 2. Atualizar dos equipamentos existentes.
Falta de isolamento entre fábrica e zona exterior	3. Colocar uma cortina de lamelas em zona de passagem para o exterior.
Sistema de ventilação antigo	4. Instalar novo sistema de ventilação.
Não existe método de organização e limpeza	5. Criar métodos de organização, arrumação e limpeza regulares do chão de fábrica.

Consecutivamente, estas ações foram selecionadas através da Matriz “Esforço/Impacto” com a ajuda das chefias dos departamentos técnico e de produção, na medida em que, os seus conhecimentos são essenciais para obter uma classificação rigorosa. A mesma apresenta-se na tabela 4.2.

Tabela 4.2: “Matriz Esforço/Impacto” aplicada às ações de melhoria do Problema 3.

- IMPACTO +	3, 5	1, 4
		2
	- ESFORÇO +	

Assim sendo, pode-se concluir que as tarefas com maior impacto para a resolução do problema e que necessitam de menos esforço da empresa durante a sua implementação são a 3 e a 5.

→ Duração elevada do *setup*

As ações de melhoria que permitam resolver ou atenuar a ocorrência e as consequências das causas podem-se observar na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Causas raiz do *setup* elevado e respetivas ações de melhoria propostas.

Causas Raiz	Ações de Melhorias
Equipamentos antigos e desatualizados	1. Investir em equipamentos mais automatizados; 2. Atualizar dos equipamentos existentes; 3. Simplificar das operações.
Chão de fábrica desorganizado	4. Criar métodos de organização, arrumação e limpeza do chão de fábrica.
Falta de acompanhamento do chão de fábrica a tempo real	5. Implementar reuniões de planeamento diárias com todos os chefes de equipa.
Falta de formação	6. Criar programas de formação para os trabalhadores; 7. Criar instruções de trabalho para cada posto.
Processos não normalizados	7. Criar instruções de trabalho para cada posto.
Má gestão da MO disponível	8. Alocar os operadores de acordo com as suas capacidades e tarefas planeadas.

De seguida, procedeu-se à avaliação das propostas classificando o impacto e o esforço da sua implementação, como se pode observar na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Matriz “Esforço/Impacto” aplicada às ações de melhoria do Problema 1.

- IMPACTO +	3, 4, 5, 6, 7, 8	1
		2
	- ESFORÇO +	

Após a classificação, concluiu-se que as ações de melhoria que se poderiam abordar durante o estudo são as ações 3, 4, 5, 6, 7 e 8 assinaladas a verde na matriz.

→ **Planeamento incorreto**

As sugestões de melhoria para feitas para o Planeamento incorreto estão apresentadas na tabela 4.5.

Tabela 4.5: Causas raiz do Planeamento não eficaz e respetivas ações de melhoria propostas.

Causas Raiz	Ações de Melhorias
Não se têm em conta os diferentes tipos de peças	1. Planear a troca de formato considerando os tipos de peças e os equipamentos já preparados.
Partilha de informação deficiente entre departamentos	2. Implementar reuniões de planeamento diárias com todos os chefes de equipa.
Sistemas de informação limitados	3. Implementar novo sistema de informação.

Seguindo a mesma lógica de análise utilizada nos outros problemas, foi aplicada novamente a matriz de Esforço/Impacto (tabela 4.6).

Tabela 4.6: Matriz “Esforço/Impacto” aplicada às ações de melhoria do Problema 4.

- IMPACTO +	2	1, 3
	- ESFORÇO +	

Assim conclui-se que a ação de melhoria a abordar durante o estudo seria a 2.

→ **Layout inadequado**

Novamente, na tabela 4.7, podem ser observadas as ações de melhoria sugeridas melhorias para este problema.

Tabela 4.7: Causas raiz do *layout* inadequado e respectivas ações de melhoria propostas.

Causas Raiz	Ações de Melhorias
Não se tem em consideração o fluxo de peças	1. Elaborar um novo <i>Layout</i> adaptado ao processo de fabrico.
Não existe armazém de MP	2. Criar um armazém de MP inserido no novo <i>Layout</i> ; 3. Adquirir um novo espaço fabril ou de armazém.

Aplicando a Matriz de “Esforço/Impacto” (tabela 4.8) obtemos as melhorias a elaborar.

Tabela 4.8: Matriz “Esforço/Impacto” aplicada às ações de melhoria do Problema 2.

- IMPACTO +	1, 2	3
	- ESFORÇO +	

Como se constata, as ações de melhoria a abordar neste estudo são a 1 e 2, uma vez que, são as que requerem menor esforço por parte da empresa.

Após a determinação das causas raiz dos problemas e da triagem das sugestões de melhoria, segue-se a apresentação das respetivas propostas, que visam eliminar ou atenuar as causas raiz encontradas, aumentando o desempenho da fábrica e a satisfação dos clientes da A.Brito.

Para tal, listaram-se todas as ações de melhoria sugeridas escolhidas pela Matriz “Esforço/Impacto”, de seguida, analisando a lista, verificou-se que existem sugestões de melhoria iguais ou semelhantes que resolvem problemas diferentes. Desta forma, resumiram-se as sugestões, para cada uma criou-se uma proposta de melhoria correspondente, como se observa na tabela 4.9.

Tabela 4.9: Melhorias sugeridas, propostas a elaborar e respetivos problemas.

Melhoria Sugerida	Proposta de Melhoria a elaborar	Problema que resolve			
		1	2	3	4
• Criar métodos de organização, arrumação e limpeza do chão de fábrica;	Melhoria da organização e limpeza dos postos de trabalho	X		X	
• Criar um armazém de MP inserido no novo <i>layout</i> ;	Nova área de armazenagem de matéria-prima		X		
• Elaborar o novo <i>layout</i> adaptado ao processo de fabrico;	Novo <i>layout</i> adequado ao processo fabril		X		
• Implementar reuniões de planeamento diárias com todos os chefes de equipa;	Melhoria da partilha de informação	X			X
• Alocar os operadores de acordo com as suas capacidades e tarefas planeadas;		X			
• Colocar uma cortina de lamelas em zona de passagem para o exterior;	Melhoria das condições de trabalho no chão de fábrica			X	
• Criar programas de formação para os trabalhadores;	Planeamento de ações de formação para os operadores	X			
• Simplificar as operações;	Diminuição do tempo de <i>setup</i>	X			
• Criar instruções de trabalho para cada posto;		X			

Cada proposta elaborada vai contribuir para a resolução dos respetivos problemas que, em última instância, contribui para a melhoria do maior sintoma encontrado – o difícil cumprimento dos prazos da entrega –, através da redução do *lead time* dos artigos. As propostas definidas estão apresentadas nos subcapítulos seguintes.

4.1 MELHORIA DA ORGANIZAÇÃO E LIMPEZA DOS POSTOS DE TRABALHO

Após identificar a necessidade de melhorar a organização e limpeza na fábrica, através da auditoria realizada na secção 3.3.3 da Identificação de Problemas, propuseram-se ações de melhoria para os parâmetros mais críticos da auditoria. A implementação destas ações tem como objetivo atingir o valor de 80% na auditoria final. Na tabela 4.10 pode-se observar as ações a executar para melhorar cada parâmetro.

Tabela 4.10: Melhorias propostas para corrigir os pontos críticos.

Ação a executar	Parâmetro que melhora
1) Eliminar os materiais e ferramentas obsoletos: colocar um autocolante vermelho em todas as ferramentas e sempre que uma for utilizada retira-se o autocolante. Após um mês as ferramentas que ainda tiverem o autocolante podem ser eliminadas.	1.1

Tabela 4.10: Melhorias propostas para corrigir os pontos críticos (continuação).

Ação a executar	Parâmetro que melhora
2) Definir lógica de arrumação: as ferramentas mais utilizadas estão localizadas ao lado dos postos de trabalho, as utilizadas com uma frequência média são arrumadas nas prateleiras mais perto dos postos de trabalho e as menos utilizadas são arrumadas nas prateleiras mais distantes. E todas devem ser organizadas por tipo.	1.5 e 1.6
3) Identificar as ferramentas e arrumá-las devidamente.	2.3
4) Rotular armários, gavetas, contentores e prateleiras.	2.4
5) Marcar o chão das zonas de arrumação de material, de ferramentas e de produtos.	2.1
6) Identificar zonas de arrumação de material, de ferramentas e de artigos.	2.2
7) Limpar regularmente todo o tipo de <i>stock</i> (subcontratar limpeza profissional).	3.1 e 4.2
8) Normalizar métodos de trabalho.	4.1
9) Delimitar as vias de circulação: distinguir as vias destinadas à circulação de pessoas (trabalhadores e visitantes) e à circulação de veículos de transporte de material.	4.3 e 2.5
10) Criar rotinas de autoinspeção do posto de trabalho: cada posto deverá conter uma folha com um quadro de avaliação das ações 5S.	5.4

Para elaborar as marcações do chão de fábrica (ação 9), segundo o artigo 10º, Secção II, Capítulo II da Portaria n.º 53/71 de 3 de fevereiro (MECPSSA, 1971), considerou-se que: para vias de circulação de peões a largura do corredor deve ser 1,2 metros (pela fábrica possuir um número de trabalhadores inferior a 50); e que para vias de circulação de peões e veículos a largura do corredor deve ser 3,2 metros – soma da largura necessária para os peões com a dimensão do conjunto empilhador e pessoa.

Segundo a OSHA – *Occupation Safety and Health Administration* (2021), as linhas de marcação devem ter no mínimo 5 cm de largura e, para zonas de circulação ou passagem, devem ser da cor amarela. Na figura 4.1 pode-se observar a planta da fábrica com as devidas marcações sugeridas.

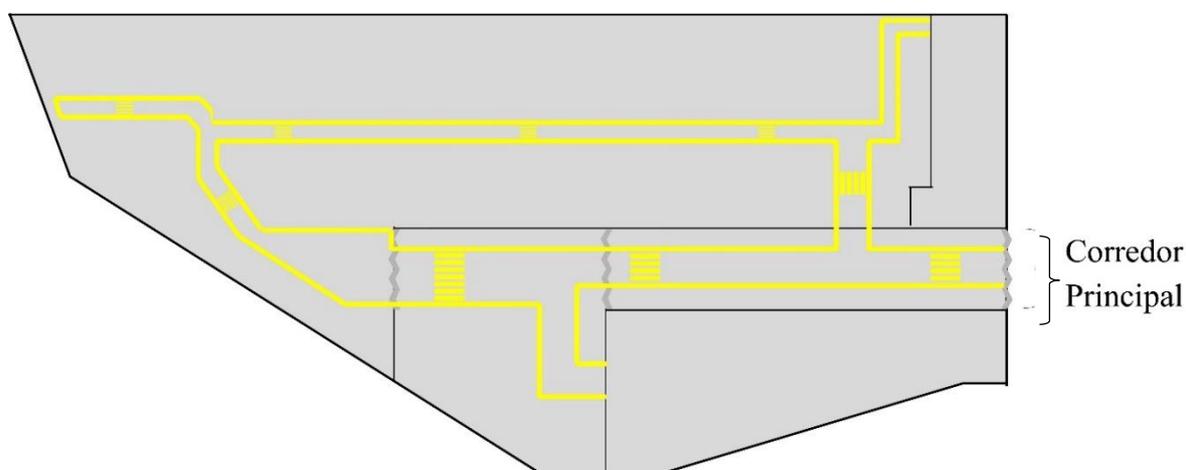


Figura 4.1: Delimitação das zonas de circulação da fábrica sugerida.

Na elaboração da marcação, foi tido em conta que é necessário passar um camião no corredor principal da unidade para a recolha de resíduos, sendo necessário que este tenha no mínimo 2,8 metros de largura. Como se pode verificar este requisito foi cumprido. Estima-se que as linhas de marcação das vias de circulação perfaçam cerca de 325 metros de comprimento.

Relativamente à ação 10, analisou-se o “S” de disciplina que diz respeito à necessidade de criar hábitos, isto é, de conseguir incorporar os procedimentos de organização, arrumação, limpeza e padronização nas tarefas diárias dos trabalhadores. Dado que o ser humano é uma criatura de hábitos, não é fácil mudar a sua maneira de trabalhar, assim, como complemento à avaliação por superiores, considerou-se pertinente introduzir um quadro de autoavaliação 5S.

Para garantir o cumprimento da rotina, o operador no final do turno deve avaliar o estado do seu posto de trabalho, de acordo com a tabela 4.11.

Tabela 4.11: Quadro 5S presente em cada posto de trabalho.

	Pontuação (0, 1 ou 2)				
	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
Preciso de tudo o que tenho no posto de trabalho?					
O meu posto está organizado?					
O meu posto está limpo?					
Estou a respeitar as regras de trabalho?					
	TOTAL				
	Objetivo	8	8	8	8

O operador deve responder a estas perguntas com 0, 1 ou 2. Sendo que o 0 significa nunca, o 1 às vezes e o 2 sempre. O objetivo é que no final do turno o trabalhador obtenha a pontuação máxima de 8 valores – significa que cumpriu todas as tarefas e o posto de trabalho encontra-se organizado, limpo e conforme.

4.2 NOVA ÁREA DE ARMAZENAGEM DE MATÉRIA-PRIMA

Atualmente, a fábrica não possui um local específico para armazenar as MP, uma vez que não encomenda as mesmas para *stock*. No entanto, esta proposta surge da necessidade que existe em acondicionar devidamente a MP para evitar a sua deterioração, evitar acidentes e para serem facilmente identificáveis.

Dada a grande variedade de artigos fabricados na A.Brito, a gama de matéria-prima encomendada é muito vasta. Assim, é preciso separar as mesmas em duas categorias, as MP que são encomendadas às unidades (“Peças”) e as encomendadas por comprimento (os “Cilindros”, que são posteriormente cortados), para que possam ser analisadas devidamente.

As “peças” estão colocadas lateralmente ao longo do corredor central, ocupando cerca de um terço da via de circulação, e os “cilindros” na zona descoberta da fábrica, o que, ocasionalmente, provoca colisões com veículos de transporte, pessoas ou mesmo com outros materiais movimentados.

Sugere-se que as matérias-primas “peças” sejam armazenadas na nova localização definida pela A.Brito, enquanto que, os “Cilindros” continuarão a ser armazenadas no exterior – dada a falta de outro espaço – mas numa nova infraestrutura. Assim, a armazenagem de cada tipo de MP será analisada individualmente.

Na figura 4.2 observa-se os locais de armazenagem atuais.

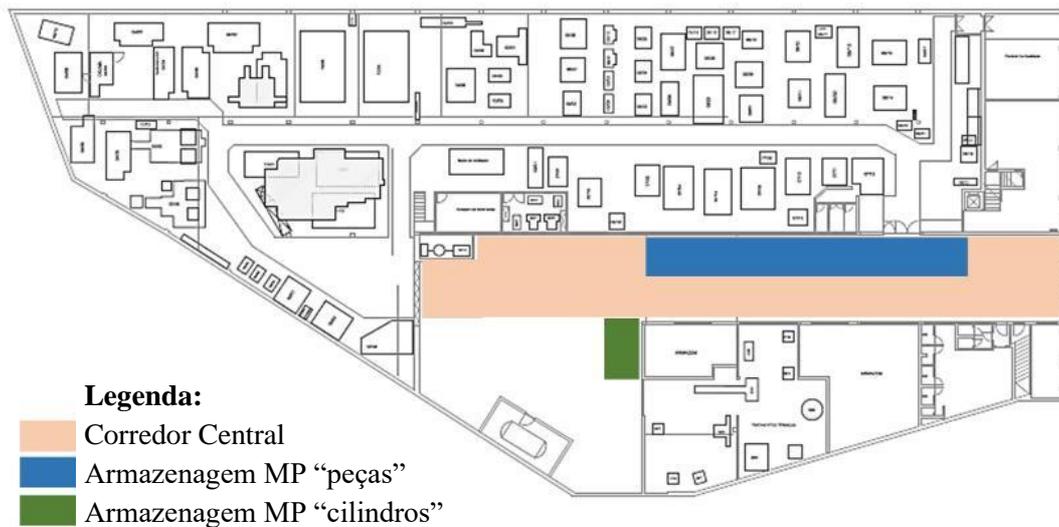


Figura 4.2: Identificação dos locais de armazenagem das MP e do corredor central.

→ **Layout da nova área de armazenagem de Matérias-Primas “Peças”**

Após uma sessão de *brainstorming* com o departamento técnico da empresa sobre as melhorias sugeridas, entendeu-se que esta proposta seria do interesse da mesma, deste modo, a empresa indicou prontamente o novo local de armazenagem da MP, bem como as seguintes três condições essenciais para o estabelecimento da ordem organizacional do espaço:

- **Condição 1:** devem continuar a ser armazenados lá dentro os materiais necessários para a pintura, de forma a ficarem também protegidos e próximos do local de execução da mesma;
- **Condição 2:** o porta-paletes tem de conseguir entrar dentro do espaço para guardar e remover material;
- **Condição 3:** deve ser reservada uma zona para serem colocadas as peças acabadas de pintar a secar – o espaço indicado é isolado e ideal para proteger as peças.

Posto isto, procedeu-se então à análise do espaço indicado. A localização da nova área de armazenagem de MP na fábrica está representada a amarelo na figura 4.3.



Figura 4.3: Localização da nova zona de armazenagem de MP "Peças".

Atualmente, este espaço está destinado à armazenagem de tintas, destinadas à Pintura, e de outros produtos (alguns não utilizados) como resíduos, ferramentas, fatos de pintura, entre outros, e, como se pode observar na figura 3.17 (secção 3.3.3), não apresenta um método de organização, dificultando a procura de materiais e objetos que se encontrem no interior.

Assim, para reconfigurar este espaço à nova área de armazenagem de MP é importante que, antes de elaborar o novo *layout*, o primeiro passo seja retirar daquela sala tudo o que não for MP ou material de pintura, descartando tudo o que não esteja a ser utilizado ou que se encontre obsoleto – utilizando o primeiro “S”, *Seiri* (que significa “Utilização”), da metodologia 5S. Para além do material da Pintura, ficam a restar apenas as infraestruturas de arrumação, as estantes e armários.

Durante o estudo da conceção do novo *layout* da área de matéria-prima, tendo em conta as estruturas restantes na sala após a seleção inicial dos mesmos, a principal pergunta colocada foi “Qual é a disposição das *racks* que simultaneamente confere mais espaço de armazenagem, melhora o fluxo de material, e respeita as condições colocadas pela empresa?”. Para responder à mesma, foi necessário em primeira instância perceber quais os principais entraves à conceção do novo *layout* da sala.

Começou-se por estudar a forma, as dimensões e a organização das estantes, do armário e do espaço em si, como se pode observa na figura 4.4. É importante referir que a profundidade das prateleiras é de 0,6 metros e que os respetivos comprimentos de cada uma estão indicados na figura.

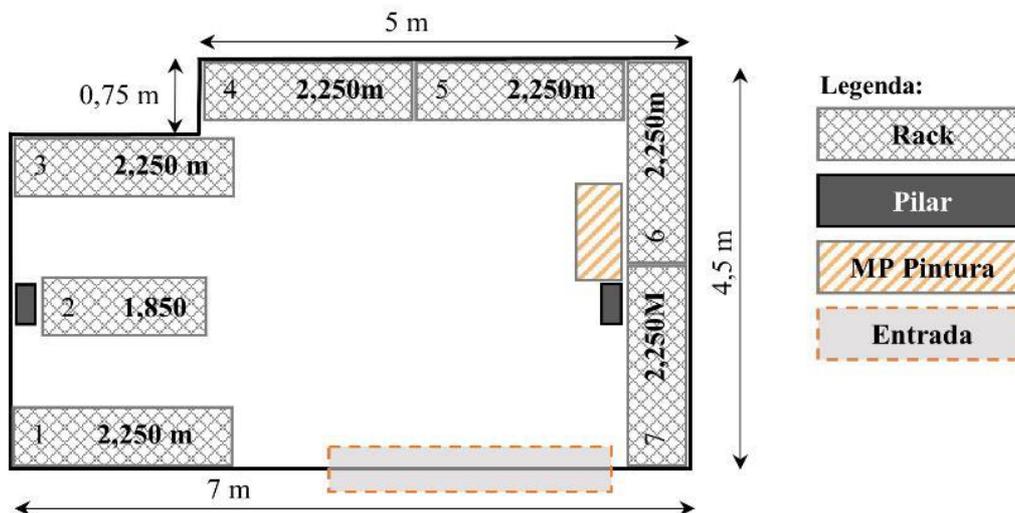


Figura 4.4: *Layout* atual do espaço destinado à armazenagem de MP "Peças".

Constatou-se que várias das características próprias da sala são de facto obstáculos ao bom aproveitamento do espaço, como:

- Dois pilares (0,2m x 0,2m): um na parede esquerda da sala que impede a colocação de *racks* ao longo da mesma e outro do lado direito que dificulta a circulação;
- Forma do perímetro da sala: a saliência existente em vez do canto superior esquerdo da sala;
- Espaço de dimensões reduzidas.

Para além destes entraves, a atual disposição das estantes e armários, como a colocação de um armário à frente e encostado à *rack* 6, dificultam o acesso dos trabalhadores aos materiais aí armazenados, influenciando o normal funcionamento da fábrica.

Após esta análise, procedeu-se ao estudo das condições estabelecidas. É necessário ter em conta que a formulação de novas hipóteses de *layout* é limitada por estas condições, bem como pelas características inerentes à sala.

Condição 1: deve continuar a armazenar os materiais necessários para a Pintura

Para concretizar esta condição, considerou-se novamente a frequência da realização desta operação. Dado o seu reduzido valor, estes materiais devem ficar armazenados nos espaços de armazenagem mais distantes da entrada, de forma que, as MP “Peças” fiquem armazenadas mais próximo da mesma, mas também no lugar mais determinado como mais conveniente à conceção do *layout*.

