



Miguel Ângelo Espírito Santo Pelicano **Modelo de Gestão para Empresas com Produção Oficial**

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia de Produção

ORIENTADOR

Professor Doutor Pedro F. Cunha

Julho de 2023

Miguel Ângelo Espírito Santo Pelicano **Modelo de Gestão para Empresas com Produção Oficial**

JÚRI

Presidente: (Professor Doutor, Ricardo Antonio Lamberto Duarte Claudio, Instituto Politécnico de Setúbal)

Orientador: (Professor Doutor, Pedro Filipe do Carmo Cunha, Instituto Politécnico de Setúbal)

Vogal: (Professor Doutor, Rui Pedro Cardoso Batista Ferreira, Nome, Instituto Politécnico de Setúbal)

Julho de 2023

Se o objetivo de vida for triunfar, faça da perseverança a sua melhor amiga, da experiência o seu conselheiro, da prudência o seu irmão mais velho e em suma da esperança o seu anjo da guarda.

A mudança nasce em nos e não na espera que o outro mude

Agradecimentos

Ao finalizar um percurso tão relevante para a mim, é de igual importância expressar o meu enorme agradecimento a todos aqueles que estiveram presentes e apoiaram esta caminhada a meu lado. Assim, em primeiro lugar, quero agradecer aos meus pais, pelo apoio e encorajamento constante e incondicional, demonstrando sempre paciência e compreensão pela minha paixão pela engenharia e, desta forma, por proporcionarem a possibilidade de continuar os meus estudos terminando assim com um obrigado por “fazerem de mim a pessoa que sou hoje”.

Agradeço ainda ao professor Pedro Cunha pela “grande” disponibilidade prestada durante todo o percurso académico e por todos os conselhos transmitidos que me ajudaram a crescer a nível pessoal e profissional.

Agradeço ao professor Carlos Fortes pela “grande” disponibilidade prestada durante todo o meu percurso escolar, tornando-se uma referência para todo o meu desenvolvimento na área da engenharia e por todos os conselhos transmitidos que me ajudaram a crescer a nível pessoal.

Quero expressar o meu agradecimento à Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, por ter me ajudado a desenvolver as minhas aptidões profissionais no âmbito da Engenharia, quer através da Licenciatura em Mecânica quer através Mestrado em Engenharia de Produção.

E por último e com grande impacto para mim, agradeço a minha namorada por estar sempre a meu lado, nos bons e maus momentos, ajudando-me a superar cada etapa, tornando-se imprescindível para a concretização da dissertação bem como por ter uma enorme paciência para mim.

Resumo

Atualmente, o ambiente em que as organizações industriais atuam caracteriza-se por existir uma pressão elevada para as empresas tornarem-se mais competitivas, respondendo à volatilidade dos mercados e à exigência crescente por parte dos clientes, em termos da satisfação dos requisitos, prazos e preços sobre os produtos que fornecem ou os serviços que prestam. Esta dissertação tem como objetivo propor um modelo de gestão para as empresas de produção oficial que por estar focado nas empresas que concebem e produzem produtos por encomenda (*ETO Engineering-to-Order*), se denominou de EPMS – *ETO Production Management System*. Este modelo tem por base os princípios da produção *Lean* e das facilidades que a tecnologia oferece. Concomitantemente serão caracterizados os principais desafios e problemas, revistos os fundamentos da filosofia *Lean*, identificados os tipos de desperdícios existentes neste tipo de empresas, listadas as barreiras que poderão existir na implementação da presente filosofia e apontados alguns dos principais desenvolvimentos tecnológicos e paradigmas, ocorridos no âmbito da indústria 4.0. Através desta investigação e a partir da análise dos resultados obtidos será proposto um modelo de gestão e a respetiva abordagem à sua implementação. A definição de um modelo de gestão e dos requisitos para a sua correta implementação permitirá identificar o nível de preparação das empresas e as necessidades de novas competências e outros requisitos. Pretende-se assim sensibilizar a empresa para as suas necessidades e processos de liderança, de forma que o modelo de gestão a ser adotado mantenha a equipa envolvida na prática da melhoria contínua e focada no cumprimento de objetivos, monitorizando e auditando os processos que forem implementados. O principal resultado da presente dissertação é o próprio modelo *ETO Production Management Systems* e a demonstração feita do forte contributo para as empresas de ETO. De acordo com o inquérito realizado, sobre aspetos relacionados com o modelo de gestão proposto, ficou demonstrado que este permite a resolução dos problemas existentes dentro de uma empresa ETO. Este aspeto torna-se relevante para os profissionais que desempenham funções em empresas com um sistema produtivo de ETO, através da sugestão da utilização de ferramentas, métodos ou ações adequadas para assegurar uma boa gestão e tornar este tipo de empresas mais competitivas.

Palavras-chave: Modelo de Gestão; *Engineering-to-order*; *Production Management System*; Indústria 4.0.

Abstract

Nowadays the industrial landscape of organizations puts a high pressure on companies to become more competitive, responding to the volatility of markets and the growing demand from customers in terms of meeting requirements, deadlines and prices on the products they provide or the services they provide. This dissertation aims to propose a management model for workshop production companies (ETO Production Management Systems), which in the English literature are referred to as job-shop production systems, more specifically the companies that design and produce products to order, through the principles of Lean production and the facilities that technology offers. Concomitantly, the main challenges and problems will be characterized, the foundations of the Lean philosophy will be reviewed, the types of waste existing in this type of companies will be identified, the barriers that may exist in the implementation of this philosophy will be listed, and some of the main technological developments and paradigms pointed out within the scope of Industry 4.0. Through this investigation and from the analysis of some real cases will be proposed a management model and an approach to its implementation. In this sense, the definition of a management model and the requirements for its correct implementation will allow to identify the level of preparation of companies and the needs of new skills and other requirements. It is intended to sensitize the company to its needs and leadership processes so that the management model to be adopted keeps the team involved in the practice of continuous improvement and focused on meeting objectives, monitoring and auditing the processes that are implemented. The main result of this dissertation is the fact that the ETO Production Management Systems model proves to be a strong contribution both for the scientific community and for professionals who perform functions in companies with ETO industry, as it allows the resolution of existing problems within of an ETO company through the use of the most appropriate tools, methods or actions without the need to resort to different management models for a given objective.

Keywords: Management Model; Engineering-to-order, Production Management System; Industry 4.0.

Índice

Agradecimentos	v
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice	viii
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas.....	xii
Lista de Siglas e Acrónimos.....	xiii
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1. Introdução e Âmbito do Trabalho.....	1
1.2. Objetivos Gerais e Específicos.....	2
1.3. Organização da Dissertação	3
Capítulo 2	5
Revisão Bibliográfica	5
2.1. Tipo de Sistema Produtivo	5
2.1.1. Sistema MTS – Make-to-Stock.....	6
2.1.2. Sistema MTO – Make-to-Order	6
2.1.3. Sistema ATO – Assemble-to-Order.....	6
2.1.4. Sistema ETO – Engineering-to-Order	6
2.2. Caracterização de Empresas de Produção Oficial	7
2.3. Fases na Produção de Empresas ETO.....	10
2.3.1. Superposição de Fases na Produção ETO	12
2.4. Problemas Característicos dos Sistemas Produtivos de ETO	13
2.4.1. Prazos de Entrega e Custos de Projeto	15
2.4.2. Marketing	16
2.4.3. Engenharia no Planeamento do Processo.....	16
2.4.4. Recursos Restritivos na Área de Desenvolvimento de Produto.....	16
2.4.5. Planeamento e Controlo na Engenharia	17
2.4.6. Produção.....	17
2.4.7. Recurso Restritivos de Produção	17
2.4.8. Programação da Produção.....	18
2.4.9. Controlo da Produção.....	18

Capítulo 3	20
Modelos de Gestão	20
3.1. Conceito de Modelo de Gestão	20
3.2. Modelo Gestão “Push”	23
3.2.1. Desvantagem do MRP como Modelo de Gestão.....	25
3.2.2. Planeamento de uma Empresas de ETO	25
3.3. Gestão dos Fluxos de Trabalho de Processos de Fabricação	26
3.3.1. O que é WIP?	27
3.3.2. Porque o WIP é Abundante em Empresas de ETO.....	27
3.3.3. Takt Time.....	28
3.4. Planeamento da Produção	29
3.4.1. Planeamento a Longo Prazo.....	30
3.4.2. Planeamento a Médio Prazo	30
3.4.3. Planeamento a Curto Prazo	31
3.4.4. Controlo Oficial.....	32
3.5. Total Quality Management - TQM	34
3.6. A Teoria dos Constrangimentos	35
Capítulo 4	37
Fundamentos da Filosofia Lean	37
4.1. Contextualização da História da Filosofia Lean	37
4.2. Princípios de uma Filosofia Lean	39
4.3. Os 3 M’s e os 8 Desperdícios	41
4.4. Métodos ou Técnicas Associadas à Filosofia Lean	43
4.4.1. Kaizen.....	44
4.4.2. Sistema 5 S`	45
4.4.3. Conceito do 6 Sigma	46
4.4.4. Ciclo PDCA.....	47
4.4.5. VSM (Value Stream Mapping).....	48
4.4.6. “5 porquês”	50
4.4.7. Gestão Visual	50
4.4.8. Heijunka.....	51
4.4.9. Poka-Yoke	52
4.4.10. Kanban	52
4.4.11. TPM.....	53
4.5. Os Pilares para a Implementação Lean	55
4.5.1. O Pilar Just-In-Time.....	56
4.5.2. O Pilar Jidoka	58
4.6. Dificuldades e Barreiras para Implementação do Lean	60
4.7. Análise do Lean na Empresas de ETO	63

Capítulo 5	65
<i>Para além da Filosofia Lean</i>	65
5.1. Contributos da Indústria 4.0 para a Filosofia Lean.....	65
5.2. Produção Agile	74
5.2.1. O Conceito de Leagile	75
5.2.2. Leagile em Ambientes ETO.....	78
Capítulo 6	79
<i>Proposta de Modelo de Gestão para empresas de ETO</i>	79
6.1. Caracterização das Empresas de Produção ETO	79
6.1.1. Problemas Associados às Empresas ETO.....	81
6.1.2. Proposta aos Problemas das Empresas de Produção ETO	83
6.2. Proposta de Modelo para as Empresas ETO.....	90
6.2.1. Modelo EPMS.....	91
6.3. Metodologia a Adotar e Validação do Modelo EPMS	105
6.3.1. Principais Conceitos e Métodos de Pesquisa	105
6.3.2. Caracterização da Pesquisa.....	106
6.3.3. Técnicas Utilizadas na Recolha de Dados	106
6.4. EPMS Validação Face a Atual Realidade Industrial.....	107
6.4.1. Análise dos Resultados da Entrevista Semiestruturada	107
Capítulo 7	114
<i>Conclusões e Desenvolvimentos Futuros.....</i>	114
7.1. Conclusões	114
7.2. Desenvolvimento de Trabalhos Futuros.....	116
Bibliografia	117
Anexo I.....	1
Guião de Questionário.....	1

Lista de Figuras

Figura 1 - Caracterização dos Sistemas Produtivos	5
Figura 2 - Características de uma Empresa ETO	8
Figura 3 - Caraterização da 1º Etapa do Sistema ETO	11
Figura 4 - Caraterização das Etapas do Sistema ETO	11
Figura 5 - Sobreposição de Fases na Produção ETO	12
Figura 6 - Planeamento e Controlo da Produção	21
Figura 7 - Processo do Sistema MRP	23
Figura 8 - Integração do Sistema MRP	26
Figura 9 - Níveis de Planeamento e Funções Associadas	29
Figura 10 - Planeamento a Médio Prazo	31
Figura 11 - O Mecanismo Tambor-Pulmão-Corda da TOC	35
Figura 12 – Os Sete Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	41
Figura 13 - Processo de Melhoria Contínua	44
Figura 14 - Etapas Básicas - Mapeamento do Fluxo de Valor	50
Figura 15 - Casa TPM – Pilares	55
Figura 16 - Filosofia da Casa TPS	56
Figura 17 - Produção Tradicional x Produção <i>Just-in-Time</i>	57
Figura 18 - Conceito do <i>Jidoka</i>	59
Figura 19 - Divisão de Atividades Pelo CODP	76
Figura 20 - Diferenças entre as Produções em Massa, <i>Lean</i> e <i>Ágil</i>	78
Figura 21 - Características de uma Empresa ETO	80
Figura 22 - Etapas de Sistemas de Produção ETO	81
Figura 23 - Problemas de Empresas de Produção ETO	82
Figura 24 - Ferramentas com Maior Eficiência	90
Figura 25 - O Modelo ETO <i>Production Management System</i>	94
Figura 26 – Objetivos do Modelo de Gestão EPMS	99
Figura 27 - Ciclo de Controlo de Anormalidades	100
Figura 28 - Análise do Ponto de Mudança.....	101
Figura 29 - Exemplo de Regras de Reação.....	102
Figura 30 - Caracterização da Empresa em Termos Tecnológicos	108
Figura 31 - Modelo de Gestão Existente na Empresa	110
Figura 32 – Caracterização de uma Empresa ETO	111
Figura 33 - Frequência dos Problemas Identificados numa Empresa ETO	111
Figura 34 - Impacto dos Problemas em Relação ao Tempo	112
Figura 35 - Impacto dos Problemas em Relação ao Custo	112
Figura 36 - Requisitos para uma Correta Gestão Operacional	113
Figura 37 - Métodos, Ferramentas ou Ações com mais influência.....	113

Lista de Tabelas

Tabela 1 - 4º Revolução Industrial	66
Tabela 2 - Desafios <i>Lean</i> vs Soluções 4.0.....	68
Tabela 3 - Consequência dos Problemas nos Departamentos de uma Empresa ETO ...	82
Tabela 4 - Soluções de Problemas de Produção em ETO	88
Tabela 5 - Requisitos para uma Correta Gestão Operacional	91
Tabela 6 - Características/Elementos que Compõem o Modelo EPMS	92
Tabela 7 - Resolução de Problemas Através das Características do Modelo EPMS	96
Tabela 8 - Comparação das Metodologias Qualitativas e Quantitativa	105

Lista de Siglas e Acrónimos

ATO	<i>Assemble -to-Order</i>
BOM	Lista de Materiais
BPM	<i>Business Process Management</i>
CO	Controlo Oficial
CODP	<i>Customer Order Decoupling Point</i>
CT	<i>Cycle Time</i>
CPS	Sistemas Ciber-Físicos
DES	<i>Discrete Event Simulation</i>
DKSs	Sistemas <i>Kanban</i> Digitais
DLM	<i>Digital Lean Manufacturing</i>
DMSs	Padrões de Fabricação Digital
DP	Presença Digital
DQM	<i>Digital Quality Management</i>
DWOs	Operações de Armazém Digital
EPMS	<i>ETO Production Management System</i>
ETO	<i>Engineering-to-Order</i>
EUA	Estados Unidos da América
FDC	<i>Factory Data Collection</i>
FMD	<i>Flexible Manufacturing Systems</i>
HLMV	<i>High-Mix/Low-Volume Industry</i>
IHMs	Interfaces Homem Máquina
JIT	<i>Just In Time</i>
LI	<i>Lean Enterprise</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
LT	<i>Lead Time</i> – Tempo de Espera
ML	<i>Machine Learning</i>
MPS	<i>Master Production Schedule</i>

MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
MTO	<i>Make-to-Order</i>
MTS	<i>Make-to-Stock</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Control, Action</i>
PDP	Plano Diretor de Produção
QM	<i>Quality Management</i>
REDIS	Rede Digital com Integração de Serviços
TH	Taxa de Produção
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TOC	<i>Theory of Constraints</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
TT	<i>Takt Time</i>
UAVs	Veículos Aéreos não Tripulados
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WC	<i>Wearable Computing</i>
WIFI	<i>Wireless Fidelity</i>
WIP	<i>Work In Process</i>

Capítulo 1

Introdução

Atualmente, a crescente globalização dos mercados e o aumento da competitividade que se tem verificado entre as empresas tem condicionado estas a um novo padrão de concorrência, em que as estratégias empresariais tradicionais já não fazem sentido e demonstram-se insuficientes para garantir a sobrevivência destas organizações nos mercados concorrentes. Assim, estas alterações no ambiente industrial exigem da gestão de topo a procura por uma organização mais eficiente e eficaz, no cumprimento dos objetivos que forem estabelecidos.

Em geral, o papel da gestão das operações torna-se determinante e exige o completo envolvimento dos operadores no assumir de responsabilidades e nas tomadas de decisão, alinhadas com os objetivos que forem estabelecidos. O desempenho das pessoas e nos vários níveis de decisão é assim um fator chave para o sucesso das organizações. Esse sucesso está também muito dependente da capacidade da empresa, de forma consistente, satisfazer as necessidades dos clientes e conquistar novos clientes.

A sobrevivência das empresas, nos dias de hoje, depende da capacidade de estas garantirem a total satisfação dos seus clientes, sobretudo porque estes são cada vez mais exigentes, especialmente no que diz respeito à qualidade e ao preço a pagar pelos produtos fornecidos pela empresa. Neste contexto, promove-se cada vez mais a racionalização e a eliminação de todas as atividades que não agregam valor aos produtos, conhecidos habitualmente como “desperdício”. O objetivo é a redução do peso dessas atividades ou a eliminação destas, reduzindo os custos e conseqüentemente aumentando a produtividade e os lucros da empresa. É nesta circunstância que a filosofia *Lean* surge como um contributo para as empresas terem um modelo de gestão que contribua para reduzir o desperdício, aumentar a flexibilidade da produção e garantir a qualidade dos produtos e serviços.

1.1. Introdução e Âmbito do Trabalho

A presente dissertação apresenta como principal objetivo compreender a relação que existe entre um conjunto de tendências de gestão, os desenvolvimentos tecnológicos e a sua possível aplicação nas empresas industriais que concebam e produzam produtos por encomenda, de forma a torná-las mais competitivas. No ambiente competitivo em que as empresas atuam, em particular as que possuem um sistema de produção oficial, habitualmente denominadas de empresas de ETO (*Engineering-to-Order*) ou de HMLV (*High-Mix/Low-Volume Industry*), existe uma complexidade própria associada ao volume de produção e aos tipos de produtos que são fabricados. Por essa razão, as empresas de ETO apresentam características próprias e dificuldades específicas, e por isso pretende-se contribuir com uma proposta de modelo de gestão que promova um melhor desempenho e resiliência deste tipo de empresas.

Entre as teorias de gestão estudadas no desenvolvimento desta dissertação temos a filosofia *Lean*, a Teoria dos Constrangimentos e a abordagem de gestão associada à Gestão de Qualidade Total (*Total Quality Management – TQM*), aplicadas em ambientes industriais. Para além disso fez-se um estudo sobre os atuais desenvolvimentos tecnológicos, neste caso associados aos novos paradigmas da Indústria 4.0.

O desenvolvimento do presente trabalho passou pela definição detalhada e fundamentada de um modelo de gestão para as referidas empresas com um sistema de produção ETO. Este tipo de empresas procura, cada vez mais, melhorar a eficiência da produção, melhorando os processos, eliminando os desperdícios, aumentando a qualidade dos produtos ou serviços que prestam e reduzindo os custos associados às operações que realizam.

1.2. Objetivos Gerais e Específicos

Esta dissertação apresenta o desenvolvimento e o resultado do estudo realizado com vista à definição e proposta de um novo modelo de gestão para empresas com produção oficial e caracterizadas pelo sistema de produção *Engineering-to-Order* (ETO). Este tipo de empresas tipicamente produzem um elevado *mix* de produtos e num baixo volume de produção e daí serem também denominadas na literatura como empresas de *High-Mix/Low-Volume Industry* (HMLV).

Por forma a alcançar os objetivos propostos, inicialmente recorreu-se a uma pesquisa bibliográfica, onde se pretendeu caracterizar os problemas atuais deste tipo de empresas e justificar a necessidade de as mesmas adotarem um modelo de gestão capaz de auxiliar as empresas a tornarem-se mais competitivas e eficientes. Desta forma, pretendeu-se rever os conceitos como sistemas produtivos de ETO e caracterizar as empresas com este tipo de produção, em particular em termos dos seus problemas característicos e modelos de gestão. Procurou-se também rever os fundamentos do modelo de gestão *Lean* e os paradigmas associados à indústria 4.0, com o objetivo de definir os contributos da indústria 4.0 para a filosofia *Lean*.

Como resultado dessa pesquisa pretendeu-se fundamentar a proposta de modelo de gestão para as empresas de produção oficial, com sistema produtivo de ETO, incluindo nesta proposta alguns dos princípios da produção *Lean* e de outras teorias de gestão, conjugados com as facilidades que a tecnologia oferece, mais propriamente a tecnologia associada à indústria 4.0.

Neste estudo também se pretendeu fazer a análise de casos reais, a partir de uma recolha estruturada de informação de pessoas chave, em ou com experiência em empresas de ETO. Essa análise ajudou a validar a proposta de modelo de gestão e a definir aspetos chaves para a sua implementação.

A presente dissertação foi também desenvolvida para responder a questões que foram definidas com o propósito de orientar a revisão da literatura feita e suportar os desenvolvimentos realizados. Assim, as questões referidas foram as seguintes:

- Em que medida é perceptível nas empresas a relevância do modelo de gestão?
- Será que existe uma definição de modelo de gestão em empresas de ETO?

- Qual é o conceito de modelo de gestão nas empresas de ETO?
- Qual é o âmbito do sistema de Gestão de Produção na indústria de empresas ETO?
- Como é implementado o sistema de Gestão de Produção na indústria de empresas ETO?
- Que componentes, métodos, ferramentas e tecnologias podem ser associadas ou fazem parte do modelo de gestão em empresas de ETO?
- Quais são as futuras direções de investigação ou desenvolvimentos esperados no uso do modelo de gestão, como fator competitivo nas empresas de ETO?

1.3. Organização da Dissertação

O presente relatório apresenta o trabalho realizado para a elaboração desta dissertação, sendo que o desenvolvimento desse trabalho foi estruturado em 7 etapas, explanadas nos capítulos aqui apresentados.

Os capítulos 2 e 3 deste relatório apresentam as pesquisas feitas nas etapas primeira e segunda do trabalho. Na primeira etapa foi feita uma pesquisa bibliográfica com vista a caracterizar as empresas de produção oficial, identificando os tipos de problemas associados a estas empresas. Na segunda etapa foi realizada uma pesquisa sobre a identificação dos diferentes tipos de modelos de gestão e conceitos chave inerentes à implementação desses modelos, abrangendo as técnicas e ferramentas que os compõem e de interesse para a gestão dos sistemas de produção.

O capítulo 4 apresenta os resultados da pesquisa feita sobre a filosofia Lean e corresponde à quarta etapa do trabalho. Esta quarta etapa justificou-se por se observar a importância que a filosofia Lean possui hoje em dia no suporte aos modelos de gestão e por isso foi necessário apresentar um enquadramento histórico desta filosofia, os seus princípios, os pilares que suportam esta filosofia e apresentar as barreiras para a sua implementação nas empresas industriais.

O capítulo 5, corresponde à quinta etapa do trabalho onde foi necessário realizar uma pesquisa sobre a integração dos paradigmas da indústria 4.0 nos sistemas de produção que tenham por base a filosofia *Lean*, apresentando os seus atributos. No ambiente industrial atual observa-se uma forte tendência para a adoção das tecnologias e paradigmas da indústria 4.0. Através da implementação da indústria 4.0 pensa-se ser possível minimizar ou mesmo ultrapassar alguns dos desafios que se colocam na implementação do Lean nas empresas e na obtenção de alguns resultados, como sejam a eliminação dos resíduos e dos desperdícios existentes.

O capítulo 6 corresponde à sexta etapa do trabalho onde é apresentada uma proposta de modelo e requisitos para a implementação de um modelo de gestão. Neste mesmo é descrito o modelo em termos dos seus principais elementos e considerando aspetos tecnológicos e organizacionais, como sejam entre outros as competências. Nesta fase houve ainda lugar à realização de um inquérito com o objetivo de considerar e analisar casos reais a fim de validar o

modelo de gestão proposto.

Por fim, o capítulo 7 corresponde à sétima etapa do trabalho em que se analisou os resultados obtidos e se elaborou um conjunto de conclusões sobre estes, bem como sobre todo o trabalho realizado. Esta reflexão serviu de base para a identificação de um conjunto de oportunidade de desenvolvimentos futuros, igualmente apresentados neste capítulo.