Condição 2: o porta-paletes tem de conseguir entrar dentro do espaço

Para calcular o espaço necessário para manusear o porta-paletes é necessário considerar o seu comprimento (1,6 metros) e a espessura do peito do operador. O primeiro valor foi obtido através da medição direta do veículo. Para obter o segundo, foi necessário recorrer à tabela 4.12 que indica os valores antropométricos de operadores da população portuguesa masculina (Arezes *et al.*, 2014):

Tabela 4.12: Dados antropométricos estáticos da População Portuguesa Masculina.
(Adaptado de Arezes *et al.*, 2014)

Dimensões	M	DP	Percentil			
			1 ^o	5 ^o	95 ^o	99 ^o
Comprimento máximo da coxa	590	33	513	536	644	319
Espessura do peito	265	23	211	227	303	339
Espessura abdominal	265	32	191	213	317	1.377
Alcance funcional vertical (sentado)	1.250	55	1.123	1.160	1.340	708
Distância ombro-assento	630	33	552	575	685	325
Distância cotovelo-assento	255	30	185	206	304	386
Largura de ombros (biacromial)	335	22	284	299	371	546
Largura de ombros (bideltóide)	475	30	404	425	525	437
Largura das ancas	380	24	323	340	420	100
Peso (kg)	74	11	48	56	92	667

Dada a variabilidade existente nas medidas antropométricas de diferentes pessoas, considerou-se o Percentil 99, de forma a abranger o maior número possível de trabalhadores. Assim sendo, pode-se considerar para medida da espessura do peito do operador 0,339 metros, conseqüentemente, o conjunto pessoa-veículo (operador que manuseia o porta-paletes) vai necessitar de um diâmetro de 1,939 metros para poder rodar e mudar de direção (figura 4.5). É necessário garantir que qualquer *layout* elaborado tenha no mínimo 1,939m de distância entre *racks* para garantir a circulação livre do porta-paletes.

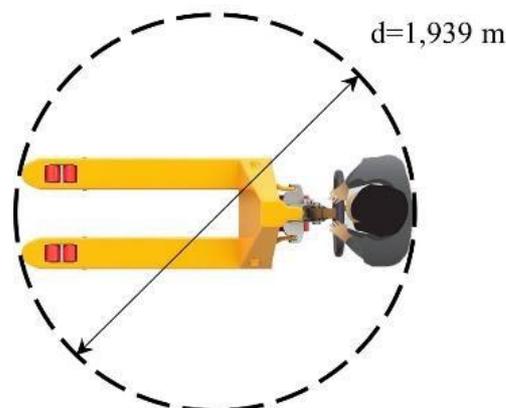


Figura 4.5: Diâmetro do conjunto porta-paletes e trabalhador.

Deste modo, para satisfazer esta primeira condição, é necessário remover a *rack* 2 que se encontra atualmente encostada ao pilar esquerdo, de modo que, o porta-paletes consiga entrar nessa zona sem dificuldade.

Condição 3: deve ser reservada uma zona de secagem

Relativamente à criação de uma zona para colocar os produtos a secar, é necessário ter em conta que esta operação não é muito frequente, pelo que não necessita de uma zona permanente.

Dado que a sala tem dimensões reduzidas, retirar espaço das prateleiras ou mesmo retirar *racks* junto das paredes, para colocar uma zona de secagem, não seria a opção mais sensata porque na maior parte do tempo seria espaço inutilizado.

Assim, de forma a maximizar o espaço de armazenagem, decidiu-se criar uma zona no centro da sala para colocar as paletes de peças a secar no chão. Esta zona será delimitada e quando necessário ocupada, nessa altura o porta-paletes não conseguirá entrar e o material será retirado “à mão” pelos operadores, mas dada a reduzida frequência de ocorrência, esta situação esporádica não surge como um obstáculo.

A dimensão desta área vai ter em conta que os operadores necessitam de corredores com pelo menos 1 metro para circularem livremente ao longo das prateleiras para retirarem as matérias-primas (MECPSSA, 1971).

Hipóteses Formuladas:

Após o estudo das três condições, foram elaboradas duas propostas para o novo *layout* da área das MP – a “Hipótese 1” e a “Hipótese 2”.

A hipótese 1 (figura 4.6) difere do cenário atual, na medida em que não possui a estante na parede lateral esquerda (*rack* 2) nem o armário de matéria-prima de Pintura do lado direito. Consequentemente, seria necessário abdicar de espaço de armazenagem de MP “Peças” para colocar o material de Pintura, caso contrário a condição 2 não seria respeitada.

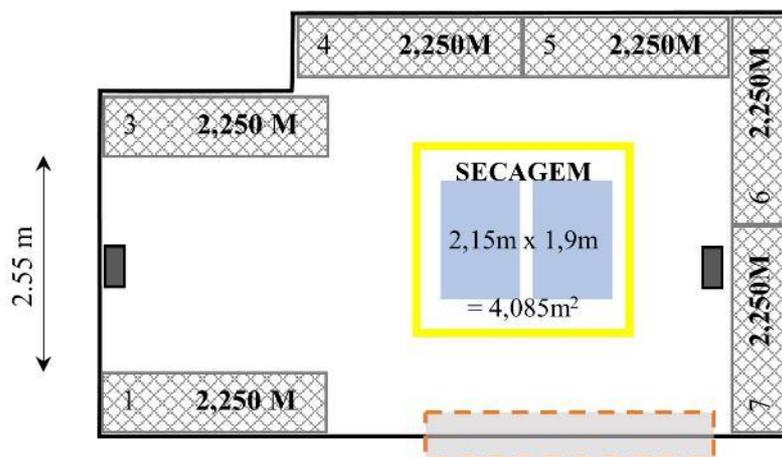


Figura 4.6: Hipótese de layout 1.

Já a hipótese 2 (figura 4.7) possui mais alterações, para além da remoção das mesmas estruturas da hipótese 1 (*rack* 2 e armário de MP de Pintura), a *rack* 3 foi colocada paralelamente à parede lateral esquerda e encostada à *rack* 1. Para ocupar o espaço de sobra (onde já não cabia mais nenhuma estante), foi colocado um armário de MP de Pintura.

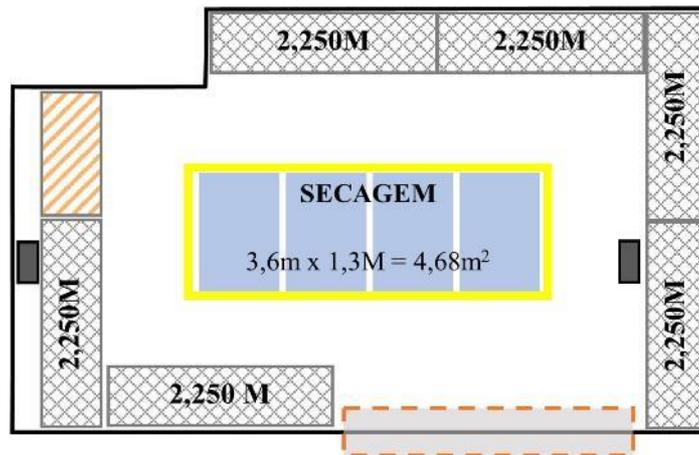


Figura 4.7: Hipótese de layout 2.

Se for necessário, podem ainda ser colocados espaçadores entre as paletes para criar mais espaço de secagem existindo vários níveis de paletes sobrepostos verticalmente (figura 4.8).



Figura 4.8: Exemplo de espaçadores de paletes (PROFISHOP, 2021).

Para selecionar o cenário mais benéfico para o dia-a-dia da empresa, os mesmos foram avaliados através dos seguintes parâmetros:

- Área disponível para armazenagem de MP “Peças”;
- Número de armários de MP de Pintura;
- Número de paletes na zona de secagem.

Para o cálculo da área disponível para a zona de secagem, é de salientar que, após observação direta do modo de circulação dos operadores, considerou-se que o pilar que se encontra do lado direito da sala não interfere com o percurso dos mesmos – dadas as suas reduzidas dimensões – e que cada corredor deve ter pelo menos 1 metro de largura para permitir o fluxo dos trabalhadores.

Assim, o *layout* da hipótese 1 permite criar uma zona de secagem com 2,15 metros de comprimento e 1,9 metros de largura, já o da hipótese 2 permite criar uma zona de secagem com 3,6 metros de comprimento e 1,3 metros de largura.

Para calcular o número de paletes que se conseguem colocar na zona de secagem em simultâneo, consideraram-se as paletes mais utilizadas na fábrica, as estabelecidas pela Norma Europeia ISPM 15, que possuem 1,2 metros e 0,8 metros de comprimento e largura, respetivamente. Obtém-se então a seguinte tabela 4.13.

Tabela 4.13: Avaliação das Hipóteses Atual, 1 e 2.

Parâmetros	Hipótese	
	1	2
Área disponível de armazenagem de MP “Peças” (m ²)	32,4	32,4
Número de armários de MP de Pintura (unidades)	0	1
Número de paletes por nível na zona de secagem (unidades)	2	4

Das duas hipóteses apresentadas, a melhor é a 2 porque, possuindo o mesmo espaço de armazenagem, pode ter mais duas paletes na zona de secagem e mais um armário para o material de pintura que a hipótese 1. Conclui-se então que a melhor hipótese de *layout* para a nova zona de armazenagem das matérias-primas é a hipótese 2.

→ **Armazenagem da Matéria-Prima “Cilindros”:**

No momento do estudo, as MP do tipo “Cilindros” encontravam-se armazenadas no exterior, no chão, sem qualquer proteção, encostados a uma parede (figura 3.22). Estão sujeitos aos elementos climáticos que provocam desgaste e degradação. Na fábrica, não existia nenhum espaço disponível para armazenar estas matérias-primas, desta forma, esta proposta vai incidir em elaborar uma estrutura de armazenagem protetora.

Dada a fisionomia circular e maciça deste tipo de matéria-prima, caracterizada pelo seu grande comprimento, é sugerida uma organização das mesmas em estantes próprias divididas por materiais e por diâmetros, como sugere a figura 4.9 elaborada através do *software* SolidWorks.

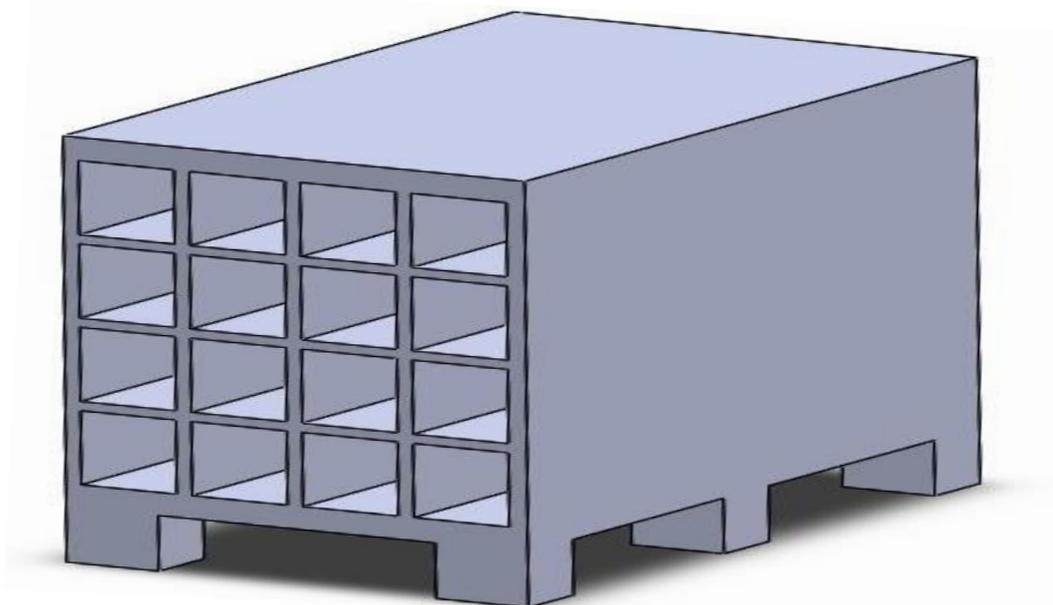


Figura 4.9: Estrutura proposta para arrumação da MP "cilindros".

A análise das necessidades de MP “Cilindros” permitiu organizar cilindros de acordo com o seu material, sendo que cada tipo pode ter diferentes especificações: aço, alumínio, bronze e termoplástico, como se pode observar na figura 4.10.

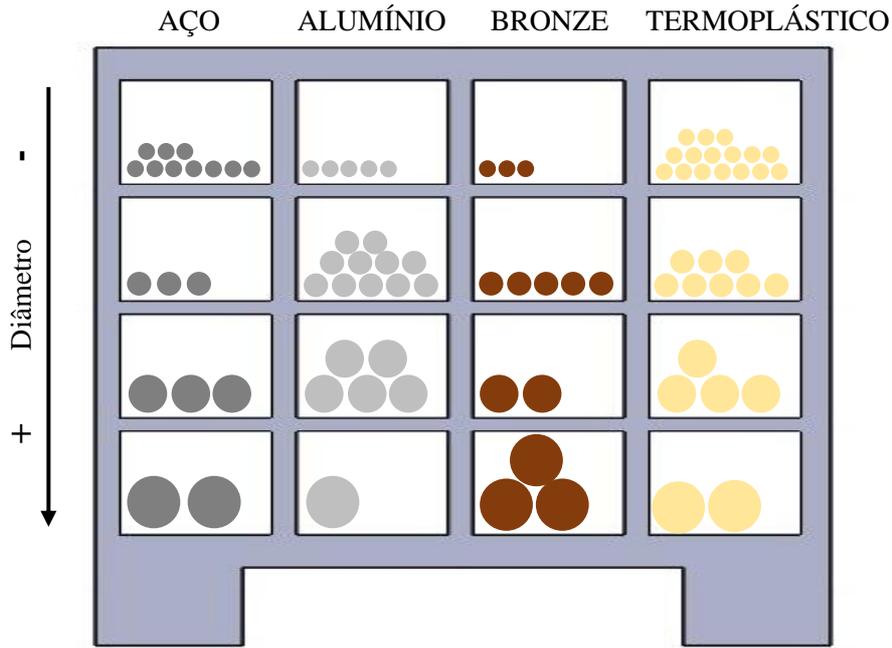


Figura 4.10: Esquemática da Organização da estante de MP "Cilindros".

Esta proposta poderia ser executada dentro da própria fábrica, pois existem os recursos necessários (materiais e MO), ou seja, os próprios trabalhadores poderiam construir a estante. As dimensões sugeridas podem-se observar na figura 4.11.

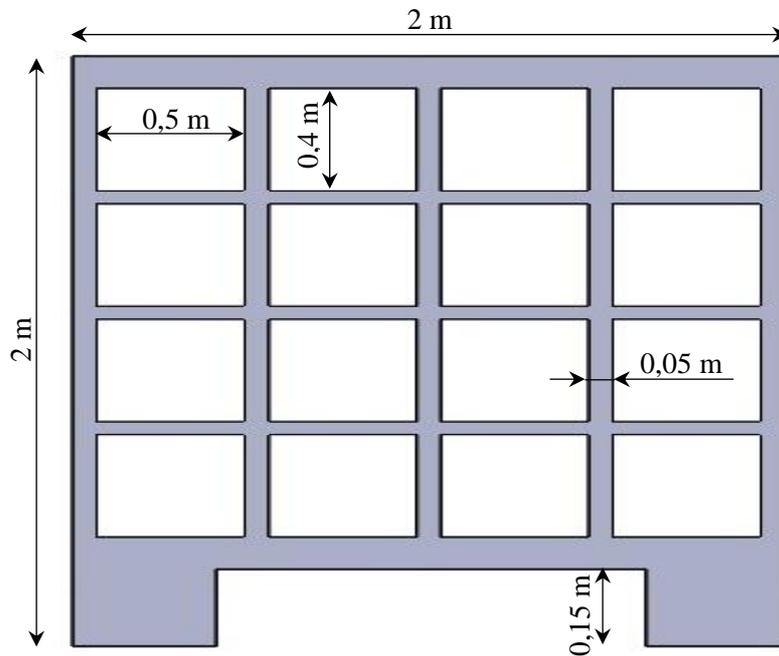


Figura 4.11: Dimensões sugeridas da estrutura elaborada.

A construção desta estrutura ou aquisição de uma semelhante facilitaria a procura dos materiais e atrasaria a sua degradação, reduzindo o número de defeitos nos artigos e desperdícios de material. Consequentemente, esta forma de armazenagem aumentaria a qualidade dos artigos e diminuiria o *lead time* dos mesmos.

4.3 NOVO LAYOUT ADEQUADO AO PROCESSO FABRIL

Diariamente, os operadores deparam-se com situações que prolongam a execução das suas tarefas diárias, que poderiam ser evitadas com o correto planeamento e execução do *layout* da fábrica, como a necessidade de percorrerem grandes distâncias para obterem as ferramentas e outros materiais necessários às suas tarefas, a constante movimentação de artigos e a falta de espaço entre equipamentos que dificulta a circulação fluída dos trabalhadores. Esta realidade resulta num gasto desnecessário de tempo útil que poderia ser aproveitado em atividades de valor acrescentado.

Estas situações diárias são consequências do planeamento inadequado e ausência de estudos prévios à execução do *layout*, podem-se observar na:

- Inexistência de uma linha de produção definida;
- Inexistência de um fluxo linear de pessoas, materiais e informação;
- Não implementação das distâncias necessárias de segurança entre equipamentos e corredores estabelecidas pela lei;
- Não definição de zonas de armazenagem de matéria-prima e produto acabado;
- Falta de espaço útil para o operador em cada posto de trabalho;
- Não distinção e identificação de acessos e zonas de passagem de operadores e materiais.

Perante isto, facilmente se constata a necessidade de elaborar um novo *layout* do chão de fábrica. Este poderia ser de vários tipos, mas o considerado mais adequado foi o *layout* por processo (ou funcional). Dada a grande variedade de operações e processos existentes na fábrica, existe um elevado número de equipamentos, considerou-se então que a melhor forma de organizar o chão de fábrica seria de acordo com o tipo de operações executadas, ou seja, dividi-lo por secções onde cada uma representa um tipo de operação, possuindo vários equipamentos semelhantes que executam o mesmo tipo de tarefa.

Esta forma de organização do chão de fábrica permite responder melhor às flutuações da procura de artigos, permite um melhor controlo sob cada secção e impede a paragem da produção, caso ocorram avarias dos equipamentos.

No momento do estudo, a fábrica já se encontrava dividida segundo uma lógica semelhante. Possuía os equipamentos agrupados pelo tipo de operações que executam, apenas não possuía as secções ordenadas segundo um critério. Durante o estudo realizado, o chão de fábrica encontrava-se com a disposição apresentada na figura 3.3 na secção 3.1.1. Seguindo o fluxograma elaborado do processo de fabrico da família A de artigos (obtida através das classificações ABC – secção 3.31), é possível delinear o trajeto que, uma unidade de um artigo faria ao longo de todo o seu ciclo de produção (figura 4.12).

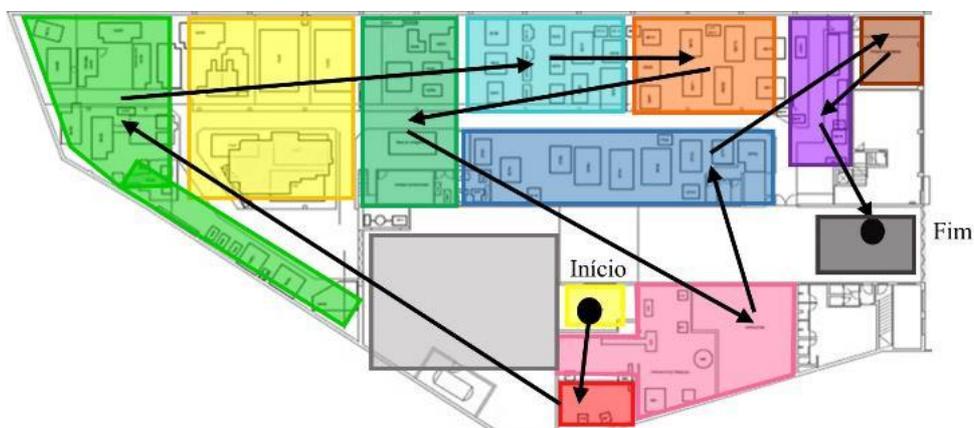


Figura 4.12: Fluxo de uma unidade de um artigo da família A ao longo do seu processo.

Como se observa, é um fluxo não linear onde o artigo executa um trajeto em vários sentidos e direções. O percurso diário destas rotas ao longo de vários anos e de inúmeras encomendas leva a grandes desperdícios de tempo. Desta forma, decidiu-se organizar o *layout* da fábrica. Logo de seguida, procedeu-se à ordenação das secções ao longo da fábrica, de acordo com o fluxo de operações executado com maior frequência (como analisado na secção 3.3.1), tendo em consideração as informações apresentadas de seguida.

→ **Considerações a ter:**

Em primeiro lugar, listaram-se as limitações das infraestruturas da fábrica, como:

- O pé direito reduzido (dado a origem das infraestruturas da fábrica – foi construída originalmente para uma indústria têxtil);
- A existência de uma grua de elevação instalada (que não cobre completamente toda a fábrica) para mover as peças de equipamento em equipamento;
- A existência de pilares estruturais dispostos ao comprimento pelo centro da fábrica;
- A existência de uma zona da fábrica não coberta, que não pode ser utilizada para a produção (é utilizada para armazenar temporariamente os resíduos metálicos que seguem para uma siderurgia);
- A forma irregular do perímetro da fábrica.

Em segundo, ao apresentar a ideia da elaboração de um novo *layout* à empresa, foram colocadas as seguintes condições: as zonas do controlo da qualidade e de resíduos são fixas; o espaço à frente de zonas de passagem deve ficar livre; a secção de Centros de Maquinagem CNC deve ser retirada, juntamente com os Tornos CNC pertencentes à secção do Torneamento (uma vez que vão ser transferidos para a fábrica de Alfena); e a zona de soldadura (pertencente à secção de tratamentos térmicos) também não pode ser movimentada, dadas as condições de ventilação necessárias que a divisão atual possui; o *layout* atual da secção de Tratamentos Térmicos não pode ser alterado.

O facto da secção de maquinagem CNC desaparecer vem ajudar na resolução do problema de falta de espaço entre equipamentos e nos postos de trabalho. Averiguou-se e, segundo o Decreto-Lei n.º 243/86 de 20 de agosto, no capítulo II artigo 4º (MTSS, 1986), são necessários no mínimo 0,8 metros de distância entre postos de trabalho consecutivos (equipamentos) e a área útil por trabalhador (excluindo a ocupada pelo equipamento) deve ser no mínimo 2 metros quadrados.

Considerou-se que cada posto de trabalho requer apenas um trabalhador para executar a tarefa, as situações que requerem mais do que um ocorrem durante a movimentação de artigos e não durante a execução da operação em si. Outro ponto considerando, foi relativamente à segurança do espaço de trabalho, nomeadamente às zonas de passagem. Segundo o ponto 1 do artigo 10º da Portaria n.º 53/71 de 3 de fevereiro (MECPSSA, 1971), a largura das zonas de passagem de uma empresa com mais de 50 trabalhadores deve ser superior a 1,20 metros e múltipla de 0,60. Assim, considerou-se que as zonas de passagem da fábrica devem possuir uma largura de 1,80 metros para permitir a passagem fluída dos materiais, operadores e transportadores.

Considerou-se conveniente colocar as estantes e armários existentes ao longo de algumas das paredes da fábrica – nas mais longas. No estado atual, nem todos esses objetos possuem um local predestinado de arrumação por não existir uma regra de organização e arrumação, mas com proposta apresentada no subcapítulo 4.1 isto deixa de ser a realidade. Como não é possível colocar equipamentos em funcionamento encostados a paredes, devido à sua amplitude de movimento e vibrações ocorridas durante o seu funcionamento, a aplicação desta medida não vai interferir com a nova disposição dos mesmos, nem com o espaço que lhes é destinado.

→ Estudo das relações entre Secções:

Tendo analisado todas as considerações expostas, foi possível prosseguir para a elaboração do diagrama de relações entre secções. Este permitiu analisar a importância existente entre as ligações e interações das operações e definir a sequência de disposição dos blocos no *layout*, baseando-se nas suas características e na sua influência nas secções adjacentes. É importante lembrar que, como a secção dos Centros de Maquinagem CNC vai ser transferida para a outra fábrica, a mesma não entra no diagrama.

Para o realizar, em primeiro lugar, considerou-se que as secções que executam tarefas consecutivas no fluxo de produção mais comum devem estar próximas umas das outras, obtendo assim a relação “absolutamente necessário” representada pela letra “A”. Um exemplo disso são as secções de Corte e Torneamento. Verificou-se (na secção 3.3.1) que o Torneamento é a operação que segue o Corte, então é absolutamente necessário que esta secção esteja próxima da primeira, para que a distância percorrida na movimentação dos artigos entre equipamentos seja a menor possível.

De seguida, considerou-se que as secções não consecutivas, mas que, no fluxo produtivo representativo, retratam operações próximas (ou seja, com uma outra operação no meio), devem estar relativamente perto (não sendo necessário serem adjacentes).

Analisou-se o caso da Fresagem para obter um melhor entendimento. Como se observa, esta tem de estar ao lado do Torneamento – por representarem operações consecutivas no fluxo –, mas já não tem de ser adjacente ao Corte, no entanto, convém também não estar distante, pela proximidade de operações no ciclo de produção. A esta relação atribui-se a letra “I” que significa que é importante estarem próximas.

Consecutivamente, atribuiu-se a letra “O” às relações neutras, esta representa as secções que não têm importância estarem próximas ou afastadas, simplesmente não se influenciam uma à outra.

Por fim, a letra “X” – que simboliza as relações negativas – é atribuída ao par de secções que não podem estar próximas. Um exemplo disto são as secções da Qualidade, Retificação e Montagem que, tanto quanto possível, não devem ser colocadas na vizinhança da secção dos Resíduos, uma vez que, os artigos (em vias de fabrico) podem ser danificados caso ocorra a contaminação destas áreas com limalhas metálicas e outras substâncias residuais.

Esta linha de pensamento segue uma lógica mais generalizada e, como é de esperar, possui sempre exceções ou situações mais específicas que são necessárias considerar. Nesta ótica, atribuiu-se a relação “I” entre a Retificação e as secções do Torneamento, da Fresagem e da Talhagem, pois, como é muito comum, após um artigo realizar alguma destas três últimas operações precisa, de seguida, ser retificado (ou seja, algum pormenor que o equipamento não conseguiu executar tão bem deve ser aperfeiçoado manualmente pelo operador) antes de seguir para a próxima operação.

Outra situação excepcional, é o caso da secção dos Resíduos. É conveniente que esta esteja nas proximidades do Torneamento, da Fresagem e da Talhagem, pois estas são as operações que mais resíduos produzem. Assim, a importância dada a estas relações vai permitir diminuir a distância percorrida pelos trabalhadores ao transportar os resíduos dos seus locais de trabalho para esta zona.

A última consideração feita foi em relação às secções de Armazenagem de MP e PA. A primeira tem de estar perto da secção do Corte – pelo Corte ser a primeira operação do fluxo de produção – e a segunda deve estar próximo das secções da Qualidade, Retificação e Montagem – por serem as atividades finais do ciclo produtivo de onde saem geralmente os produtos acabados. Para além disto, nenhuma dessas duas secções pode estar próxima da secção de Resíduos, para evitar contaminações da matéria-prima e dos artigos a expedir.

Tendo todas as relações entre atividades bem definidas e justificadas, conseguiu-se elaborar o diagrama de relações que vai ser essencial para a elaboração do *layout* do chão de fábrica, pois facilita o encaixe das secções no diagrama de blocos – cujo processo é por tentativa. O diagrama de atividades elaborado pode ser observado na tabela 4.14.

Tabela 4.14: Diagrama de relações entre as secções da fábrica.

	Corte	Torneamento	Fresagem	Talhagem	Serralharia	Trat. Térmicos	Qualidade	Retificação	Montagem	Resíduos	Armaz. MP	Armaz. PA
Corte	-	A	I	O	O	O	O	O	O	O	A	O
Torneamento		-	A	I	O	O	O	I	O	I	I	O
Fresagem			-	A	I	O	O	I	O	I	O	O
Talhagem				-	A	I	O	I	O	I	O	O
Serralharia					-	A	O	I	O	O	O	O
Trat. Térmicos						-	I	A	O	O	O	O
Qualidade							-	A	A	X	I	I
Retificação								-	I	X	O	I
Montagem									-	X	O	A
Resíduos										-	X	X
Armaz. MP											-	O
Armaz. PA												-

Tendo esta informação organizada, foi possível então passar à fase de construção dos vários diagramas de blocos. Podem existir várias combinações possíveis e foi então necessário testá-las para encontrar a mais adequada.

→ **Elaboração e avaliação das hipóteses do layout:**

Na elaboração dos Diagramas de Blocos, fez-se inicialmente o “encaixe das secções”, sem ter contabilizado a área das mesmas. Visto que os equipamentos tinham de ser afastados para garantir as distâncias de segurança, a área de algumas secções não se iria manter igual e não era possível calcular a área futura sem ter o desenho da planta terminado. Então, foi preciso colocar um equipamento de cada vez na Planta da fábrica. Assim, desenhou-se no Diagrama de Blocos cada equipamento, atribuindo-se a localização e a área útil do operador do mesmo, respeitando as distâncias de segurança, sempre com o auxílio da ferramenta *Excel*.

Em primeiro lugar, foi necessário saber a área ocupada por cada equipamento. Alguns possuíam essa informação nos documentos da empresa, outros tinham a informação disponível nos catálogos na *Internet* e os restantes foram medidos. Esta informação pode-se observar no anexo I.

Para disposição dos equipamentos na planta da fábrica, estabeleceram-se alguns critérios, como:

- 1) Os equipamentos de cada secção são separados em dois grupos de acordo com o tamanho – os de maiores dimensões ficam do lado direito do corredor central, enquanto os de dimensões menores ficam à esquerda –;
- 2) Dentro de cada grupo de equipamentos, os equipamentos mais pequenos – que são os mais limitados quanto ao tamanho das peças que podem maquinar – devem ser colocados mais perto da zona de circulação de material (corredor central);
- 3) Na secção do Torneamento diferenciaram-se os tornos verticais dos tornos paralelos (horizontais), estes encontram-se separados pelo corredor central da fábrica, ficando cada tipo de torno de cada lado;

- 4) O equipamento de embalagem (C08/N30) deve permanecer na zona de entrada e saída da fábrica, onde é feita a expedição dos artigos;
- 5) Na elaboração das hipóteses de *layout*, a área de cada posto de trabalho engloba a área do equipamento e a área útil necessária por trabalhador;
- 6) O espaçamento entre equipamentos deve ser no mínimo de 0,8 metros, mas foi utilizado 1 metro de afastamento.

Como a fábrica consiste principalmente num corredor, onde se encontram a maioria das secções produtivas, considerou-se que o fluxo de material deve dar-se ao longo desse mesmo corredor. Assim, após várias tentativas de conceção de diferentes diagramas de blocos, chegou-se a dois resultados possíveis que diferem no sentido em que se dá a movimentação do material pela fábrica:

- **Hipótese 1 do novo *layout*:** a maior parte das operações do fluxo de material ocorrem no sentido da direita para a esquerda do corredor central da fábrica (figura 4.13);



Figura 4.73: Hipótese 1 do novo *layout* da fábrica.

- **Hipótese 2 do novo *layout*:** a maior parte das operações do fluxo de material ocorrem no sentido da esquerda para a direita do corredor central da fábrica (figura 4.14).

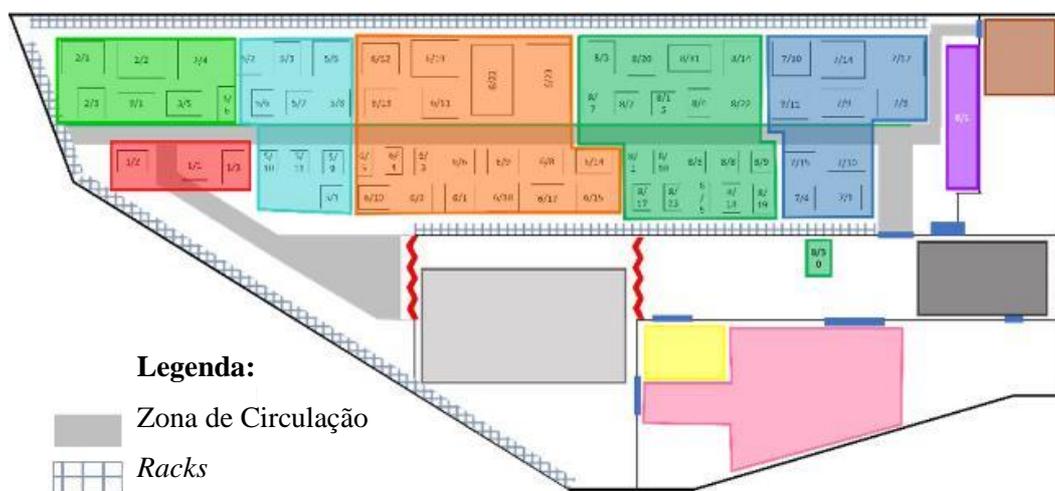


Figura 4.14: Hipótese 2 do novo *layout* da fábrica.

Em cada hipótese os postos de trabalho foram colocados, de acordo com as suas dimensões, mais próximo do corredor central (como referido no critério 2), mas também de acordo com o fluxo de material. Ou seja, na Hipótese 1, se o fluxo se inicia da direita para a esquerda, então, em cada secção produtiva, os equipamentos encontram-se dispostos por tamanho também da direita para a esquerda, e vice-versa para a Hipótese 2.

Seguidamente, avaliaram-se os dois cenários com o intuito de determinar aquele se seria a melhor opção para o dia-a-dia da fábrica e dos seus trabalhadores. O critério utilizado foi a distância entre os centróides das secções e, para tal, mediram-se as distâncias entre as localizações hipotéticas das mesmas, como se pode constatar na tabela 4.15.

Tabela 4.15: Comparação das distâncias entre centroides das secções.

Secções		Distâncias entre secções (metros)	
Início	Fim	Hipótese 1	Hipótese 2
Armazenagem MP	Corte	47	59
Corte	Torneamento	9	10
Torneamento	Fresagem	8	18
Fresagem	Talhagem	16	14
Talhagem	Serralharia	18	18
Serralharia	Tratamentos Térmicos	66	73
Tratamentos Térmicos	Retificação	62	62
Retificação	Controlo da Qualidade	23	23
Controlo da Qualidade	Montagem	19	19
Montagem	Armazenagem PA	22	22
Distância Total Percorrida (metros)		290	318
Distância Total Percorrida (%)		69,71	76,44
Distância Reduzida (%)		30,29	23,56

Observando os resultados presentes na tabela, conclui-se que o melhor cenário do *layout* seria a Hipótese 1. Apesar de nem todas as secções adjacentes ficarem mais próximas, como é o caso da armazenagem de MP e a secção do Corte, esta é a que tem a menor distância total percorrida num ciclo de produção de um artigo representativo da família A, determinada através das análises ABC (secção 3.3.1).

4.4 MELHORIA DA PARTILHA DE INFORMAÇÃO

Durante o período de execução do estudo, um dos grandes problemas na fábrica do Porto tratava-se da comunicação não eficaz e ineficiente entre colegas, equipas e departamentos. Este problema, causado pela má partilha de informação, não permitia que existisse a partilha nem o desenvolvimento de conhecimentos pelos trabalhadores, influenciando claramente a elaboração do planeamento da produção.

Assim, o objetivo desta proposta seria o de criar uma reunião diária com os chefes de todos os departamentos (administração, técnico, planeamento, controlo da qualidade, talhagem e gestão da

produção) para discutir o estado da fábrica, de forma a que todos os membros estejam a par das ocorrências, divulgando a informação eficazmente entre as suas equipas. Os tópicos a abordar seriam os seguintes:

- 1) **O trabalho terminado:** esclarecer quais as peças que acabaram a maquinagem do seu processo de fabrico e, dessas, quais são as que necessitam de algum tipo de controlo e as que estão prontas para ser expedidas;
- 2) **O trabalho em curso:** clarificar quais as peças que ainda estão a maquinar, quanto tempo ainda demoram, a disponibilidade dos equipamentos, entre outros assuntos relevantes relacionados com estas peças (imprevistos, avarias, defeitos, entre outros);
- 3) **O trabalho que está à espera:** especificar quais as peças que estão à espera, os seus processos e a prioridade de cada;
- 4) **O trabalho que chegou:** discutir as encomendas que chegaram e a sua prioridade de execução.

Estes seriam os principais tópicos a abordar durante a reunião diária, mas poderiam surgir outros sempre que necessário, como imprevistos e exceções que tenham ocorrido, por exemplo: fornecedores com entregas em atraso; trabalhadores em falta; artigos com defeito, entre outros. Estas reuniões seriam sempre acompanhadas por duas ferramentas de gestão visual, dois quadros *kanban*, que permitiriam gerir toda a informação trocada. Um deles para organizar a produção por equipamento e outro por operador.

Para além dos dois quadros *kanban*, para auxiliar esta reunião sugere-se a utilização da ferramenta 5W2H, uma *checklist* que ajuda os participantes a cumprir todos objetivos da tarefa, como se pode observar na tabela 4.16.

Tabela 4.16: Guião da reunião diária.

Informação sobre a Reunião Diária de Planeamento

Prioridade	Alta
O que será feito?	Discutir trabalhos terminados, em curso, à espera e recebidos.
Porquê?	Partilhar a informação mais recente do estado atual do chão de fábrica e elaborar um planeamento mais adaptado ao mesmo.
Por quem?	Chefes de departamentos e secções
Quando será feito?	Todos os dias de manhã (ex: 9h)
Onde será feito?	Nos escritórios
Como será feito?	<ol style="list-style-type: none"> 1) Indicar o trabalho terminado; 2) Indicar o trabalho em curso; 3) Indicar o trabalho que está à espera; 4) Indicar o trabalho que chegou; 5) Referir imprevistos que tenham acontecido; 6) Atualizar o quadro <i>kanban</i>.
Quanto tempo?	Entre 5 e 10 min.

A tabela 4.16 vai ajudar a guiar a reunião, abordando apenas os assuntos essenciais no mínimo tempo possível e apenas com os trabalhadores necessários – os chefes de secção e departamentos – que depois partilham a informação obtida com as respetivas equipas.

→ **Quadro *kanban* de equipamentos:**

Uma vez que o tipo de produção da fábrica é caracterizado por uma grande quantidade de peças diferentes, não existe um processo de fabrico comum a todos os artigos fabricados. Logo, com o objetivo de criar um quadro *kanban* que englobasse todos os artigos, não foi possível aplicar o formato geralmente utilizado neste tipo de ferramentas de gestão visual. Isto é, como não existe um processo constante, não é possível criar um quadro *kanban* com etapas sequenciais em que o artigo percorre sempre uma de cada vez (do início ao fim) até terminar o processo.

Desta forma, associando a necessidade de criar um quadro *kanban* adaptado ao processo de fabrico e a necessidade de visualizar rapidamente o estado atual do chão-de-fábrica – em que secção e em que equipamento cada peça se encontra, para que se possa planear o trabalho seguinte tendo em conta a preparação prévia de cada máquina – criou-se um quadro que, em vez de processos, está organizado por equipamentos e postos de trabalho. Assim, é possível identificar visualmente o que está a ser produzido e onde, facilitando o planeamento futuro. O quadro *kanban* criado pode ser observado no anexo II.

Basicamente, à medida que a reunião se desenrola, a informação do quadro vai sendo atualizada. As novas encomendas vão para a coluna “para fazer” – ficando em estado de espera –, os pedidos que no dia anterior à reunião já se encontram nessa coluna e que já poderiam começar a ser executados passariam para a coluna seguinte, “Em curso”, e o que no dia anterior se encontrava nesta mesma coluna – ou seja, os artigos que estavam a ser maquinados – e no momento da reunião estão terminados passam então para a secção “terminado”.

Este procedimento permite que todas as equipas tenham uma perceção real do estado atual do chão de fábrica e uma troca de informação mais eficaz e eficiente, o que, conseqüentemente, evita falhas de comunicação, desperdícios de tempo e falhas e atrasos na produção.

Para identificar o produto no quadro, foi sugerido utilizar um cartão “identidade” (figura 4.15) que apresente a informação relevante sobre o artigo em produção, como uma imagem da peça (fotografia ou desenho técnico), o nome da mesma, o nome do cliente que a encomendou, a quantidade a produzir, o prazo de entrega e os equipamentos por onde a peça vai passar durante o seu processo.

CARTÃO IDENTIDADE	
Nome do Artigo: _____	
Referência: _____	
Nome do Cliente: _____	
Quantidade: _____	
Prazo de entrega: _____	
Equipamentos: _____ _____	

Figura 4.158: Cartão de acompanhamento dos artigos no quadro *kanban*.

A organização de toda a informação vai permitir diminuir erros de comunicação, melhorando a partilha de informação, e elaborar um melhor planeamento da produção. Tudo isto contribui para a tomada de decisões mais informadas e para o aumento da rapidez de resposta da fábrica.

→ **Quadro *kanban* de operadores:**

Outra consequência da má partilha de informação é a má gestão das tarefas dos trabalhadores, acabando uns por ficar mais sobrecarregados que outros. Assim, esta ferramenta teria o intuito de organizar a produção de acordo com a disponibilidade dos operadores, evitando sobrecargas e melhorando o aproveitamento da MO disponível. O quadro *kanban* de operadores elaborado pode ser observado na tabela 4.17.

Tabela 4.17: Quadro *kanban* de operadores.

Secção	Trabalhador	Para fazer		Em curso	Terminado
		Prioridade normal	Prioridade alta		
Qualidade	OP1				
	OP2				
	OP3				
Fresagem	OP4				
	OP5				
	OP6				
Retificação	OP7				
	OP8				
	OP9				
Serralharia	OP10				
	OP11				
	OP12				
	OP13				
	OP14				
	OP15				
Tornos	OP16				
	OP17				
Corte	OP18				

Com o auxílio deste quadro, os chefes de equipa poderão gerir de forma mais eficaz e eficiente os operadores disponíveis, distribuindo da forma mais conveniente o trabalho a fazer.

4.5 MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO NO CHÃO DE FÁBRICA

No dia-a-dia da fábrica observam-se várias situações onde os trabalhadores estão desconfortáveis com as condições dos seus postos de trabalho e, em alguns casos, estes acabam por contrair patologias que, com a devida tomada de atenção, poderiam ser evitadas. Nesta medida, esta proposta de melhoria tem o principal intuito de ajudar a melhorar as condições de trabalho dos operadores, que conseqüentemente diminuirá o surgimento de patologias nos mesmos, diminuindo o absentismo – aumentando a MO disponível - reduzindo o tempo de fabrico e o *lead time*.

Após a realização de *gemba walks* e questionários informais a operadores, percebeu-se que a situação de descontentamento mais frequente diz respeito à passagem de uma corrente de ar forte no corredor central da fábrica, apresentado a amarelo na figura 4.16, especialmente por parte de trabalhadores da soldadura e tratamentos térmicos. Esta, é provocada pelo facto de a área da fábrica possuir uma zona de “pátio” exterior (representado a azul na figura 4.16) completamente descoberta.