Em anexo a este documento é apresentado o documento elaborado e utilizado para suportar o inquérito realizado a pessoas chave em empresas de ETO. Este documento, aqui denominado de “Guião de Inquérito”, é um elemento importante do trabalho realizado.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

O presente capítulo apresenta uma revisão bibliográfica feita a partir artigos científicos e outras publicações consideradas relevantes para tratar os diversos temas da presente dissertação: tipo de sistemas produtivos, teorias de gestão operacional e novas tecnologias. Assim, o presente capítulo inicia-se com a caracterização dos diferentes tipos de sistemas produtivos, seguindo-se de uma caracterização de empresas de produção oficial assim como as fases na produção de empresas ETO. Posteriormente, são abordados os problemas característicos dos sistemas produtivos das empresas de ETO.

2.1. Tipo de Sistema Produtivo

A qualidade dos processos, dos produtos e dos serviços caracteriza-se como um elemento essencial no que respeita à competitividade empresarial. Deste modo, devem ser reunidos esforços com o objetivo de atingir as necessidades e superar as expectativas dos clientes, assim como garantir a sua identidade [1].

A interação entre as empresas e os seus clientes é um processo que pode realizar-se através da venda de produtos que já terão sido produzidos anteriormente às necessidades do cliente ou através de produtos que são produzidos após a manifesta necessidade por parte do cliente e respetiva encomenda. Alguns autores defendem que a interação entre as empresas e os seus clientes poderá realizar-se através de sistemas produtivos que assentem numa estratégia operacional que poderá ser de *Make-to-Stock* (MTS), de *Make-to-Order* (MTO), de *Assemble-to-Order* (ATO) e de *Engineering-to-Order* (ETO) [2]. A Figura 1 ilustra exatamente esta situação onde a cada tipo de sistema produtivo é associado um tipo de estratégia, sendo que os sistemas produtivos orientados a projeto ou a tarefa são os referidos habitualmente como de produção oficial.

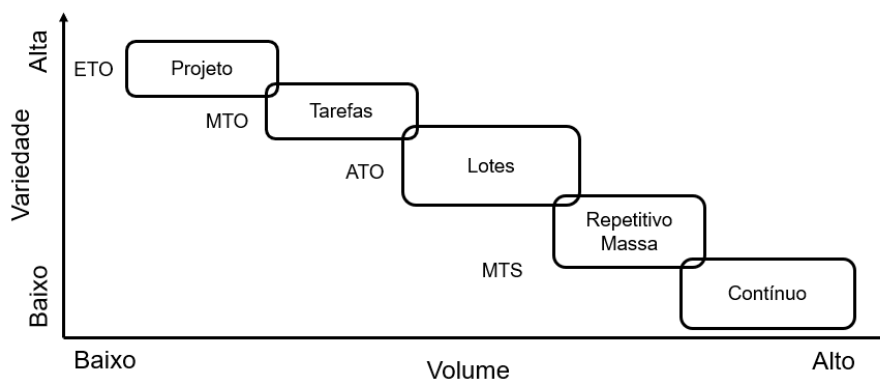


Figura 1 - Caracterização dos Sistemas Produtivos (adaptado de [2]).

2.1.1. Sistema MTS – Make-to-Stock

No que concerne ao sistema MTS, as empresas oferecem o seu produto acabado, isto é, os clientes possuem pouca oferta e opção de escolha e os seus produtos tendem a apresentar uma imagem padronizada [3]. Quanto ao material armazenado este é mantido de acordo com uma política de reposição que poderá solicitar periodicamente material até a um nível acordado [4]. Ainda neste sentido, os clientes não apresentam um envolvimento direto no projeto do produto pois este é realizado baseado na quantidade de produtos acabados. No entanto, importa salientar que o tempo de entrega dos produtos no sistema MTS é o menor de todos os sistemas de produção, permitindo às empresas um desempenho elevado na rapidez das suas entregas [2].

2.1.2. Sistema MTO – Make-to-Order

Relativamente ao sistema MTO, este caracteriza-se por o projeto ser elaborado através de contactos com os clientes, procedendo para a etapa de produção apenas após ser recebido o pedido formal do mesmo. Deste modo, o produto final apesar de apresentar itens padronizados poderá também abranger componentes realizadas sob medida, salientando-se que o tempo de entrega dos produtos é reduzido devido à possibilidade de ser necessário pouco tempo de projeto [2]. Concomitantemente este sistema de produção é caracterizado por longos períodos nos prazos de entrega, baixos custos de armazenamento e elevada flexibilidade [4]. Este sistema de produção apresenta ainda como principal vantagem para as empresas a elevada flexibilidade, a qualidade do produto ser valorizada, o produto puder ser customizado ou personalizado e o facto de poder atender um pedido com a especificação exata do produto exigido pelo cliente que pode ser efetuado através de um catálogo de produtos existentes [4].

2.1.3. Sistema ATO – Assemble-to-Order

Quanto ao sistema ATO, neste observa-se um sistema produtivo no qual as grandes componentes e materiais são armazenados até que exista um pedido por parte do cliente, sendo que este apresenta as suas especificações para o produto final. Desta forma, o cliente apresenta um envolvimento elevado no qual também constata que o projeto do seu produto se encontra limitado à seleção do conjunto de componentes necessários. Neste sistema, o tempo de entrega é reduzido em relação ao tipo de sistemas MTO, sendo que o tempo despendido para a elaboração do projeto não é necessário assim como os materiais que se encontram disponíveis para a montagem [3]. Neste tipo de sistema encontra-se como principal vantagem a flexibilidade em relação aos sistemas de produção que necessitam de realizar uma encomenda [3]. Ainda neste sentido, o sistema ATO facilita uma visão eficiente sobre o fornecimento de uma elevada variedade de produtos aos seus clientes, sendo que mantém razoavelmente tanto o tempo de resposta como um custo razoável [2].

2.1.4. Sistema ETO – Engineering-to-Order

O sistema ETO é caracterizado por ser uma extensão dos sistemas MTO, sendo o projeto

do produto realizado de acordo com as especificações do cliente. Estes produtos são personalizados individualmente, sendo a comunicação entre a empresa e o cliente muito rica em termos de conteúdo e por isso de importância elevada. [3] Neste sistema o cliente é totalmente envolvido no projeto dos seus produtos, sendo que a aquisição do material não é requisitada até que a produção necessite deste [5]. Quanto ao tempo de entrega dos produtos finalizados no sistema ETO, este apresenta ser longo pois encontra-se incluído o tempo de compra da matéria-prima assim como o tempo de projeto. Neste sentido, este tipo de sistema de produção apresenta como vantagem a flexibilidade pois as empresas trabalham com uma elevada variedade de produtos, sendo que estes não se repetem na linha de produção [3].

2.2. Caracterização de Empresas de Produção Oficial

No mercado global, empresas que atuam em ambientes ETO são cada vez mais numerosas devido ao crescimento de encomendas requeridas pelos clientes [3]. Atualmente, numa empresa que utilize um sistema de produção oficial, do tipo ETO, observa-se que a quantidade de material encomendado é reduzida consoante cada pedido efetuado por parte do cliente. Isto deve-se ao facto de na maioria das vezes o pedido que é efetuado pelo cliente se tratar de um produto único ou feito em pequenas dimensões de lote, sendo que nestas empresas existe uma elevada variedade de produtos que são produzidos e comercializados [3] [6] [7]. Por estas características, estes tipos de empresas são tipicamente identificados como empresas de um elevado *mix* de produtos e num baixo volume de produção, ou seja, empresa do tipo HMLV (*High-Mix/Low-Volume industry*)

As empresas que adotam um sistema de produção baseado em "*Engineer-to-Order*" (ETO) são amplamente reconhecidas por se envolverem no projeto e na produção de produtos altamente personalizados. Alguns exemplos de projetos ou atividades que realizam são a construção de moldes de injeção de plásticos, ferramentas de estampagem, máquinas especiais ou ainda construção naval. Face a este tipo de atividades de construção o ambiente de trabalho deste tipo de empresas é muitas vezes caracterizado por ter uma componente de engenharia grande associada ao *design* ou projeto inovador/único que é realizado e às exigências em termos de processamento dos materiais, cumprindo com os requisitos do cliente, com os prazos de entrega e com os custos finais de produção [3] [7].

Os sistemas de produção ETO apresentam um crescimento significativo na década de 2010 a 2020 [7] [8] e neste crescimento observa-se a tendência para haver mais empresas com este tipo de estratégia. Esta tendência irá manter-se nos próximos tempos, dada a procura crescente por produtos customizados e a importância da inovação em termos da criação de novos produtos. Este facto leva também a uma maior competitividade entre empresas deste tipo e por isso é também crescente o interesse por parte das empresas de ETO que procuram compreender quais os conceitos de gestão que podem adotar, de modo a serem mais eficientes ou eficazes, i.e.

colmatar as suas necessidades (Figura 2).

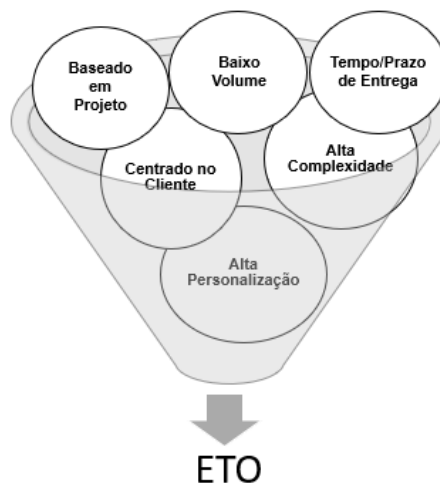


Figura 2 - Características de uma Empresa ETO (adaptado de [11])

O valor que as empresas industriais de ETO adicionam aos seus clientes é o que faz com que estas procurem compreender e melhorar os processos de inovação e os processos produtivos [8]. No que concerne ao pedido feito pelo cliente, é importante referir que cada pedido solicitado implica a criação de um projeto individual de engenharia de desenvolvimento do produto que permita a adaptação às necessidades referidas por parte do cliente [3]. No que respeita às empresas de ETO, estas apresentam como principal característica o facto de fabricarem produtos com valores elevados assim como níveis de customização, sendo estes desenvolvidos em quantidades reduzidas ou mesmo em produtos individuais [9]. Concomitantemente pode-se observar que esta sucessão produtiva não apresenta armazenamento de produtos finalizados, devido ao facto de se tratar de um produto altamente customizado, o que apresenta um impacto significativo no tempo despendido para o projeto [6] [7] [9].

As empresas de ETO focam-se na criação de novos produtos assim como na sua montagem e fabricação, utilizando um leque variado de produtos e materiais. Estas apresentam-se com níveis altos de especialização técnica e tecnológica, para o qual torna-se imprescindível a flexibilidade e técnicos qualificados. Estas empresas caracterizam-se como direcionadas para o cliente, isto é, o cliente apresenta um elevado grau de envolvimento no desenvolvimento do produto.

Relativamente à aquisição de material e à concessão do produto, estes só se iniciam após a confirmação da encomenda ser realizada por parte do cliente [3] [8] [10].

Devido as características demonstradas anteriormente, a gestão bem-sucedida de projetos nas empresas de ETO depende de uma abordagem de planeamento e controlo que integre e sincronize todas as fases do projeto e disciplinas que trabalham simultaneamente em tarefas interdependentes [10]. Contudo, pesquisas apontam para a existência de dificuldades na gestão das operações envolvidas em empresas de ETO, mais propriamente, o planeamento, a programação e o controlo da produção. No que respeita a este sistema de produção, é comum

observar-se atrasos na entrega e ainda a existência de retrabalho, isto é, a necessidade de intervenção por parte da engenharia de desenvolvimento do produto, no decorrer da produção da montagem, com o principal objetivo de entregar o produto com o nível de qualidade exigido por parte do cliente. Ainda neste sentido, pode-se observar que o meio em que se insere uma empresa ETO articula com atividades simultâneas de desenvolvimento do produto e de produção. Essa situação pode ser considerada uma fragilidade ou desafio. Especificamente, as diversas atividades de engenharia podem ser uma das principais fontes de incertezas no projeto, resultando em atrasos que afetam diretamente a organização e a sequência de materiais. [8] [12].

As empresas de ETO apresentam entre elas situações ou ocorrências muito comuns como o não cumprimento de prazos e a reduzida eficiência produtiva. A dificuldade no cumprimento dos prazos representa um impacto muito negativo para a competitividade da empresa, tendo em conta que causam perda de confiança com os clientes e pode levar a um custo financeiro para as empresas. Esse custo resulta das multas por incumprimento do estabelecido nos contratos estabelecidos na adjudicação dos projetos. Deste modo, a organização e cooperação entre o desenvolvimento do produto e a produção apresenta-se como fundamental para o cumprimento de prazos e conseqüentemente, elevar o desempenho operacional da empresa, ou seja de toda a sua cadeia de valor [11].

Devido à complexidade existente nas empresas de ETO e com o avanço tecnológico mais rápido e exigente, os gestores e os engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento e fabrico dos produtos, necessitam de conjugar o conhecimento específico, quer de projeto quer de fabrico, com o uso da tecnologia para garantir que toda a atividade na empresa decorra de acordo com um planeamento preciso e vá de encontro às necessidades do cliente. Assim, é cada vez mais importante haver em simultâneo uma visão holística sobre o sistema produtivo deste tipo de empresas e uma boa capacidade de gerir tarefas simultâneas relacionadas com os projetos cada vez mais complexos [11].

As empresas de ETO correspondem assim ao tipo de empresas que dependem mais do conhecimento e da experiência dos seus ativos humanos para melhorar o seu desempenho, [12] [13]. Normalmente, neste tipo de empresas, os novos pedidos são geridos de forma empírica e organizados seguindo regras práticas, mesmo quando o sistema opera próximo da capacidade máxima. Os projetos tem orçamentos grandes e incertos, que são classificados como “produtos únicos”, “*one-of-a-kind*” ou de “engenharia pioneira”, e devido a esta condição, o seu processo de gestão de fluxo de trabalho simultâneo deve ter a capacidade de ajustar o plano de trabalho ao cronograma existente para levar em conta situações inesperadas [13] [14].

Atualmente, no que concerne às instalações a serem utilizadas pelas empresas de ETO, estas devem ser capazes de agregar os diversos recursos produtivos de forma a assegurar ou melhorar os fluxos de trabalho e a flexibilidade da empresa. Por esta razão, a correta conceção e definição do *layout* tem vindo a tornar-se cada vez mais importante para as empresas obterem uma vantagem competitiva. Deste modo, o edifício deverá ser idealizado com cuidado e após uma análise dos requisitos pormenorizados da empresa, assim como o *layout* do chão-de-

fábrica. Relativamente à definição do *layout* e à implementação nas instalações, trata-se de uma atividade de elevada complexidade que implica a otimização das posições de máquinas, sistemas de transporte e estações de trabalho [13] [15].

Comparando as empresas MTO e ETO pode-se observar que estas diferenciam-se em alguns aspetos. No que concerne aos sistemas MTO, o *design* do produto acontece quando é realizado o pedido por parte do cliente e embora possam ocorrer modificações a fabricação e montagem do produto só acontece após a confirmação do pedido. Nos sistemas ETO, o projeto do produto, fabricação e montagem ocorrem após a confirmação do pedido. Isso significa que o tempo gasto no pedido já inclui o processo de fabricação, o projeto de engenharia e a aquisição de materiais. Nesse sistema, as especificações do produto não são definitivas, pois os clientes exigem a criação de um produto novo. [9] [15]

Alguns autores defendem que as empresas não fabricam exclusivamente com sistemas de produção ETO, sendo que na maioria das situações são obtidas as receitas dos produtos MTO. Tanto nos ambientes MTO como nos ambientes ETO cada produto é adaptado às necessidades dos clientes, implicando atividades de *design*, produção e entrega que são individualizadas podendo ser alteradas através da execução de um projeto [10].

Como conclusão desta caracterização das empresas de ETO, importa ressaltar a importância de se aprofundar o estudo deste tipo de sistemas de produção, no qual se encontram inseridas várias pequenas e médias empresas que estão associadas ou dão suporte a setores da economia de grande importância. Tal como referido, geralmente, estas empresas caracterizam-se por serem capazes de lidar com vários níveis de customização, tendo no entanto um fluxo de trabalho com períodos de espera longos, utilização de recursos variáveis, com a preocupação de responderem às especificações dos produtos, com prazos de entrega e duração do processo bem determinados. Por isso, torna-se fundamental definir ou adotar modelos de gestão com uma estratégia operacional e um sistema de planeamento que dê indicações para implementar de forma flexível uma redução de perdas ou desperdícios existentes na cadeia de valor e, em particular, nas fases finais, relacionado com a fase de entrega do projeto [10] [16].

2.3. Fases na Produção de Empresas ETO

No que respeita aos produtos concebidos e produzidos nas empresas de ETO, estes são muitas vezes produtos complexos que correspondem a soluções dispendiosas e personalizadas que permitem alcançar as exigências do cliente, através de um elevado número de componentes. Deste modo, as empresas de ETO caracterizam-se como uma vertente da engenharia elaborada com o objetivo de atingir uma solução. Desta forma, a produção de produtos em empresas de ETO segue uma sequência de processos que se inicia com o pedido de cotação por parte do cliente. Segue-se depois todo um conjunto de etapas, sendo que nesta 1ª etapa “Negociação e Adjudicação”, o cliente é envolvido e se compõe em quatro fases, sendo estas a solicitação da cotação, a preparação da cotação, a avaliação da cotação e a preparação do pedido, como explicado na Figura 3. Quando se observa um contexto de objetivos não alcançados, são

gerados diversos *loops* de melhoria na etapa que se verificou dificuldade em cumprir os objetivos [14].

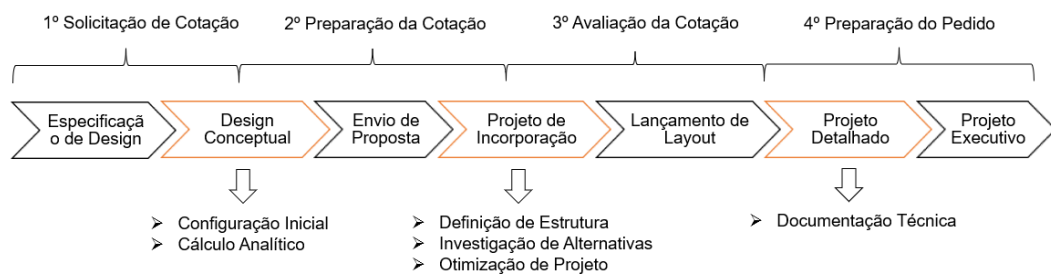


Figura 3 - Caracterização da 1ª Etapa do Sistema ETO (adaptado de [14])

Concomitantemente e devido à concorrência do mercado e dos produtos ETO, ganham força as soluções que dizem respeito à automatização do projeto, configuração do produto e otimização do projeto. Quanto à configuração do produto, esta define-se como uma abordagem que permite selecionar vários componentes com o intuito de construir um produto personalizado para poder satisfazer os pedidos do cliente. Estes produtos divergem devido às fases de engenharia e projeto detalhado [14].

Em suma, todos os processos de negócios variam significativamente nas empresas com características ETO, isto porque desde a concepção inicial do produto até à estabilidade do processo produtivo, os processos de negócios apresentam diferentes responsabilidades organizacionais. Um exemplo dessas diferenças em termos de responsabilidades é a interação da empresa com os clientes e com os fornecedores que podem variar bastante, sendo que a troca de informação nas fases iniciais pode ser intensa e demorada [16] [17].

Um sistema produtivo com caracterização ETO, pode ser diferenciado também pelo tempo de determinadas atividades, mais propriamente o tempo de cada uma das quatro atividades ou etapas que habitualmente existem neste tipo de empresas (ver Figura 4).



Figura 4 - Caracterização das Etapas do Sistema ETO (adaptado de [14] [18])

A descrição de cada uma das atividades ou etapas é apresentada no seguimento deste capítulo [14] [16] [17] [18]:

➤ *Design* conceptual do produto

Nesta etapa, diferentes conceitos de produto são estudados, bem como as principais características dos produtos e potenciais parceiros. As especificações chave dos produtos podem incluir o trabalho, o peso, o alcance de operações e os segmentos de mercado. A análise de potenciais parceiros pode considerar questões políticas e comerciais, além do estudo da capacidade em realizar o trabalho no tempo pretendido.

➤ Lançamento do produto

O *design* e a configuração chave do produto são determinados, finalizados e desenvolvidos. No qual são definidas também as responsabilidades detalhadas do *design* e da produção por parte dos principais fornecedores.

➤ Detalhamento do *design* do produto e início da produção

Nesta etapa, está em andamento, simultaneamente os processos de planeamento, desenvolvimento, *design* e produção do produto e as responsabilidades de produção dos principais fornecedores de componentes são definidas. Por fim os parceiros são envolvidos no *design* e na produção.

➤ Produção estável

Nesta quarta etapa, todas as atividades de produção estão estabilizadas. Os fornecedores iniciam a produção repetitiva das suas respetivas partes.

Em suma, é importante mencionar que na produção ETO, o *lead time* de entrega é igual ou bastante próximo do tempo total de produção do produto, isto evidencia a intensa participação do cliente na conceção do produto e desta forma entramos assim no próximo tópico relacionado com a superposição de fases na produção ETO.

2.3.1. Superposição de Fases na Produção ETO

O tempo de resposta aos clientes e o cumprimento de prazos são aspetos importantes para as empresas de ETO serem competitivas. Neste sentido existe um forte estímulo para reduzir os prazos ou os *Lead Times* de várias ou atividades ou a adoção de estratégias que reduzam o tempo total destas. A superposição entre diversas fases de produção de um produto ETO pode ser observada como forma de reduzir os elevados *leads times* e custos. A Figura 5 ilustra a consequência positiva da sobreposição das fases de produção que se traduz na redução do tempo de fluxo. A esta sobreposição está associada a prática de mecanismos de colaboração e comunicação entre a engenharia e o planeamento, as compras e a produção [18]. Toda esta dinâmica é referida na literatura como engenharia concorrente ou engenharia simultânea.

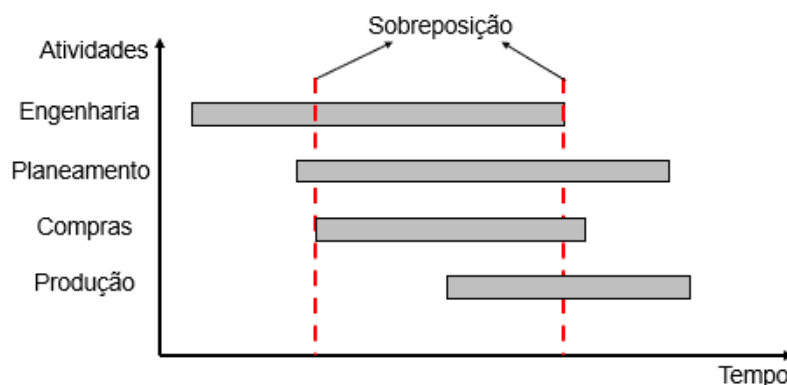


Figura 5 - Sobreposição de Fases na Produção ETO (adaptado de [18])

Kovacs, Mezgar, Szelke e Grint (1992), definiram o conceito de engenharia concorrente como um processo sistemático de integração do processo de desenvolvimento dos produtos com os processos de fabrico ou montagem e de suporte [19]. De acordo com Paashuis e Boer (1997), estes defendem que o conceito de engenharia simultânea possibilita antecipadamente o início das atividades de desenvolvimento de um novo produto, sendo que reduz as ocorrências de retrabalho, o que resulta na redução do *lead time* e conseqüentemente na redução dos custos de desenvolvimento [20].

Aquando da elaboração de um novo produto, encontra-se inerente três ciclos a ocorrer simultaneamente, sendo estes:

- Desenvolvimento conceptual, tendo em conta os processos de fabrico existentes;
- Definição de processos de fabrico a serem usados, tendo em conta o planeamento da produção e a seleção de equipamentos
- Desenvolvimento de sistemas de serviços e apoio à utilização e uso dos produtos, como o *marketing* e a assistência técnica.

Para a engenharia concorrente, torna-se fundamental a aquisição de uma equipa que trabalhe de forma cooperativa, interagindo constantemente e executando atividades em paralelo, ao contrário do sistema tradicional de desenvolvimento de produtos através de um modelo sequencial e sem integração entre os setores. Rouibah e Caskey (2003) afirmam que os requisitos básicos para o sucesso da engenharia concorrente são a cooperação próxima entre as empresas, a cooperação entre setores e a rapidez na resposta às modificações do projeto. Deste modo, importa ainda referir a estrutura organizacional que deverá encontrar-se direcionada para os fluxos e para os processos com o intuito de facilitar o desenvolvimento simultâneo [21].