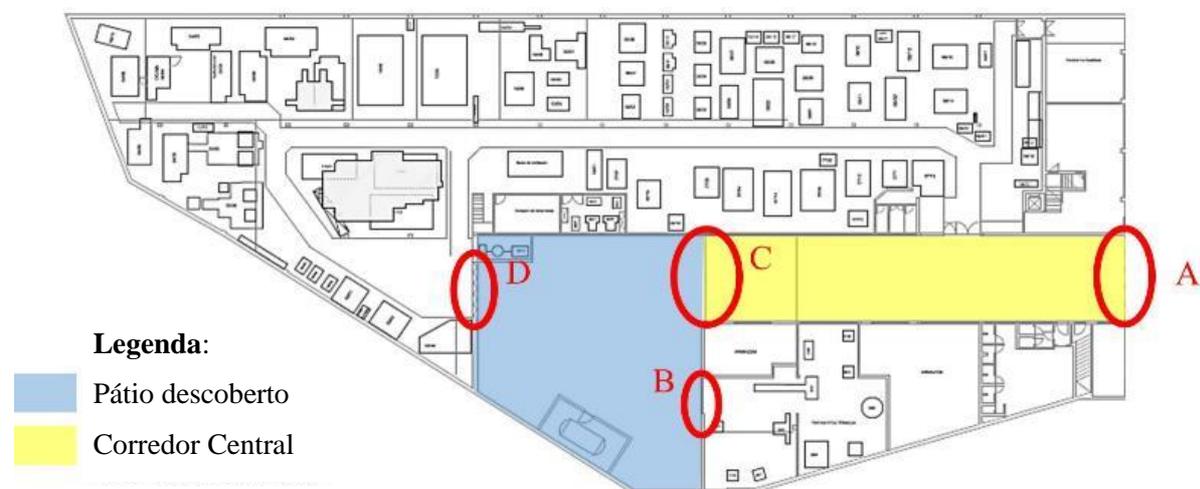


Figura 4.16: Indicação das zonas de passagem em contacto directo com o exterior.

Dado que esta zona é utilizada para a remoção dos resíduos – retirados pela abertura por um equipamento – pensou-se na colocação de cortinas de lamelas nos locais de passagem, entrada e saída da fábrica em contacto directo com o exterior, como assinalado a vermelho na figura 4.16, de forma a diminuir todas as correntes de ar prejudiciais aos operadores.

As cortinas de lamelas, para além de evitarem correntes de ar fortes ao longo do corredor central, permitem manter as temperaturas no interior da fábrica. Esta característica mostra-se particularmente útil durante os meses de inverno, uma vez que, a zona onde está localizada a fábrica costuma apresentar temperaturas relativamente baixas durante esta época do ano, mas também no verão, impedindo que o calor entre na área de trabalho dos operadores.

Estas cortinas (figura 4.17) permitem também diminuir a propagação do ruído da fábrica (provocado pelo funcionamento dos equipamentos) para as áreas adjacentes. As lamelas deste artigo são constituídas por Policloreto de Vinila (PVC), um polímero sintético, que, para além de impedir a passagem de corrente de ar indesejada, possui muitas outras vantagens, como (RXL, 2013):

- Impedir o fluxo de pó, gases e partículas em suspensão de zonas de trabalho para outros locais;
- Permitir o fluxo de veículos e de pessoas (com segurança), devido à sua flexibilidade e forma com cantos e arestas arredondados;

- Promover a insonorização, dificultando a transmissão do ruído;
- Formar barreira contra insetos, animais e substâncias provenientes do exterior;
- É de rápida instalação e fácil manutenção;
- Possuir um material antibacteriano;
- Atuar como um isolante, permitindo a conservação da temperatura dos ambientes, quer seja impedindo o calor de sair como de entrar (protegendo os operadores no inverno e no verão);
- Contribuir para a diminuição do consumo de energia elétrica (por serem isolantes).



Figura 4.17: Exemplo de cortinas de lamelas (RXL, 2013).

Assim, esta proposta estaria não só a melhorar as condições de trabalho dos operadores, como também a contribuir para o bom funcionamento de toda a fábrica e para a sua eficiência.

4.6 PLANEAMENTO DE AÇÕES DE FORMAÇÃO DOS OPERADORES

Com o intuito de aumentar a MO qualificada disponível na fábrica surgiu esta oportunidade de melhoria, que consiste na realização de ações de formação. Estas seriam dadas pelos operadores mais experientes aos membros mais recentes das equipas, de forma a aumentar o seu nível de formação.

Primeiramente, considerou-se conveniente avaliar as capacidades dos operadores, para tal, utilizou-se a matriz de capacidades, uma ferramenta de gestão visual que contém informação sobre a capacidade que um operador tem de operar um determinado equipamento. Estes dados foram obtidos através dos responsáveis e supervisores de cada equipa.

Através da matriz é possível retirar importantes conclusões, como por exemplo:

- O operador mais adequado para realizar cada tipo de trabalho;
- Que capacidades é que cada operador necessita de desenvolver;

- Os postos de trabalho (equipamentos) mais críticos – os que possuem menos operadores com elevada especialização no seu modo de operação.

A matriz de capacidades foi elaborada para todas as secções de manufatura da fábrica do Porto: a Talhagem, Fresagem, Retificação, Torneamento, Serralharia. A respetiva matriz da Talhagem pode ser observada na tabela 4.18.

Tabela 4.18: Matriz de capacidades elaborada para a secção da Talhagem.

EQUIPAMENTOS	OPERADORES		
	Talhador 1	Talhador 2	Talhador 3
Rectificadora 1	1	0	0
Rodadora 1	1	2	3
Talhadora 1	4	1	2
Talhadora 2	2	1	2
Talhadora 3	2	1	2
Talhadora 4	1	2	2
Talhadora 5	1	2	2
Talhadora 6	1	2	2
Talhadora 7	2	2	2
Talhadora 8	2	2	2
Talhadora 9	4	1	2
Talhadora 10	4	1	1
Talhadora 11	4	1	2
Talhadora 12	4	2	2
Talhadora 13	4	1	2
Talhadora 14	1	1	1
Talhadora 15	4	2	2
Talhadora 16	4	2	2
Talhadora 17	4	2	2

Legenda:

4	Operador experiente e autónomo. Pode dar formação.
3	Operador muito competente, precisa de apoio ocasionalmente.
2	Operador competente, mas não autónomo.
1	Operador em fase de aprendizagem, pouco competente.
0	Operador sem competência, necessita de formação e treino.

Este tipo de conhecimento tem várias vantagens. Em primeiro lugar, permite planear ações de formação para fortalecer as equipas de trabalho tornando-as diversamente qualificadas, evitando que haja postos de trabalho com falta de operadores qualificados e operadores com capacidade de trabalhar num número de equipamentos baixo.

Em segundo lugar, utilizar o operador mais adequado para cada operação (útil em trabalhos de maior urgência ou que requeiram acabamentos mais “perfeitos”). Por último, dado a crescente qualificação dos operadores, permitiria uma melhor distribuição das tarefas pelos operadores, evitando sobrecarga e cansaço excessivo. Deste modo, infere-se que esta proposta de melhoria aumenta a MO qualificada disponível, facilitaria o planeamento da produção, reduziria o *lead time* dos artigos e promoveria a customização e flexibilidade da fábrica.

Para exemplificar como se aplicaria esta proposta, foi planeada uma ação de formação sobre o funcionamento de um equipamento da Talhagem. Como auxílio, utilizou-se a ferramenta 5W2H que

permite organizar, planejar e estruturar a formação, definindo os temas a abordar, a duração da mesma, quem será o formador e os formandos, o local de formação e o objetivo da mesma, como se pode verificar na tabela 4.19. Esta ferramenta ajuda o formador a organizar, planejar e a focar-se nos tópicos importantes e necessários, diminuindo desperdícios de tempo. Pode ser utilizada em qualquer equipamento e para qualquer tarefa pertinente.

Tabela 4.19: Planeamento e organização da Ação de Formação.

Informações sobre Ação de Formação	
Prioridade	Alta
O que será feito?	Abordar modo de funcionamento do equipamento
Porquê?	Aumentar o conhecimento dos operadores.
Por quem?	Chefes da secção
Quando será feito?	Uma vez por semana
Onde será feito?	Junto do equipamento
Como será feito?	Abordar o modo de preparação da máquina: 1) Troca de ferramentas; 2) Troca de peça a maquinar; 3) Trocar rodas do diferencial; 4) Ajustes e nivelamento da ferramenta e da peça; 5) Limpeza do equipamento.
Quanto tempo?	30 minutos

Atualmente, o chão de fábrica possui dois departamentos (Talhagem e Produção) e cada um tem um chefe de equipa – estes são os trabalhadores mais experientes e, por isso, os potenciais formadores. Os operadores estão divididos em duas equipas distintas responsáveis pelo manuseamento dos equipamentos: a equipa da secção da Talhagem (com 3 operadores) e da Produção (com 14 trabalhadores), esta última agrega a maior parte das máquinas disponíveis. Na tabela 4.20 observa-se o número de operadores de cada departamento em cada especialidade.

Tabela 4.20: Especialidades dos operadores.

Talhagem	Produção
3 talhadores	3 fresadores
	2 retificadores
	5 serralheiros
	2 soldadores
	2 torneiros

Assim, com o intuito de diversificar as capacidades dos operadores o mais possível pensou-se que as formações deveriam ser elaboradas semanalmente e constituídas por operadores com diferentes

capacidades e especializações. O ideal seriam 3 operadores por ação de formação, por exemplo 1 talhador, 1 fresador e 1 retificador, desta forma, nenhuma secção ficaria parada durante o tempo da ação de formação. Estes valores foram obtidos por consulta de cada chefe de equipa.

4.7 DIMINUIÇÃO DO TEMPO DE *SETUP*

Com o intuito de melhorar a entrega de encomendas dentro dos prazos estabelecidos, surgiu esta proposta de melhoria que pretende superar um dos principais obstáculos ao tempo de entrega, a elevada duração do tempo de *setup* dos equipamentos da fábrica. Dada a grande variedade de artigos fabricados, os equipamentos estão constantemente a ser preparados para se ajustarem à peça a maquinar e ao tipo de maquinagem necessária. Esta preparação corresponde à desmontagem e montagem de um equipamento.

A duração da preparação varia muito, mas aumenta consideravelmente quando a peça seguinte é de um tipo diferente da anterior. Ou seja, existindo por exemplo dois tipos de peças (A e B), a montagem da máquina é mais demorada quando é necessário trocar a preparação da máquina feita da peça A para a B. Quanto mais distintas forem as peças, mais complexa será a troca de formato, pois mais modificações serão necessárias, aumentando o tempo de *setup*.

Uma vez que não faria sentido nem seria possível reduzir a diversidade de peças maquinadas – dada a natureza da produção da fábrica –, esta proposta incide na redução do tempo da preparação, onde se aplicou a ferramenta *SMED*. Resumidamente, esta ferramenta permite analisar as etapas da troca de formato do equipamento e identificar oportunidades de melhoria, como a alteração e simplificação da ordem e do modo de execução de operações.

A aplicação do *SMED* foi dividida em três fases: a fase 1, que consistiu na identificação das tarefas do operador, na cronometragem da duração das mesmas e na sua classificação como externas ou internas; a fase 2 que, a partir da análise das tarefas, incidiu na transformação das internas em externas e na sua sequencialização; de seguida, surgiu a fase 3, onde cada tarefa é analisada ao detalhe para a tentar simplificar, reduzindo o seu tempo de execução.

Para a aplicação desta ferramenta, analisou-se a montagem de um equipamento da secção da Talhagem, responsável por talhar (criar “rasgos”), por exemplo, em rodas dentadas e outras peças semelhantes. Este foi aconselhado pelo chefe de equipa da Talhagem por ser o equipamento com maior tempo de preparação no momento do estudo. Ao analisá-lo verificou-se que a sua preparação pode variar muito, especialmente de acordo com o tipo de peças a desmontar e montar, mas também com o operador que a executa.

Assim, decidiu-se analisar somente a mudança de formato entre peças do tipo A (Peças Simples) pelo facto de este ser o tipo de preparação mais recorrente no equipamento analisado, fazendo desta mudança a mais pertinente de estudar. Decidiu-se também acompanhar sempre o mesmo operador – escolhido pela chefia da Talhagem – de forma a diminuir a variabilidade da execução da preparação.

→ **FASE 0 e 1:** Identificação e classificação das tarefas da Mudança de Formato

A fase 1 começou com a observação detalhada da preparação do equipamento e, de seguida, listaram-se todas as tarefas observadas. O momento que separa uma tarefa da seguinte chama-se “corte” e pode corresponder a pequenos gestos ou movimentos específicos que o operador faz sempre que inicia ou termina um elemento de atividade, por exemplo, tocar num botão, pegar na peça, entre outros. A definição dos cortes das tarefas é essencial para as distinguir e para elaborar a cronometragem das mesmas.

Após a elaboração da lista de tarefas e da sua observação, caracterizou-se cada uma quanto ao momento em que são executadas. Se a tarefa é realizada com a máquina parada denomina-se de tarefa interna, caso contrário – se for realizada com a máquina em funcionamento – apelida-se de tarefa externa.

Considerou-se importante também caracterizar cada elemento de atividade relativamente a quem o executa: se é um elemento manual, quem o realiza é o Homem (operador) e a sua duração depende da velocidade do mesmo; se for um elemento Máquina, então é realizado por um equipamento e a sua duração depende das características do mesmo.

A lista de tarefas da preparação analisada, bem como a sua caracterização, pode ser observada na tabela 4.21.

Tabela 4.21: Sequência de tarefas da operação Troca de Formato.

	Tarefa	Descrição da Tarefa	Elemento	Classificação
Limpeza do equipamento	1	Limpeza da máquina (remoção de apáras, limalhas metálicas, ...)	Homem	INTERNA
	2	Pressão de ar	Homem	INTERNA
	3	Desengordurar (limpar o excesso de óleo)	Homem	INTERNA
	4	Pressão de ar	Homem	INTERNA
	5	Passar o pano na máquina	Homem	INTERNA
	6	Limpar máquina com petróleo	Homem	INTERNA
	7	Pressão de ar	Homem	INTERNA
	8	Passar o pano na máquina	Homem	INTERNA
Preparação da montagem da nova peça	9	Procurar e transportar ferramentas auxiliares	Homem	INTERNA
	10	Desapertar o encaixe da fresa mãe	Homem	INTERNA
	11	Desapertar fresa mãe	Homem	INTERNA
	12	Limpar e preparar veio onde encaixa a fresa mãe	Homem	INTERNA
	13	Remover peça 0	Homem	INTERNA
	14	Limpar base onde assenta a peça 0	Homem	INTERNA
	15	Limpar a base da peça 1	Homem	INTERNA
	16	Montar a base da peça 1	Homem	INTERNA
	17	Procurar e transportar a nova fresa mãe	Homem	INTERNA
	18	Montar nova fresa mãe	Homem	INTERNA
	19	Procurar e transportar ferramentas para os diferenciais	Homem	INTERNA
	20	Procurar e transportar rodas de muda para o diferencial 1	Homem	INTERNA
	21	Desapertar rodas do diferencial	Homem	INTERNA
	22	Procurar e transportar rodas de muda para o diferencial 2	Homem	INTERNA
	23	Apertar novas rodas do diferencial	Homem	INTERNA
Montar a peça 1 no equipamento	24	Montar a peça 1 a maquinar na máquina	Homem	INTERNA
	25	Procurar desenho da peça a maquinar	Homem	INTERNA
	26	Limpar superfície a maquinar da peça 1	Homem	INTERNA
	27	Montar encaixe superior da peça (topo - que fixa a peça por cima)	Homem	INTERNA
	28	Procurar e transportar ferramentas para apertar encaixe superior	Homem	INTERNA
	29	Centrar peça	Homem	INTERNA
	30	Apertar encaixe superior	Homem	INTERNA
	31	Colocar o centrador no topo da peça 1 (Confirmar centro)	Homem	INTERNA
	32	Nivelar face superior da peça	Homem	INTERNA
	33	Colocar centrador na lateral	Homem	INTERNA
	34	Nivelar face lateral da peça	Homem	INTERNA
Ajustar posições	35	Avançar a ferramenta (fresa mãe) em relação à peça	Máquina	INTERNA
	36	Ajustar a posição das ferramentas e da peça 1	Máquina	INTERNA
	37	Procurar e transportar caneta para marcar a peça 1	Homem	INTERNA
	38	Confirmar nº de dentes a maquinar na peça 1 (marcar com caneta)	Homem	EXTERNA
	39	Descer a ferramenta (fresa mãe) em relação à peça 1	Máquina	INTERNA
	40	Afinar batentes da máquina	Homem	INTERNA
Preparar maquinagem	41	Simular maquinagem da peça	Máquina	INTERNA
	42	Procurar e buscar ajuda	Homem	EXTERNA
	43	Colocar blindagens (necessita de 2 operadores)	Homem	INTERNA
	44	Ligar sistema de arrefecimento a óleo	Homem	INTERNA
	45	Ajustes finais (posição e altura)	Homem	INTERNA

Após a decomposição da operação em diversas tarefas, seguiu-se a cronometragem das mesmas com o objetivo de determinar o tempo normal da sua execução. Tendo em conta a variação da duração das atividades, para obter um resultado rigoroso, foi necessário cronometrar cada uma várias vezes. Este processo pode ser observado na figura 4.18.

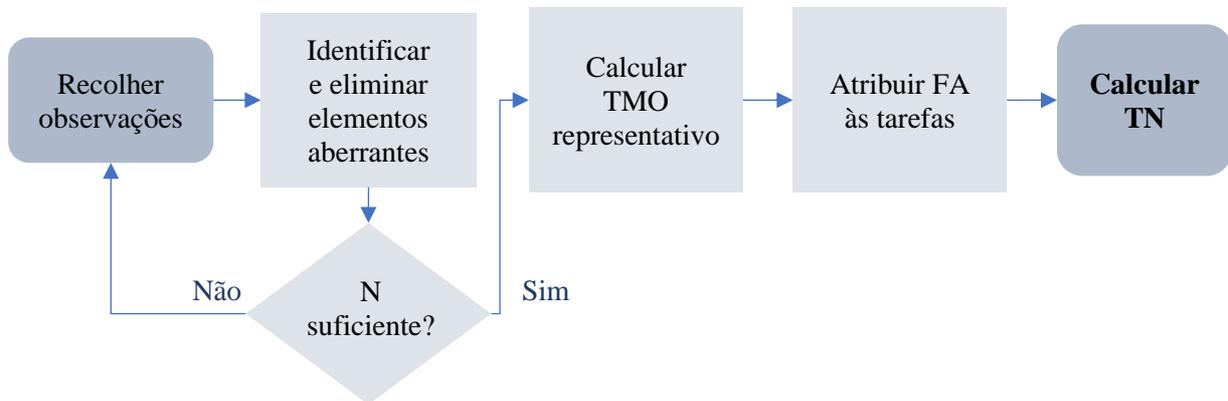


Figura 4.18: Lógica utilizada no cálculo do Tempo Normal dos elementos de atividade.

Resumidamente, para determinar o número mínimo de observações necessárias (N), começou-se com a observação direta do operador juntamente com a cronometração dos tempos. De seguida, para calcular o número mínimo de observações necessárias recolher para obter o nível de rigor pretendido – neste caso, o objetivo seria atingir resultados de precisão média – utilizou-se um método de tentativa e erro.

Ou seja, após terem sido efetuadas 5 observações (neste caso), determinaram-se os valores aberrantes (não utilizados para o cálculo do tempo representativo das tarefas) – que estão desfasados mais ou menos 30% do tempo médio observado do respetivo elemento de atividade – e calculava-se o N necessário. Enquanto o N calculado para cada elemento de atividade fosse superior ao número de observações recolhidas, todo o processo era repetido, efetuavam-se mais observações determinando-se novamente os elementos aberrantes e determinava-se novamente o N até atingir um valor suficiente para todos os elementos.

Dado que a operação tem uma duração elevada e, uma vez que, não seria possível realizar mais de 30 observações no decorrer do estudo, utilizou-se a distribuição *t-student* para o cálculo do número mínimo de observações de cada amostra de elementos de atividade, aplicando-se a seguinte fórmula:

$$N = \left(\frac{t_{p,n-1} \times DP}{s \times TMO} \right)^2$$

Onde:

DP – Desvio-Padrão;

n – Número de observações efetuadas no momento do cálculo;

N – Número mínimo de observações necessárias;

p – Nível de significância;

s - Erro relativo;

TMO – Tempo médio observado;

$t_{p,n-1}$ – valor da distribuição *t-student*.

Como era desejada um resultado com precisão média, utilizou-se um erro relativo de 5% no cálculo e um nível de significância de 5% para um nível de confiança de 95%.

Finalmente, após a recolha de todas as observações necessárias, calculou-se o Tempo Normal para a duração de cada tarefa. Para tal, foi atribuído, por elemento de atividade, uma percentagem relativa ao Fator de Atividade do operador – de acordo com a velocidade com que o mesmo executa cada tarefa. Seguidamente, calculou-se o Tempo Normal de cada atividade a partir da equação:

$$TN = TMO \times FA$$

Onde:

FA – Fator de Atividade;

TN – Tempo Normal.

Os tempos normais de execução de cada elemento de atividade determinados podem ser observados na tabela apresentada no anexo III, bem como o FA, o N necessário, o TMO, os limites de aceitação dos valores (fora encontram-se os elementos aberrantes) e o TMO representativo de cada um.

→ **FASE 2:** Conversão de tarefas internas em externas e respetiva sequencialização

Dado por terminada a fase 1, segue-se a fase 2 onde as tarefas internas são analisadas com o intuito de identificar as que têm o potencial de se converter em tarefas externas – realizadas durante o funcionamento do equipamento (tabela 4.22).

Tabela 4.22: Conversão de tarefas internas em externas.

Tarefa	Descrição da Tarefa	Classificação		
		Atual	Sugerida	
Limpeza do equipamento	1	Limpeza da máquina (remoção de aparas, limalhas metálicas, ...)	INTERNA	INTERNA
	2	Pressão de ar	INTERNA	INTERNA
	3	Desengordurar (limpar o excesso de óleo)	INTERNA	INTERNA
	4	Pressão de ar	INTERNA	INTERNA
	5	Passar o pano na máquina	INTERNA	EXTERNA
	6	Limpar máquina com petróleo	INTERNA	INTERNA
	7	Pressão de ar	INTERNA	INTERNA
	8	Passar o pano na máquina	INTERNA	EXTERNA
Preparação da montagem da nova peça	9	Procurar e transportar ferramentas auxiliares	INTERNA	EXTERNA
	10	Desapertar o encaixe da fresa mãe	INTERNA	INTERNA
	11	Desapertar fresa mãe	INTERNA	INTERNA
	12	Limpar e preparar veio onde encaixa a fresa mãe	INTERNA	INTERNA
	13	Remover peça 0	INTERNA	INTERNA
	14	Limpar base onde assenta a peça 0	INTERNA	EXTERNA
	15	Limpar a base da peça 1	INTERNA	EXTERNA
	16	Montar a base da peça 1	INTERNA	INTERNA
	17	Procurar e transportar a nova fresa mãe	INTERNA	EXTERNA
	18	Montar nova fresa mãe	INTERNA	INTERNA
	19	Procurar e transportar ferramentas para os diferenciais	INTERNA	EXTERNA
	20	Procurar e transportar rodas de muda para o diferencial 1	INTERNA	EXTERNA
	21	Desapertar rodas do diferencial	INTERNA	INTERNA
	22	Procurar e transportar rodas de muda para o diferencial 2	INTERNA	EXTERNA
	23	Apertar novas rodas do diferencial	INTERNA	INTERNA
Montar peça 1	24	Montar a peça 1 a maquinar na máquina	INTERNA	INTERNA
	25	Procurar desenho da peça a maquinar	INTERNA	EXTERNA
	26	Limpar superfície a maquinar da peça 1	INTERNA	EXTERNA

Tabela 4.22: Conversão de tarefas internas em externas (continuação).

Tarefa	Descrição da Tarefa	Classificação		
		Atual	Sugerida	
Montar peça 1	27	Montar encaixe superior da peça (topo - que fixa a peça por cima)	INTERNA	INTERNA
	28	Procurar e transportar ferramentas para apertar encaixe superior	INTERNA	EXTERNA
	29	Centrar peça	INTERNA	INTERNA
	30	Apertar encaixe superior	INTERNA	INTERNA
	31	Colocar o centrador no topo da peça 1 (Confirmar centro)	INTERNA	INTERNA
	32	Nivelar face superior da peça	INTERNA	INTERNA
	33	Colocar centrador na lateral	INTERNA	INTERNA
	34	Nivelar face lateral da peça	INTERNA	INTERNA
Ajustar posições	35	Avançar a ferramenta (fresa mãe) em relação à peça	INTERNA	INTERNA
	36	Ajustar a posição das ferramentas e da peça 1	INTERNA	INTERNA
	37	Procurar e transportar caneta para marcar a peça 1	INTERNA	EXTERNA
	38	Confirmar nº de dentes a maquinar na peça 1 (marcar com caneta)	EXTERNA	EXTERNA
	39	Descer a ferramenta (fresa mãe) em relação à peça 1	INTERNA	INTERNA
	40	Afinar batentes da máquina	INTERNA	INTERNA
Preparar maquinagem	41	Simular maquinagem da peça	INTERNA	INTERNA
	42	Procurar e buscar ajuda	EXTERNA	EXTERNA
	43	Colocar blindagens (necessita de 2 operadores)	INTERNA	INTERNA
	44	Ligar sistema de arrefecimento a óleo	INTERNA	INTERNA
	45	Ajustes finais (posição e altura)	INTERNA	INTERNA

No geral, transformaram-se as atividades de espera, de transporte de materiais e objetos e de limpeza da parte externa do equipamento, das peças e das ferramentas em atividades externas, uma vez que são elementos Homem e que não dependem do estado de funcionamento da máquina. Seguidamente, procedeu-se à ordenação das tarefas, como é possível constatar na tabela 4.23.

Tabela 4.23: Sequencialização das Tarefas.

Tarefa	Descrição da Tarefa	Tipo	
Preparar Ferramentas	9	Procurar e transportar ferramentas auxiliares	EXTERNA
	17	Procurar e transportar a nova fresa mãe	EXTERNA
	19	Procurar e transportar ferramentas para os diferenciais	EXTERNA
	20	Procurar e transportar rodas de muda para o diferencial 1	EXTERNA
	22	Procurar e transportar rodas de muda para o diferencial 2	EXTERNA
	25	Procurar desenho da peça a maquinar	EXTERNA
	28	Procurar e transportar ferramentas para apertar encaixe superior	EXTERNA
	37	Procurar e transportar caneta para marcar a peça 1	EXTERNA
	15	Limpar a base da peça 1	EXTERNA
	26	Limpar superfície a maquinar da peça 1	EXTERNA
Limpeza do equipamento	1	Limpeza da máquina (remoção de aparas)	INTERNA
	2	Pressão de ar	INTERNA
	3	Desengordurar (limpar o excesso de óleo)	INTERNA
	4	Pressão de ar	INTERNA
	6	Limpar máquina com petróleo	INTERNA
	7	Pressão de ar	INTERNA
	Desmontagem do Formato anterior	10	Desapertar o encaixe da fresa mãe
11		Desapertar fresa mãe	INTERNA
12		Limpar e preparar veio onde encaixa a fresa mãe	INTERNA
13		Remover peça 0	INTERNA
16		Montar a base da peça 1	INTERNA
18		Montar nova fresa mãe	INTERNA
21		Desapertar rodas do diferencial	INTERNA

Tabela 4.23: Sequencialização das Tarefas (continuação).

	Tarefa	Descrição da Tarefa	Tipo
Montagem do novo formato	23	Apertar novas rodas do diferencial	INTERNA
	24	Montar a peça 1 a maquirar na máquina	INTERNA
	27	Montar encaixe superior da peça (topo - que fixa a peça por cima)	INTERNA
	29	Centrar peça	INTERNA
	30	Apertar encaixe superior	INTERNA
	31	Colocar o centrador no topo da peça 1(confirmar centro)	INTERNA
	32	Nivelar face superior da peça	INTERNA
	33	Colocar centrador na lateral	INTERNA
	34	Nivelar face inferior da peça	INTERNA
Ajustar posições	35	Avançar a ferramenta (fresa mãe) em relação à peça	INTERNA
	36	Ajustar a posição das ferramentas e da peça 1	INTERNA
	38	Confirmar nº de dentes a maquirar na peça 1 (marcar com caneta)	EXTERNA
	39	Descer a ferramenta (fresa mãe) em relação à peça 1	INTERNA
	40	Afinar batentes da máquina	INTERNA
Preparar maquiragem	41	Simular maquiragem da peça	INTERNA
	42	Procurar e buscar ajuda	EXTERNA
	43	Colocar blindagens (necessita de 2 operadores)	INTERNA
	44	Ligar sistema de arrefecimento a óleo	INTERNA
	45	Ajustes finais (posição e altura)	INTERNA
Limpeza	5	Passar o pano na máquina	EXTERNA
	8	Passar o pano na máquina	EXTERNA
	14	Limpar base onde assenta a peça 0	EXTERNA

A alteração da sequência de execução das tarefas permite diminuir imediatamente o tempo de *setup* dos equipamentos, pois parte das tarefas que antes eram executadas com a máquina parada podem agora ser executadas durante o seu funcionamento, diminuindo o período de tempo não produtivo do equipamento.

→ FASE 3: Análise e simplificação das tarefas

Após a conversão e sequenciamento das tarefas, chegou o momento de elaborar uma análise mais detalhada sobre as atividades incidente no modo como o tempo da mudança de formato é despendido, por isso, agruparam-se as tarefas por tipo: Limpeza; Procura e transporte de materiais ou objetos; Troca de ferramentas; e Ajustes finais.

Ao analisar detalhadamente o modo como o operador executa cada tarefa, chegou-se à conclusão de que os principais grupos de tarefas a melhorar são: a Limpeza porque se todo o posto estivesse mais organizado e possuísse uma rotina de limpeza o operador não despenderia tanto tempo na execução destas tarefas; e a Procura e transporte, pois é gasto muito tempo à procura de ferramentas e outros utensílios que não estão no local devido.

Assim, estudando em primeiro lugar as atividades de limpeza do equipamento, compreende-se que a maior parte seria melhorada com a implementação da ação 7 da proposta “Melhoria da organização e limpeza dos postos de trabalho” na secção da Talhagem (apresentada no subcapítulo 4.1), visto que seria implementada uma rotina de limpeza de materiais e ferramentas, diminuindo o tempo de execução dos elementos de atividade 14, 15 e 26.

É também possível encontrar uma oportunidade de melhoria quando se analisa a “remoção de aparas do equipamento” (atividade elementar 1). Esta atividade consiste na apanha das limalhas metálicas resultantes na maquiragem por arranque de apára – realizada pela maioria dos equipamentos, nomeadamente o equipamento analisado. Neste caso, o operador utiliza uma pá e uma vassoura pequena para remover a maioria dos resíduos, enquanto o restante é retirado com uma máquina de pressão de ar,

acabando por cair no chão da fábrica. Ao investir num aspirador industrial de limalhas metálicas (figura 4.19), não só se reduziria substancialmente a duração da tarefa como se manteria a área circundante do posto mais limpa.



Figura 4.99: Exemplo de um aspirador industrial de limalhas metálicas (EquiProfi, 2021).

Ainda nas atividades do tipo “limpeza”, ao analisar as tarefas 5 e 8 consecutivas e iguais, que dizem respeito à limpeza do equipamento com um pano, é possível eliminar uma, evitando a repetição desnecessária de tarefas.

Por fim, prosseguindo para as atividades do grupo “Procura e transporte” chega-se à conclusão de que estas também seriam melhoradas com a implementação da proposta “Melhoria da organização e limpeza dos postos de trabalho” (subcapítulo 4.1), através da implementação das sugestões resultantes da aplicação da ferramenta 5S. Mas, atentando as atividades 20 e 22 – que consistem em procurar as rodas dentadas para os diferenciais adaptadas à nova maquinaria – verificou-se que a rapidez com que o operador executa a tarefa é perturbada pelo facto de as mesmas não estarem rotuladas, pois tem de contar, cada vez que utiliza uma, o número de dentes que a mesma possui. Assim, sugeriu-se a gravação em cada roda dentada do número de dentes que possui, por exemplo “Z53”, como se pode ver na figura 4.20.



Figura 4.20: Exemplar de uma roda dentada rotulada da fábrica.

Efetuada as melhorias propostas será possível reduzir a duração de várias atividades externas e internas, reduzindo desperdícios de tempo que contribuem para a diminuição do tempo de *setup*, aumentando a taxa de utilização e a eficiência do equipamento. Em última instância, esta proposta permite diminuir o *lead time* dos artigos e melhorar o cumprimento de prazos.

4.8 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Todas as ações de melhoria desenvolvidas neste estudo têm o intuito de reduzir o tempo de entrega dos artigos e, conseqüentemente, aumentar a satisfação dos prazos de entrega. Visam também facilitar e simplificar o dia-a-dia dos trabalhadores e melhorar o aproveitamento dos recursos disponíveis.

Para perceber de que forma é que cada proposta de melhoria contribui para atingir o objetivo principal, efetuou-se uma análise crítica sobre cada, como se pode ler de seguida.

→ Melhoria da organização e limpeza dos postos de trabalho

De forma a quantificar as melhorias obtidas com a implementação da proposta, realizou-se uma auditoria para avaliar o estado final hipotético da fábrica (resultante da implementação das ações propostas), apresentada no anexo IV, comparando com auditoria inicial realizada (secção 3.3.3).

Os ganhos, custos e etapas de implementação desta proposta são apresentados de seguida.

Ganhos esperados:

Com a aplicação das sugestões, a fábrica conseguiria obter uma cotação de 84,1% (37 em 44 pontos) na auditoria final, representando um aumento de 41,1% quando comparada com a situação atual. Através destes valores, pode-se concluir que as ações propostas permitem superar o valor alvo (80%) proposto na secção 3.5.1.

A aplicação das sugestões traz várias vantagens para o dia-a-dia dos trabalhadores: torna o ambiente de trabalho mais agradável que, por conseguinte, aumenta a motivação dos mesmos; reduz o número de defeitos provocados durante o manuseamento e movimentação de peças; diminui o tempo de execução das tarefas (pois todas as ferramentas e objetos necessários estão nos lugares devidos); diminui o risco de acidentes; e melhora a apresentação e aspeto geral da fábrica.

Estas conseqüências diretas da melhoria dos postos de trabalho e do ambiente envolvente têm, a longo prazo, ganhos significativos para a empresa como: o desenvolvimento duma cultura de disciplina entre os trabalhadores; redução do *lead time* dos artigos; o aumento da produtividade da fábrica; e aumento da qualidade do produto.

Por último, pode-se concluir que as melhorias propostas levam ao aumento da capacidade de resposta e do nível de serviço da fábrica, contribuindo para a satisfação do cliente.

Custos de implementação:

De seguida, calculou-se o investimento necessário para implementar todas as propostas referidas. Para cada uma, questionaram-se os chefes de cada secção relativamente aos recursos materiais, de mão-de-obra e de tempo necessários; e tomaram-se as seguintes considerações:

- 1) As ações são implementadas numa secção de cada vez, dada falta de MO disponível;
- 2) São necessários 3 dias para estudar e normalizar o processo de cada posto de trabalho;

- 3) Os materiais necessários que estão disponíveis na fábrica, como não são adquiridos especificamente para a implementação da ação, não são considerados como um custo de material adicional;
- 4) A implementação de cada ação é realizada durante o normal funcionamento da fábrica (à exceção da marcação do chão, que deve ser feita durante as férias dos trabalhadores).

Obteve-se então a seguinte tabela 4.24.

Tabela 4.24: Cálculo do Custo de implementação das ações de melhoria 5S.

	Material Necessário	Custo Material	Qtd. Material	Qtd. MO	Turnos Necessários	Custo TOTAL
Ação 1	fita vermelha 3m	1,00 €	46	1	26	2 126,00 €
Ação 2	nada	- €	0	1	37	2 960,00 €
Ação 3	papel, caneta, fita-cola ou caneta quente (existente)	- €	0	1	49	3 920,00 €
Ação 4	papel, caneta, cola ou caneta quente (existente)	- €	0	1	7,5	600,00 €
Ação 5	tinta (existente)	- €	0	2	5	100,00 €
Ação 6	papel, caneta, fita-cola (existente)	- €	0	1	5	400,00 €
Ação 7	material de limpeza (existente)	- €	0	0	0	- €
Ação 8	folhas de papel (existente)	- €	0	1	219	17 520,00 €
Ação 9	tinta (existente)	- €	0	2	3,5	541,67 €
Ação 10	folhas de papel (existente)	- €	0	0	0	- €
TOTAL						28 167,67 €

Analisando a tabela 4.24, verifica-se que apenas a ação 1 necessita de matéria extra (que não está previamente disponível na fábrica), enquanto as restantes ações não, pois tratam-se de materiais comuns utilizados regularmente do dia-a-dia da fábrica.

É importante referir que se considerou o custo da MO em 10 €/hora – valor sugerido pela empresa por questões de confidencialidade.

Relativamente às melhorias 7 e 10, optou-se por não lhes atribuir um custo de implementação, uma vez que, não são tarefas de implementação única, isto é, necessitam de ser adotadas e aplicadas regularmente na fábrica – como um hábito.

A ação 7 pretende implementar uma rotina de limpeza, mantendo as condições da fábrica o melhor possível, e para tal é necessário subcontratar outrem especializado em limpeza industrial. Considerou-se que o custo desta atividade constitui um gasto que a fábrica terá, juntamente com os outros gastos das instalações, em vez de um custo de implementação de algo que acontece uma vez (que não é o caso).

Já a ação 10 traduz-se na atribuição de uma folha de autoavaliação a cada posto de trabalho, que cada trabalhador deve preencher no fim do seu turno de trabalho – classificando o estado em que o deixou. Esta tarefa deve ser realizada diariamente, não se tratando também de uma implementação única. Para além disso, o preenchimento da folha requer pouquíssimo tempo, consolidando o facto de a aplicação desta ação não acarretar um custo adicional para a empresa.

Por fim, concluiu-se que para esta proposta seria necessário efetuar um investimento financeiro de 28 167,67 €.

Etapas e duração da implementação do novo layout:

De seguida, para planear a implementação destas melhorias elaborou-se um cronograma, onde se organizaram as tarefas pela ordem mais conveniente de aplicação. Na figura 4.21 é possível observar o planeamento da execução das tarefas, bem como a duração das mesmas.

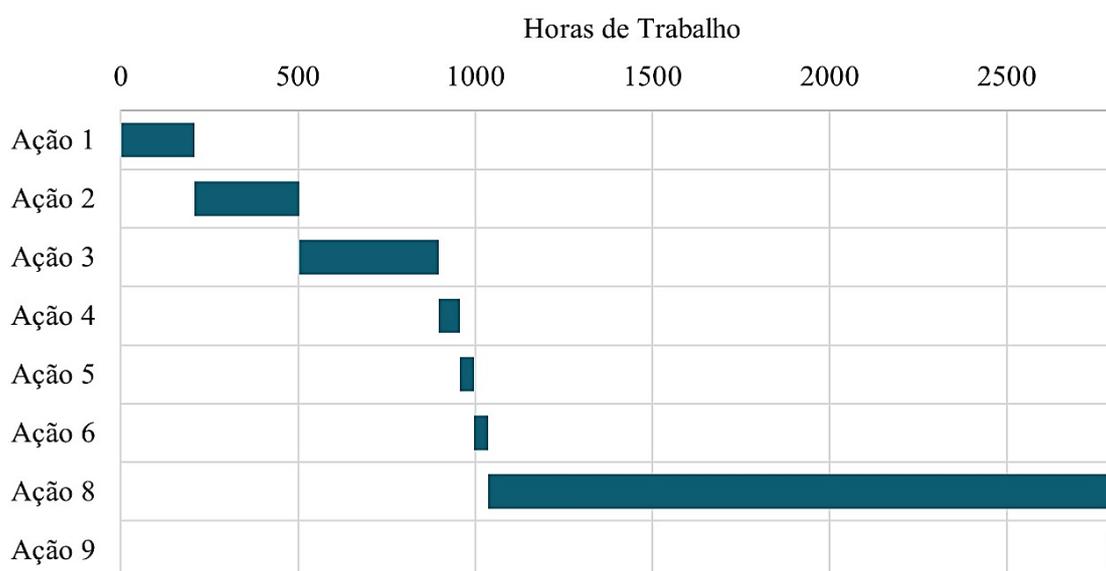


Figura 4.21: Diagrama de Gantt da organização da implementação das ações e respetiva duração.

Através do sequenciamento de tarefas conclui-se que a melhoria da Organização, da Arrumação, da Limpeza, da Uniformização e da Disciplina pode ser conseguida em 2815,08 horas, considerando que cada dia possui apenas um turno de trabalho de 8 horas, corresponde a 352 dias úteis.

Considerando que em cada semana são trabalhados 5 dias e que durante os 15 dias de férias não existem operadores disponíveis, se o processo de implementação começar, por exemplo, a 1 de janeiro de 2022 terminará a 16 de junho de 2023.

→ Nova área de armazenagem de matéria-prima “Peças”

A armazenagem correta das MP “peças” tem bastantes vantagens associadas, as mais evidentes são a redução de defeitos e sujidade dos artigos, a diminuição do desgaste e a diminuição do número de acidentes com transportadores.

Para além destas vantagens, pode-se esperar a simplificação da atividade de *picking*, uma vez que, os materiais estariam organizados e arrumados no lugar próprio. Consequentemente, a MO disponível seria aproveitada de melhor forma, os operadores conseguiriam despende o tempo poupado em atividades de valor acrescentado e, assim, o *lead time* dos artigos seria reduzido, a sua qualidade aumentada e o seu custo de produção diminuiria.

Após a quantificação dos ganhos e a breve enumeração das vantagens associadas é contabilizado o investimento necessário para implementar a proposta.

Ganhos esperados:

De forma a quantificar os ganhos desta proposta, fez-se a comparação entre a hipótese 2 de *layout* escolhida e o cenário atual através da análise dos parâmetros:

- Área disponível de armazenagem de MP “Peças”;
- Número de armários de MP de Pintura;
- Número de paletes na zona de secagem.

A comparação está apresentada na tabela 4.25 apresentada.

Tabela 4.25: Comparação do cenário Atual com a hipótese 2.

Parâmetros	Hipótese	
	Atual	2
Área disponível de armazenagem de MP “Peças” (m ²)	36,8	32,4
Área disponível de armazenagem de MP “Peças” (%)	100,0	87,9
Número de armários de MP de Pintura (unidades)	1	1
Número de paletes na zona de secagem (unidades)	0	4

É possível verificar que a hipótese elaborada possui menos 4,44 m² de área de armazenagem do que o cenário atual, esta é uma consequência da condição 2 (apresentada no subcapítulo 4.2), pois foi necessário retirar a *rack* 1 para o porta-paletes ser manuseado livremente. O espaço da hipótese 2 corresponde a aproximadamente 88% do disponível atualmente, mas em contrapartida possui a zona de secagem que pode conter até 4 paletes dispostas por nível.

Com o novo *layout* existem também ganhos na atividade de *picking*, que atualmente tem a duração média de 12,74 minutos. Este valor foi obtido através da observação direta da atividade e corresponde ao período de tempo que decorre desde o momento em que o operador toma conhecimento da referência que necessita até ao momento em que toca nela.

Com a implementação da nova área de armazenagem, espera-se que os operadores passem a demorar 5,88 minutos em média para encontrar uma referência de MP “peças”. Como os artigos estarão armazenados no devido lugar dedicado, o valor obtido deve-se maioritariamente à deslocação do operador desde a zona de entrada do chão de fábrica (onde toma conhecimento da referência) até à nova área da MP. Assim, pode-se concluir que esta proposta reduzia a duração média da atividade de *picking* em 6,86 minutos (≈ 54%).