2.4. Problemas Característicos dos Sistemas Produtivos de ETO

Ao longo dos tempos, observa-se uma inexistência de ferramentas que permitam incorporar as configurações e otimizá-las com o objetivo de atingir o mesmo fluxo de trabalho ao nível do *design* de produtos. No que respeita às estruturas ETO, estas requerem um sistema de projeto que permitam melhorar o produto em diversos níveis, no qual seja possível a implementação de variadas ferramentas de projetos que permitam a redução do custo e do tempo despendido para um determinado produto [14]. Alguns autores defendem que existe uma carência da existência de ferramentas que permitam e sejam eficazes para capturar, reutilizar e representar o conhecimento implícito na investigação do espaço de *design*. Através destas ferramentas pode-se dar resposta à necessidade de aprendizagem com casos passados assim como o desenvolvimento de métodos que tenham por base o conhecimento de assistência guiada na tomada de decisão [8]. Relativamente aos produtos ETO, estes apresentam um elevado nível de dúvida no que respeita ao projeto do produto e aos seus processos inerentes durante as

primeiras fases, sendo estas o desenvolvimento de produto e a produção. As necessidades do produto são estruturadas no início do projeto e vão evoluindo à medida que este avança, todavia, estas interações no qual se encontram implícitos o cliente, os fornecedores e gestores de topo que poderão estabelecer dificuldades no que respeita à qualidade, utilização de recursos, *lead time* e satisfação do cliente [11] [16]. Ainda neste sentido, nos projetos ETO observa-se simultaneamente a engenharia, execução e produção, no entanto não se encontram finalizados todos os detalhes e estrutura do projeto aquando da aquisição de material de longo prazo e produção dos componentes. Concomitantemente, possíveis alterações ao projeto afetam a produção dos componentes ao nível dos fornecedores o que impede o alinhamento e controlo das atividades de produção e engenharia [8] [22]. Alguns autores defendem que muitas atividades deveriam ser elaboradas durante um período curto, de modo a que o produto possa ser lançado para o mercado antes dos concorrentes, o que leva à criação de um elevado número de tarefas simultâneas [11].

As empresas de ETO são responsáveis pela produção de produtos complexos e de elevada engenharia e apresentam uma problemática significativa, sendo esta o cálculo dos preços, principalmente quando os profissionais não conseguem delimitar curvas de preços precisas ou quando os fornecedores não permitem o acesso à informação necessária [16]. Frequentemente, as empresas de ETO estabelecem preços baseando-se nos projetos realizados anteriormente como base para o novo. Todavia, este método afeta a precisão dos cálculos pois não é facilitado o acesso aos projetos anteriores assim como é necessário efetuar-se a comparação manual de produtos novos com os anteriores para se poder alcançar a informação relevante [22]. Tendo em conta que a maioria das pequenas e médias empresas, não apresentam uma forma sistemática para a otimização e programação do planeamento da produção, observa-se como principal consequência períodos de tempo em que algumas estações de trabalho ficam inativas e torna-se necessário recorrer a horas extra e um terceiro turno, com o objetivo de cumprir os prazos e objetivos [5] [8].

No que concerne às fábricas digitais, a criação de um *layout* virtual é bastante útil na medida em que permite identificar e dar solução a potenciais problemas relacionados com o fluxo e manuseamento de materiais, assim como fatores chave essenciais para o projeto de um sistema funcional [15].

No que respeita à programação, existe uma lacuna entre a programação de máquinas e a programação de projetos, no qual é necessário a implementação de um sistema de classificação ou codificação para facilitar a interação entre o projeto e a programação de máquina. [23].

Relativamente aos projetos ETO, estes encontram-se constantemente sujeitos a algumas incertezas e restrições, que não são possíveis calcular antecipadamente, como por exemplo incertezas no mercado e inovações tecnológicas, conduzindo para a necessidade de serem efetuadas mudanças no projeto, simultaneamente com alterações nas atividades e na sua sequência [23] [16].

Frequentemente, são observados alguns problemas no que concerne à organização das empresas de ETO, no qual podem ser observadas transferências de informações imprecisas que

resultam num mau desempenho, tendo em conta que a origem destes problemas está no planeamento errado e na quantidade insuficiente de mecanismos de controlo. Ainda neste sentido, torna-se relevante referir a importância da criação de um plano de projeto completo com atividades de projetos que sejam criadas com o intuito de melhorar o desempenho do projeto [16] [24].

Deste modo, a engenharia tem-se vindo a tornar o principal processo no que respeita à qualidade e rapidez do ciclo, tendo em conta que devido a se considerar uma atividade manual apresenta como consequência disso a ineficiência, pois apresenta uma elevada sobreposição de tarefas que exigem muita dependência humana associada às experiências dos profissionais da empresa. Ainda neste sentido, pode-se observar dificuldades na gestão de informação dos colaboradores, gerando dificuldades em padronizar e formalizar as informações [23] [24].

No seguimento do presente trabalho, serão explorados os conteúdos referentes a prazos de entrega e custos de projeto, ao *marketing*, à engenharia no planeamento do processo, aos recursos restritivos na área de desenvolvimento de produto, ao planeamento e controlo na engenharia, à produção, aos recursos restritivos de produção, à programação da produção e ao controlo da produção.

2.4.1. Prazos de Entrega e Custos de Projeto

Atualmente, a incerteza é o que difere a quantidade e a qualidade de informação necessária para desempenhar uma função, da quantidade e qualidade de informação disponível para a desempenhar, isto é, quanto maior é o número de incertezas, maior é o desperdício nesse processo, pois as incertezas podem levar a reações exageradas, intervenções desnecessárias, previsões incorretas, receios e fluxos de informações distorcidas [25]. Alguns autores defendem que a incerteza é considerada um dos principais fatores que levam ao baixo desempenho de entregas de projetos complexos, sendo que os atrasos variam entre projetos devido às incertezas existentes que ocorrem nas diferentes fases do projeto, assim como podem pôr em causa o nível de desempenho relativamente aos prazos de entrega [26].

Ainda neste sentido, os atrasos, originam níveis reduzidos de satisfação do cliente e perda de algumas oportunidades de negócio. Todavia, além da necessidade de prever oscilações nos recursos as empresas de ETO necessitam de realizar previsões utilizando apenas as informações de outros projetos já existentes [26] [27]. Por consequência, os atrasos criam custos para a empresa, podendo ainda resultar em multas, sendo que a redução de prazos é um ponto essencial para a competitividade. Todavia, para aumentar esta competitividade no mercado, as empresas de ETO trabalham no sentido de reduzir os prazos de execução em todas as etapas dos projetos [28]. Complementando, o facto de se tomar decisões acerca de prazos e preços em momentos que os processos de engenharia e de produção ainda não se encontram bem definidos eleva o risco de erro nas cotações, pois a aquisição de um pedido mal estruturado pode resultar numa perda financeira. Deste modo, as especificações finais do produto permanecem indeterminadas, os produtos e processos personalizados são complexos e tendem a ser um desafio para o planeamento e a programação da produção devido à dificuldade nas estimativas de tempos e custos [29] [30].

2.4.2. Marketing

No que respeita ao departamento de *marketing*, este atua numa empresa ETO numa fase inicial que se denomina por “Linha da Frente”, no qual envolve tarefas que ocorrem antes do desenvolvimento de um projeto, estabelecendo uma interação direta com o cliente [31] [32]. Com a criação do projeto e na iminência de alguma especificação ser muito complexa, são elaboradas extensas discussões entre o cliente, o *marketing*, a engenharia e a produção, no qual é um processo que pode levar a um alargado período de tempo, o que poderá originar atrasos na disponibilidade de especificações detalhadas do projeto [33]. Face ao referido e como é enfatizado em [32], as empresas de ETO necessitam de desenvolver novos métodos para executar uma tarefa, tornando-se capaz de responder com rapidez, com preços e prazos competitivos e visando à rentabilidade do negócio.

2.4.3. Engenharia no Planeamento do Processo

A engenharia após receber informações da divisão de *marketing e comercial*, sobre um determinado projeto, deve dar os passos necessários com o intuito de desenvolver e determinar a quantidade de recursos necessária. Tendo em conta que caso a engenharia considere que a capacidade existente não é a necessária para executar o trabalho, deverá calcular os custos necessários para a expansão da capacidade ou encontrar uma alternativa [32]. Deste modo, o tempo de uma atividade pode ser manipulado pelo número de colaboradores caso a atividade possa ser dividida em partes independentes, maior eficiência e melhores equipamentos, no entanto ou a engenharia se responsabiliza com os custos ou corre o risco de ficar sobrecarregada [34]. Neste contexto, um dos principais problemas é que a engenharia para além de lidar com a escassez de recursos, necessita de se responsabilizar pela dificuldade de planejar e controlar o processo, pois a carga de trabalho não é facilmente determinada e como consequência o produto pode não ser entregue dentro do prazo estipulado o que acarreta mais custos financeiros [34] [35].

2.4.4. Recursos Restritivos na Área de Desenvolvimento de Produto

Na área da engenharia existe um dilema comum, sendo ele a indecisão no que respeita ao número ideal de colaboradores e da capacidade das máquinas, pois os recursos são dispendiosos assim como muitos produtos são elaborados desde o início, tendo como base os requisitos dos seus clientes. Desta forma, é necessário a contratação de mais engenheiros, o que torna o custo da engenharia dispendioso [36] [37]. Uma das principais dificuldades passa por as atividades de engenharia não poderem ser terceirizadas, impossibilitando a implementação desta medida para desenvolver a capacidade do departamento de desenvolvimento de produto. Deste modo, o problema não passa por não existir a possibilidade de contratar equipas terceirizadas, mas sim por os sistemas produtivos ETO exigirem flexibilidade, podendo significar posteriormente na fase de produção uma quantidade significativa de retrabalho [34]. Neste sentido, alguns dos motivos que originam atrasos e retrabalho são a existência de diversas origens de erros operacionais devido à falta de coordenação, de

experiência e de habilidade dos colaboradores, ocorrendo comumente atrasos e retrabalho [38] [39] [40].

2.4.5. Planeamento e Controlo na Engenharia

No que respeita aos sistemas produtivos ETO, o cliente encontra-se fortemente envolvido em todo o processo interferindo na personalização da solução final do projeto, definindo os requisitos para a conceção e podendo acompanhar o seu cumprimento durante a fabricação [41] [42]. Neste sentido, alguns autores defendem que a engenharia (área de desenvolvimento de produto) necessita de traduzir as especificações em formato de desenho e de forma detalhada para que todos os departamentos os compreendam por completo. No entanto, este detalhe dos produtos pode causar atrasos na disponibilidade das especificações, por falta até de informação por parte do cliente [41] [42]. Desta forma, pode-se afirmar que um dos principais desafios do ETO é atingir a capacidade de trabalhar regularmente com desenhos e listas de material incompletos e que vão sendo construídos ao longo do tempo. Contudo, importa ainda referir que cada atividade de engenharia é única e por sua vez a respetiva carga de trabalho exata não consegue ser estabelecida facilmente, pois o tempo dos processos de cada atividade são desconhecidos e difíceis de serem calculados [28] [43] [44] [34]. Todavia, a engenharia é responsável por elaborar estimativas de tempo para cada uma das atividades e na iminência de ocorrer uma estimativa errada pode-se observar atrasos na produção. [45] [46]. Ainda neste sentido, um dos obstáculos à implementação de sistemas de informação é a falta da informação, pois estes sistemas poderiam ajudar no planeamento e controlo dos projetos, sendo a sua integração essencial, pois permite dar apoio de forma a atingir uma rápida tomada de decisão durante o processo de engenharia. [47] [48].

2.4.6. Produção

Relativamente aos sistemas produtivos ETO, o departamento de produção observa frequentemente problemas relacionados ao fluxo de trabalho. Neste sentido, os resultados negativos, muitas vezes adquiridos na adoção de uma abordagem de programação, são atribuídos à inadequação do contexto organizacional e ao método, ações ou ferramentas utilizadas [39] [42].

No que concerne à falta de disponibilidade dos recursos, estes podem influenciar os prazos de entrega. Na realidade muitos recursos produtivos são partilhados e como os fabricantes trabalham com lotes unitários ou de baixo volume de produção os tempos de *setup* acabam por consumir parte da capacidade total de produção [49]. A capacidade de produção é um aspeto importante porque existe a necessidade das organizações adquirirem o maior número de pedidos possíveis, independentemente da dificuldade em calcular o impacto no desempenho do sistema de produção, e esta situação pode levar a uma sobrecarga na produção, comprometendo o desempenho da empresa ao nível do serviço e da utilização eficiente dos recursos [49].

2.4.7. Recurso Restritivos de Produção

Como já referido, os sistemas de produção ETO são caracterizados por produzirem num

reduzido volume de unidades uma variedade elevada de produtos, indo de encontro às necessidades dos clientes. No entanto, tendo em conta a dificuldade, cada vez maior, em prever as flutuações da procura e desta forma lidar com as incertezas na quantidade e nos tipos de produtos que irão ser produzidos, i.e. concebidos e fabricados, torna-se difícil planear a utilização futura dos recursos produtivos [28] [38]. Inicialmente, um projeto pode não apresentar muita informação sobre os processos envolvidos na fabricação dos produtos, sendo que as empresas lidam com incertezas relativamente à constituição das atividades, sequências de produção, materiais, disponibilidade e capacidade dos recursos [46] [50]. Nos sistemas produtivos ETO torna-se complicado reservar capacidade de produção, pois nestes sistemas os clientes podem alterar as suas imposições e em simultâneo os engenheiros alteram os parâmetros do produto [51] [52].

Relativamente ao planeamento em ETO este envolve variados projetos que apresentam a necessidade dos mesmos recursos entre si, tornando difícil prever a quantidade e o tipo de recurso para a tomada de decisão de novos investimentos. No entanto, devido à reduzida previsão nas estimativas, nas empresas de ETO não é esperada maturidade no planeamento [53]. Neste sentido, importa ainda salientar que os produtos diversificados necessitam de tempos de ciclo diferentes e elevados tempos de *setup*, todavia, o aumento dos tempos de *setup* não podem ser vistos como um problema da customização, mas sim da multifuncionalidade e dos reduzidos volumes de produção que são resultados da personalização [35].

2.4.8. Programação da Produção

Nas empresas de ETO é necessário a existência de capacidades que permitam gerir a instabilidade dos pedidos, sendo que nestes são instáveis. Deste modo, a programação necessita de ter em consideração a capacidade limitada dos recursos que é apenas mantida por decisão da empresa [54] [55]. Neste sentido, importa salientar a importância do planeamento de capacidade no contexto ETO, pois é um problema de equilíbrio entre os pedidos e a disponibilidade dos materiais [45] [56] [57].

Relativamente às empresas de ETO, as células de montagem por norma são manuais, todavia, a problemática aparece quando as operações de montagem se realizam em locais preparados com recursos específicos para cada produto. Deste modo, para além do trabalho de montar o produto, torna-se necessário coordenar a convergência de peças e componentes de diversos setores, o que torna a gestão da capacidade e dos materiais complexa devido aos tempos de espera [43] [46].

Devido ao facto das empresas de ETO trabalharem com incertezas quanto aos tempos de produção, um dos problemas mais relatados nos processos produtivos ETO é a dificuldade em calcular *lead times* e prazos de entrega com precisão [47] [55].

2.4.9. Controlo da Produção

No que concerne ao processo de montagem, este acontece frequentemente nas instalações do cliente, resultando daí problemas como por exemplo a falta de disponibilidade dos recursos e danos materiais.

No entanto, quando acontecem interrupções de montagem, as atividades agendadas são alteradas o que terá como consequência que algumas tarefas sejam replaneadas, podendo ocorrer a necessidade de reestruturar os materiais e equipamentos [58] [59]. Importa ainda salientar que nas empresas de ETO, quanto mais inovador e sofisticado for o produto mais elevada é a necessidade de haver um bom uso dos recursos existentes ou subcontratar capacidade para fabricarem algumas peças e componentes, aumentando desta forma o problema de coordenação [38]. Simultaneamente, as empresas de ETO são confrontadas com variados problemas no que respeita a atrasos no fornecimento de materiais e de disponibilidade nas máquinas, de ferramentas e dos operários qualificados para certas fases no processo [42].

No que respeita há gestão de recursos, esta apresenta-se como um problema crítico nas empresas de engenharia sob encomenda (ETO), uma vez que frequentemente as empresas de ETO não têm toda a tecnologia necessária para a produção completa dos itens de uma determinada estrutura de produto [37] [60].

Relativamente ao problema de imprevisibilidade do *lead times* e à gestão de recursos externos, este tende a agravar-se, pois a essência da atividade das empresas ETO consiste numa visão em que a natureza exata de cada projeto torna-se clara apenas no final, na entrega do produto final ao consumidor, o que significa que cada etapa apenas é detalhada de acordo com a evolução dos processos produtivos [61].

Capítulo 3

Modelos de Gestão

O presente capítulo é composto inicialmente por uma definição de conceito de modelo de gestão, seguindo-se da caracterização do modelo de gestão *Push*, assim como de gestão dos fluxos de trabalho de processos de fabricação. Seguidamente, observa-se a descrição do planeamento da produção, o *total quality management* (TQM) e a teoria dos constrangimentos.

Relativamente aos modelos de gestão em empresas industriais, estes visam estabelecer uma organização e modo de funcionamento das empresas que assegure que estas sejam capazes produzir bens e serviços na quantidade e qualidade certa, no tempo correto e com um custo controlado. O modelo de gestão encontra-se assim associada à gestão da atividade operacional da empresa, denominada aqui de “função de produção”, no qual a gestão é focada em gerir ou assegurar o bom desempenho das operações [62]. No que concerne ao modelo de gestão de uma indústria transformadora esta é responsável pela tomada de decisões associadas aos processos de produção, com o objetivo de produzir um bem que respeite as especificações, a quantidade, o prazo e com um valor reduzido [62] [63].

3.1. Conceito de Modelo de Gestão

Ao longo dos tempos a gestão das operações e da produção tem-se caracterizado pelo planeamento, organização, seleção, orientação, atualização e controlo das atividades de produção. Deste modo, está implícito a modificação de matérias-primas num produto finalizado com o menor número de dificuldades possível [62] [63].

No que concerne à organização, à estratégia, às técnicas, aos métodos e às tecnologias utilizadas para a gestão das operações e de produção, estas podem ser associadas a um modelo de gestão. O modelo de gestão foca-se em toda a parte operacional associada à entrega ao cliente de bens ou serviços, ou seja, relativamente a uma empresa de ETO, engloba a responsabilidade pelo projeto de produtos e processos, o planeamento e o controlo de questões que implicam a capacidade, qualidade, supervisão e organização do trabalho, ao longo de toda a cadeia de valor e a sua gestão, no que concerne ao chão-de-fábrica.

De acordo com Suzaki citado por Hanenkamp (2013), o modelo de gestão para ser eficaz em termos de chão-de-fábrica deverá ter em conta 3 conceitos [64]:

- *Genba* (Lugar real) – Local onde o valor é criado, tanto pode ocorrer no chão-de-fábrica ou num processo de negócios, na iminência de o produto final ser um serviço ou informação específica;
- *Genbutsu* (Coisa real) – compreensão da natureza dos problemas em vez de

confiança nas informações documentadas;

- *Genjitsu* (Facto real) – Conexões entre os problemas atuais e as suas causas.

Deste modo, Suzaki define o modelo de gestão para o chão-de-fábrica como um processo num circuito fechado que permite observar os problemas no local assim como entender e eliminar as suas causas [64].

No que respeita ao modelo de gestão e à efetividade no chão-de-fabrica, este pode ser observado, tal como referido em [62] [63], no:

- Método ou técnica que é utilizado para o planeamento da produção;
- Método ou técnica para o controlo da produção e o armazenamento;
- Método ou técnica para o controlo e melhoria das operações.

As várias dimensões ou componentes associadas em geral ao planeamento e controlo de produção são apresentadas na Figura 6.

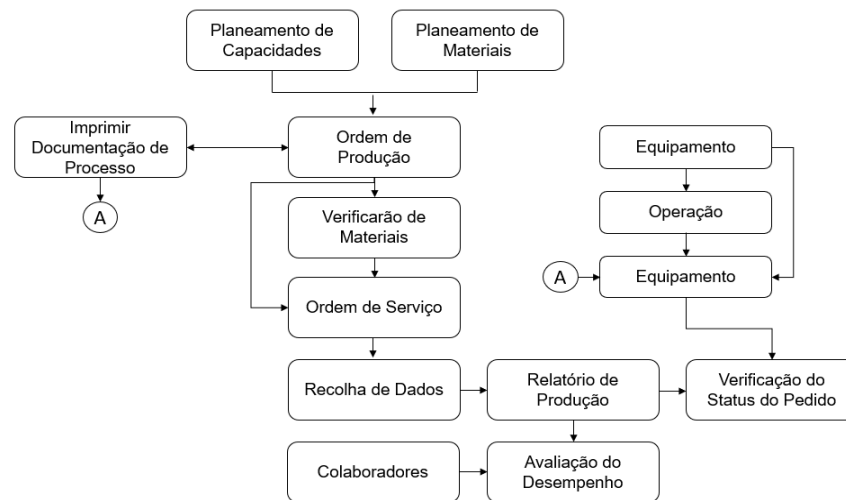


Figura 6 - Planeamento e Controlo da Produção (Adaptado de [62])

Sobre os componentes da atividade de planeamento e controlo da produção importa salientar a necessidade de se seleccionar os métodos ou as técnicas mais eficientes e financeiramente acessíveis para que a produção ocorra de forma competitiva, face à concorrência no mercado [63]. Deste modo, pode-se caracterizar a definição do modelo de gestão como algo que deve assentar no uso corrente de métodos ou técnicas que, com o envolvimento das pessoas, possam disponibilizar os produtos aos clientes. Assim, o que se pretende do modelo de gestão a ser adotado é que as actividades de planear, coordenar, organizar, orientar e controlar sejam feitas de forma a que empresa alcance os objetivos estabelecidos, em função das estratégias e políticas acordadas [62].

O modelo de gestão revela-se importante na medida em que “orienta” o processo que é responsável por trazer lucro ao negócio. Desta forma, são diversas as tarefas que a equipa de gestão tem que executar e as responsabilidades que tem que assumir para garantir que os compromissos assumidos com os clientes sejam assegurados e ocorram constantemente lucros no desempenho das actividades operacionais [62]. Neste contexto, realça-se a importância do

cumprimento também dos objetivos da empresa, sendo alguns destes [62] [16] [63]:

- Reputação, *goodwill* e imagem: Auxilia a empresa a agradar os seus clientes, conseguindo desta forma aumentar a reputação, boa vontade e imagem da empresa, o que permitirá expandir e crescer a mesma.
- Introdução de novos produtos: Auxilia na introdução de novos produtos no mercado, para o qual são realizadas pesquisas de desenvolvimento que permitirá desenvolver produtos mais recentes e com mais qualidade
- Suporte de outras áreas funcionais: O modelo de gestão suporta outras áreas funcionais numa organização, como *marketing*, finanças e pessoal
- Combater a concorrência: Auxilia a empresa a enfrentar a concorrência, devido ao facto de a gestão de produção realizar o fabrico de produtos numa quantidade certa, na qualidade certa, no preço certo e na hora certa, sendo estes produtos entregues aos clientes de acordo com as suas necessidades.
- Utilização ideal dos recursos: Permite uma utilização de recursos como mão de obra, máquinas, entre outras, podendo desta forma a empresa alcançar os seus objetivos de utilização da capacidade, no qual resultará em retornos para a empresa
- Minimização do custo da produção: Permite minimizar o custo de produção, no qual pretende maximizar a saída e minimizar as entradas, ajudando desta forma a empresa a alcançar os seus objetivos de redução de custos e aumento da eficiência.
- Expansão da empresa: Pretende alcançar e melhorar a qualidade assim como reduzir os custos, o que permitirá a empresa aumentar os lucros ajudando na sua expansão e crescimento

No que concerne ao cumprimento dos objetivos da empresa, o modelo de gestão auxilia a empresa a cumprir todos os seus objetivos, no qual produz serviços e desenvolve atividade de produção que suprimem as necessidades dos clientes, resultando assim na sua satisfação e sustento ou aumento de vendas ou do negócio [16]. O modelo de gestão revela-se assim muito importante para a empresa, para os clientes e para a sociedade, isto porque visa melhorar a qualidade e reduzir custos associados à atividade da empresa, assegura a vitalidade da económica mantendo e gerando novos empregos, com impacto direto na economia das regiões e países onde estas empresas estão inseridas [62].