Custos de implementação:

A implementação do *layout* sugerido para a nova área de armazenagem de MP do tipo peças não requer um investimento em material, uma vez que, não existe a necessidade de adquirir novas estantes, nem outras estruturas para o mesmo propósito. Será necessário apenas contabilizar o número de operadores necessários e estimar o tempo da tarefa. Desta forma, considerou-se que são suficientes 2 operadores encarregues desta tarefa e que estes precisarão de três turnos de trabalho de 8h para a executar, obtendo um custo de implementação de 480 €.

→ Nova estrutura de armazenagem de matéria-prima “Cilindros”

A nova estrutura de armazenagem criada para as MP do tipo cilindros diminui a exposição deste *stock* aos elementos climáticos, contribuindo para a sua conservação e diminuição de desgaste. Como consequência, pode-se esperar o aumento da qualidade do matéria-prima que chega à fábrica e do produto final entregue ao cliente.

Ganhos esperados:

A nova estrutura de arrumação de cilindros, sugerida na proposta 3.6.2, elimina o contacto direto das matérias-primas com o chão, reduzindo a degradação e a danificação das mesmas, o que contribui para o aumento da qualidade das peças fabricadas. A estrutura proposta divide as MP por materiais e por diâmetro facilitando a procura da referência desejada.

Custos de implementação:

Esta proposta pode ser executada pelos operadores da própria fábrica, não implicando qualquer investimento financeiro, no entanto, existe também a possibilidade de adquirir uma estrutura semelhante a outrem especializado e experiente a por 596,67 € (EquiProfi, 2021).

→ Novo *layout* adequado ao processo fabril

A análise de resultados desta proposta consistiu na determinação das perdas e dos ganhos da empresa. Começou-se por determinar a sequência de tarefas a realizar, de seguida a duração da alteração do *layout* e depois o investimento económico necessário. No fim, comparou-se o *layout* escolhido com a disposição atual do chão de fábrica, quantificando ganhos relativos à diminuição do desperdício de tempo nos trajetos diários dos trabalhadores, e abordaram-se os ganhos qualitativos da proposta.

Ganhos esperados:

Para quantificar os benefícios da implementação do novo *layout* da fábrica, comparou-se o cenário atual com a hipótese escolhida no subcapítulo 4.3 (tabela 4.26).

Tabela 4.26: Comparação das distâncias entre secções do novo *layout* com cenário atual.

Secções	Distâncias entre secções (metros)			
	Início	Fim	Atual	Hipótese 1
Armazenagem MP		Corte	32	47
Corte		Torneamento	57	9
Torneamento		Fresagem	42	8

Tabela 4.26: Comparação das distâncias entre secções do novo *layout* com cenário atual (continuação).

Secções		Distâncias entre secções (metros)	
Início	Fim	Atual	Hipótese 1
Fresagem	Talhagem	16	16
Talhagem	Serralharia	33	18
Serralharia	Tratamentos Térmicos	85	66
Tratamentos Térmicos	Retificação	68	62
Retificação	Controlo da Qualidade	42	23
Controlo da Qualidade	Montagem	19	19
Montagem	Armazenagem PA	22	22
Distância Total Percorrida (metros)		416	290
Distância Total Percorrida (%)		100,00	69,71
Distância Reduzida (%)		-	30,29

A partir da tabela 4.26 é possível constatar que o novo *layout* permite reduzir o percurso dos artigos em 126 m ($\approx 30\%$). Considerando uma velocidade média de caminhada de 50 metros/minuto (fornecida pela empresa), constata-se que cada operador poupa 2,52 minutos por percurso ($\approx 30\%$).

O tipo de *layout* escolhido foi *layout* por processo, onde os postos de trabalho estão agrupados por tipo de operação e os grupos são ordenados de acordo com o processo produtivo. Esta forma de organização aumenta a flexibilidade da produção, facilitando a resposta a flutuações da procura.

A atualização do *layout* da fábrica seria uma mais-valia porque reduziria a distância entre secções com operações consecutivas no fluxo de processo e, conseqüentemente, o tempo gasto em movimentações de material, permitindo um melhor aproveitamento do tempo e dos recursos de MO disponíveis.

Estas melhorias têm vários efeitos, como a redução do *lead time* dos artigos e a diminuição do custo de produção dos mesmos. Assim, pode-se concluir que o novo *layout* promoveria a customização dos produtos, aumentando a capacidade de resposta e o nível de serviço da fábrica, culminando no aumento da satisfação do cliente.

Etapas e duração da implementação do novo *layout*:

Analisando o *layout* escolhido e comparando-o com a atualidade, estudou-se a melhor forma de alterar o esquema do chão de fábrica. Durante a alteração do *layout*, a fábrica estará parada e será contratada uma equipa especializada na montagem, desmontagem e movimentação deste tipo de equipamentos industriais. Para estimar a duração da implementação do novo *layout*, considerou-se que:

- Os equipamentos devem ser separados em dois grupos (Grandes e Pequenos);
- Devem ser subcontratadas quatro equipas especializadas, duas em equipamentos grandes e duas em equipamentos pequenos;
- A implementação deve ser realizada com dois turnos diários de 8 horas;
- Em cada turno deve estar uma equipa de equipamentos grandes e uma de pequenos;

- Cada equipa deve ser constituída por 6 operadores, dois por equipamento, significando que podem ser manuseados 3 equipamentos em simultâneo por grupo;
- O tempo de desmontagem, montagem e movimentação de cada grupo é um valor médio estimado pela empresa (tabela 4.27).

Tabela 4.27: Tempo de montagem e desmontagem de equipamentos.

	Equipamentos Grandes	Equipamentos Pequenos
Tempo desmontagem/montagem (horas)	40	24
Tempo de movimentação (horas)	8	4

Nas tarefas, em primeiro lugar, devem ser transferidos para a fábrica de Alfena as máquinas pertencentes à secção de equipamentos CNC e, de seguida, as restantes secções são transferidas pela ordem mais conveniente possível. A sequência das alterações, bem como o número de equipamentos de cada uma, estão apresentados na tabela 4.28.

Tabela 4.28: Tarefas de implementação do novo *layout* e respetivo número de equipamentos.

Tarefas	Equipamentos Pequenos (unid.)	Equipamentos Grandes (unid.)
1. Retirar a secção Equipamentos CNC do chão de fábrica;	0	20
2. Movimentar a secção dos Tornos para a zona de “pátio” (parte descoberta da fábrica que se encontra desocupada);	4	3
3. Mover a secção da Serralharia para a sua posição definitiva;	14	6
4. Mover a secção da Talhagem para a sua posição definitiva;	16	3
5. Mover a secção da Retificação para a sua posição definitiva;	4	6
6. Mover a secção da Fresagem para a sua posição definitiva;	8	2
7. Mover a secção dos Tornos para a sua posição definitiva;	4	3
8. Mover a secção do Corte para a sua posição definitiva.	3	0

Cruzando os dados dos tempos de montagem, desmontagem e movimentação (tabela 4.27) com a informação da tabela acima (tabela 4.28), conseguiu-se elaborar o Diagrama de Gantt para esquematizar a ordem de execução das tarefas e determinar o tempo total da implementação do novo *layout*.

Como se pode verificar na figura 4.22, a implementação do novo *layout* terá a duração média total de 1040 horas, o que equivale a 65 dias úteis (cada um com dois turnos de trabalho). Se a implementação começar a 3 de janeiro de 2022, terminará a 25 de março de 2022.

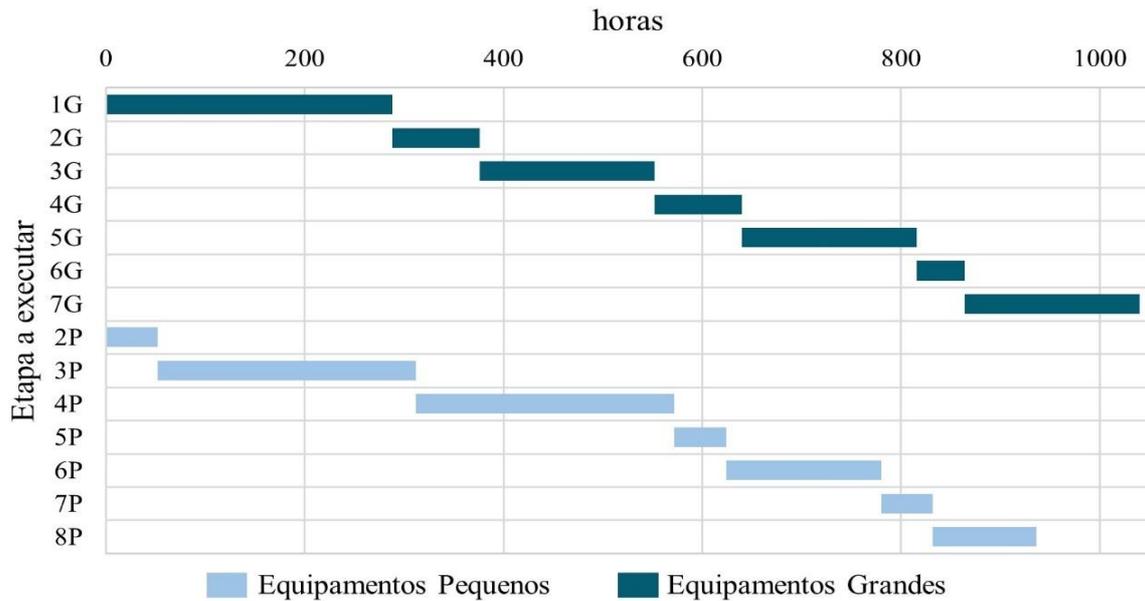


Figura 4.102: Diagrama de Gantt da execução das etapas de implementação novo *layout*.

Custos de implementação:

Dado que o custo de subcontratação de uma equipa de deslocamento dos equipamentos (entre outros) é em média 50 €/hora (valor fornecido pela A.Brito), a alteração do *layout* terá um custo de deslocamentos de 52 000 €. Durante este período, a produção terá de estar parada, pelo que, para além do custo da subcontratação, a empresa terá de prescindir de quase 3 meses de faturação, o equivalente a 1 000 000 €. Obtém-se assim um custo total de 1 052 000 €.

→ Melhoria da partilha de informação

A realização das reuniões de planeamento diárias promoveria a boa partilha de informação, fazendo com que todos os trabalhadores estivessem ocorrentes da situação atual do chão de fábrica e das encomendas recebidas, diminuindo dúvidas e questões que levam a perdas de tempo e erros no planeamento e na produção das peças. Um exemplo do desperdício de tempo é a preparação desnecessária de equipamentos, ou seja, os operadores por não saberem os artigos que vão produzir não conseguem gerir a montagem das máquinas da melhor forma, acabando por fazer a preparação da montagem dos equipamentos mais vezes que o necessário.

A apresentação visual da informação de forma organizada, através da implementação de quadros *kanban*, facilitaria a distribuição do trabalho pelos operadores, evitando situações de sobrecarga e cansaço excessivo.

Ganhos esperados:

Assim, entende-se que a melhoria da partilha de informação entre departamentos, teriam um impacto positivo ao nível do planeamento da produção, da gestão de tempo, do ambiente de trabalho, da motivação dos operadores, do *lead time* – uma vez que a diminuição de erros e atrasos diminuiria o tempo de entrega dos produtos – e, conseqüentemente, aumentaria a produtividade da fábrica, aumentando assim o seu nível de serviço e a sua capacidade de resposta.

Custos de implementação:

Para colocar em prática esta ação de melhoria, estima-se que seja necessário um investimento de 10 € por reunião, considerando que esta decorre durante 10 min, que participam os seis chefes de departamentos e secções (Administração; Planeamento; Gestão da Produção; Técnico; Controlo da Qualidade; e Talhagem) e que o custo por trabalhador dado pela empresa é de 10 €/hora (valor sugerido pela empresa por questões de confidencialidade).

→ Melhoria das condições de trabalho no chão de fábrica

Como nas restantes propostas, os resultados obtidos podem dividir-se em ganhos esperados e custos de implementação, apresentados de seguida.

Ganhos esperados:

Em primeiro lugar, são descritos os ganhos qualitativos originados a partir da instalação das cortinas. Prevê-se que este investimento permitirá melhorar as condições de trabalho dos operadores da fábrica, consequentemente, diminuir absentismo dos trabalhadores, aumentando a MO disponível que, consequentemente, irá auxiliar na diminuição do *lead time* e no cumprimento dos prazos de entrega.

Contribuirá também para a redução da contaminação do interior da fábrica com partículas provenientes do exterior e da zona de resíduos, auxiliando na limpeza dos postos trabalho e na redução de defeitos dos artigos, aumentando a qualidade dos mesmos.

Assim, verifica-se que a instalação das cortinas de lamelas possibilitará o aumento do nível de serviço e da capacidade de resposta da fábrica, o que finalmente contribui para o aumento da satisfação dos clientes.

Custos de implementação:

Seguidamente, quantificou-se o custo de implementação da proposta. Este corresponde ao custo de instalação das cortinas de lamelas, cujo valor varia de acordo com a área a cobrir das zonas de passagem. Deste modo, recolheram-se as dimensões das zonas de passagem A, B, C e D da fábrica e determinou-se a área a cobrir de cada uma pela cortina de lamelas, como se encontra na tabela 4.29.

Tabela 4.29: Áreas a cobrir com as cortinas de lamelas.

Local de Passagem	Largura (m)	Altura(m)	Área a cobrir (m²)	Área Total (m²)
A	7,2	4,2	30,2	
B	3,5	3,0	10,5	
C	7,2	4,2	30,2	89,9
D	4,5	4,2	18,9	

Após a análise de alguns fornecedores, concluiu-se que o custo das cortinas é de 69,91 €/m² (KAISER+KRAFT, 2021). Tendo em conta este valor e a informação apresentada acima, estima-se que o investimento necessário para implementar esta ação de melhoria seja de 6 283, 51 €.

→ **Planeamento de ações de formação dos operadores**

Os benefícios da implementação das ações de formação dos operadores, bem como o investimento necessário, estão apresentados de seguida.

Ganhos esperados:

Analisaram-se os ganhos qualitativos vindouros desta implementação. Em primeiro lugar, percebe-se que esta proposta de melhoria vai contribuir para a o aumento da qualificação dos operadores e para a expansão das suas áreas de conhecimento, tornando-os mais experientes e polivalentes, aptos para operar qualquer equipamento e executar qualquer tarefa, diminuindo tempos de espera.

Em segundo lugar, pode-se esperar o aumento da mão-de-obra disponível, a redução do tempo de execução das tarefas (devido ao ganho de experiência) e uma melhor gestão da MO disponível (consequência do aumento de operadores qualificados em diferentes postos de trabalho), evitando sobrecargas e fadiga excessiva.

Por fim, com a redução do tempo de execução das tarefas e das esperas, prevê-se a redução do tempo de entrega dos artigos, aumentando o nível de serviço da empresa, e o aumento da flexibilidade da fábrica. Tudo isto leva ao aumento da satisfação do cliente, o objetivo principal de qualquer entidade de uma cadeia de abastecimento.

Custos de implementação:

Para contabilizar o investimento necessário que a empresa necessitaria de fazer para implementar esta proposta, calculou-se o custo de cada ação de formação. Considerou-se suficiente que esta ocorra uma vez por semana. Deve ser constituída por 1 formador e 3 operadores.

Assim sendo, dado que cada trabalhador tem um custo médio de 10 €/hora (valor sugerido pela empresa por questões de confidencialidade) e que a formação dura cerca de 30 minutos, poder-se-ia estimar um custo semanal de cerca 20 €.

→ **Diminuição do tempo de *setup***

A análise de resultados desta proposta consiste na comparação do tempo de *setup* atual com a duração resultante da implementação das melhorias e na quantificação do esforço monetário necessário para implementar essas mesmas melhorias.

Ganhos esperados:

Para poder obter uma precisão média no cálculo do Tempo Normal de execução desta operação, foram necessárias recolher 21 observações.

Depois de se terem obtido as observações necessárias, determinou-se que o Tempo Normal do *setup* do equipamento é de 121,91 minutos. Aplicando as melhorias propostas é possível reduzir o tempo dos vários elementos de atividade da mudança de formato.

Na figura 4.23 apresenta-se a representação da duração das observações efetuadas da mudança de formato analisada. Na tabela 4.30 estão apresentados os valores do Tempo Normal atual e futuro dos elementos de atividade melhorados, estes elementos encontram-se ordenados na tabela pela ordem de execução. O tempo normal futuro das atividades foi recolhido através da simulação com o operador da execução das tarefas com as melhorias aplicadas.

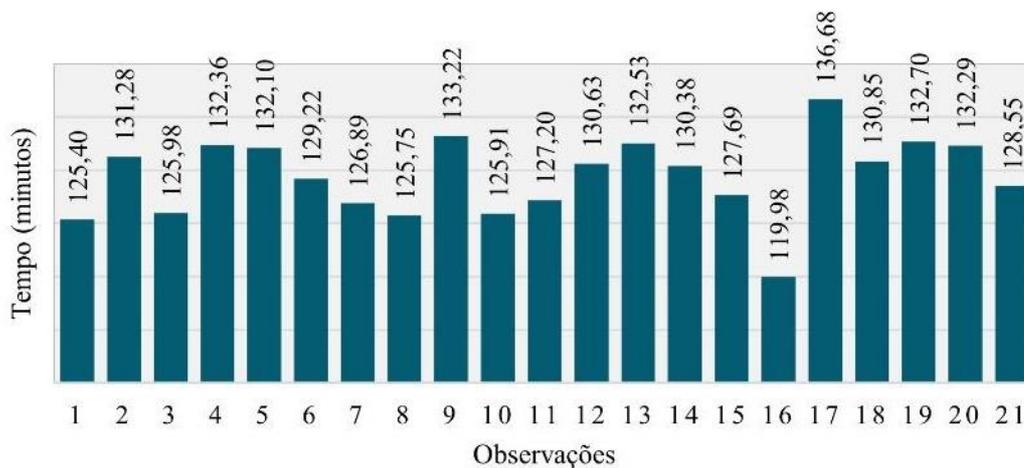


Figura 4.113: Observações recolhidas da duração do *setup* do equipamento da Talhagem escolhido.

De seguida, está apresentada a tabela 4.30.

Tabela 4.30: Melhorias aplicadas e respetivos tempos normais de execução.

Tarefa	Ação de Melhoria	TN atual (min.)	TN futuro (min.)
9	Aplicação de ações 5S	0,58	0,36
17	Aplicação de ações 5S	1,33	0,58
19	Aplicação de ações 5S	1,68	0,42
20	Colocação de rótulos	2,39	1,01
22	Colocação de rótulos	4,01	1,23
25	Aplicação de ações 5S	2,95	2,20
28	Aplicação de ações 5S	1,70	0,51
37	Aplicação de ações 5S	1,91	0,09
15	Aplicação de ações 5S	0,16	0,10
26	Aplicação de ações 5S	0,71	0,25
1	Novo Aspirador	12,62	5,32
2	Aspirador	1,43	0,00
8	eliminar	2,10	0,00
14	Aplicação de ações 5S	1,00	0,33

Assim, consegue-se reduzir a duração da mudança de formato entre peças diferentes do grupo A. Na tabela 4.31 pode-se observar o tempo despendido em cada tipo de tarefa, bem como a melhoria conseguida em cada grupo.

Tabela 4.31: Tempo da mudança de formato despendido por tipo de tarefa e respetiva melhoria.

Tarefas	Atual (min.)	Futuro (min.)	Melhoria
Limpeza	30,8	18,8	39,0%
Procura e Transporte	20,1	10,0	50,4%
Troca de ferramentas	47,9	51,6	0,0%
Ajustes finais	23,1	19,4	0,0%
TOTAL	121,9	99,8	18,1%

Como as propostas incidiram nas tarefas de Limpeza e Procura e transporte de ferramentas, então, estes serão os grupos de tarefas com melhorias. As melhorias obtidas com a implementação desta ferramenta estão resumidas de seguida na figura 4.24.

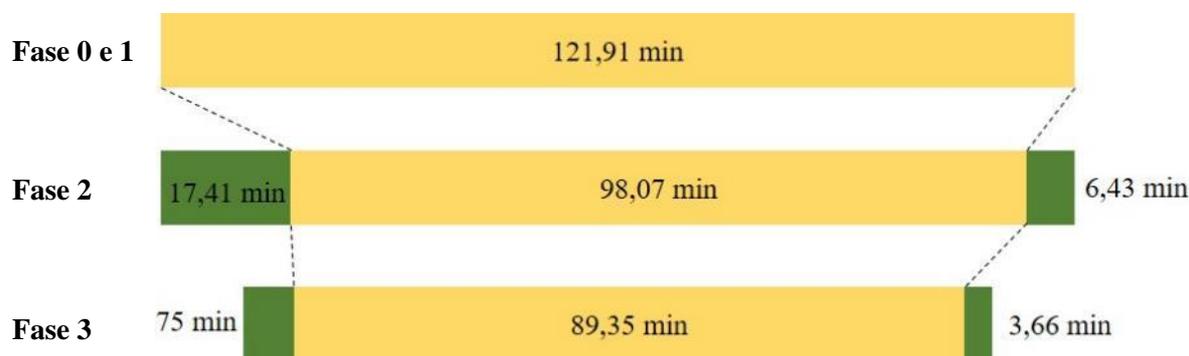


Figura 4.12: Resumo da diminuição do tempo de *setup* com a aplicação do SMED.

Acima, encontra-se a esquematização da aplicação da ferramenta SMED e das melhorias obtidas a cada etapa. De seguida, observa-se a tabela 4.32 com o resumo e quantificação das melhorias obtidas.

Tabela 4.32: Duração das tarefas nos vários cenários estudados e respetiva melhoria.

	Fase 0 e 1 (min)	Fase 2 (min)	Fase 3 (min)	Melhoria
Tarefas Internas	121,91	98,07	89,35	8,89 %
Tarefas Externas	0,00	23,84	10,41	56,3 %
Tempo de <i>Setup</i>	121,91	121,91	96,76	20,6 %

Os benefícios da aplicação da ferramenta *SMED* vão para além da redução da duração das tarefas e do tempo de preparação do equipamento. Em primeira instância, pode-se constatar que a diminuição do tempo de *setup* (em 20,6%) permite diminuir o tempo de inatividade do equipamento, aumentando a sua produtividade e eficiência. De seguida, verifica-se que, se a preparação da maquinaria é mais rápida, então, o *lead time* dos produtos vai diminuir. Consequentemente, consegue-se reduzir o custo de produção dos artigos e melhorar o aproveitamento da MO disponível – os operadores conseguirão executar mais tarefas no mesmo período de tempo.

Por fim, estas contribuições vão permitir ir de encontro ao objetivo principal – o cumprimento dos prazos de entrega –, aumentando o nível de serviço e a flexibilidade da fábrica – devido à redução da duração da mudança de formato. Tudo isto leva à maior satisfação do cliente.

Custos de implementação:

A implementação assenta maioritariamente na alteração da sequência de tarefas executadas em cada operação, desta forma, o único investimento necessário será na compra do novo aspirador industrial de óleo e limalhas metálicas no valor de 500 €

5. CONCLUSÕES

Este capítulo pretende apresentar as conclusões retiradas a partir dos resultados obtidos e apresentar os trabalhos futuros propostos.

→ Considerações finais

As crescentes exigências do mercado impostas a todas as organizações que nele existem criam obstáculos à sua sobrevivência, obrigando a que estas procurem formas de se adaptar às novas condições. Assim, cada vez mais são notórios o interesse e a procura por metodologias e ferramentas que ajudem as entidades a manter ou aumentar a qualidade dos seus serviços, garantindo a sua competitividade no mercado.

A implementação de práticas de gestão do âmbito da melhoria contínua, como a filosofia *Lean*, focadas na resolução de problemas, maximização da utilização dos recursos disponíveis e melhoria de processos, trazem vários benefícios para qualquer organização. Sendo alguns deles a redução dos desperdícios (de tempo, recursos humanos, material, entre outros) e de custos e o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos que, consecutivamente, levam ao aumento da eficiência e eficácia da organização, contribuindo para a satisfação dos clientes.

O presente estudo foi desenvolvido numa indústria especialista no fabrico de engrenagens, componentes mecânicos, equipamento de transmissão e na reparação e manutenção de peças, servindo de apoio a outros setores industriais. Sendo a produção desta indústria característica de um ambiente ETO, onde se fabrica uma elevada quantidade de artigos numa quantidade reduzida, existem logo à partida muitos problemas, como a dificuldade em cumprir os prazos de entrega, processos produtivos confusos, partilha de informação difícil, tempos de *setup* elevados, entre outros. Deste modo, o estudo foi elaborado com o objetivo de encontrar soluções para os problemas da unidade fabril.

Começou-se, então, por visitar o chão de fábrica e conversar com os trabalhadores, de forma a ficar a conhecer os processos e tarefas desempenhadas. Dada a grande variedade de artigos fabricados, foi pertinente focar o estudo apenas num tipo de artigos, assim, determinaram-se os mais importantes para a fábrica (os que originam maior volume de faturação e que possuem maior tempo de fabrico) através de dois Diagramas de Pareto. Depois de determinados, foram divididos em famílias, sendo que a família mais importante era a A, das formas simples, que representa 47,3% da faturação e 59,7% do tempo total de processamento da fábrica.

Seguidamente, por meio de várias ferramentas (como *gemba walk*, questionários informais e auditoria 5S), realizou-se um diagnóstico da situação inicial da fábrica, no qual se obteve uma pontuação de 43% na auditoria à organização, arrumação e limpeza do local de trabalho e onde foram identificados vários problemas, sendo os principais: o *layout* inadequado; condições de trabalho não ideais; tempos de *setup* elevados; e planeamento ineficaz.

Desta forma, o passo seguinte consistiu na análise dos problemas (pela ordem de prioridade) com o intuito de identificar as suas causas raiz, pois é nestas que se deve atuar para eliminar ou atenuar o efeito identificado. Para tal, recorreu-se às ferramentas diagrama de Ishikawa e 5 Porquês. Estes problemas dificultam o funcionamento da unidade fabril, diminuindo a sua flexibilidade, capacidade de resposta e nível de serviço, colocando em causa a sua competitividade face ao mercado.

O problema abordado em primeiro lugar foi o das condições de trabalho não ideais que se refere, por exemplo, ao excesso de ruído, falta de ventilação, temperatura ambiente não controlada e espaço de trabalho pouco organizado que prejudicam os trabalhadores.

Em segundo lugar, a duração elevada de *setup* prejudica muito a fábrica na medida em que interrompe a produção e dificulta a mudança de formato entre lotes diferentes, diminuindo muito a flexibilidade produtiva e a capacidade de customização da fábrica.

O planeamento ineficaz, em terceiro, que devido principalmente à grande variedade de artigos e à partilha insuficiente de informação entre departamentos, cria atrasos na produção dificultando o cumprimento dos prazos de entrega.

O último problema, o *layout* inadequado, diz respeito ao facto das áreas, equipamentos e postos de trabalho da fábrica não estarem dispostos da forma que permite obter o fluxo de materiais e pessoas mais fluído e reduzir distâncias.

Após a análise, para cada causa encontrada foram colocadas sugestões de melhoria, depois, estas foram triadas utilizando a matriz Esforço/Impacto e as sugestões que requerem menos esforço e têm maior impacto na organização foram as selecionadas para continuar a desenvolver. Assim, foram criadas as seguintes propostas de melhoria que visam contribuir para a resolução de um ou mais dos problemas identificados: Melhoria da organização e limpeza dos postos de trabalho; Criação de uma nova área de armazenagem de matéria-prima; Elaboração de um novo *layout* adequado ao processo fabril; Melhoria da partilha de informação; Melhoria das condições de trabalho no chão de fábrica; Planeamento de ações de formação dos operadores; e diminuição do tempo de *setup*.

A primeira proposta consistiu na aplicação da ferramenta 5S com o intuito de melhorar o espaço dos postos de trabalho do chão de fábrica. Esta, através de medidas como eliminação de ferramentas e equipamentos obsoletos, implementação de rotinas de limpeza, criação de corredores de passagem e marcação de zonas, permitirá aumentar a cotação obtida na auditoria 5S para 84,1% (representando um aumento de 41,1% face à cotação obtida na auditoria inicial de 43%). Estima-se que o investimento necessário para a sua aplicação seja de 28 167,67 € e que demore 2815,08 horas, correspondendo a 352 dias úteis (se as tarefas ações da proposta forem implementadas uma de cada vez para diminuir a MO necessária).

A proposta 2 que diz respeito à criação de uma nova área de armazenagem de MP está dividida em duas partes: a nova área de armazenagem da MP “peças” e a dos “cilindros”, pois estes dois tipos de material requerem condições de armazenagem diferentes devido à sua fisionomia. As “peças” são materiais pequenos e unitários, enquanto os “cilindros” são materiais em bruto de grande comprimento posteriormente cortados para fazer as peças. A criação da área de armazenagem das “peças” consistiu na elaboração de um novo *layout* de uma pequena divisão no interior da unidade fabril mal aproveitada, respeitando sempre as condições impostas pela empresa, sendo estas: o empilhador deve conseguir entrar para retirar material das *racks*; os materiais de pintura devem continuar lá armazenados; e deve ser criada uma zona de secagem para colocar paletes com artigos pintados. Assim, devido a estas restrições, o novo *layout* conta com a diminuição do espaço disponível para armazenagem de 36,8 m² para 32,4 m² (correspondendo a uma diferença de 12% face à situação atual), mas em contrapartida é adicionada uma zona de secagem com capacidade para 4 paletes que pode ser expandida verticalmente recorrendo a suportes de paletes apresentados na secção 3.5.2. A sua implementação deve demorar 24h a ser concluída, correspondendo a um investimento de 480 €. A segunda parte referente à forma de armazenagem dos “cilindros” consiste na elaboração de uma estante para estes materiais que os proteja das condições climatéricas, pois estes são armazenados no exterior devido à falta de espaço no interior da unidade. Desta forma, recorrendo ao *software* SolidWorks, projetou-se uma estrutura adaptada à fisionomia dos cilindros que, diminuindo a sua exposição aos elementos e, conseqüentemente, a sua corrosão, vai aumentar a qualidade deste material utilizado, aumentando a qualidade do produto final. A sua aquisição requer um investimento estimado de 596,67 €.

O novo *layout* adequado ao processo fabril consiste na reorganização do espaço da planta do chão de fábrica. Para esta proposta foi fulcral a determinação dos artigos mais importantes pois são estes que vão ditar o fluxo produtivo da fábrica a ter em conta da sequencialização dos processos. Assim sendo, após a elaboração do fluxograma dos processos, foram elaboradas duas hipóteses de *layout* (de acordo com o *layout* industrial por processos) onde se dispuseram as secções produtivas da forma mais sequencial possível e, de seguida, dentro de cada secção os postos de trabalho foram dispostos consoante a sua restritividade, ou seja, ordenando os equipamentos pela variedade de artigos que consegue manufacturar. Comparando a hipótese escolhida com o cenário atual verifica-se que o percurso dos

artigos é reduzido em 126 metros, aproximadamente 30%. A sua implementação demoraria 1040 horas, o equivalente a 65 dias úteis.

A quarta proposta, a melhoria da partilha de informação, traduz-se na implementação de reuniões diárias de planeamento auxiliadas por um quadro *kanban* para controlar a utilização dos equipamentos e outro para controlar a ocupação dos trabalhadores. Esta permitiria tomar decisões muito mais informadas com base no estado real do chão de fábrica ajudando a criar um plano de produção muito mais eficaz. Calculou-se o investimento necessário, obtendo um valor de 10 € por reunião.

De seguida, a melhoria das condições de trabalho não ideais vem introduzir a utilização de cortinas lamelares nas zonas de passagem do chão de fábrica em contacto direto com o exterior, evitando correntes de ar prejudiciais, variações de temperatura acentuadas, propagação do ruído, entre outros. Esta proposta requer um investimento de 6 283, 51 €.

A proposta 6, que diz respeito ao planeamento de ações de formação dos operadores, tem o intuito de melhorar o leque de capacidades dos operadores, isto é, dar-lhes várias competências para que estes se tornem trabalhadores multifacetados (aumentando o seu valor e, logo, a sua motivação). Recorre a matrizes de capacidades dos operadores que indicam a sua aptidão para operar em cada posto de trabalho, permitindo também identificar os postos críticos (com menos operadores aptos para nele trabalhar). E propõe a realização de formações semanais que corresponderiam a um investimento de 20 € por ação de formação.

Em último lugar tem-se a diminuição dos tempos de *setup* que, como o nome indica, pretende diminuir a duração das trocas de formato entre produções de lotes diferentes. Para este efeito, recorreu-se à ferramenta SMED que, sinteticamente, identifica as tarefas que têm de ser realizadas com a máquina parada e em funcionamento e tenta simplificá-las, diminuindo a sua duração. Neste caso, as tarefas internas tiveram uma redução de 9%, as externas de 56% e o *setup* de 121,9 minutos para 96,8 minutos, uma diferença de 21% no tempo total da mudança de formato.

Dados por concluídos os resultados do estudo, considera-se que o *Lean Production*, aleado a outras ferramentas de melhoria contínua, é uma mais-valia em ambientes ETO tanto a nível da melhoria de processos – visível na simplificação de tarefas e criação de fluxos mais lineares – como a nível interpessoal – visível na melhoria das relações entre trabalhadores e da comunicação. Desta forma, pode-se concluir que as práticas *Lean* têm benefícios para toda a organização, culminando no aumento da satisfação de clientes e o aumento da motivação dos trabalhadores.

Durante o estudo foram identificados alguns obstáculos e barreiras à aplicação de ferramentas de melhoria contínua em ambientes produtivos do tipo ETO, sendo os principais: a diversidade de artigos produzidos que dificulta a sincronização da produção, não permitindo reduzir ao máximo os desperdícios; a resistência à mudança, muito observada neste estudo, perante a inovação e a alteração de hábitos; e a dificuldade em prever as encomendas que serão recebidas, o que impede que a empresa se prepare atempadamente.

Em suma, apesar de inicialmente a empresa estar reticente quanto ao âmbito em que o estudo foi desenvolvido, conclui-se neste caso específico que se a A.Brito implementar na íntegra as propostas de melhoria vai sentir melhorias no seu funcionamento, na simplificação de processos, na organização dos postos de trabalho, na estruturação do chão de fábrica e na familiarização da unidade fabril e dos seus trabalhadores com conceitos e práticas de melhoria contínua, tornando o ambiente de trabalho um lugar mais sustentável, eficaz e eficiente.

→ **Trabalhos futuros**

Tendo em conta o estudo realizado e no sentido de nunca terminar a busca pela perfeição são sugeridos os seguintes trabalhos a desenvolver futuramente:

- 1) Implementação integral das propostas de melhoria apresentadas no presente estudo;

- 2) Estender a aplicação das ferramentas *Lean* a outras áreas da fábrica, nomeadamente na zona de escritórios (aplicando o *Lean office*);
- 3) Elaboração de um novo *layout* para a zona de soldadura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Brito, (2002), A. Brito, Indústria Portuguesa de Engrenagens, Lda., Acedido em 15 de Março de 2020, de <http://www.abrito.pt/index.htm>
- Ab Talib, M. S., Abdul Hamid, A. B., & Thoo, A. C. (2015). Critical success factors of supply chain management: A literature survey and Pareto analysis. *EuroMed Journal of Business*, 10(2), 234–263. <https://doi.org/10.1108/EMJB-09-2014-0028>
- Abu, F., Gholami, H., Mat Saman, M. Z., Zakuan, N., & Streimikiene, D. (2019). The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications. *Journal of Cleaner Production*, 234, 660–680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.279>
- Aij, K. H., Visse, M., & Widdershoven, G. A. M. (2015). Lean leadership: An ethnographic study. *Leadership in Health Services*, 28(2), 119–134. <https://doi.org/10.1108/LHS-03-2014-0015>
- Alnajem, M. (2020). Learning by doing: An undergraduate lean A3 project in a Kuwaiti bank. *The TQM Journal*, 33(1), 71–94. <https://doi.org/10.1108/TQM-01-2020-0010>
- Antony, J., Sunder M., V., Laux, C., & Cudney, E. (2019). Lean Six Sigma Project Selection and Prioritisation. Em J. Antony, V. Sunder M., C. Laux, & E. Cudney, *The Ten Commandments of Lean Six Sigma* (pp. 17–27). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-78973-687-820191004>
- Aprill, A. R. S.-C. (2018). *DISCOVERING GEMBA WALKS GOOD PRACTICES WITHIN INDUSTRIAL LEAN APPLICATIONS*. 107.
- Barbosa, C., & Azevedo, A. (2019). Assessing the impact of performance determinants in complex MTO/ETO supply chains through an extended hybrid modelling approach. *International Journal of Production Research*, 57(11), 3577–3597. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1543970>
- Benjamin, S. J., Marathamuthu, M. S., & Murugaiah, U. (2015). The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4), 419–435. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0062>
- Cannas, V. G., Pero, M., Pozzi, R., & Rossi, T. (2018). An empirical application of lean management techniques to support ETO design and production planning. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.247>
- Cervone, H. F. (2009). Applied digital library project management: Using Pareto analysis to determine task importance rankings. *OCLC Systems & Services: International Digital Library Perspectives*, 25(2), 76–81. <https://doi.org/10.1108/10650750910961875>
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., & Alves, A. (2013). *AN INDUSTRIAL APPLICATION OF THE SMED METHODOLOGY AND OTHER LEAN PRODUCTION TOOLS*. 8.
- D'Antonio, G., Saja, A., Ascheri, A., Mascolo, J., & Chiabert, P. (2018). An integrated mathematical model for the optimization of hybrid product-process layouts. *Journal of Manufacturing Systems*, 46, 179–192. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.12.003>
- Fujimoto, T. (1999). *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. Oxford University Press.

- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579. <https://doi.org/10.1108/00251740810865067>
- Geraldi, J., & Lechter, T. (2012). Gantt charts revisited: A critical analysis of its roots and implications to the management of projects today. *International Journal of Managing Projects in Business*, 5(4), 578–594. <https://doi.org/10.1108/17538371211268889>
- Gosling, J., & Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 122(2), 741–754. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.07.002>
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2015). An application of 5S concept to organize the workplace at a scientific instruments manufacturing company. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(1), 73–88. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2013-0047>
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation* (1st edition). Productivity Press.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management* (1st edition). McGraw-Hill.
- Ishikawa, K. (1986). *Guide to Quality Control* (Revised, Subsequent edition). Asian Productivity Organization.
- Khalil, H., Byrne, A., & Ristevski, E. (2019). The development and implementation of a clinical skills matrix to plan and monitor palliative care nurses' skills. *Collegian*, 26(6), 634–639. <https://doi.org/10.1016/j.colegn.2019.05.002>
- Kumar, Antony, J., & Rae Cho, B. (2009). Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. *Business Process Management Journal*, 15(5), 669–686. <https://doi.org/10.1108/14637150910987900>
- Kumar, R., & Singh, S. P. (2019). Cellular facility layout problem: A case of tower manufacturing industry. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 30(6), 1345–1360. <https://doi.org/10.1108/MEQ-04-2018-0076>
- Levin, S. P., & Levin, M. (2019). Managing Ideas, People, and Projects: Organizational Tools and Strategies for Researchers. *IScience*, 20, 278–291. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.09.017>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Lopes Silva, D. A., Delai, I., Soares de Castro, M. A., & Ometto, A. R. (2013). Quality tools applied to Cleaner Production programs: A first approach toward a new methodology. *Journal of Cleaner Production*, 47, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.026>
- Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 647–654. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.113>
- Mehdizadeh, M. (2020). Integrating ABC analysis and rough set theory to control the inventories of distributor in the supply chain of auto spare parts. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105673. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.047>

- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Metternich, J., Böllhoff, J., Seifermann, S., & Beck, S. (2013). Volume and Mix Flexibility Evaluation of Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 9, 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.172>
- Migita, R., Yoshida, H., Rutman, L., & Woodward, G. A. (2018). Quality Improvement Methodologies. *Pediatric Clinics of North America*, 65(6), 1283–1296. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2018.07.011>
- Murugaiah, U., Jebaraj Benjamin, S., Srikamaladevi Marathamuthu, M., & Muthaiyah, S. (2010). Scrap loss reduction using the 5-whys analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(5), 527–540. <https://doi.org/10.1108/02656711011043517>
- Nelson, A. C., & Joshi, K. (1995). Application of a matrix approach to estimate project skill requirements. *Information & Management*, 29(3), 165–172. [https://doi.org/10.1016/0378-7206\(95\)00019-S](https://doi.org/10.1016/0378-7206(95)00019-S)
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>
- Novais, L., Maqueira, J. M., & Bruque, S. (2019). Supply chain flexibility and mass personalization: A systematic literature review. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 34(8), 1791–1812. <https://doi.org/10.1108/JBIM-03-2019-0105>
- Ohno, T., & Bodek, N. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (1st edition). Productivity Press.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through «Lean Tools»: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Powell. (2018). Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248>
- Powell, Strandhagen, J. O., Tommelein, I., Ballard, G., & Rossi, M. (2014). A New Set of Principles for Pursuing the Lean Ideal in Engineer-to-order Manufacturers. *Procedia CIRP*, 17, 571–576. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.137>
- Radziwill, N. (2018). Mapping Innovation: A Playbook for Navigating a Disruptive Age.: 2017. Greg Satell. New York: McGraw-Hill Education. 240 pages. *Quality Management Journal*, 25(1), 64–64. <https://doi.org/10.1080/10686967.2018.1404372>
- Rafique, M. Z., Ab Rahman, M. N., Saibani, N., Arsad, N., & Saadat, W. (2016). RFID impacts on barriers affecting lean manufacturing. *Industrial Management & Data Systems*, 116(8), 1585–1616. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2015-0427>
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: Literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(3), 334–361. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>

- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2018). Empirical investigation of contributions of 5S practice for realizing improved competitive dimensions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(3), 779–810. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2016-0163>
- Reddy Gayam, N., Shanmuganandam, K., & Vinodh, D. (2020). Layouts in production industries: A review. *Materials Today: Proceedings*, S2214785320377920. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.191>
- Rodgers, M., & Oppenheim, R. (2019). Ishikawa diagrams and Bayesian belief networks for continuous improvement applications. *The TQM Journal*, 31(3), 294–318. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2018-0184>
- Roriz et al., C. (2017). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing*, 11, 1069–1076. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.218>
- Schiele, J. J., & McCue, C. P. (2011). Lean thinking and its implications for public procurement: Moving forward with assessment and implementation. *Journal of Public Procurement*, 11(2), 206–239. <https://doi.org/10.1108/JOPP-11-02-2011-B003>
- Shah, L. A., Etienne, A., Siadat, A., & Vernadat, F. B. (2018). Performance Visualization in Industrial Systems for Informed Decision Making. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 552–557. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.376>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System* (1.^a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315136479>
- Shook, J. (2010). *How to Change a Culture: Lessons From Nummi*. 8.
- Singh, Singh, Mand, & Singh. (2013). *APPLICATION OF LEAN AND JIT PRINCIPLES IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*. 16.
- Singh, Singh, & Singh. (2018). SMED for quick changeover in manufacturing industry – a case study. *Benchmarking: An International Journal*, 25(7), 2065–2088. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2017-0122>
- Srinivasan, S., Ikuma, L. H., Shakouri, M., Nahmens, I., & Harvey, C. (2016). 5S impact on safety climate of manufacturing workers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(3), 364–378. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2015-0053>
- Stentoft Arlbjørn, J., & Vagn Freytag, P. (2013). Evidence of lean: A review of international peer-reviewed journal articles. *European Business Review*, 25(2), 174–205. <https://doi.org/10.1108/09555341311302675>
- Strandhagen, J. W., Vallandingham, L. R., Alfnes, E., & Strandhagen, J. O. (2018). Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.246>
- Suárez-Barraza, M. F., & Rodríguez-González, F. G. (2019). Cornerstone root causes through the analysis of the Ishikawa diagram, is it possible to find them?: A first research approach. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 11(2), 302–316. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-12-2017-0113>

- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): Análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, 14(2), 323–335. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200010>
- Sujová, A., & Marcineková, K. (2015). Improvement of Business Processes – A Research Study in Wood-processing Companies of Slovakia. *Procedia Economics and Finance*, 34, 296–302. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01633-0](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01633-0)
- Svancara, J., & Kralova, Z. (2012). High-Mix Low-Volume Flow Shop Manufacturing System Scheduling. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(6), 145–150. <https://doi.org/10.3182/20120523-3-RO-2023.00130>
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: A literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(6), 766–799. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2015-0071>
- Tompkins, J. A. (Ed.). (2010). *Facilities planning* (4th ed). J. Wiley.
- Toni, A., & Tonchia, S. (1998). Manufacturing flexibility: A literature review. *International Journal of Production Research*, 36(6), 1587–1617. <https://doi.org/10.1080/002075498193183>
- Uusitalo, P., & Lidelöw, H. (2015). The Struggle of Multiple Supply Chain Structures: Theoretical Overview. *Procedia Economics and Finance*, 21, 185–192. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00166-5](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00166-5)
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated* (2nd edition). Free Press.
- Womack, J. P., & Shook, J. (2011). *Gemba Walks* (1st edition). Lean Enterprises Inst Inc.
- Zhang, Z., Li, K. W., Guo, X., & Huang, J. (2020). A probability approach to multiple criteria ABC analysis with misclassification tolerance. *International Journal of Production Economics*, 229, 107858. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107858>

ANEXOS

ANEXO I – Dimensões dos equipamentos de cada secção da fábrica

Tabela A. 1: Dimensões dos equipamentos.