Quanto ao facto de gerar emprego, a produção realiza várias oportunidades de trabalho no país, direta ou indiretamente, sendo o emprego direto todo o emprego que é criado na área de produção, enquanto o emprego indireto é criado nas áreas de apoio, como o *marketing*, finanças, suporte ao cliente, entre outras [62] [63]. No que respeita a melhorar a qualidade e a reduzir custos, o modelo de gestão permite melhorar a qualidade dos produtos devido à procura constante pela melhoria dos processos e sua boa gestão, permitindo que os custos para o consumidor reduzam [62].

No que concerne ao aumento da economia, o modelo de gestão permite a utilização ideal dos recursos e uma produção eficaz de bens e serviços. Este facto permitirá à empresas o seu

crescimento económico e o bem-estar dos seus colaboradores. , A implementação bem-sucedida depende do modelo de gestão em sistema de produção baseados em projetos como são os existentes nas empresas de ETO, tem como consequência reduções no desperdício e no tempo de processo, reduzindo o tempo de reposição do produto no mercado [16].

E síntese, pode-se afirmar que as empresas têm vantagens de adotarem de forma racional um bom modelo de gestão, ou seja, adequado às necessidades e objetivos destas. Para que isso aconteça é relevante as empresas avaliarem a importância que poderão ter para elas os princípios *Lean* no que concerne aos seus contextos de mudança, os aspetos operacionais associados aos modelos de gestão “*Push*” (MRP), gestão da qualidade total (TQM) ou à teoria dos constrangimentos, que serão explicados ainda neste capítulo do presente trabalho [16].

3.2. Modelo Gestão “*Push*”

A referência aos modelos de gestão “*push*” está muito associado aos desenvolvimentos que houveram nos EUA e com o aparecimento dos algoritmos para a gestão de materiais feita através do método ou técnica ao qual se denominou de *Material Requirement Planning* (MRP) ou, em português de Planeamento das Necessidades de Materiais. O MRP é definido por um método ou técnica que permite a elaboração de planos de produção orientados pelo pedido, este que determina o que é necessário produzir, quando produzir e quanto produzir [65] [66]. A implementação do método ou técnica de forma eficaz exige o uso de meios computacionais e recurso a bases de dados recolhidos ao longo de uma cadeia que começa o pedido do cliente e termina com a produção do produto correspondente.

Os principais componentes do MRP são caracterizados pelos planos diretores de produção (MPS) e pela lista de materiais (BOM), em que uma programação mestre de produção contém notas de emissão de material e planeamento de produção, transação de material, nota de recebimento de material e alarme de necessidade de material. A Figura 7, demonstra os detalhes do processo de entrada e saída do sistema MRP [65] [67].

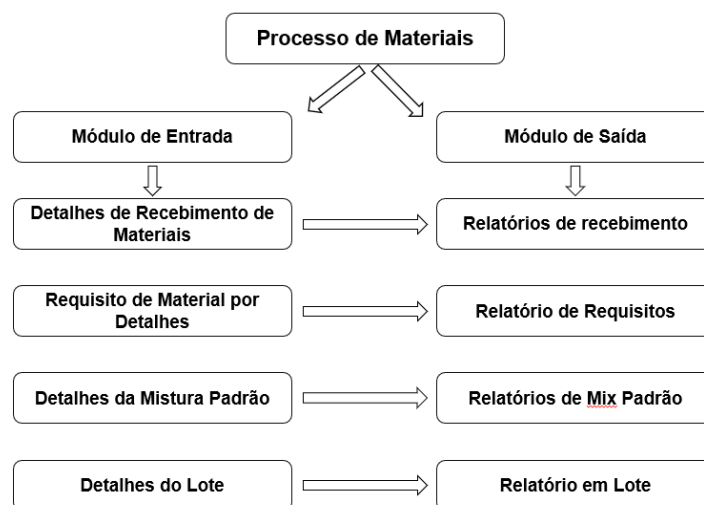


Figura 7 - Processo do Sistema MRP (adaptado de [65] [67])

No que respeita à influência do MRP no modo de funcionamento da empresa, esta está relacionada com algumas funcionalidades que são possíveis com este tipo de sistemas, como sejam [65] [67]:

- 1) Nota de emissão de materiais: Concebida por um módulo que armazena as informações sobre as matérias-primas emitidas para a produção. O formulário terá um controlo sobre movimentação da matéria-prima.
- 2) Planeamento da produção: É o planeamento da produção face a um pré-orçamento para adequar a procura com a oferta. Neste módulo, observa-se a quantidade de vendas e unidades de produção necessárias para vendas e matéria-prima necessária para unidades de produção.
- 3) Alarme de necessidade de material: É definido como nota de requisição de material que notificará quando a matéria-prima atingir o seu nível de pedido de reposição, ou seja, a matéria-prima necessária a ser encomendada para o processo de produção.
- 4) Criação de lotes: É um conjunto de vários processos de produção, onde cada lote tem uma mistura de materiais diferentes e consumo, este módulo cria um lote para cada processo de produção.
- 5) Gerador de mistura de padrão: Cada lote de produção requer uma mistura padrão que é pré-definida pelos especialistas do devido departamento. Este módulo facilita a geração de uma mistura exata para quantidades de saída estabelecidas ou propostas. No momento de produção o engenheiro responsável pode usar o modelo de mistura de padrão para fazer fluir o processo.
- 6) Relação de processos: É uma técnica concebida para a produção que combina todas as etapas de fabricação, contendo este módulo todas as informações relativas às características de processo.
- 7) Registo de controlo de saídas e produtos acabados: É um registo que contém todas as informações sobre a movimentação de produto acabado, bem como as quantidades produzidas, tamanho do lote e detalhes de inspeção.

O modelo de gestão determinado pelo uso de um sistema de Planeamento das Necessidades de Materiais (MRP) é utilizado pela maioria das empresas industriais, mais especificamente na indústria transformadora. Uma das razões para que isso aconteça é por o MRP ser uma maneira eficaz de considerar explicitamente as relações entre os componentes finais e os vários componentes e subconjuntos, determinando a quantidade de cada componente que será usado na produção de um volume pré-determinado de produtos finais. Para além disso, este tipo de sistemas permite determinar os tempos em que cada um desses componentes deve ser comprado ou fabricado para atender às datas pré-determinadas de devidas ou de entrega para os produtos finais [65] [67].

3.2.1. Desvantagem do MRP como Modelo de Gestão

Os sistemas de MRP são bastante detalhados e considerados um excelente meio para determinar e rastrear os requisitos de materiais. Contudo como meio de programação da produção, os sistemas MRP têm algumas limitações [65] [67]. O MRP fornece apenas os meios para tomar decisões amplas de planejamento, não abrangendo decisões de planejamento a curto prazo, como por exemplo: abastecimento de máquinas e sequenciamento de operações [65] [66].

Uma vez que o MRP tenha definido as datas devidas ou de conclusão para cada etapa, torna-se responsabilidade do sistema de planejamento de chão-de-fábrica cumprir esses prazos. Esta é uma atividade crítica porque a carga nos centros de trabalho muda ao longo do tempo, devido a ocorrência de eventos inesperados como quebras de máquinas, falta de matéria-prima, retrabalhos necessários, bem como o *lead time* real seja diferente do planejado [65].

Os volumes de produção e as datas devidas ou de conclusão devem ser ajustados manualmente para alcançar um cronograma viável, contudo existe uma diferença entre o MRP e o escalonamento finito, sendo essa diferença destacada pelo facto do MRP não ser considerada uma técnica de otimização. Esta técnica simplesmente tenta agendar todas as atividades necessárias para atender a um determinado cronograma mestre, mantendo o *stock* de trabalho em processo [65].

Caso exista um imprevisto, a gestão de produção deve produzir um novo plano de diretor de produção (MPS) e ajustar ou não a capacidade de produção, de acordo com a necessidade observada. O escalonamento finito é considerado uma técnica de otimização que tenta gerar uma sequência de operações sobre um determinado conjunto de máquinas com o único propósito de minimizar ineficiências de processo, como por exemplo tempo médio de fluxo [65] [67].

3.2.2. Planejamento de uma Empresas de ETO

O planejamento de empresas de ETO é de extrema exigência por se tratar de uma gestão de projeto e necessitar de maior detalhe. Desta forma o *Job Scheduler* ou o módulo de programação de operações é usado para criar sequências aleatórias e alocar as tarefas em intervalos de tempo nas máquinas e com o objetivo de minimizar o tempo total de conclusão para encontrar o cronograma adequado. O tempo máximo de conclusão é necessário para processar todos os trabalhos com restrições específicas que cada trabalhador deve processar e em que máquina deve ser efetuado [65] [68]. O gráfico de *Gantt* é usado para encontrar a sequência inicial e o planejamento para a produção *Job Shop*, esta que é determinada como uma atividade difícil de encontrar uma solução ótima, devido à dificuldade de planejamento [65].

Em suma, após estabelecer a necessidade de material, o sistema precisa de enviar a ordem planejada diariamente para a produção, além disso como os clientes podem adicionar ou modificar pedidos com o servidor *web* a qualquer momento, os resultados de computação do sistema MRP devem ser atualizados para refletir as alterações dos pedidos dos clientes [65].

Uma vez que os clientes adicionam ou modificam os pedidos, este sistema de

monitoramento em conexão com o servidor, atualizará automaticamente os dados do processo MRP, em seguida o sistema MRP envia um sinal para o servidor do sistema *Job Shop* para atualizar e passar para o processamento [65] [68]. Quando o pedido estiver finalizado, o servidor envia para o sistema os dados mais importantes para serem processados. A Figura 8 demonstra a interface de comunicação [65].

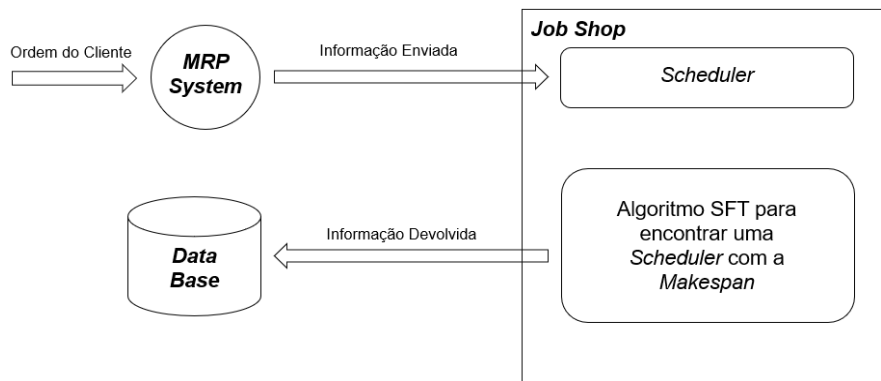


Figura 8 - Integração do Sistema MRP (adaptado de [65])

Tal como ilustra a figura anterior, para se obter uma solução “ótima” global, podem ser utilizados muitos algoritmos ou heurísticas cada um orientado para tratar ou resolver problemas de planeamento das tarefas ou do trabalho em curso. Estes algoritmos são muitas vezes escolhidos com base na sua robustez e convergência para a resolução dos problemas com a produção e propondo soluções boas ou “ótimas” [65].

3.3. Gestão dos Fluxos de Trabalho de Processos de Fabricação

Atualmente, as empresas industriais colocam um grande foco na procura de melhorias nos seus processos de produção, com o objetivo de aumentara produtividade, melhorar a qualidade e obter menores custos operacionais. A elevada eficácia pode assim ser alcançada, através da adoção de princípios de gestão de operações e de gestão da qualidade total, e através do investimento em novas tecnologias ou máquinas e equipamentos, tendo em conta sempre as necessidades dos clientes [69] [70].

Relativamente à gestão de processos, esta é indenticada na literatura pela sigla BPM (*Business Process Management*), que caracteriza-se pela compreensão de que a empresa necessita de definir e estabelecer processos que sejam bem descritos, implementados e executados de modo a puderem gerar benefícios para a empresa [69] [71]. Desta forma, a gestão de processos encontra-se em três domínios dentro de uma empresa, sendo estes a gestão de negócios, a gestão da qualidade e a gestão das tecnologia de informação [69] [70].

Alguns estudos observam que as empresas não utilizam a gestão de processo, levando à

impossibilidade de indentificar as falhas nos processos que desenvolvem, por isso existem situações de retrabalhos que aumentam os custos. Esses estudos, conseguem ainda identificar a importância de uma gestão eficiente para a evolução do processo produtivo [69] [70] [72].

No que respeita ao processo de produção de um determinado produto, este passa por um sistema de fabricação onde estão implícitas uma ou mais etapas de produção. Todavia, cada etapa de produção implica uma atividade que modifica o produto, sendo que se caracteriza como uma previsão com base num pedido previsto ou orientada pelo pedido, caso seja influenciado diretamente pelos clientes [3] [72].

Uma das métricas utilizadas e bem compreendidas na gestão de processos de fabricação trata-se do *Work In Process (WIP)*, todavia, o WIP é comumente intitulado como um parâmetro de desempenho operacional na indústria. O aumento da importância do WIP coloca-se pelas suas preocupações que gera em termos da sua localização e quantidade. O WIP excessivo tornar-se um indicador de que algo não corre bem e por isso um desafio para os gestores atuarem com vista à sua redução, uma vez que ele impacta negativamente, entre outros, o fluxo de produção [73].

Relacionado com o fluxo de produção existem alguns conceitos que devem ser salientados e destacados pela sua relevância. Um deles é, naturalmente, o conceito de WIP, os outros os conceitos de Takt time e do próprio planeamento de produção. Qualquer destes conceitos serão desenvolvidos nos pontos seguintes do presente trabalho.

3.3.1. O que é WIP?

Relativamente ao WIP, este é definido pelo *stock* existente entre diferentes etapas do processo e tem vindo a ser definido na literatura como um trabalho incompleto que encontra-se entre as fases iniciais e finais da produção, sendo que na produção a Lei *Little* expressa-se no WIP em função do tempo de ciclo (CT) e da taxa de produção (TH). Esta lei defende que o número médio de unidades em WIP é igual ao tempo médio de processamento pela taxa média de produção. Desta forma [73] [74]:

$$WIP = TH \times Ct \quad (3.3.1.1)$$

O controlo e gestão do WIP é ou deve ser um objetivo em qualquer empresa, sendo a sua dificuldade maior em empresas cujos os processos não sejam repetitivos. Na sua existência é muitas vezes considerada como um desperdício do processo e por isso deve concentrar esforços com vista a sua redução ou eliminação. Esse esforço de redução, em empresas de ETO, deve passar pela construção de cronogramas que permitam às pessoas do planeamento indentificar o WIP e integrar este como um parametro de gestão extra no sistema de produção [73] [74] [75].

3.3.2. Porque o WIP é Abundante em Empresas de ETO

De acordo com alguns autores [73] [75], há uma argumentação de que o planeamento em

um sistema de produção ETO pode ser negligenciado devido à dinâmica das alterações que ocorrem e à falta de aplicação efetiva do cronograma pelas equipas envolvidas. O cronograma acaba por não ser utilizado como um instrumento de *feedback* e colaboração entre as partes envolvidas em todo o processo. Além disso, devido às taxas de produção variáveis e distintas em cada etapa, observa-se a presença de quantidades significativas de trabalho em andamento (WIP) entre as transferências.

Nesse contexto, há uma defesa por parte de alguns autores [73] [75] de que uma das principais razões para o excesso de trabalho (WIP) ocorre quando o cronograma é usado para impulsionar a produção, tornando fácil para os planeadores ignorarem o WIP. Como resultado, a gestão não identifica onde o WIP está localizado ou trata-o como um recurso desejado. Portanto, é essencial que os gestores sejam capazes de identificar e visualizar o WIP para um planeamento adequado.

O WIP pode ser definido em vários tipos, que podem ser analisados de acordo com a perspectiva utilizada. Em primeiro lugar, observa-se o WIP para tarefas consecutivas, que pode ser dividido em duas categorias. A primeira aborda o WIP dentro das transições, usado como um parâmetro para equilibrar o trabalho e as negociações, relacionado à metodologia do trabalho realizado durante uma negociação. A segunda categoria aborda o WIP entre transições, relacionado ao fato de um produto inacabado ser passado para a próxima tarefa ou se houver um período de espera entre as tarefas [73] [75].

Em seguida, observa-se o tipo de WIP no fornecimento, medido com base nas quantidades de unidades fabricadas fora do local e não produzidas para um comércio específico entre as fases de produção, como aquisição, fabricação, montagem, entrega, armazenamento de materiais e instalação [73].

Por fim, observa-se o WIP nas fases de construção, que envolve o uso de vários métodos de planeamento, especialmente o sistema de gestão baseado na localização e o planeamento do *Takt Time*. Normalmente, o plano é construído fase a fase e nesse sentido, é importante mencionar que, devido às diferentes atividades, diferentes fases podem ter estruturas diversas para as quais o trabalho é controlado. A fim de minimizar o desperdício, é aconselhável criar estruturas de área [73] [75].

3.3.3. *Takt Time*

No que se refere à produção *Takt*, esse conceito tem sido descrito na literatura como uma contribuição positiva de um método de planeamento e controlo de produção, introduzido para lidar com problemas de produtividade. O termo "*Takt*" origina-se do setor de produção e refere-se ao tempo constante em que atividades individuais na produção devem ser concluídas.

Dessa forma, o planeamento *Takt* tem como objetivo identificar processos repetitivos na produção e proporcionar a redução da variabilidade, sendo essencial para manter a eficiência do fluxo de produção, controlar e melhorar o sistema [76]. Alguns autores defendem que, devido ao *Takt*, o *lead time* é reduzido, assim como os custos de produção e o desperdício, enquanto a

produtividade é aumentada. Além disso, a produção *Takt* promove transparência, facilita a comunicação e possibilita uma produção uniforme, tornando a previsão e o controlo da produção mais concretos [77].

3.4. Planeamento da Produção

No que concerne ao planeamento, este caracteriza-se como a atividade que consiste em criar metas e definir objetivos organizacionais, assim como preparar os planos específicos para a ação e o cumprir de prazos [78] [66] [79].

No que respeita à estrutura, esta pode encontrar-se dividida em diferentes níveis hierárquicos (Figura 9), sendo estes [78] [80] [81]:

1. **Planeamento a longo prazo:** Abordadas questões estratégicas, efectuadas ao nível da gestão de topo, sendo um orientador das funções e áreas de negócio da empresa;
2. **Planeamento a médio prazo:** Abordadas questões táticas, efectuadas ao nível do departamento ou área de negócio;
3. **Planeamento a curto prazo:** Abordadas questões operacionais, efetuadas ao nível da função.

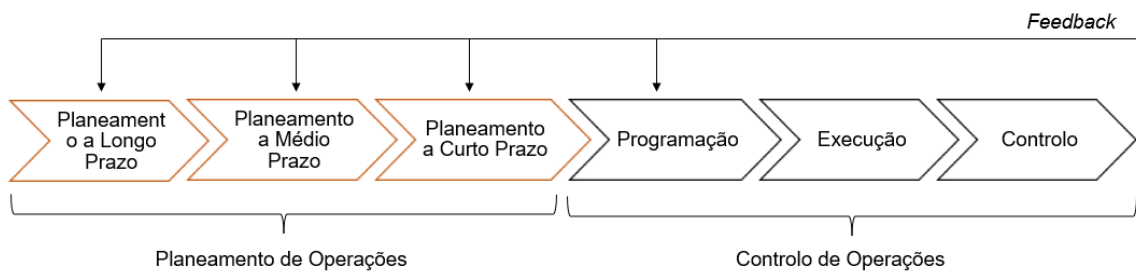


Figura 9 - Níveis de Planeamento e Funções Associadas (adaptado de [82])

No que concerne ao planeamento da produção, este permite ter em conta a preparação das necessidades, sendo que se elaboram programas de produção e planos de utilização da capacidade produtiva, pois o planeamento e o controlo podem ser divididos através das seguintes formas [78] [80] [81] [83]:

1. **Planeamento Estratégico da Produção:** Garante a correta utilização dos recursos;
2. **Planeamento e Controlo Tático da Produção:** Define métodos, procedimentos e programas de produção para a implementação prática dos objetivos e planos definidos no planeamento estratégico;
3. **Controlo da Atividade de Produção:** assegura a execução dos trabalhos e do cumprimento dos objetivos, assim como divide o planeamento e o controlo da produção a curto, médio e longo prazo.

3.4.1. Planeamento a Longo Prazo

No que diz respeito ao planeamento de longo prazo, ele tem início com o plano de negócios, que é baseado em previsões, análise de mercado e objetivos da empresa, geralmente com um horizonte mínimo de seis meses [78] [81] [66].

O plano de negócios serve como uma introdução ao plano de vendas e operações, que é mais detalhado e tem a função de planejar as operações e os recursos da empresa de forma mais específica [79] [80].

Além disso, destaca-se a criação do plano diretor de produção, que é desenvolvido de acordo com as necessidades de cada produtor. Ele tem como ponto de partida o plano de vendas e operações, juntamente com a gestão da procura e o planeamento geral de capacidade [66] [80].

No planeamento diretor de capacidade, observa-se o fornecimento de dados relevantes para que se ajuste a capacidade de executar o plano diretor de produção, das seguintes formas [66] [78] [81] :

- Movimentação de cargas entre períodos;
- Movimentação de cargas entre centros de trabalho;
- Horas extraordinárias;
- Turnos;
- Redução temporária da semana de trabalho;
- Produção antecipada com armazenamento;
- Produção atrasada assumindo os encargos.

No que se refere ao Plano Diretor de Produção (PDP), o seu objetivo principal é determinar antecipadamente quais produtos devem ser produzidos e em quais quantidades. O período de planeamento do PDP pode variar, geralmente com uma programação de seis meses, embora essa programação possa ser ajustada de acordo com as previsões e prazos de entrega planeados para a produção de pedidos ou lotes específicos de produtos [79] [80].

Dessa forma, o PDP é expresso em unidades do produto a ser processado em cada período, durante um intervalo de planeamento específico. A definição do plano diretor pode variar de acordo com o sistema de produção, levando em consideração as encomendas em andamento, as encomendas planeadas, a previsão de encomendas e os planos de capacidade dos sistemas produtivos [80] [82].

3.4.2. Planeamento a Médio Prazo

No que diz respeito ao planeamento de médio prazo, ele é caracterizado por ser mais dinâmico do que o planeamento de longo prazo, pois abrange um período de tempo menor e envolve um volume de informações reduzido. Um elemento-chave nesse contexto é o planeamento das necessidades de materiais (MRP), que é implementado de forma simplificada [66] [78].

Em relação ao MRP, ele recebe do PDP todos os dados relacionados aos produtos a serem

produzidos, incluindo a quantidade necessária e a data de entrega. Esses dados são processados de acordo com a estrutura e a lista de materiais de cada produto [66] [79]. Além disso, o MRP permite a identificação de todos os materiais e componentes necessários para a produção do produto acabado, bem como a sua gestão, consultando o inventário para determinar as necessidades de produção ou compra (Figura 10) [81].

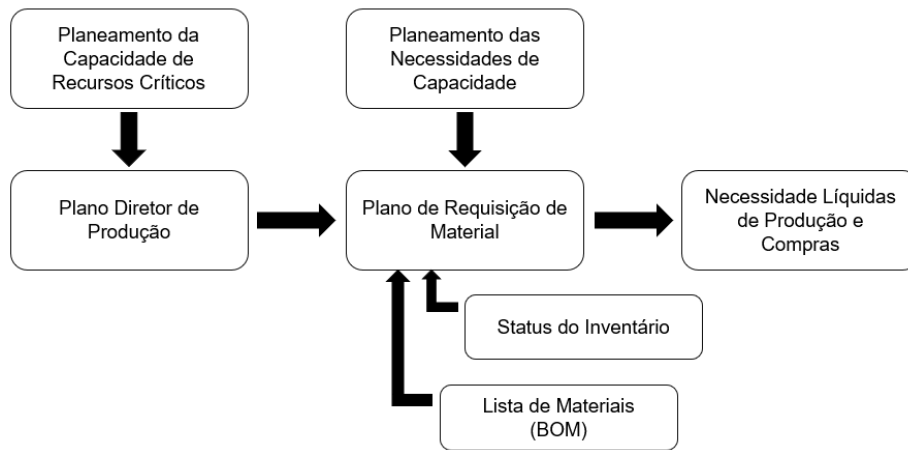


Figura 10 - Planejamento a Médio Prazo – (adaptado de [82])

No que diz respeito ao MRP, a sua função é controlar o inventário e planejar a produção, tendo como principal objetivo criar as condições para garantir que os materiais necessários para a fabricação dos produtos estejam disponíveis na quantidade, qualidade e momento adequados, assegurando a entrega aos clientes [81].

Ao mesmo tempo, a programação MRP permite identificar as necessidades de produção e as respectivas ordens de produção ou de compra, para atender ao cronograma de fabricação dos produtos finais [66].

O sistema MRP apresenta ainda 3 conceitos base [78] [80] [81]:

1. **Tempo de execução (lead time):** Trata-se do tempo que decorre entre o início e o fim de uma atividade
2. **Tamanho do lote:** Diz respeito à quantidade de materiais ou produtos que se encontram sujeitos a um processamento, trabalhando com lotes fixos.
3. **Lista de materiais:** Refere-se à base de dados que permite identificar todos os materiais que constituem o produto final. Sendo que a lista deverá identificar a natureza dos materiais, a quantidade e a sua posição na estrutura do produto, na qual deverão estar sempre atualizados para reduzir os erros de planejamento.

3.4.3. Planejamento a Curto Prazo

O planejamento de curto prazo é considerado altamente dinâmico e instável devido à proximidade da data de entrega e à presença de fatores desestabilizadores que surgem com frequência.

Algumas das principais atividades realizadas no planejamento de curto prazo incluem

programação, planeamento de compras e monitoramento complexo e exigente, devido à presença de restrições como falhas mecânicas, atrasos, greves e problemas de qualidade [66] [78] [81].

Em resumo, o controlo da produção deve garantir que os pedidos sejam entregues dentro do prazo estipulado e sem comprometer a qualidade prometida. Para facilitar o planeamento dessas atividades, o controlo da produção tem utilizado cada vez mais soluções tecnológicas (como *software* ou *hardware*) para apoiar a organização da empresa [79] [80].

3.4.4. Controlo Oficial

Os sistemas de controlo de produção têm dois principais objetivos: planear e controlar as operações de produção. Atualmente, as técnicas de controlo da produção estão a passar por uma transição dos métodos manuais para métodos computadorizados cada vez mais avançados [84] [67].

Em relação às funções do controlo da produção, surge um desafio na aquisição de dados e informações sobre o progresso das ordens de fabricação, bem como no uso dessas informações para o controlo das operações de fabricação.

Desta forma pode-se afirmar que as funções de um sistema de controlo são classificadas por [84] [67] [85] [81]:

1. Controlo prioritário e atribuição da ordem de compra;
2. Manter a informação no processo de produção para controlo de material (MRP);
3. Monitoração da informação das ordens de fabricação;
4. Fornecer dados de saída (*output*) para controlo da capacidade de *stock*.

Um sistema de controlo da produção (CP) tem como objetivo cumprir as quatro funções mencionadas anteriormente. Atualmente, existem várias formas de configurar um sistema de controlo da produção, variando o nível de envolvimento computacional. No entanto, mesmo com o avanço tecnológico na produção, nenhum desses sistemas exclui a participação humana. Portanto, os sistemas de controlo da produção não são sistemas de resposta automática ou processos de controlo totalmente computadorizados.

Pode-se afirmar que, mesmo nos sistemas de controlo da produção mais recentes e computadorizados, a interação humana continua sendo um elo chave no ciclo de controlo [67] [85].

Existem três passos para executar um controlo oficial, esses passos são expostos como três módulos de *softwares* que são ligados entre si e em conjunto no sistema (CO), sendo estes [67] [85]:

1. Libertação da ordem;
2. Planeamento da ordem;
3. Evolução da ordem.

O planeamento da produção fornece uma tabela relacionada com o tempo das entregas dos produtos finais, com o objetivo de traduzir em requisitos de material e componentes usando

o MRP. A próxima etapa desta planificação é o planeamento das operações [85].

O planeamento de operações está preocupado com o desafio de atribuir trabalhos específicos a um determinado posto de trabalho numa semana, dia ou hora. Os produtos finais consistem na atribuição de componentes, onde cada um é fabricado por uma sequência de processos operacionais [67] [84].

O planeamento envolve a definição de uma data de início e término para cada lote individual, bem como a alocação de cada ordem de fabricação para um posto de trabalho específico [67]. Uma das principais dificuldades do planeamento é lidar com centenas ou até milhares de competências de trabalho individuais em um número limitado de postos de trabalho. Esses problemas são agravados por interrupções imprevistas e atrasos, como falhas nas máquinas, mudanças de prioridades de trabalho, ausências dos colaboradores e greves planeadas pelos mesmos [85].

O objetivo dos sistemas de planeamento de operações atribuiu tarefas aos postos de trabalho para [67] [81] [85]:

1. Encontrar datas finais de entrega para acabamento do trabalho em cada posto;
2. Minimizar os lotes durante o processo, esta atividade é realizada pela minimização do tempo de espera do *manufacturing*;
3. Maximizar a utilização das máquinas e dos recursos de trabalho.

No cenário atual, podemos observar uma ampla variedade de métodos de planeamento utilizados no processo de produção. Dependendo das características das empresas, dos lotes de produção ou da produção em massa, diferentes métodos são empregados para atribuir tarefas e programar as atividades [67] [85]. Ainda neste sentido, o planeamento das operações encontra-se dividido em dois passos [85]:

1. Carregamento da máquina;
2. Sequência de trabalho.

No que diz respeito ao processo de atribuição de tarefas aos postos de trabalho, é importante considerar os fatores envolvidos. Quando o número de ordens excede o número de postos disponíveis, cada posto terá ordens em espera para processamento [85].

Nesse contexto, as regras de prioridade desempenham um papel crucial no planeamento sequencial das tarefas. Elas funcionam como diretrizes essenciais na determinação da ordem de execução de cada ordem de trabalho. Deste modo, existem regras usadas na indústria, sendo estas [81] [85] [82]:

1. Elevada prioridade para os trabalhos com “data mais cedo”;
2. Elevada prioridade para os trabalhos com “tempo de processo curto”;
3. Trabalhos processados com base em “chega primeiro, sai primeiro”;
4. Elevada prioridade para os trabalhos com “menos folga” no planeamento.

$$\text{Folga} = (\text{Tempo restante até a data de entrega}) - (\text{Tempo restante do processo}) \quad (3.4.4.1)$$

Maior prioridade é dada para trabalhos com menor rácio crítico

$$\text{Rácio Crítico} = \frac{\text{Tempo restante até a data de entrega}}{\text{Tempo restante do processo}} \quad (3.4.4.2)$$

No que diz respeito ao método de "marcação vermelha", ele refere-se à prática de identificar os trabalhos urgentes com um cartão vermelho, atribuindo-lhes prioridade máxima.

No que se refere aos sistemas de recolha de dados, eles têm como principal objetivo coletar dados da fábrica (FDC - *factory data collection*) para criar uma sequência progressiva de informações. Dentro de um sistema de controlo de produção, existem módulos que analisam o *status* do trabalho de forma progressiva.

Quanto às tipologias de dados de controlo oficial que poderão ser recolhidos pelo sistema são [82] [85]:

1. Contagem de peças;
2. Contagem de peças rejeitadas e contagem de peças para reparar;
3. Conclusão das operações de sequência de encaminhamento;
4. Pausas da máquina;
5. Tempo de trabalho que se torna em trabalho regressivo.

Pode-se ainda observar o propósito do tempo e o relatório de presença dos trabalhadores assim como a folha de pagamento dos departamentos.

Ao longo da literatura, observa-se quatro métodos utilizados para a recolha de dados de controlo oficial, sendo [82] [85]:

1. Percurso do trabalho;
2. Folha de tempo do trabalhador;
3. Centralização dos terminais da oficina;
4. Terminais dos postos de trabalho individuais.

3.5. Total Quality Management - TQM

No que diz respeito à Gestão da Qualidade Total (TQM), é um modelo de gestão que enfatiza a importância da qualidade em todos os processos organizacionais. Apresenta como principais objetivos garantir a satisfação do cliente, promover o trabalho em equipa, procurar soluções para problemas e reduzir erros [86].

A implementação de uma abordagem abrangente e integradora da qualidade não é um processo fácil ou rápido, pois exige um profundo conhecimento da organização e dos requisitos de cada *stakeholder*, que devem ser considerados em todas as decisões [87].

A TQM destaca o papel dos recursos humanos nas organizações, o que implica mudanças de atitudes e comportamentos para promover a descentralização de autoridade e um ambiente participativo. Esse ambiente participativo inclui não apenas os funcionários da empresa, mas também os clientes, fornecedores e o meio ambiente em geral [88].

Essa abordagem favorece a procura por soluções novas e mais eficientes, estimulando a

criatividade, a inovação e a procura por melhorias, em vez de se conformar com tarefas rotineiras [86].

A aplicação da TQM nas empresas geralmente está associada à melhoria contínua, um processo contínuo de mudanças que aprimoram a empresa e agregam valor. Isso é realizado por meio de um sistema de autoavaliação permanente, que avalia a curto prazo as atividades, o desempenho e os resultados, analisando os resultados obtidos, verificando a eficácia das práticas e identificando áreas e oportunidades de melhoria [86] [88].

A liderança desempenha um papel fundamental na TQM, pois o líder é responsável por ser um agente de mudança e facilitador de melhorias contínuas, por meio das suas habilidades de comunicação, mudança, visão, trabalho em equipa, procura de resultados, proatividade e empatia [88].

Com o objetivo de promover a filosofia da qualidade total e da melhoria contínua, observa-se um número crescente de empresas que implementam sistemas de gestão da qualidade (SGQ) mais abrangentes, formalizados, certificados e que incorporam diversos conceitos, como saúde, segurança, higiene no trabalho, proteção ambiental e inovação [88].

3.6. A Teoria dos Constrangimentos

A Teoria das Restrições, também conhecida como *Theory of Constraints* (TOC), foi desenvolvida por Goldratt em 1984, com o objetivo de identificar as restrições ou gargalos que limitam o ritmo dos sistemas produtivos e podem ser considerados como indicadores da produção. Essa teoria propõe o uso do mecanismo "tambor-pulmão-corda" (*Drum-Buffer-Rope* - DBR) para estabelecer o controlo. O gargalo é identificado como o tambor, que determina o ritmo da produção. O pulmão refere-se ao estoque localizado entre o gargalo e os processos subsequentes, evitando que o sistema pare de produzir caso o processo do gargalo seja interrompido. A corda representa a puxada de produtos fornecidos pelos processos anteriores através do gargalo, conforme ilustrado na Figura 11 [89] [90].

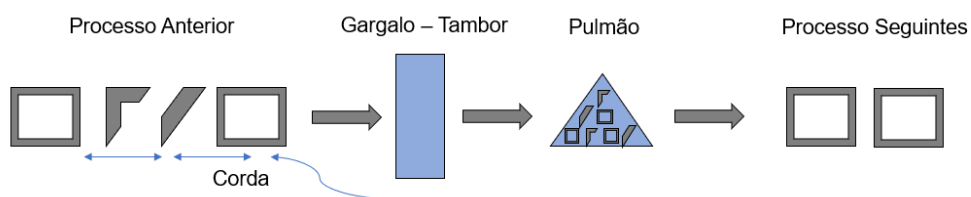


Figura 11 - O Mecanismo Tambor-Pulmão-Corda da TOC (adaptado de [89])

De acordo com Goldratt, um constrangimento ou gargalo pode ser definido como qualquer elemento que impeça o sistema de alcançar um desempenho específico em relação ao objetivo estabelecido. Portanto, para aumentar a capacidade de um sistema, é necessário estudar e aplicar melhorias no gargalo identificado [89]. Por sua vez, otimizar áreas isoladas ou recursos que não são gargalos do sistema não resultará na otimização do processo como um todo [89].

A TOC propõe ou define cinco passos para identificar e resolver um gargalo, sendo eles [89]:

- 1) **Identificar** o constrangimento do sistema;
- 2) **Analisar** o gargalo do sistema com o objetivo de tornar mais eficiente através da alteração de processos, procedimentos de manutenção, formação ou políticas;
- 3) **Subordinar** o resultado de todos os outros centros de trabalho a este;
- 4) **Elevar e investir** neste centro de trabalho para garantir um aumento de capacidade tanto nos equipamentos como pessoas;
- 5) **Inércia**, recomeçar o processo para determinar o novo estrangulamento, caso contrário efetuar se necessário o ponto 1.

Em resumo, a *Theory of Constraints* (TOC) também é considerada um modelo de gestão que fornece uma abordagem sistemática para a gestão dos constrangimentos em termos do fluxo de materiais e assim o controlo de *stocks*, estabelecendo o ritmo de produção adequado face aos gargalos existentes no chão-de-fábrica.

Ao longo deste capítulo, ficou evidente que a existência de um modelo de gestão é algo central na vida de uma empresa. Acontece, no entanto, que os modelos de gestão existentes nas empresas industriais, em geral, não são devidamente formalizados porque a adoção destes decorre da própria evolução das empresas. No entanto, quando a adoção ou implementação do modelo de gestão acontece de forma estruturada e alinhada com um ou outro modelo teórico aqui referido, o processo de implementação é muitas vezes complexo e exigente. A variedade de modelos possíveis ainda é considerável e as empresas ou os diferentes tipos de sistemas produtivos requerem, com facilidade, a definição de modelos de gestão que, incorporando aspetos de uma ou outra teoria ou modelo de gestão, possam ir de encontro às necessidades reais de cada empresa ou tipo de sistema produtivo. Uma das teorias de gestão que tem contribuído muito para uma boa gestão dos sistemas de produção é a filosofia *Lean*, por esta razão torna-se importante aprofundar esta teoria ou filosofia de gestão.

Capítulo 4

Fundamentos da Filosofia *Lean*

Este capítulo apresenta uma contextualização histórica da filosofia *Lean*, seguida pelos princípios fundamentais dessa abordagem, além de uma explicação dos 3M (*Muda, Mura e Muri*) e dos 8 desperdícios. Em seguida, são abordados os métodos e técnicas associados à filosofia *Lean*, os pilares para a implementação *Lean*, as dificuldades ou barreiras encontradas nesse processo e uma análise da aplicação do *Lean* em empresas de *Engineer-to-Order* (ETO). Atualmente, a utilização da filosofia *Lean* na indústria está associada à prática de melhoria contínua e inovação de processos. A sua aplicação está cada vez mais abrangente em outras áreas da sociedade, uma vez que o principal objetivo é reduzir ou eliminar desperdícios [92]. Para a sua correta aplicação, existem numerosos desafios e obstáculos que dificultam a implementação eficaz da gestão *Lean*, identificados a partir da experiência de várias empresas que tentaram, em vão ou com sucesso parcial, implementá-la. Portanto, é essencial compreender esses desafios e obstáculos para encontrar soluções e ajudar as empresas industriais a adotarem modelos de gestão baseados nos princípios da filosofia *Lean*. Além disso, há uma evolução tecnológica em curso que pode trazer enormes benefícios para as organizações e para a implementação das suas estratégias operacionais. Especificamente, a Indústria 4.0 é mencionada como a principal iniciativa a ganhar força no mercado global, com a aplicação avançada de sistemas de informação e comunicação nos processos e em todo o ambiente fabril, transformando-o em um ambiente inteligente que permite a personalização em massa [92]. Dessa forma, a Indústria 4.0 e as tecnologias associadas oferecem soluções e ferramentas que, quando implementadas corretamente, podem facilitar a implementação do *Lean*. [92].

4.1. Contextualização da História da Filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* ou Pensamento *Lean* tem as suas raízes nos princípios do Fordismo e Taylorismo, bem como na evolução da gestão da qualidade, que teve início nos Estados Unidos na década de 1920 [93]. Como modelo de gestão, o *Lean* foi desenvolvido no período pós-Segunda Guerra Mundial, durante a reconstrução da indústria japonesa, onde a implementação do TQM foi amplamente adotado [94]. No modelo TQM, a melhoria contínua da satisfação do cliente é uma preocupação central, com a definição de padrões e objetivos que envolvem todos os participantes. Isso requer investimentos em recursos humanos e tecnológicos, bem como a avaliação de desempenho e a gestão dos custos da qualidade [94].

A expressão "*Lean Thinking*" foi trabalhada por John Krafcik, investigador do *International*

Motor Vehicle Program, sendo posteriormente traduzida como "O Pensamento *Lean*" [95]. O *Lean Thinking* tem as suas raízes na filosofia oriental, que propõe uma visão empresarial com uso reduzido de recursos, maximização da eficiência, produtividade e flexibilidade, tornando-se ágil, inovadora e capaz de enfrentar as mudanças do mercado [96] [95].

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão reconstruiu a sua indústria a partir do zero, desenvolvendo um conjunto de filosofias e técnicas de produção *Lean*, criadas por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno da *Toyota*. Isso ocorreu devido à constatação de que as ideias convencionais de desenvolvimento industrial não estavam a produzir resultados positivos devido à falta de recursos [96]. O Sistema *Toyota* de Produção (*Toyota Production System* - TPS) surgiu da combinação das virtudes da produção em massa existente no ocidente com as técnicas de produção japonesas. Apresenta como objetivo eliminar todos os desperdícios e incoerências no sistema produtivo [97].

O conceito de *Lean* aplicado à produção foi mencionado pela primeira vez no artigo de Krafcik (1998) intitulado "*Triumph of Lean Production System*", mas foi desenvolvido e aprimorado no livro de James Womack, Daniel Roos e Daniel Jones (1990), intitulado "A Máquina que Mudou o Mundo", que compara os sistemas de produção japoneses com os sistemas de produção em massa do ocidente, destacando o desempenho superior dos sistemas de produção japoneses [96] [95]. Posteriormente, Womack et al. (1996) desenvolveram um conjunto de princípios e ferramentas baseados no modelo TPS, aplicáveis a todos os setores da economia. Segundo Ohno (1997), o TPS transformou a indústria, tornando-a mais flexível, reduzindo os custos de investimento e colaboradores com maior conhecimento e formação [98]. Pode-se dizer que o TPS se baseia na produção em fluxo contínuo, com foco não em altos tempos de produção, mas sim em uma variedade ampla de produtos a um preço reduzido [99].

Ao longo da literatura, a produção *Lean* tem sido descrita como uma combinação das vantagens da produção artesanal e da produção em massa. Alguns autores defendem que ela permite evitar os altos custos da produção em massa, ao mesmo tempo em que evita as limitações da produção artesanal.

Na produção *Lean*, as equipas são compostas por colaboradores altamente versáteis, o que possibilita a redução de custos, *stocks* mínimos e máquinas flexíveis. O foco é alcançar uma produção mais elevada e uma crescente variedade de produtos, visando a satisfação do cliente e a procura pela máxima qualidade possível [96] [97].

Ao longo dos anos, inúmeras empresas industriais e de serviços no ocidente tentaram implementar a filosofia *Lean*. No entanto, ainda se observa uma competitividade limitada da produção *Lean* em comparação com a produção em massa. A principal diferença entre elas reside nos objetivos finais. Enquanto a produção em massa visa a criação de produtos que sejam suficientemente bons, na produção *Lean*, o objetivo final é a ambição pela perfeição e melhoria contínua [96] [100]. Alguns autores argumentam que alcançar a perfeição é inalcançável devido aos altos custos associados aos padrões atuais. No entanto, o trabalho em direção à perfeição pode gerar efeitos surpreendentes nos rumos e avanços das organizações. Nesse sentido, a literatura relata como as pessoas trabalham e destaca que, embora a implementação da

produção *Lean* torne algumas tarefas mais estimulantes para os trabalhadores, outras podem se tornar stressantes [96].

Shah e Ward (2007) investigaram as diversas abordagens para identificar a dimensão da estrutura do *Lean*, desenvolvendo escalas que as representam, isto é, quantificaram a definição conceitual em dez fatores, sendo estes [101]:

1. *Feedback* do fornecedor: críticas e desempenhos de produtos e serviços recebidos de clientes comunicados aos fornecedores, através da transferência efetiva da informação;
2. Entrega *Just-In-Time* (JIT) pelos fornecedores: Apenas as quantidades necessárias de produtos são entregues pelos fornecedores no momento especificado quando os clientes os exigem;
3. Desenvolvimento de fornecedores: Fornecedores são desenvolvidos em conjunto com o fabricante, com o objetivo de evitar inconsistências ou incompatibilidade nos níveis de competência;
4. Envolvimento do cliente: Os clientes são os principais impulsionadores de um negócio, as suas necessidades e expectativas tem elevada prioridade;
5. Produção puxada: Uma necessidade inicial de sucessor deve permitir o fluxo de produção do antecessor, significado como produção JIT;
6. Fluxo contínuo: Um fluxo simplificado de produtos deve de ser estabelecido na fábrica;
7. Redução do tempo de *setup*: O tempo necessário para se adaptar os recursos às variações dos produtos deve de ser mantido o mínimo possível;
8. Manutenção produtiva/preventiva total: A falha de máquinas e equipamentos deve de ser evitada por procedimentos de manutenção periódica eficaz, sendo que em caso de falha o tempo de retificação baixo deverá ser mantido;
9. Controlo estatístico do processo: A qualidade dos produtos é de primordial importância, nenhum defeito deve de ser filtrado de um processo para o posterior;
10. Envolvimento dos funcionários: Com a motivação e os direitos adequados, os trabalhadores devem ser capacitados para a contribuição global da empresa.

Concluindo, torna-se imprescindível o recurso aos 10 fatores mencionados anteriormente ou uma boa parte deles para se implementar um modelo de gestão que tenha por base a filosofia *Lean*.

4.2. Princípios de uma Filosofia *Lean*

A crescente procura por uma maior eficiência num mundo empresarial, é um tema cada vez mais abordado, com o intuito de apostar na melhoria contínua dos seus processos. Estes quando melhorados traduzem num aumento de produtividade bem como, o aumento da capacidade produtiva das empresas. Desta forma a importância do *Lean Thinking*, que apresenta um foco na identificação e eliminação de desperdícios e, conseqüentemente, na redução dos custos de

produção [98] [102]. Em suma, a filosofia *Lean* assenta em cinco princípios (Figura 12), sendo eles [96] [98] [102]:

1º Princípio - Especificação do valor: Considerado o ponto de partida para a implementação da filosofia *Lean*, que apenas pode ser definido pelo cliente que define o que é valor no produto ou serviço, isto é, tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar pelo produto é uma coisa que não agrega valor, e isso deve ser eliminado do processo.

2º Princípio - Identificação do fluxo de valor: Identificar quais as etapas que agregam valor ao processo e são designadas pela segunda etapa do princípio *Lean*. Todas as atividades que não agregam valor (desperdício) devem ser eliminadas, reduzindo automaticamente os custos de máquina, energia e tempo. Para isso deve-se utilizar uma ferramenta chamada Mapeamento de Fluxo de Valor, mencionado mais a frente.

3º Princípio - Fluxo contínuo: Após identificar as tarefas que criam valor ao produto, o foco fica direcionado no fluxo contínuo, ou seja, produzir sem interrupções. A principal ideia é responder a todas as necessidades dos clientes com flexibilidade e no menor tempo possível. Os processos devem ser criados/ organizados com o objetivo de criar um fluxo de materiais e informação, de modo a evitar perdas na combinação de tempo e paragens bem como deslocações desnecessárias.

4º Princípio - Sistema *Pull* ou produção puxada: Este princípio permite a inversão do fluxo produtivo, as empresas não empurram o produto ao consumidor, mas sim o consumidor começa a puxar o pedido e o fluxo de valor, reduzindo o stock e agregando valor ao produto. Em suma, consiste num sistema de produção no qual as instruções de fabrico são estabelecidas pelo cliente final, que inverte todo o fluxo de valor. Este sistema está relacionado com a produção *just-in-time*, que tem como intuito de produzir as quantidades desejadas pelo cliente e no momento que o cliente deseja, evitando deste modo desperdício que possam surgir do excesso de produção.

5º Princípio - Perfeição: Por fim, o último princípio do pensamento *Lean*, deve ser o grande objetivo dos envolvidos no fluxo de valor, pois a procura de aperfeiçoar os processos e a produção deve ser o Norte para todas as empresas ou negócio.