Operação	Nº	Nome do Equipamento	C (m)	L (m)	H (m)	Área (m2)
Corte	1	Serrote automático Forte	1,5	2,1	2,2	3,15
	2	Máquina Facejar / Pontos	1,8	1,5	1,9	2,70
	3	Serrote Ciata	1,1	0,6	1,5	0,66
Torneamento	1	Torno vertical Dorries	2,8	2,5	3,0	7,00
	2	Torno vertical Berthiez	3,9	2,1	2,2	8,19
	3	Furadora Radial Ajax	2,6	1,2	2,9	3,12
	4	Torno vertical Berthiez BM180	3,7	2,3	2,1	8,51
	1	Torno paralelo Ponar EP=1.5m	3,0	0,7	1,4	2,10
	5	Torno paralelo Cazeneuve EP=1m	2,9	1,1	1,3	3,19
Fresagem	6	Torno paralelo Cazeneuve HB725	3,0	0,5	1,5	1,50
	1	Fresadora vertical Induma	1,8	1,0	2,1	1,80
	2	Fresadora universal JAROCIN	2,1	1,8	2,2	3,78
	3	Fresadora vertical LILIAN	2,2	1,8	2,0	3,96
	5	Mandriladora TOS	3,0	2,0	1,5	6,00
	6	Mandriladora Precivit	1,8	1,2	1,8	2,16
	7	Fresadora universal VERNIER	1,2	1,5	1,7	1,80
	8	Fresadora universal SHW	1,3	1,5	1,6	1,95
	9	Fresadora Aciera	1,1	1,4	1,5	1,54
	10	Furadora GSP (I)	0,7	0,6	1,9	0,42
	11	Furadora GSP (II)	0,7	0,6	1,9	0,42
Talhagem	1	Talhadora Pfauter 251	2,5	1,4	3,0	3,50
	2	Talhadora Sem Fins Heckert	2,4	1,5	2,9	3,60
	3	Talhadora Sykes 1	1,3	1,4	1,6	1,82
	4	Talhadora Sykes 2	1,3	1,4	1,6	1,82
	5	Talhadora Turbogear	1,4	1,4	1,6	1,96
	6	Talhadora Modul ZFWZ 250x5/II	2,1	1,5	2,3	3,15
	8	Talhadora Gleason 14/2	2,2	1,6	2,1	3,52
	9	Talhadora Gleason 14/1	2,1	1,6	2,0	3,36
	10	Talhadora Rollette	2,0	1,5	1,9	3,00
	11	Talhadora Modul 3 - ZFTK	3,0	1,6	2,1	4,80
	12	Talhadora Modul 4 - ZFTK	3,0	1,6	2,1	4,80
	13	Talhadora Spiromatic	2,8	1,5	1,9	4,20
	14	Rectificadora Reishauer	2,0	2,0	2,5	4,00
	15	Rodadora Oerlikon Ski	2,3	1,8	1,6	4,14
17	Talhadora Mikron 9-1	2,4	1,7	2,4	4,08	
18	Talhadora Mikron 9-2	2,4	1,5	2,3	3,60	
19	Talhadora Koepfer 110	3,9	2,1	2,5	8,19	
22	Talhadora Pfauter P630	5,9	2,9	3,4	17,11	
23	Talhadora Pfauter P2300	5,8	3,2	3,3	18,56	
Serralharia	1	Prensa ACL	0,7	0,6	2,1	0,42
	2	Serviço de Bancada	2,0	1,0	1,2	2,00
	3	Prensa ABRITO	2,2	1,8	1,8	3,96
	4	Brochadora Horizontal	2,4	0,8	1,4	1,92
	5	Brochadora Vertical	1,2	0,5	2,3	0,60
	6	Furadora Coluna EFI 1	0,9	0,6	1,9	0,54
	7	Roscamat	1,5	1,3	1,6	1,95

Tabela A. 1: Dimensões dos equipamentos (continuação).

Operação	Nº	Nome do Equipamento	C (m)	L (m)	H (m)	Área (m²)
	8	Furadora Coluna EFI 2	0,9	0,6	1,9	0,54
	9	Furadora Bancada EFI	0,9	0,6	1,9	0,54
	10	Escatelador BUTLER 8"	1,5	1,0	1,6	1,50
	14	Limpeza	3,0	2,0	2,0	6,00
	15	Rebarbadora Cratomat	2,0	1,0	2,0	2,00
	17	Afiadora Fresas	1,0	1,0	2,0	1,00
	18	Máquina Lavar - Rectificação	1,5	1,5	1,6	2,25
	19	Máquina Lavar - Montagem	1,5	1,5	1,6	2,25
	20	Máquina Equilibrar Elettrorava	2,3	1,9	2,1	4,37
	22	Prensa Bainhas	2,0	2,0	2,0	4,00
	23	Maquina Polir Mastra	1,0	1,0	2,0	1,00
	30	Embalagem	2,0	2,0	2,0	4,00
	31	Calandra MAQFORT ASM110-20/3,0	3,5	1,2	1,4	4,20
Tratamentos	2	Forno Nitruração	2,0	2,0	2,0	4,00
	3	Prensa Dunkes	0,8	1,3	2,2	1,04
	4	Decapagem Banfi	3,1	1,5	2,1	4,65
	5	Forno eléctrico	1,9	1,8	1,7	3,42
	7	Oxidação	1,6	1,7	1,5	2,72
Retificação	1	Rectific. interior Churchil	2,1	1,6	1,8	3,36
	3	Rectific. Sem Fins Lindner	3,0	2,0	2,5	6,00
	4	Rectific. Matrix 600 EP	2,9	2,1	2,5	6,09
	5	Rectific. Delapena - Honning	1,0	1,4	1,6	1,40
	9	Rectific. exteriores Matrix	3,5	1,4	1,8	4,90
	10	Rectific. universal Ponar	1,5	1,1	1,6	1,65
	11	Rectific. universal Tos	1,9	1,7	1,7	3,23
	14	Rectific. CNC Shighyia 1000	3,6	2,1	3,1	7,56
	15	GER CM-4000	1,2	2,0	3,1	2,40
	17	GLEASON TITAN 1200G	3,8	2,0	3,3	7,60
Montagem	1		12,0	1,5	1,2	18,00

ANEXO II – Exemplo do quadro *kanban* de equipamentos

Tabela A. 2: Exemplo do quadro *kanban* de equipamentos.

Departamentos		Para fazer		Em curso	Terminado
		PRIORIDADE BAIXA	PRIORIDADE ALTA		
Técnico	Programação				
Produção	Torneamento				
	Fresagem				
	Talhagem				
	Serralharia				
	Tratamentos				
	Qualidade				
	Retificação				
	Montagem				

ANEXO III – Observações recolhidas e tempo normal de *setup*.

Tabela A. 3: Observações recolhidas e cálculo do tempo normal do *setup*.

TAREFA Nº	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	TMO (min)	SD (min)	N (un.)	LI (min)	LS (min)	TMO _r (min)	SD (min)	N (un.)	FA	TN (min)	
Limpeza do	1	13,53	15,10	10,90	11,23	14,11	12,20	13,40	12,98	9,15	11,50	12,80	13,10	13,49	14,52	14,26	13,52	13,49	13,60	14,31	14,19	13,39	13,08	1,41	20,09	9,16	17,01	13,28	1,11	12	95%	12,62
	2	1,48	1,12	1,32	1,66	1,05	1,26	1,45	1,38	1,59	1,52	1,47	1,50	1,51	1,32	1,49	1,47	1,95	1,51	1,50	1,49	1,42	1,45	0,18	28,14	1,02	1,89	1,43	0,15	19	100%	1,43
	3	6,00	7,20	6,33	5,89	6,90	8,39	5,85	5,91	7,10	6,83	6,10	6,23	5,99	6,01	7,00	4,95	6,51	4,96	5,84	6,31	7,35	6,36	0,80	27,24	4,45	8,27	6,26	0,66	20	100%	6,26
	4	0,50	0,69	0,51	0,44	0,63	0,49	0,45	0,49	0,51	0,52	0,50	0,53	0,45	0,33	0,55	0,62	0,48	0,51	0,52	0,58	0,50	0,51	0,07	36,89	0,36	0,67	0,51	0,05	17	100%	0,51
	5	3,49	3,62	3,40	3,78	4,10	3,59	3,63	2,98	3,47	3,33	3,21	3,96	4,35	3,41	4,29	3,64	5,15	3,32	3,75	4,41	4,25	3,77	0,51	31,60	2,64	4,90	3,70	0,41	21	90%	3,33
	6	0,95	0,88	0,91	0,92	0,87	0,95	1,02	0,82	1,15	0,97	0,96	1,05	0,75	0,93	0,89	1,11	1,09	0,99	0,94	1,28	0,93	0,97	0,12	25,77	0,68	1,26	0,95	0,10	18	100%	0,95
	7	0,33	0,35	0,31	0,49	0,55	0,32	0,35	0,33	0,41	0,36	0,34	0,40	0,32	0,34	0,33	0,37	0,30	0,32	0,31	0,30	0,30	0,35	0,06	55,95	0,25	0,46	0,34	0,03	15	100%	0,34
	8	2,20	2,59	2,05	2,33	2,51	2,48	2,00	2,82	2,22	1,95	3,12	2,38	2,08	2,17	2,43	1,99	2,29	2,21	2,74	2,55	2,62	2,37	0,30	28,70	1,66	3,08	2,33	0,26	21	90%	2,10
Preparação da montagem da nova peça	9	0,50	0,78	0,66	0,57	0,62	0,70	0,51	0,61	0,63	0,57	0,67	0,59	0,58	0,51	0,52	0,49	0,50	0,51	0,54	0,60	0,62	0,58	0,08	29,66	0,41	0,76	0,58	0,06	21	100%	0,58
	10	3,12	3,10	3,26	4,59	3,87	2,95	3,00	2,86	3,01	3,11	3,89	2,87	2,96	3,15	3,65	3,91	3,10	3,02	2,99	3,13	3,10	3,27	0,45	32,74	2,29	4,25	3,20	0,34	20	95%	3,04
	11	1,73	1,84	2,10	1,64	1,70	1,68	1,82	2,05	1,66	1,72	2,13	1,87	1,92	2,58	1,56	1,98	2,23	1,78	1,86	2,17	1,72	1,89	0,25	29,49	1,32	2,46	1,86	0,19	19	95%	1,77
	12	1,35	1,65	1,12	1,45	1,36	1,29	1,54	2,01	1,32	1,28	1,23	1,41	1,52	1,09	1,99	1,33	1,43	1,53	1,61	1,54	1,40	1,45	0,23	45,27	1,02	1,89	1,39	0,15	21	100%	1,39
	13	2,70	2,78	2,64	3,12	2,98	2,54	2,93	3,12	2,15	2,71	2,85	3,22	2,80	2,66	2,18	2,61	2,93	2,78	3,84	2,48	2,68	2,80	0,36	29,21	1,96	3,63	2,74	0,28	18	100%	2,74
	14	0,95	1,23	1,47	0,99	1,14	1,10	0,98	0,95	0,92	1,03	0,95	1,08	1,22	0,88	0,94	0,93	0,93	0,92	0,89	1,01	0,98	1,02	0,14	33,98	0,72	1,33	1,00	0,10	18	100%	1,00
	15	0,27	0,16	0,17	0,29	0,14	0,18	0,17	0,14	0,13	0,15	0,31	0,15	0,15	0,17	0,16	0,18	0,48	0,14	0,14	0,15	0,14	0,19	0,08	342,32	0,13	0,25	0,16	0,01	15	100%	0,16
	16	0,67	0,64	0,78	0,74	0,58	0,91	0,63	0,69	0,59	0,61	0,66	0,64	0,68	0,64	0,71	0,69	0,70	0,66	0,67	0,70	0,71	0,68	0,07	18,90	0,48	0,89	0,67	0,05	9	100%	0,67
	17	1,30	1,44	1,32	2,64	1,29	1,33	1,52	0,98	1,14	1,26	1,21	1,37	1,43	1,39	1,31	1,46	1,22	1,31	1,29	1,92	1,30	1,40	0,33	98,96	0,98	1,82	1,33	0,10	9	100%	1,33
	18	7,23	7,43	7,58	11,03	5,89	7,19	7,36	6,95	8,25	7,65	7,01	9,05	12,15	7,69	6,78	7,13	7,08	7,48	8,13	8,26	6,68	7,81	1,43	58,36	5,47	10,15	7,41	0,69	15	90%	6,67
	19	1,60	2,85	1,79	1,55	1,68	1,47	1,39	1,62	1,84	1,96	2,12	1,91	3,22	3,47	1,61	1,74	1,66	1,60	1,59	1,48	1,64	1,89	0,57	158,98	1,33	2,46	1,68	0,19	21	100%	1,68
	20	2,58	2,52	2,49	2,66	2,74	2,65	2,54	2,43	3,36	2,29	1,98	2,89	3,09	2,57	2,99	2,60	2,51	2,62	2,75	2,86	4,18	2,73	0,44	45,11	1,91	3,55	2,66	0,29	21	90%	2,39
	21	2,50	2,95	2,84	2,45	2,51	2,77	2,32	2,48	2,21	2,96	2,46	2,72	3,66	2,18	2,16	2,51	2,61	2,63	2,88	2,43	2,52	2,61	0,34	29,11	1,83	3,39	2,55	0,24	16	90%	2,30
	22	4,35	4,59	4,13	4,02	4,66	6,29	4,21	3,86	4,40	4,09	4,74	5,39	4,33	4,18	4,46	4,00	4,29	4,85	5,23	4,96	4,36	4,54	0,57	27,10	3,18	5,91	4,46	0,41	15	90%	4,01
	23	16,18	15,24	16,97	16,84	17,12	15,68	14,59	18,20	24,33	15,65	14,57	18,36	14,12	16,36	15,96	14,36	22,45	19,10	16,74	16,32	17,88	17,00	2,53	38,62	11,90	22,10	16,33	1,42	13	90%	14,70
Montar a peça 1 no	24	3,52	3,69	3,51	3,10	4,11	3,66	3,68	3,15	3,33	3,96	4,69	2,97	3,28	3,44	3,87	4,05	3,96	3,50	3,23	2,84	3,36	3,57	0,44	26,17	2,50	4,64	3,51	0,36	19	95%	3,33
	25	3,21	3,10	2,13	2,89	3,69	3,33	3,74	3,22	4,12	3,12	3,15	2,54	3,20	4,26	3,36	3,15	3,33	3,19	3,22	3,34	3,29	3,27	0,46	34,25	2,29	4,25	3,27	0,33	17	90%	2,95
	26	0,62	0,71	0,59	0,96	0,83	0,67	0,86	0,88	0,66	0,76	0,72	0,69	0,70	0,81	0,68	0,63	0,73	0,71	0,65	0,66	0,72	0,73	0,09	29,20	0,51	0,94	0,71	0,08	21	100%	0,71
	27	5,15	5,01	5,65	5,47	5,33	5,97	5,08	4,76	5,28	5,69	4,99	5,13	5,83	6,07	5,23	4,68	5,03	6,38	5,56	7,13	5,12	5,45	0,58	19,82	3,82	7,09	5,37	0,45	12	95%	5,10
	28	1,58	1,63	1,51	1,59	1,67	1,78	3,16	1,94	1,52	1,66	1,57	1,49	2,01	1,95	1,67	1,98	1,88	1,14	1,63	1,37	1,85	1,74	0,39	87,21	1,22	2,26	1,70	0,19	21	100%	1,70
	29	4,82	4,62	5,37	5,12	4,49	4,24	3,19	4,55	4,74	5,20	4,96	4,81	5,27	4,78	4,33	3,98	4,69	4,88	4,83	4,67	5,17	4,70	0,49	18,88	3,29	6,11	4,78	0,36	10	100%	4,78
	30	1,27	1,45	1,43	1,29	1,17	1,32	2,10	1,15	0,96	1,54	1,61	1,23	1,37	1,17	1,21	0,84	2,43	1,41	1,55	1,92	1,29	1,41	0,37	117,26	0,99	1,84	1,34	0,15	20	100%	1,34
	31	0,92	1,11	0,95	0,87	1,09	0,99	0,89	1,35	1,16	1,03	0,91	0,82	1,13	1,19	0,95	0,51	0,88	1,01	0,96	1,48	1,07	1,01	0,20	67,19	0,71	1,32	1,00	0,11	21	100%	1,00
	32	1,38	0,85	1,01	0,99	1,18	1,06	0,93	1,14	0,86	1,00	0,98	1,07	1,11	0,82	0,88	0,98	1,05	1,37	0,87	0,95	0,64	1,01	0,17	51,58	0,70	1,31	0,99	0,10	20	110%	1,08
	33	1,25	1,36	1,12	1,69	1,32	1,20	1,29	1,18	1,55	1,24	1,41	1,26	1,20	1,03	1,35	1,28	1,22	1,19	0,99	1,21	1,32	1,27	0,16	26,17	0,89	1,65	1,25	0,13	18	100%	1,25
	34	1,57	1,46	1,69	1,62	1,93	1,43	1,87	1,51	2,39	1,74	1,83	1,54	1,63	1,56	1,71	1,78	1,49	1,60	1,53	1,85	1,77	1,69	0,22	28,40	1,18	2,20	1,66	0,15	14	110%	1,82
	Ajustar posições	35	1,77	1,55	1,69	1,51	1,44	1,32	1,62	2,06	1,49	1,59	1,38	1,82	1,46	1,52	1,60	1,71	1,41	1,21	1,81	1,63	1,42	1,57	0,19	26,76	1,10	2,04	1,55	0,16	19	100%
36		1,72	1,82	1,66	1,78	1,52	2,01	1,82	1,39	1,90	2,31	1,71	1,62	1,47	1,89	1,56	1,28	2,29	1,73	1,69	1,81	1,78	1,75	0,25	36,35	1,23	2,28	1,69	0,18	21	100%	1,69
37		1,70	1,86	1,73	2,05	1,89	1,62	1,77	2,03	1,92	1,65	1,85	1,58	1,69	1,75	1,67	1,28	1,43	1,71	2,56	1,90											

Anexo IV – Auditoria 5S do estado final

Tabela A. 4: Auditoria 5S ao estado final da fábrica esperado.

Parâmetro a verificar	Pontuação (0 a 2)
1. Utilização (Separar o necessário do desnecessário)	
1.1 Não existem materiais ou ferramentas desnecessárias (obsoletos ou em excesso).	2
1.2 Não existem equipamentos desnecessários.	1
1.3 Todas as prateleiras e armários estão a ser utilizados.	2
1.4 A quantidade de zonas de deposição de lixo é a necessária.	2
1.5 Os materiais e ferramentas necessários são facilmente acessíveis.	2
1.6 As ferramentas estão organizadas de forma lógica.	2
2. Organização	
2.1 As zonas de arrumação de materiais, ferramentas e produtos estão marcadas;	2
2.2 As zonas de arrumação de materiais e ferramentas estão identificadas;	2
2.3 Os materiais e as ferramentas bem identificados.	2
2.4 Os armários, gavetas, contentores e prateleiras estão arrumados e rotulados.	2
2.5 Os espaços de circulação permitem o tráfego de pessoas e equipamentos sem perigo de incidentes ou acidentes.	2
3. Limpeza	
3.1 Todo o <i>stock</i> de produtos e materiais está limpo e livre de detritos.	2
3.2 O chão dessa zona encontra-se limpo.	1
3.3 As ferramentas são limpas regularmente.	1
3.4 O material de limpeza necessário é facilmente acessível a cada trabalhador.	1
4. Uniformização (criar regras standard a ser cumpridas)	
4.1 Existem métodos de trabalho normalizados.	2
4.2 Existe um programa de limpeza.	2
4.3 Estão aplicadas as ferramentas de gestão visual necessárias (como etiquetas e delimitações).	2
5. Disciplina (manter as práticas 5S)	
5.1 Existe a formação necessária acerca dos 5S.	1
5.2 Existe inspeção do cumprimento das regras.	1
5.3 As normas de segurança são cumpridas.	1
5.4 Todos conhecem o seu papel e a sua responsabilidade perante os 5S.	2
TOTAL	37 em 44 (84,1%)