O bom desempenho de um projeto depende da opinião e do trabalho de todos os interessados. Desta forma a comunidade *Lean Thinking* propôs a adoção de mais 2 princípios, sendo estes [96] [98] [102]:

6º Princípio - Conhecer os *Stakeholders*: Como referido anteriormente, devem conhecer-se pormenorizadamente todas as partes interessadas do negócio, a empresa não deve forçar-se apenas na satisfação do cliente, esquecendo os interesses e necessidades das restantes partes interessadas.

7º Princípio - Inovar constantemente: Deve-se procurar sempre ações de desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos promovendo a criação de valor, mantendo o cliente satisfeito e com um produto inovador face às suas novas exigências.



Figura 12 – Os Sete Princípios do *Lean Manufacturing* (adaptado de [96] [98] [102])

4.3. Os 3 M's e os 8 Desperdícios

No que diz respeito ao modelo dos 3 M's, existem três fatores associados com o objetivo de alcançar resultados a longo prazo. Esses fatores são o *Muda* (desperdício), o *Mura* (variabilidade) e o *Muri* (sobrecarga) [98].

- ***Muda***: Existem oito tipos de desperdícios definidos, sendo sete deles estabelecidos pela Toyota e um relacionado a competências não utilizadas. Esses tipos de desperdícios são: defeitos, superprodução, espera, talento não utilizado, transporte, armazenamento, movimento e excesso de processamento. Além disso, existem várias ferramentas disponíveis para identificar e eliminar esses desperdícios do processo, como *Poke Yoke*, *Kanban*, *Takt Time*, *SMED* e *One-Piece Flow*. No entanto, a ferramenta mais comumente utilizada para melhorar a produtividade por meio da eliminação de desperdícios é o 5S.
- ***Muri***: No caso do *Muri*, a sobrecarga pode ocorrer quando muitos resíduos do processo são removidos. Isso pode resultar numa carga excessiva para os operadores ou máquinas, pois eles são responsáveis por concluir as tarefas que antes eram realizadas pelos desperdícios eliminados. Conseqüentemente, podem ocorrer falhas nas máquinas e ausências dos funcionários devido ao excesso de trabalho. Para otimizar o uso das máquinas e garantir o seu funcionamento adequado, é necessário realizar manutenções preventivas. Além disso, no caso dos funcionários sobrecarregados, é crucial priorizar a sua segurança nos projetos de produção e em todas as atividades realizadas.
- ***Mura***: O *Mura* está relacionado à flutuação das encomendas dos clientes, aos tempos de processo de cada produto e à variação dos tempos de ciclo entre diferentes operadores. Em ambientes de produção com baixo volume e alta variedade de produtos, a flexibilidade é mais importante do que em ambientes de alto volume e baixa variedade. Quando o *Mura* não é reduzido, há um aumento na possibilidade de ocorrer *Muri*, o que resulta em *Muda* (desperdício). Para reduzir o *Mura*, é possível criar e alterar o *design* do produto, bem como estabelecer um trabalho padrão para todos os operadores, a fim de promover a estabilidade e minimizar as flutuações indesejadas.

No que diz respeito aos desperdícios, eles são considerados como algo intrínseco ao processo, mas devem ser evitados em todas as circunstâncias. De acordo com alguns autores, os desperdícios podem ser definidos como atividades totalmente desnecessárias que geram custos e não agregam valor, portanto, devem ser eliminadas imediatamente. A ideia é identificar

e eliminar todas as atividades que não contribuem para a qualidade do produto ou serviço final, a eficiência do processo ou a satisfação do cliente. Ao reduzir ou eliminar os desperdícios, é possível melhorar a eficácia e a eficiência operacional, otimizando os recursos disponíveis e maximizando o valor agregado em todas as etapas do processo.

Com o objetivo de encontrar os problemas do Sistema *Toyota* de produção, Ohno (1988) identificou alguns dos tipos de desperdícios mais comuns nos processos produtivos, sendo eles [98]:

1. Superprodução

A produção descontrolada gera *stock* desnecessário que irá gerar a necessidade de mais matéria-prima, mão de obra, equipamentos e espaço físico para movimentar e armazenar o material, sendo que a produção em excesso leva as empresas a investir capital desnecessário na produção.

2. Espera

Numa linha de produção a espera leva frequentemente ao surgimento da falta de material ou de mão de obra, criando uma existência de aberturas na produção, do *setup* e reparação de máquinas descontroladas, com o *layout* e a forma como as operações são sequenciadas incorretamente.

3. Movimentação

São consideradas movimentações desnecessárias sempre que o produto sofre interferências que não acrescentem valor, podendo ser eliminada com ajustes no processo produtivo e com a melhoria no *layout*.

4. Processamento impróprio ou desnecessário

Frequentemente, a principal causa de processamentos desnecessários é a falta de padronização dos processos produtivos, sendo que faz com que a produção seja realizada de forma aleatória, não acrescentando valor.

5. Transporte

Trata-se da movimentação descontrolada ou além do necessário de pessoas e materiais dentro de um processo produtivo, sendo que para um processo produtivo se tornar eficiente torna-se necessário garantir um fluxo de materiais e que estes estejam dispostos próximos aos postos de trabalho.

6. Inventário

Neste desperdício, toda a matéria-prima além do necessário para o processo ou pedido pelo cliente é considerado desperdício.

7. Defeitos

Trata-se de processos inadequados de fabricação, produtos danificados devido ao transporte, falta de procedimentos de trabalho, falta de equipamentos e máquinas adequadas e falta de formação, sendo estes as principais causas da falta de qualidade nos produtos, o que cria retrabalho.

Importa ainda salientar que nos últimos tempos há um novo desperdício que tem ganhado força como dois dos desperdícios mais recorrentes nas empresas.

8. Desperdício de talento

Trata-se do desperdiçar de potencial criativo humano e das suas formas de demonstrar os seus conhecimentos e habilidades adquiridos. Alguns dos motivos e atitudes que desenvolvem o desperdício de talento são: não ouvir as pessoas envolvidas com o trabalho sobre suas opiniões, não as envolver na identificação e resolução dos problemas com os quais elas lidam diariamente, limitar acesso ao conhecimento de informações e não utilizar o melhor das pessoas dentro das empresas.

9. Deslocações

No que concerne a este desperdício, este caracteriza-se como um conjunto de deslocações dos colaboradores que não acrescentam valor tanto ao produto como ao processo, sendo que a falta de um bom planeamento pode dar origem a este desperdício [103].

Bicheno e Holweg (2016) identificaram novos desperdícios, sendo estes [103]:

- Produção do produto errado eficientemente;
- Excesso de informação e comunicação;
- Desperdício do tempo;
- Desperdício de sistemas inadequados;
- Desperdício de água e energia;
- Desperdício de recursos naturais;
- Desperdício de não seguir até ao fim;
- Desperdício do conhecimento.

Desta forma pode-se afirmar que com o recurso a todos os desperdícios mencionados anteriormente e com a sua redução torna-se possível alcançar uma gestão eficiente dos sistemas produtivos, i.e. uma produção *Lean* com custos menores e com volumes de produção adequados às necessidades, permitindo desta forma à empresa ser mais competitiva e lançar-se em novos desafios e conquistas

4.4. Métodos ou Técnicas Associadas à Filosofia *Lean*

No que se refere às principais ferramentas e metodologias da filosofia *Lean*, estas desempenham um papel fundamental na sua implementação e manutenção. Existem diversas ferramentas disponíveis, e para cada tipo de desperdício há uma ou mais ferramentas adequadas para a sua resolução. Cabe aos profissionais de *Lean*, à gestão de topo e a todos os responsáveis de diferentes áreas selecionar a ferramenta mais apropriada para cada situação. Dessa forma, considera-se que o modelo de gestão *Lean* é composto por um conjunto de ferramentas, métodos ou técnicas que permitem alcançar objetivos específicos. Essas ferramentas são projetadas para identificar, analisar e eliminar desperdícios, promover a melhoria contínua, aumentar a eficiência operacional e agregar valor aos clientes. Algumas das ferramentas comumente utilizadas incluem o 5S, o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream*

Mapping), *Kanban*, *Poka-Yoke*, *Kaizen*, *Just-in-Time* (JIT), entre outras.

É importante destacar que a escolha adequada das ferramentas depende das necessidades e desafios específicos de cada organização. Portanto, é essencial que os profissionais de *Lean* e a liderança estejam familiarizados com as diversas ferramentas disponíveis e possuam a capacidade de aplicá-las de forma eficaz, visando a obtenção dos melhores resultados em termos de eficiência, qualidade e satisfação do cliente.

4.4.1. Kaizen

O termo *Kaizen*, de origem japonesa, surgiu na década de 50, e é composto por duas palavras: "*Kai*", que significa mudança, modificar e melhorar, e "*Zen*", que significa bom e virtude, implicando assim a ideia de melhoria contínua [104]. A filosofia do *Kaizen* abrange todos os aspetos da vida de uma pessoa, seja no trabalho, na sociedade ou em casa, e enfatiza a procura constante por melhorias. Baseia-se na eliminação de desperdícios por meio de soluções de baixo custo e incentiva a motivação e criatividade dos colaboradores para aprimorar os processos empresariais, visando a melhoria contínua, como se pode observar na Figura 13 [104] [105].



Figura 13 - Processo de Melhoria Contínua (adaptado de [18])

Segundo Shiba (1997), a melhoria contínua implica o envolvimento de todas as pessoas da empresa, que devem procurar constantemente e de forma sistemática o aperfeiçoamento dos produtos e dos processos empresariais, isso pode envolver mudanças nos hábitos da empresa e até mesmo grandes mudanças que requerem um planeamento cuidadoso [106]. Dessa forma, o *Kaizen* promove uma cultura de melhoria contínua, incentivando a participação de todos os colaboradores no processo de identificar oportunidades de aprimoramento, implementar mudanças positivas e procurar a excelência em todos os aspetos do negócio. Ao adotar o *Kaizen*, as empresas têm a oportunidade de impulsionar a inovação, aumentar a eficiência, reduzir desperdícios e alcançar resultados cada vez melhores. Esta ferramenta possui diversas abordagens organizacionais, mas o seu aspeto essencial é que está direcionada para as equipas de trabalho, promovendo um envolvimento pessoal intenso [107]. Quando o *Kaizen* é implementado em uma empresa, os colaboradores passam a reconhecer a importância da sua

missão diária e empenham-se em realizar o seu trabalho da melhor forma possível.

Ao adotar o *Kaizen*, as empresas podem atingir benefícios significativos, como o aumento da produtividade, a redução de desperdícios, a melhoria da qualidade dos produtos e serviços, e a criação de uma cultura de excelência. O envolvimento pessoal dos colaboradores no processo de *Kaizen* cria um senso de propósito e comprometimento, contribuindo para o sucesso e a sustentabilidade do negócio.

De acordo com Simas (2016), destaca-se 5 princípios que ajudam para a implementação do *Kaizen*, sendo estes [108]:

1. **Contestar as regras** – a padronização dos processos é importante, no entanto as regras de trabalho são para ser “quebradas” com o tempo e improvisadas constantemente;
2. **Desenvolvimento de situações eficazes** – alcançar situações eficientes é uma prática de gestão prioritária, através da inserção de toda a empresa;
3. **Identificar a causa raiz** – não se limitar à resolução superficial dos problemas;
4. **Eliminar toda a tarefa** – saber se a tarefa em questão é precisamente importante;
5. **Reduzir ou mudar tarefas** – algumas atividades podem ser combinadas entre elas reduzindo assim o desperdício de ter várias tarefas em vez de uma.

No que respeita à ferramenta do *Kaizen* este permite ainda uma melhoria da comunicação entre as pessoas, desenvolvendo um bom ambiente organizacional, sendo que um evento *Kaizen* é caracterizado como um evento planeado, com intensa atividade de melhoria e orientado para o atingir de um objetivo maior. Estes eventos são orientados nos projetos DMAIC (D – Definir; M - Medir; A - Analisar; I- Melhorar; C - Controlo a curto prazo) e utiliza o ciclo PDCA como guia [108].

4.4.2. Sistema 5 S`

Alguns autores explicam que o sistema 5S trata-se de uma sigla do programa desenvolvido e consolidado no Japão, que se baseia em 5 razões e caracteriza-se como a base da Gestão da Qualidade Total (TQM) [109].

Os 5S podem ser compreendidos através da seguinte forma [109]:

- **Seiri**: trata-se do senso de utilização que consiste na separação do que é útil e o que é inútil e da eliminação de tudo que é desnecessário;
- **Seiton**: é o senso de arrumação que consiste na organização do ambiente de trabalho, dispondo os materiais comuns em locais de fácil acesso e identificando-os;
- **Seiso**: trata-se do senso de limpeza que consiste em manter o local de trabalho limpo e eliminar toda a sujidade, assim como fazer a seleção do lixo;
- **Seiketsu**: trata-se do senso de saúde e higiene, consistindo em manter sempre um ambiente adequado para a execução das tarefas.
- **Shitsuke**: trata-se do senso de autodisciplina que consiste em manter de forma

disciplinada todos os outros sentidos, autocontrole e que todos os sentidos sejam executados.

Heizer e Render (2011), afirmam mais dois, no qual um destina-se à segurança e outro destina-se à introdução de práticas de manutenção preventiva. Neste sentido, os maiores benefícios para a utilização desta técnica são [110]:

- Elevada produtividade pela redução da perda de tempo na procura de objetos;
- Redução de despesas e melhor aproveitamento de materiais;
- Melhoria na qualidade de produtos e serviços;
- Menos acidentes de trabalho;
- Maior satisfação dos colaboradores com o trabalho.

4.4.3. Conceito do 6 Sigma

O 6 *Sigma* é uma metodologia de resolução de problemas aplicável a qualquer processo, com o objetivo de eliminar causas, erros e defeitos que estejam associados a custos. Utilizando ferramentas que reduzem a variação e os defeitos, procura entregar aos clientes produtos e serviços que atendam às suas expectativas [111]. Essencialmente, o 6 *Sigma* pode ser definido como uma filosofia que visa a satisfação do cliente, representando um novo paradigma na procura pela qualidade. Além disso, é um conjunto de ferramentas de medição estatística e uma metodologia para a melhoria contínua dos processos, tendo como base a qualidade e a satisfação das necessidades dos clientes [112].

A abordagem do 6 *Sigma* envolve a análise minuciosa dos processos, identificando fontes de variação e falhas que afetam a qualidade e a eficiência. Através do uso de técnicas estatísticas avançadas, procura-se entender e controlar essas variações, reduzindo os defeitos e maximizando a capacidade de entrega consistente de produtos e serviços de alta qualidade.

A filosofia do 6 *Sigma* requer o comprometimento de toda a organização, desde a alta direção até a linha de frente, para alcançar uma cultura de excelência e melhoria contínua. É uma abordagem baseada em dados e fatos, procurando tomar decisões baseadas em evidências e análises precisas. Com a aplicação do 6 *Sigma*, as empresas podem alcançar ganhos significativos em termos de eficiência operacional, satisfação do cliente e resultados financeiros.

No que concerne aos principais objetivos do 6 *Sigma*, trata-se [113] [114]:

- Reduzir custos e aumentar lucratividade;
- Aumentar eficiência do processo;
- Estabilidade dos processos;
- Melhorar produtos ou serviços e satisfação dos clientes;
- Garantia de qualidade;
- Aumento de desempenho;
- Desenvolver cultura de mudança e melhoria contínua;
- Inspirar colaboradores.

4.4.4. Ciclo PDCA

No que concerne ao ciclo PDCA, as suas siglas definem-se por [115]:

- P – *Plan* (Planear)
- D – *Do* (Fazer)
- C – *Control* (Controlar)
- A – *Action* (Ação)

O ciclo PDCA é uma abordagem que preconiza que todos os processos devem ser estudados, planeados, ter as suas mudanças implementadas e controladas, seguidas por uma avaliação dos resultados obtidos [115] [116]. Esse ciclo desenvolve-se a partir da conceção de ideias, da sua implementação, da medição e da análise dos resultados, visando ser utilizado novamente para futuras melhorias, garantindo assim a evolução contínua e evitando a estagnação do processo [115].

O plano de ação desempenha um papel fundamental nesse ciclo, pois tem como principal objetivo tornar operacional a inserção de metas no processo de produção, visando alcançar a maior probabilidade de sucesso. Cada empresa deve elaborar o seu próprio plano de ação, no qual definirá os meios para a implementação das metas, levando em consideração os recursos disponíveis e as características organizacionais [115] [116].

Plan (Planear)

Trata-se da primeira fase do ciclo PDCA, no qual é observado que na base de um bom planeamento encontra-se a eficácia futura de um ciclo que fornecerá dados e informações às etapas restantes do método [117]. De acordo com alguns autores, pode-se dividir em cinco etapas, no qual se pode responder as premissas tendo em conta a importância do planeamento dentro do ciclo, sendo elas [117]:

1. Localizar o problema;
2. Estabelecer metas;
3. Análise de fenómenos;
4. Análise do processo;
5. Elaboração do plano de ação.

Do (Fazer)

Alguns autores defendem que a eficiência se encontra ligada à existência do plano de ação bem estruturado, sendo que esta etapa permite que o plano de ação seja praticado e organizado de modo a garantir uma elevada eficácia nas medidas a serem adotadas. Desta forma, pode-se dividir esta etapa em duas etapas principais com o objetivo de encontrar a eficiência desejada, sendo estas [118]:

- Treino/formação;
- Execução da ação.

Deste modo, e através da divulgação e compreensão do plano de ação este poderá ser posto em prática, sendo que durante esta etapa deverão ser realizadas verificações periódicas

no setor em que serão realizadas as ações, com o intuito de manter o controle e diminuir dúvidas que possam aparecer ao longo da execução, pois todas as ações tomadas e os resultados obtidos deverão ser registados e datados para a próxima etapa do ciclo PDCA.

Control (Controlar)

Quanto a esta fase, alguns autores estudaram e explicam que o método que as empresas norte americanas que utilizaram métodos PDCA nos seus sistemas de gestão referem é a fase mais importante do ciclo, no qual deverá ser salientada pela empresa com o intuito de obter um resultado positivo e eficaz no final de cada ciclo [117].

Action (Ação)

Nesta fase, as ações são de acordo com os resultados positivos obtidos na etapa de controle. Alguns autores defendem que o processo consiste na elaboração de um novo padrão ou na alteração de algum, sendo que a empresa deverá explicitar no padrão os itens fundamentais da sua estrutura, ou seja [117]:

- o que fazer;
- quem deverá executar a ação;
- quando a mesma deverá ser executada;
- onde, como e porquê.

Desta forma, pode-se acrescentar ainda os seguintes aspetos que deverão ser respeitados pela empresa na elaboração dos seus padrões:

- o documento deverá ser elaborado o mais simples possível, com o intuito de tornar a sua compreensão mais fácil, no qual deverão constar tabelas, fluxogramas e figuras para a facilitação da compreensão dos envolvidos;
- o padrão deve ser condizente com a atual situação da empresa, sendo todo o conhecimento técnico e administrativo deve fluir para os padrões de forma a serem utilizadas pelos operadores em benefício de todos;
- as datas de revisão devem ser reportadas de forma clara, assim como a validade possibilitando assim o controle do número de revisões e manuseio, no qual é possível incorporar mecanismos à prova de falhas para que qualquer funcionário possa realizar a sua função sem falhas;
- sendo o padrão a base do aperfeiçoamento, este deverá ser periodicamente revisto e adaptado a novas inovações.

4.4.5. VSM (Value Stream Mapping)

No que concerne ao mapa de fluxo de valor (VSM), este trata-se de uma ferramenta com a capacidade de representar todas as etapas relacionadas com o fluxo de material e informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor desde o fornecedor até ao consumidor.

Tendo como objetivo a revelação de oportunidades de melhoria, o VSM é elaborado em

diferentes fases, no qual se observa [119] [120]:

- O mapa do estado atual;
- O mapa do estado futuro;
- O mapa do estado ideal.

O mapeamento do fluxo de valor (VSM) é um processo que visa identificar todas as atividades específicas ao longo do fluxo de valor do produto, que representa o conjunto de todas as atividades desde o pedido do cliente até a entrega ao consumidor final [119]. Ele consiste em observar e compreender a realidade atual da produção e criar um mapa dos processos, que serve como base para o *Lean Thinking*, ou seja, uma representação visual de cada processo no fluxo de materiais e informações, levantando questões e estabelecendo um mapa do estado futuro desejado da produção [119] [120].

Os autores Rother e Shook (1999) destacam o VSM como uma ferramenta essencial para observar o fluxo e identificar os desperdícios. O mapeamento permite identificar as fontes de desperdício e fornece uma linguagem comum para tratar os processos de produção, tornando as decisões sobre o fluxo mais visíveis. Além disso, o VSM aborda conceitos e técnicas *Lean* que auxiliam na implementação de abordagens integradas, formando a base para o planejamento de implementação e mostrando a relação entre o fluxo de informações e o fluxo de materiais.

O objetivo principal da análise do fluxo de valor é alcançar um fluxo contínuo orientado pelas necessidades dos clientes, desde a matéria-prima até o produto final [119] [121]. Isso implica eliminar desperdícios, reduzir tempos de espera e retrabalho, melhorar a eficiência dos processos e aumentar a satisfação do cliente. Ao visualizar e compreender o fluxo de valor, as empresas podem identificar oportunidades de melhoria, implementar ações corretivas e otimizar os seus processos, procurando alcançar um fluxo mais eficiente, produtivo e alinhado com o mercado.

No que concerne à representação das etapas que elaboram a técnica do VSM, assim como ilustrado na Figura 14, esta encontra-se dividida em 3 etapas, sendo estas [119] [120]:

- **Primeira Etapa:** é necessária a seleção de um conjunto de produtos composto por um grupo de produtos que passam por etapas similares de processamento e utilizam nos processos equipamentos similares;
- **Segunda Etapa:** trata-se de elaborar o estado atual e o estado futuro do fluxo de valor, através da recolha de informação junto dos trabalhadores. Na elaboração do estado futuro observa-se informações do estado atual e dá-se importância às informações que anteriormente passavam despercebidas;
- **Terceira Etapa:** é a preparação de um plano de implementação com base no que se pretende alcançar no estado futuro, sendo posto em prática o mais rápido possível. Concomitantemente, quando o estado futuro se torna real, deverá dar-se início a um novo mapa, formando assim um ciclo de melhoria continua ao nível do fluxo de valor.

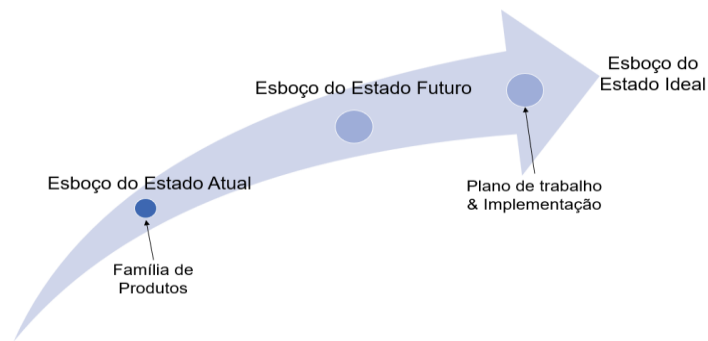


Figura 14 - Etapas Básicas - Mapeamento do Fluxo de Valor (adaptado de [18])

A observação do mapeamento do fluxo de valor (VSM) é realizada de forma inversa, ou seja, do cliente para o fornecedor, com o objetivo de eliminar influências no processo e garantir que o fluxo ocorra de maneira favorável à produção [119] [120]. O VSM destaca-se pela sua capacidade de simplificar e reduzir a complexidade do sistema produtivo, oferecendo diretrizes para a análise e melhoria contínua. Este possibilita o desenvolvimento do conceito de uma situação futura no sistema de produção *Lean* [119].

4.4.6. “5 porquês”

A técnica dos "5 porquês", desenvolvida pelo autor Taiichi Ohno, tem como objetivo identificar a causa principal de um defeito ou problema, evitando que sejam abordadas apenas as causas imediatas, o que poderia levar a uma avaliação incorreta e à repetição do problema [122]. Essa abordagem é amplamente utilizada na área da qualidade, mas pode ser aplicada em qualquer contexto devido à sua utilidade e facilidade na resolução de problemas do dia a dia. Vale ressaltar que não há restrição para o uso de apenas cinco perguntas, sendo possível realizar mais questões para identificar a causa-raiz [104].

Deste modo, as etapas dos 5 Porquês são [104]:

1. Identificação do problema;
2. Questionar “porque aconteceu?” com o objetivo de identificar as possíveis causas;
3. Para cada causa questionar novamente “porque aconteceu?”
4. Repetir cinco vezes os passos 2 e 3, sendo que se deve obter a identificação das causas raiz do problema;
5. Identificação da solução e das medidas necessárias para a resolução da causa raiz.

Concluindo, esta técnica necessita de acuidade quando necessária à sua aplicação, sendo que se baseia numa opinião pessoal e por isso é subjetiva. Deste modo, deverá ser utilizada em equipa para que ocorra a partilha de ideias e a diminuição da sua limitação.

4.4.7. Gestão Visual

Através do Sistema Toyota, foi desenvolvido o conceito do Sistema *Andon*, que introduziu

uma abordagem inovadora de supervisão e gestão visual. Esse sistema visa promover a colaboração entre diferentes categorias de colaboradores e facilitar o diálogo sobre problemas dentro da empresa [123]. Dentro da Gestão Visual, o *Andon* é uma ferramenta utilizada no *Lean Thinking* para gerir ocorrências e resultados no local de trabalho, por meio de quadros e sinalizadores sonoros ou visuais. Apresenta como função principal exibir o *status* da produção para toda a empresa, por meio de um sistema de gestão visual, alertando sobre a existência de um problema e a necessidade de uma solução imediata. [123]. O *Andon* permite [123]:

- Baixar custos do sistema produtivo;
- Eliminar desperdícios;
- Estabilizar o processo;
- Melhorar a mão de obra;
- Maximizar o retorno sobre as vendas;
- Fabricar produtos com qualidade;
- Identificar e solucionar problemas rapidamente;
- Trabalhar com entregas previsíveis;
- Minimizar o investimento;
- Eliminar interrupções no fluxo de informações;
- Extrema necessidade de técnicas de monitorização, supervisão e diagnóstico.

4.4.8. Heijunka

O *Heijunka* é um conceito fundamental do *Lean Thinking* relacionado à programação de produção. Originário do Japão, esse termo significa "produção nivelada" e é alcançado por meio da interrupção de pedidos [124]. O objetivo do *Heijunka* é reduzir as irregularidades na área comercial e na produção de diferentes modelos em pequenos lotes na mesma linha, seguindo o princípio do fluxo contínuo [124].

Ao implementar o *Heijunka*, é possível transformar a instabilidade da procura dos clientes num processo de produção nivelado e previsível. Essa abordagem é frequentemente utilizada em conjunto com outras técnicas do *Lean* para estabilizar o fluxo de valor. A programação de produção auxilia na combinação de diferentes itens, garantindo um fluxo contínuo de produção e procurando os recursos necessários para a produção. Esse é o principal conceito para alcançar a estabilidade no processo de produção.

Em resumo, o *Heijunka* permite nivelar a carga de trabalho nas linhas de produção por meio da mistura da sequência de fabricação dos produtos, o que facilita a estabilidade do trabalho. Além disso, um dos objetivos do *Heijunka* é criar diferentes modelos na mesma linha, permitindo a produção de acordo com a procura do cliente. Na literatura, é observado que é mais fácil otimizar o equilíbrio dos postos de trabalho quando as linhas são multimodelo, pois, um trabalho mais complexo num produto é compensado por um trabalho mais leve no próximo. Com a distribuição adequada das tarefas, é possível utilizar melhor o tempo de trabalho disponível para a criação de valor.

4.4.9. Poka-Yoke

O *Poka-Yoke*, desenvolvido principalmente pelo Dr. Shigeo Shingo, tem como objetivo contribuir para as práticas modernas de produção, aplicando sua experiência e conhecimento no campo da engenharia industrial para melhorar a qualidade de vida dos colaboradores e o desempenho das empresas [125] [126]. Esse conceito ganhou destaque no desenvolvimento do TPS (*Toyota Production System*), no qual Shingo e Taiichi Ohno foram pioneiros no conceito de *Poka-Yoke* e controlo de qualidade zero [127]. Foi em 1961 que Shigeo Shingo, enquanto trabalhava como engenheiro industrial na *Toyota Motor Corporation*, introduziu o conceito de *Poka-Yoke*. Os *Poka-Yokes* são mecanismos utilizados para tornar um processo à prova de erros, garantindo condições adequadas antes de avançar para a próxima etapa, a fim de prevenir defeitos [125] [126].

Frequentemente, o *Poka-Yoke* é descrito como interruptores de limite, sistemas de inspeção ótica, pinos de guia ou dispositivos de desativação automática implementados pelo departamento de engenharia. No entanto, essa é uma visão limitada do *Poka-Yoke*, que vai além dessas simples soluções técnicas. Este abrange uma abordagem mais ampla, envolvendo a identificação e eliminação das fontes de erros por meio de projetos à prova de falhas, formação adequado dos colaboradores e a criação de um ambiente propício para a prevenção de erros. O objetivo final do *Poka-Yoke* é eliminar defeitos desde o início, garantindo uma produção de alta qualidade e minimizando retrabalho ou falhas que possam afetar a satisfação do cliente.

No que concerne aos mecanismos, podem encontrar-se sob forma de [125] [127]:

- Eléctricos;
- Mecânicos;
- Procedimentais;
- Visuais;
- Humanos.

Assim, o *Poka-Yoke* pode ser aplicado em várias áreas além da produção, como vendas, processamento de pedidos, compras ou desenvolvimento de produtos. Isso ocorre porque os custos dos erros nesses setores são frequentemente mais altos do que na fábrica. Portanto, a prevenção, deteção e correção de defeitos são práticas aplicadas na maioria das organizações [126].

4.4.10. Kanban

A origem do termo "*Kanban*" remonta ao Japão e significa "registo" ou "cartão visual". Embora seja amplamente utilizado em escritórios, os controlos visuais por meio de cartões ou registos estão principalmente associados à gestão e controlo de produção e materiais. Quando aplicado à produção, o *Kanban* refere-se à gestão visual da produção e não está necessariamente relacionado à produção em lotes, configuração rápida, fluxo contínuo ou células de produção [128] [129].

É importante ressaltar que o conceito fundamental do *Kanban* é o controlo visual, e todos

os termos mencionados anteriormente são ferramentas que auxiliam na eliminação ou redução de desperdícios e na implementação do *Just-in-Time*. Dessa forma, o *Kanban* é uma forma de organizar o trabalho, definindo como produzir, transportar e entregar. O cartão funciona como um alerta de produção, coordenando a produção de todos os itens e fornecendo um controle visual do processo, além de programar a produção de acordo com o sistema [128].

Através da aplicação dessa técnica, o material em processo é limitado e controlado pelo número de cartões em circulação, permitindo a identificação visual das necessidades de reposição e eliminando a burocracia. Além disso, a eficácia do sistema pode ser medida pela redução do número de cartões em circulação, o que contribui para a melhoria da qualidade do processo produtivo [130].

Atualmente, com o avanço da tecnologia, o *Kanban* eletrônico (*e-kanban*) é o sistema de sinalização mais utilizado. Ele combina tecnologia para movimentar materiais em uma unidade de produção. O sistema de *e-kanban* formaliza o processo de comunicação e elimina muitos erros manuais, substituindo o uso de papel. O sinal é transmitido por meio de códigos de barras, convertendo-se em pedidos para os fornecedores. Isso supera a limitação física do uso de cartões *Kanban* na gestão de fornecedores, sendo eficaz especialmente para fornecedores localizados em diferentes regiões e em todo o mundo [130] [129].

4.4.11. TPM

Alguns autores propuseram uma metodologia de gestão de equipamentos que combina as práticas americanas de manutenção preventiva com os conceitos japoneses de controle de qualidade total e envolvimento dos colaboradores. Essa abordagem é conhecida como *Total Productive Maintenance* (TPM), que tem como objetivo a otimização e eficiência dos equipamentos, bem como a eliminação de falhas nas máquinas e a promoção da manutenção autônoma pelo operador [131].

De acordo com *Nakajima* (1998), a *Total Productive Maintenance* (TPM), teve a sua origem no *Japan Institute for Plant Maintenance* com base em 5 objetivos [132]:

1. Maximização do rendimento global dos equipamentos;
2. Desenvolvimento de um sistema de manutenção produtiva que permita ter em consideração toda a vida útil do equipamento;
3. Envolvimento de todos os departamentos, planeamento, projeto, utilização e manutenção na implementação da TPM;
4. Envolvimento ativo de todos os empregados, desde a alta gerência até aos trabalhadores de chão-de-fábrica;
5. Tornar a TPM um movimento de motivação de gestão através do desenvolvimento de atividades autónomas de melhorias por pequenos grupos.

Conforme mencionado por *Klippel* (2002), o TPM procura reduzir os custos globais de manutenção, uma vez que, nas fábricas convencionais, todas as atividades de manutenção são geralmente realizadas pelo departamento de manutenção. No entanto, o autor defende que

certas tarefas de manutenção podem ser executadas pelos próprios operadores das máquinas, como limpeza, lubrificação e procedimentos básicos relacionados a aspetos hidráulicos, elétricos e eletrônicos. Essas responsabilidades podem ser gradualmente assumidas pelos operadores em um curto período [133]. A transferência de tarefas de manutenção para os operadores das máquinas resulta na redução da carga de trabalho dos técnicos de manutenção. Além disso, os custos de manutenção são reduzidos, uma vez que há menos mão de obra alocada ao departamento de manutenção [133].

O TPM é um método de gestão que visa identificar e eliminar perdas nos processos produtivos, por meio da maximização da utilização dos ativos industriais e da garantia da produção de produtos de alta qualidade a custos competitivos [132].

De acordo com Antunes (1998), o TPM apresenta um indicador intitulado de Índice de OEE (*Overall Equipment Efficiency*) que considera a performance do equipamento, sendo que considera as seguintes perdas [134]:

- **Parada:** ocorre quando a velocidade da máquina vai a zero durante um tempo considerável;
- **Mudança de velocidade:** ocorre quando a velocidade é inferior à velocidade normal ou quando vai a zero e retorna à velocidade normal rapidamente;
- **Fabricação de produtos com defeito:** ocorre quando a qualidade dos produtos associado ao tempo perdido de produção de produtos fora das especificações se traduz em tempo gasto para retrabalho de peças com defeito.

O TPM também desempenha um papel fundamental no desenvolvimento dos conhecimentos e habilidades das pessoas, estimulando ações de prevenção e melhoria contínua. Ele promove o aumento da confiabilidade dos equipamentos e a capacidade dos processos, sem a necessidade de investimentos adicionais [135].

Total:

- Envolvimento de todos os colaboradores;
- Principal objetivo trata-se de eliminar todos os acidentes, defeitos e falhas.

Productive

- As realizações das ações das atividades são durante a produção contínua;
- Os problemas para a produção são menores.

Maintenance

- Manutenção de uma boa condição;
- Reparar, limpar e lubrificar.

No que diz respeito aos princípios da filosofia TPM, eles incluem o aumento da eficácia global dos equipamentos, a melhoria do sistema de manutenção planejada existente, o reconhecimento do operador como o melhor monitor da condição do equipamento, a provisão de treinamento para aprimorar os níveis de competência tanto na área de produção quanto na área de manutenção, e o envolvimento de todos através do trabalho em equipa [135].

Quanto aos pilares da filosofia TPM, eles são representados por atividades que podem ser

agrupadas em oito pilares de sustentação. Cada pilar está associado a um sistema de gestão integrado, conforme ilustrado na Figura 15.

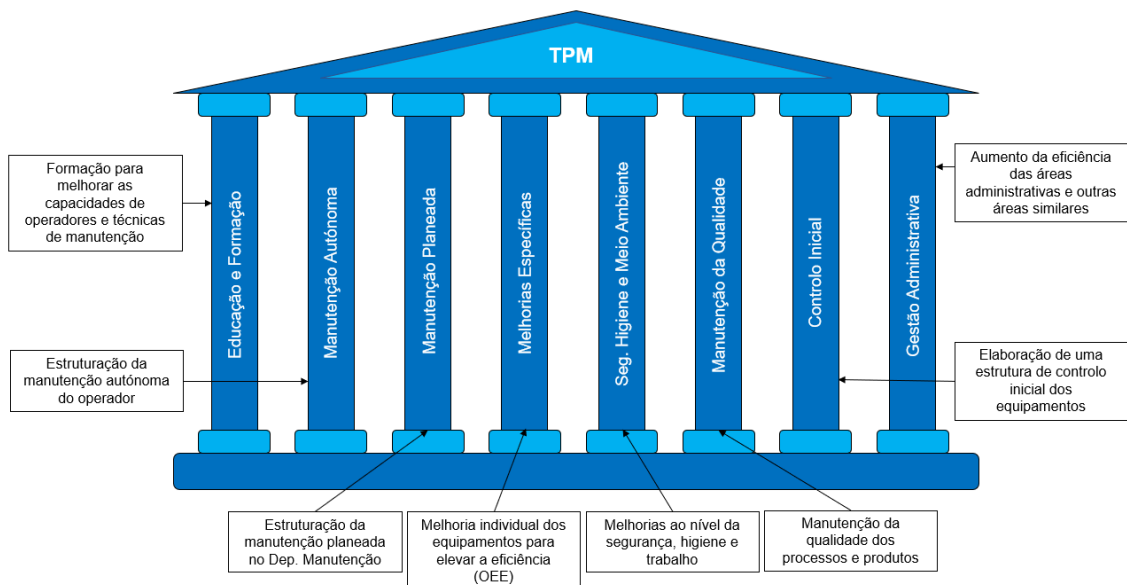


Figura 15 - Casa TPM – Pilares (adaptado de [136])

Importa ainda referir que uma das métricas mais importantes do TPM é a *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que apresenta como principal objetivo a representação de um indicador de efetividade global, sendo calculado através da seguinte fórmula [131]:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

Sendo que a disponibilidade diz respeito ao tempo que o equipamento produz em relação ao tempo total disponível para a produção. Quanto à *performance*, esta encontra-se relacionada com a velocidade de operação do equipamento quando comparada a quantidade real produzida com a quantidade teórica que poderia ser produzida. Concluindo, a qualidade refere-se à qualidade do produto quando são do equipamento, isto é, quantos produtos são produzidos em relação ao total de itens produzidos [131].

4.5. Os Pilares para a Implementação Lean

No que se refere aos pilares para a implementação do *Lean*, o Sistema *Toyota* de Produção (TPS) vai além de um simples conjunto de técnicas, sendo um sistema estruturado com o objetivo de desenvolver as melhores práticas, métodos e ferramentas da produção *Lean* para a eliminação do desperdício. Ele é fundamentado em dois pilares essenciais: *Just in Time* (JIT) e *Jidoka*. Esses pilares são representados pela "Casa TPS", como ilustrado na Figura 16 [137], e servem como base para a implementação eficaz do *Lean*.

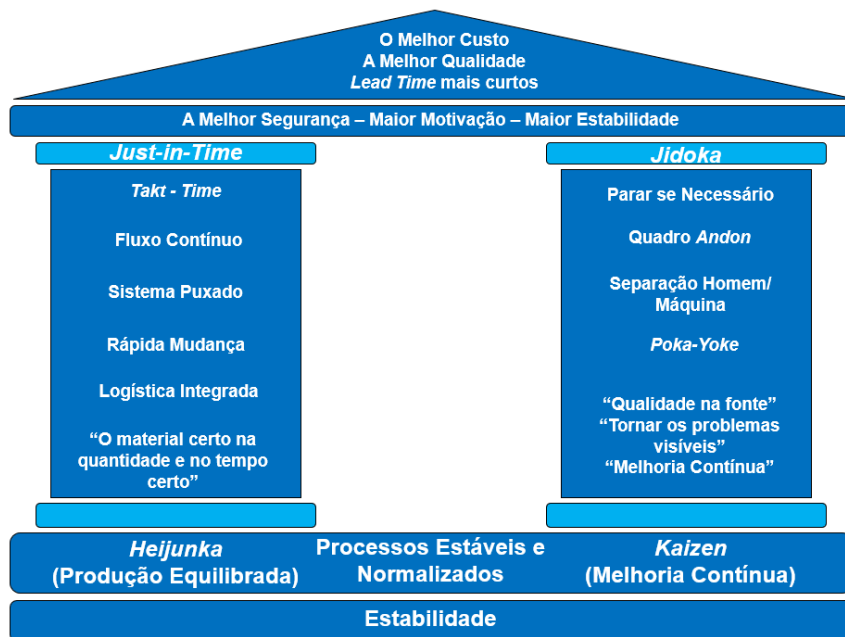


Figura 16 - Filosofia da Casa TPS (adaptado [136])

No que respeita à casa esta encontra-se dividida em três partes, sendo estas [138]:

- 1) O telhado representa os objetivos do TPS;
- 2) Os pilares têm como função sustentar os objetivos;
- 3) As fundações são a base de todos os sistemas.

As fundações do sistema são consideradas a parte essencial que sustenta a implementação do sistema de produção *Lean*, sendo o elemento principal. Antes de iniciar qualquer mudança dentro de uma empresa, é crucial estabelecer a estabilidade, a fim de realizar uma implementação significativa do sistema de produção, seguindo os princípios *Lean* [137] [138] [139].

A relação da *Toyota* com os seus fornecedores, que envolve a capacidade dos mesmos, tem servido como ponto de partida para a implementação do TPS em muitas empresas. Na fase inicial, são trabalhados os elementos que fornecem uma estabilidade básica nos processos, para posteriormente padronizar os processos e aplicar outros princípios e ferramentas de implementação [138] [140].

Ao estabelecer procedimentos detalhados para o trabalho de cada colaborador em um processo de produção, procura-se obter um processo estável e normalizado. Esse processo visa os seguintes elementos: *Takt Time*, que é o tempo disponível para concluir cada tarefa de trabalho; a sequência exata de todas as tarefas realizadas no trabalho; e o *stock* padrão necessário para manter o fluxo contínuo do processo, minimizando as variações [137].

4.5.1. O Pilar *Just-In-Time*

O sistema *Just-in-Time* (JIT) foi desenvolvido com o objetivo de alcançar melhorias contínuas em um sistema de produção, utilizando técnicas ou mecanismos que visam a produção

sem *stocks*, ou seja, consumindo apenas o mínimo necessário para atender aos pedidos dos clientes. O foco é entregar produtos de alta qualidade com custos e recursos mínimos, num tempo reduzido.

Em resumo, quando não há *stock* entre os processos de produção, é necessário abastecer esses processos com os recursos necessários, na quantidade adequada e no momento exato [137]. O sistema JIT procura eliminar o desperdício, reduzir o *lead time* e otimizar a eficiência, garantindo que cada etapa do processo receba exatamente o que é necessário, evitando *stocks* excessivos e promovendo um fluxo contínuo e ágil da produção.

A Figura 17 mostra uma comparação entre a produção tradicional e JIT de produção.

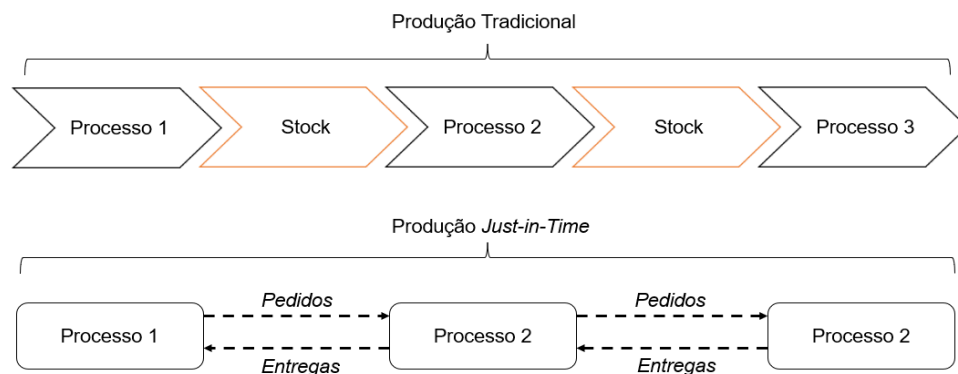


Figura 17 - Produção Tradicional x Produção *Just-in-Time* (adaptado de [137])

Ao observar a Figura 17, é possível notar que na produção tradicional há a presença de *stocks* entre os processos, com o objetivo de evitar que os processos subsequentes fiquem sem materiais em caso de falhas no processo produtivo. No entanto, na abordagem do *Just-in-Time* (JIT), os *stocks* entre os processos são eliminados e as entregas são feitas conforme as necessidades do processo seguinte [132].

Os *stocks* entre os processos são considerados prejudiciais, não apenas por ocuparem espaço físico, mas também por representarem um investimento de capital e esconderem possíveis ineficiências no processo produtivo [137]. Para aplicar o JIT de forma efetiva em uma empresa, é necessário implementar a ferramenta do *Heijunka*, que tem como objetivo nivelar a produção, estabelecendo as bases do processo, como produção puxada, cálculo de tempo e fluxo contínuo de produção [137]. O *Heijunka* permite alcançar uma produção nivelada e previsível, evitando oscilações e desequilíbrios no fluxo de trabalho.

As bases do *Heijunka* são [141]:

- 1) **Takt Time (Tt):** é determinado através do tempo mínimo necessário de produção para cumprir a procura do produto por parte do cliente, sendo fundamental otimizar a produção sempre que necessário para cumprir com o tempo estabelecido com o cliente;
- 2) **Cycle Time (Ct):** Tempo necessário para produzir uma unidade, desde o momento que entra até ao momento que sai da estação de trabalho, ou seja, o tempo que o operador leva para começar e finalizar o trabalho num determinado ciclo de

trabalho;

- 3) **Lead Time (Lt)**: Diferença entre o tempo em que a ordem de fabrico é emitida até ao momento em que esta é entregue ao consumidor.

Estes indicadores podem ser calculados de seguinte forma:

$$Tt = \frac{\text{Horas de trabalho}}{\text{Unidade requeridas}} \quad (4.5.1.1)$$

$$Ct = \frac{\text{Tempo Líquido de Produção}}{\text{Unidades produzidas no tempo líquido}} \quad (4.5.1.2)$$

$$Lt = \text{Tempo de entrega da encomenda} - \text{Tempo de receção da encomenda} \quad (4.5.1.3)$$

O *Just-in-Time* (JIT) oferece várias vantagens e ferramentas para alcançar o seu objetivo final, que incluem a redução de desperdícios e a criação de alto valor agregado. Este procura diminuir a superprodução, reduzir o tempo de espera, minimizar o transporte, otimizar as durações dos processos, eliminar *stocks* desnecessários, reduzir a movimentação excessiva de recursos e eliminar produtos defeituosos.

Em resumo, o JIT estabelece uma interdependência em todo o sistema e cria uma base sólida para o processo como um todo [137].

4.5.2. O Pilar *Jidoka*

O *Jidoka*, termo em japonês que pode ser traduzido como "automação com mão humana", refere-se à prática de atribuir responsabilidade aos operadores ou máquinas em cada etapa do processo de produção para garantir a máxima qualidade. Diferentemente de uma máquina que opera apenas sob a supervisão de um colaborador, o *Jidoka* permite que o equipamento pare imediatamente quando ocorre um problema, evitando a produção de produtos com defeitos de processo.

Antigamente, na indústria, era impensável interromper uma linha de produção devido a um problema para resolvê-lo. No entanto, o conceito de *Jidoka* revolucionou essa prática, evitando a repetição do mesmo problema e, conseqüentemente, a produção de peças defeituosas.

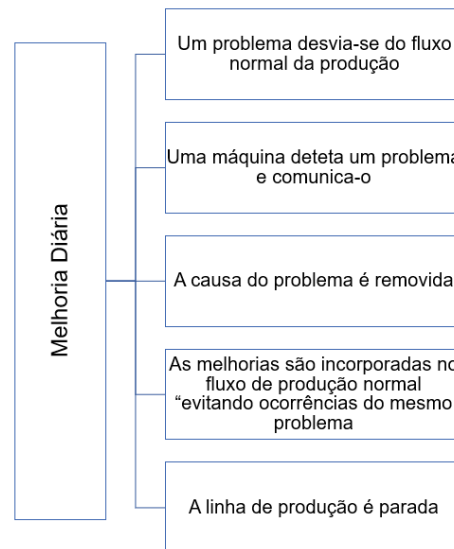


Figura 18 - Conceito do *Jidoka* (adaptado de [18])

Essa filosofia pode ser implementada em linhas de operações manuais, nas quais os operadores têm a capacidade de interromper a produção ao detectar qualquer anormalidade. Essa abordagem combina autonomia e automação, permitindo que os operadores assumam a responsabilidade de identificar defeitos ou anomalias na produção. Essa atividade de detecção de problemas é de extrema importância nos processos, pois permite a implementação de ações corretivas imediatas e preventivas para evitar a recorrência dos mesmos [137].

As fundações e os pilares na casa TPS são considerados os elementos que sustentam os objetivos principais desta filosofia, sendo estes [137]:

1) Melhor qualidade:

Produzir com a melhor qualidade segundo as especificações do cliente;

2) Menor custo:

Melhorar a eficiência de todos os processos produtivos, com o objetivo de diminuir os custos por meio destas melhorias contínuas aplicadas;

3) *Lead Time* mais reduzido:

Reduzir o tempo no processo produtivo tem como consequência tornar a empresa mais flexível e capaz de responder rapidamente a novos clientes ou desafios. Ao otimizar os fluxos de trabalho e eliminar atividades desnecessárias, as empresas podem melhorar sua eficiência e capacidade de adaptação. Além disso, é importante ressaltar que as empresas que trabalham com ETO podem beneficiar-se significativamente das ferramentas de gestão visual e do método 5S. Essas metodologias e ferramentas são especialmente relevantes para empresas desse tipo de produção, ajudando-as a organizar o ambiente de trabalho, melhorar a comunicação e facilitar a identificação de problemas e oportunidades de melhoria.

No contexto deste trabalho, o tópico relacionado à gestão visual e ao método 5S será abordado e desenvolvido em etapas posteriores, a fim de explorar em maior profundidade as aplicações e benefícios específicos para empresas de ETO.

4.6. Dificuldades e Barreiras para Implementação do *Lean*

Atualmente, a implementação do *Lean Manufacturing* é um processo complexo e desafiador. Ao longo da literatura, foram identificadas algumas dificuldades que podem ser encontradas nesse processo [142] [143].

1) Problemas Culturais:

A avaliação do comportamento e da mentalidade dos colaboradores é essencial para determinar se as alterações realizadas na empresa podem ser sustentadas a longo prazo. A implementação do programa *Lean* introduz uma mudança significativa na maneira como o trabalho é realizado, exigindo um compromisso rigoroso. No entanto, essa mudança pode encontrar resistência por parte dos colaboradores que estão acostumados a processos antigos, resultando em insatisfação. A literatura destaca a cultura organizacional como um elemento fundamental na filosofia *Lean*, uma vez que as suas aplicações dependem fortemente da proatividade, participação e flexibilidade dos colaboradores envolvidos. É necessário que os colaboradores estejam abertos a novas ideias e preparados para enfrentar possíveis mudanças, pois isso é fundamental para o sucesso da implementação do *Lean Manufacturing*.

2) Falta de investimento financeiro:

Uma das dificuldades encontradas na implementação do *Lean* está relacionada ao investimento financeiro, especialmente no que diz respeito ao tempo necessário para a formação dos colaboradores. Em alguns casos, é preciso interromper a produção para dedicar-se à formação, o que pode enfrentar resistência por parte da gestão de topo. Isso ocorre porque a falta de utilização dos recursos fabris é frequentemente vista de forma negativa, devido à expectativa de retorno imediato sobre os investimentos realizados.

3) Variação na procura:

Um dos elementos essenciais para o sucesso da implementação do *Lean* é alinhar as taxas de produção com a procura do mercado. No entanto, muitas organizações enfrentam desafios devido a variações sazonais ou flutuações diárias, o que pode ter consequências negativas para a eficácia desse método de gestão. Alguns autores argumentam que o sistema de produção *Lean* é intrinsecamente sensível, o que significa que pequenas perturbações ou desvios em relação às condições de trabalho planejadas podem ter um impacto significativo no desempenho global. A procura variável apresenta vários problemas para os fornecedores em qualquer ambiente de produção, incluindo mudanças no mercado, dificuldade em prever com precisão a procura futura e o aumento de problemas relacionados à obsolescência devido a ciclos de vida curtos dos produtos.

4) Falta de comprometimento da administração:

Os especialistas defendem que a participação da gestão de topo é crucial não apenas para fornecer os recursos necessários, mas também para demonstrar envolvimento em todas as etapas do processo. Estes destacam que a interação entre a gestão de topo e os colaboradores pode ser um fator determinante, pois os colaboradores precisam de ver os seus líderes a

participar ativamente no processo. Se essa participação não ocorrer, há uma tendência de os trabalhadores perderem o interesse e a motivação, dificultando ainda mais a implementação da filosofia *Lean*. Portanto, é proposto que, além da participação direta da liderança, a gestão de topo adote uma postura firme e inspiradora, demonstrando envolvimento constante no processo. É importante que os líderes inspirem e influenciem os colaboradores, mostrando compromisso com a filosofia *Lean*. Isso pode ser alcançado por meio de comunicação clara sobre os objetivos, fornecendo suporte e recursos necessários, reconhecendo e recompensando os esforços dos colaboradores, e sendo exemplos de comportamento *Lean*.

5) Falta de planejamento a longo prazo:

No que se refere à falta de planejamento a longo prazo, os especialistas mencionam que o período de expectativa de retorno financeiro relacionado à implementação do sistema *Lean* tornou-se cada vez mais curto. Isso faz com que algumas empresas relutem em investir nas pesquisas e desenvolvimento com gestores, priorizando resultados monetários imediatos. Esse enfoque de curto prazo também se reflete na tomada de decisões dos gestores em organizações que procuram ganhos rápidos, afetando diretamente a decisão de implementar o sistema *Lean Manufacturing*. O planejamento a longo prazo é crucial para uma implementação adequada desse sistema, pois envolve complexidade que não pode ser absorvida em poucas semanas. Uma implementação eficaz requer um planejamento a longo prazo com um período de absorção que pode levar vários anos. Portanto, uma empresa pode precisar sacrificar retornos de curto prazo. Alguns autores defendem que é necessário ter paciência com os resultados, pois a pressão vinda da gestão de topo pode levar à exaustão, levando os trabalhadores a abandonarem a causa. Em suma, é preciso tempo para que os colaboradores alcancem melhores resultados. É necessário tempo para que eles desenvolvam novas habilidades e executem os procedimentos corretamente e com maior agilidade, resultando em melhor qualidade de desempenho. É fundamental que as empresas compreendam a importância de um planejamento a longo prazo e tenham paciência para colher os benefícios do sistema *Lean Manufacturing*.

6) Falta de formação:

A diferença de percepção dos colaboradores em relação ao conceito do *Lean* pode ser um aspecto crucial a ser abordado. Quanto mais sólida for essa compreensão, menores serão as dificuldades na implementação da filosofia na empresa. A falta de formação, especialmente para líderes e trabalhadores envolvidos diretamente no processo de implementação, afeta diretamente o progresso, resultando numa implementação inadequada e podendo levar a uma queda na produtividade da empresa.

7) Falta de alinhamento estratégico:

A falta de um planejamento adequado e uma sequência correta de processos são uma das maiores dificuldades encontradas, assim deve-se aplicar as ferramentas em simultâneo e entender o sistema de produção *Lean* como uma filosofia que deve estar iminente em todos os níveis do processo, garantindo o sucesso da implementação da filosofia.

8) Falta de métricas adequadas para determinar o desempenho:

O *Lean* exige métodos e controle que recaem sobre os processos de criação de valor e aos

devidos custos associados, ainda assim, é recomendado, dar uma atenção especial à qualidade, níveis de inventário, eficiência do equipamento, entregas no prazo estipulado e por fim a satisfação dos clientes. No entanto, a tradução dos mesmos benefícios em tempo e dinheiro é muito difícil de calcular o retorno em comparação a um investimento de capital, contudo não significa que os benefícios não existem, simplesmente não realizar esta medição corretamente, pode levar a empresa a desistir do *Lean* pelas razões erradas ou em certa parte por achar que não conseguiram implantar corretamente a filosofia.

9) Problemas de comunicação:

De acordo com alguns autores, entender as implicações do *Lean*, certificando que todos os envolvidos no processo de implementação saibam o que é exigido para evitar desafios no processo de implementação. Sem o devido conhecimento as tentativas de implementações *Lean* tornam-se confusas e propensas ao descredito nos primeiros sinais de dificuldade.

10) Entendimento insuficiente do *Lean* (lideranças ou áreas de apoio):

As organizações apresentam dificuldades do nível operacional, devido a falta de formação dos operadores, estes que apresentam resistência para a mudança, porque apresentam dificuldades para compreender o motivo das mesmas, apresentam ainda dificuldades com a liderança, devido à falta de planejamento e conhecimentos da filosofia. As maiores dificuldades encontradas até aos dias de hoje estão na falta de conhecimento dos líderes e qualificação da mão de obra, devido às empresas não investirem em formação e com isso possuem falhas nas práticas de recursos humanos, ou seja, não conseguem o envolvimento dos trabalhadores, causando insucesso na implantação da filosofia *Lean*.

11) Dificuldades em manter o programa implementado (manutenção das ferramentas):

Muitas empresas implementam a filosofia *Lean* tendo em mente que o conceito é apenas uma ferramenta para ser aplicada uma única vez, o que leva em muitos casos, após um período, os recursos financeiros estabelecidos para o investimento em manutenção das ferramentas terminam, comumente proporcionando retrocessos, mesmo que estes sejam só parciais. A falta de incentivo por parte da alta gestão de topo é considerada um ponto crítico para a implementação.

12) Rotatividade dos colaboradores:

A rotatividade de colaboradores, conhecida como “*turnover*” está relacionado com a saída de funcionários de uma empresa. Bem como, a empresa procura cada vez mais por profissionais mais classificados para integrar os quadros da empresa ou ainda procura pela inovação em seus sistemas internos.

13) Dificuldades com os fornecedores:

Existe uma grande margem de problemas como espera para as empresas que tem os prestadores de serviço como parte de seu processo, alto custo, não atendimento de prazos para o cliente final. Em suma, há uma grande variação entre serviços contratados e o serviço entregue, sendo que a indústria tem uma elevada dificuldade de elevar o nível deste serviço, uma vez que o presente fornecedor não tem inserido nos seus processos a filosofia *Lean* e desta

forma, prejudicando assim a empresa.

14) Falta de incentivos/motivação dos colaboradores:

O programa *Lean* introduz uma mudança por vezes significativa de comportamentos e atitudes com reflexo na forma como o trabalho é realizado na empresa. Por essa razão a implementação do *Lean*, envolve um compromisso rigoroso dos colaboradores, o que pode significar uma mudança de processos em que os colaboradores já estão familiarizados, podendo traduzir-se num incremento de insatisfação por parte dos trabalhadores mais inflexíveis.

15) Dificuldades com reorganização ou adequação de *layouts*, equipamento e processo [15]:

O estudo de *layout* é considerado uma melhoria organizacional, que surge para aperfeiçoar os processos e produtos de uma empresa, oferecendo economia de espaço. De acordo com alguns autores, o rearranjo do *layout* nas empresas a partir de modificações nos fatores produtivos, conduz numa maior produtividade devido a melhor utilização dos espaços produtivos com a consequente diminuição dos custos relacionados à:

- Mão-de-Obra;
- Movimentação;
- Transporte;
- Custos internos;
- Menor custo de processo.

Em suma, para fazer uma correta implementação do *Lean* numa organização é necessário proceder a mudanças e incrementar a cooperação entre os níveis de gestão ou de liderança existentes numa organização bem como entre ou dentro dos departamentos. Neste sentido, é necessário introduzir a divisão de responsabilidades entre diferentes áreas e unidades organizacionais e assegurar que essas responsabilidades são assumidas e postas em prática [142] [143].

4.7. Análise do *Lean* na Empresas de ETO

Os conceitos de *Lean Manufacturing* tendem a ser considerados mais complexos de aplicar em indústrias com ambiente ETO. Uma das principais áreas de foco das ferramentas *Lean* é a redução dos *stocks* intermediários (WIP) e de produtos acabados, o que pode ser desafiador para as empresas de ETO na implementação dessas técnicas. Ao contrário das empresas de produção em massa, as empresas de ETO são especializadas na produção de produtos altamente personalizados, sem repetição de componentes em diversos projetos. Isso significa que essas empresas não enfrentam problemas relacionados a grandes quantidades de *stock*, como ocorre nas empresas de produção em massa, e não obtêm reduções significativas de custos por meio da redução de inventário. No entanto, é importante ressaltar que o *Lean Manufacturing* não se concentra apenas na redução dos *stocks* finais e intermediários da indústria. O seu principal objetivo é aumentar a qualidade dos produtos, melhorar os processos,

reduzir retrabalhos e *lead time*, padronizar o trabalho e aumentar a produtividade. Portanto, a metodologia *Lean* procura melhorias abrangentes em todos os aspectos da empresa, independentemente do tipo de produção.

No contexto das empresas de ETO, é comum que os conceitos *Lean* sejam aplicados de forma restrita, geralmente limitados ao chão-de-fábrica e aos processos diretamente ligados à fabricação.

Ao aplicar ferramentas e princípios do *Lean* nas indústrias de bens e serviços, é importante considerar o ambiente de produção específico e adaptar as metodologias e ferramentas de acordo com o tipo de produção. Como mencionado anteriormente, são utilizadas frequentemente algumas ferramentas e técnicas de produção *Lean* com aplicabilidade na indústria e ambiente ETO, sendo estas [144] [145]:

- 5S;
- Controlo e gestão visual.

No caso de uma empresa de ETO, a gestão visual pode ser uma ferramenta útil para gerir datas e projetos em andamento, uma vez que esse tipo de produção possui um longo tempo de execução e é difícil de ser gerido. Cada pedido realizado na empresa de ETO pode ser acompanhado em um quadro de produção que mostra o *status* de cada projeto. Além disso, nas empresas de ETO, a padronização do trabalho e dos processos é uma ferramenta relevante. Ela é usada principalmente para estruturar as atividades que os operadores executarão, promovendo repetição e qualidade nos processos. Essa padronização é altamente aplicável em ambientes ETO, contribuindo para a organização do trabalho, redução do tempo de processamento e diminuição de defeitos. Num ambiente ETO, o risco de superprodução de materiais é muito reduzido, uma vez que a produção ocorre de forma mais lenta e controlada.

Em resumo, na produção *Lean*, algumas técnicas têm características positivas para serem aplicadas em empresas de ETO, possibilitando melhorias significativas com a introdução da metodologia e do pensamento *Lean*, apesar da complexidade desse ambiente de produção. No contexto das empresas de ETO, é comum observar desperdícios do *Lean* decorrentes da falta de sincronização entre os diversos departamentos da empresa. Portanto, uma possível solução seria um planejamento adequado para a sincronização dos vários departamentos e setores que influenciam a execução do processo. Além disso, há uma procura constante pela excelência das operações, com base em todos os contributos para a implementação dos diferentes modelos de gestão mencionados anteriormente

Capítulo 5

Para além da Filosofia *Lean*

Atualmente, no cenário industrial, observa-se uma forte influência da Indústria 4.0 por meio da implementação de soluções que abordam os desafios da filosofia *Lean* e enfatizam a importância da eliminação de resíduos e desperdícios nas indústrias. Neste capítulo, serão exploradas as contribuições da Indústria 4.0 para a filosofia *Lean* e a produção ágil. Serão apresentados os conceitos discutidos anteriormente, bem como a implementação da fábrica digital, que se destaca como uma vantagem para o planejamento e controlo da produção, reduzindo os riscos de falhas no ciclo produtivo.

5.1. Contributos da Indústria 4.0 para a Filosofia *Lean*

No contexto da Indústria 4.0, refere-se à quarta revolução industrial, onde são aplicados os princípios de sistemas ciber-físicos (CPS), internet e tecnologias orientadas para o futuro, juntamente com sistemas inteligentes que promovem uma interação mais avançada entre humanos e máquinas. Isso possibilita que cada entidade no fluxo de valor tenha identidade e capacidade de comunicação, permitindo a customização em massa. Além disso, destaca-se a importância da criação de uma colaboração positiva entre funcionários e parceiros de negócios [146] [147].

A inserção da Indústria 4.0 remonta à década de 1970, porém, foi publicamente mencionada pela primeira vez apenas em 2011, tornando-se uma iniciativa estratégica do governo alemão como parte do "Plano de Ação *High-Tech Strategy 2020*" [148] [149]. No entanto, apesar da crescente popularidade do conceito de Indústria 4.0, não há uma definição formal e consensual, sendo descrito como a integração de máquinas e dispositivos físicos complexos com sensores e software numa rede, usados para prever, controlar e planejar, além de um novo nível de organização e gestão ao longo do ciclo de vida dos produtos. É também um termo coletivo para tecnologias e conceitos empresariais [150].

Com o objetivo de alcançar maior automação, os conceitos tecnológicos dos sistemas ciber-físicos (CPS) podem ser empregues para trabalhar de forma autónoma e interagir com o ambiente de produção por meio de microcontroladores, atuadores, sensores e uma interface de comunicação. Assim, a introdução dos CPS e da Internet-das-Coisas (IOT – *Internet of things*) gerou uma quarta revolução industrial, como destacado na Tabela 1 [147] [149] [150].

Tabela 1 - 4^o Revolução Industrial (adaptado de [151])

	Passado	Presente	Futuro
Sistema de Comunicação	Analogicos	Internet	Internet das Coisas
			Sistema de Física Cibernética
Conceito	Neo-Taylorismo	Produção sem desperdício	Fabrica inteligente
Solução	Mecanização e Automação	Automação e Informação	Virtualização e Integração

Relativamente à Indústria 4.0, esta pode ainda ser estruturada através de 3 paradigmas, sendo estes [152] [153]:

- **O Produto Inteligente:** Pretende mudar o papel da peça de trabalho de uma parte passiva para uma parte ativa no sistema, sendo que nestes sistemas de produtos observa-se uma memória para guardar dados operacionais e requisitos individualmente, assim como solicitar os recursos necessários e coordenar os processos de produção para a sua finalização;
- **A Máquina Inteligente:** Neste paradigma, uma hierarquia de produção tradicional é substituída por uma auto-organização descentralizada realizada pelo CPS. Neste sistema, as redes abertas e as descrições semânticas permitem comunicar os componentes autónomos e a inteligência de controlo local comunica-se com outros dispositivos, módulos de produção e produtos, o que torna a linha de produção flexível e modular;
- **O Operador Inteligente:** Trata-se da automação do conhecimento o que o torna a parte mais flexível e adaptável do sistema de produção. O colaborador é confrontado com uma grande variedade de trabalho, como especificações, monitoramento e verificação de estratégias de produção, sendo que pode interferir manualmente no sistema de produção organizado de forma autónoma.

Apesar da crescente complexidade da indústria 4.0, alguns autores defendem que apresenta os seguintes potenciais [153] [154]:

- Soluções especializadas da indústria e compreensão individualizada das necessidades dos clientes, mesmo na fabricação de produtos pontuais com volumes de produção baixo;
- Aumentar a competitividade e flexibilidade resultante da estrutura dinâmica dos processos de negócios, ajuste de mudanças na encomenda ou quebras;
- Tomada de decisão otimizada devido à visibilidade de ponta a ponta em tempo real;
- Aumento da produtividade dos recursos e eficiência;
- Oportunidades de valor;
- Manter os trabalhadores produtivos por mais tempo, provendo-lhes caminhos de carreira diversificados e flexíveis;
- Equilíbrio entre vida profissional e pessoal;
- Economia com elevados salários e com custos de capital vinculados;

- Custos de energia e pessoais reduzidos.

Atualmente, a utilização de técnicas de simulação no projeto, aprimoramento de processos e sistemas de produção é conhecida como fábrica digital. Esse conceito engloba o desenvolvimento de produtos, como *software* ou modelos 3D, cronogramas de planeamento e sistemas de produção [155]. A fábrica digital permite projetar, avaliar, monitorar e controlar todo o sistema de fabricação por meio de ferramentas de simulação 3D, com o objetivo de resolver problemas antes mesmo da instalação, como em uma linha de montagem [123]. O conceito de fábrica digital engloba diversos processos nessa abordagem, como o desenvolvimento e otimização de produtos e processos de produção, projeto e melhoria de instalações de produção, além da simulação de planeamento e controlo de produção [155].

Na fábrica digital observam-se diversas aplicabilidades em simultâneo, tais como [156]:

- Controlo de produção e simulação de fluxo de produção;
- Balanceamento de linha de processos de montagem;
- Simulação de sistemas de movimentação de materiais;
- Células de trabalho de robótica industrial;
- Avaliação ergonómica através de simulação de recursos humanos;
- Projeto, validação e otimização do *layout* da fábrica digital.

No que diz respeito ao planeamento e controlo do fluxo de produção, a simulação de eventos discretos (DES – *Discrete Event Simulation*) desempenha um papel importante. A interação contínua entre o planeamento fabril e a operação fabril é essencial para implementar e verificar as operações planeadas no modelo virtual da fábrica real [157].

O principal objetivo de uma empresa é ter uma linha de montagem capaz de produzir o produto desejado. No entanto, o projeto dessa linha de montagem apresenta desafios, como a definição da configuração do *layout*, a seleção adequada de equipamentos e o balanceamento da linha de montagem [158] [159]. No que diz respeito aos sistemas de fabricação, a tecnologia de manuseio de materiais desempenha um papel crucial na redução do tempo de ciclo. O tempo gasto no manuseio de matérias-primas e produtos em processo é considerado desperdício. Portanto, o sistema de alimentação deve ser projetado da forma mais funcional possível, levando em consideração fatores como o tamanho do lote, o número de componentes e a distância entre armazéns e linhas de montagem [160].

Recentemente, tem havido um aumento no foco na engenharia de fatores humanos e no estudo de projetos de equipamentos e dispositivos que se adaptem ao corpo humano e às habilidades cognitivas dos operadores nas condições de trabalho [161].

Além disso, a observação do projeto, a validação e a otimização do *layout* da fábrica digital desempenham um papel crítico na maximização da eficiência e eficácia do sistema de operações. O planeamento e projeto do *layout* visam minimizar os custos de transporte interno e maximizar a produtividade [162].

Ao contrário do planeamento de produção baseado no cálculo convencional, a indústria 4.0 permite um planeamento de planos de produção. A fábrica inteligente pode ser desenvolvida com base nos princípios do Sistema de Produção da *Toyota* [161] [162]. A integração de sistemas

de informação e comunicação na rede industrial possibilita um aumento no grau de automação, onde máquinas inteligentes e auto-otimizáveis na linha de produção sincronizam-se desde o pedido até à entrega do produto ao cliente [98].

É importante destacar a importância de conectar o *Lean Manufacturing* com a indústria 4.0, pois, embora a ideologia de fábricas autónomas sem a necessidade de mão de obra humana possa não ser viável na prática, surgiu o conceito de Lean automação, no qual as tecnologias de robótica e automação permitem alcançar o *Lean Manufacturing* [98].

O Sistema de Produção da *Toyota*, tal como referido, é baseado em dois pilares fundamentais: *Just-In-Time* e o *Jidoka*. No que diz respeito ao pilar do *Jidoka*, este envolve a automatização de processos manuais, com o objetivo de incluir inspeção. Isso significa que, quando ocorre um problema, o equipamento deve interromper automaticamente a sua atividade, evitando a continuidade de defeitos ao longo da linha de produção. Assim, a automação desempenha um papel fundamental desde o início do *Lean Manufacturing*, e a Indústria 4.0 representa um avanço nesse sentido [98]. A Indústria 4.0 possibilita a integração de tecnologias e conceitos em prol do *Lean Manufacturing*. Essa combinação foi explorada por Shah e Ward em 2016 que elaboraram dez dimensões do *Lean Manufacturing* associadas às tecnologias e conceitos da Indústria 4.0. Essas dimensões atuam como facilitadores no contexto da produção, como pode ser observado na Tabela 2 [100].

Tabela 2 - Desafios *Lean* vs Soluções 4.0 (adaptado de [100])

Dimensões de Fabricação do <i>Lean</i>	Desafios para a implementação do <i>Lean</i> na perspectiva da integração	Soluções da indústria 4.0
Feedback do Fornecedor	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento e recursos limitados; • Diferenças nos modelos de negócio, operação e dados práticos de manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricação colaborativa; • Melhor mecanismo de comunicação; • Sincronização de dados.
Entrega JIT por Fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> • Status de envio de mercadorias incompletas; • Incompatibilidade na quantidade de mercadorias transportadas; • Atrasos inesperados durante o transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Marcação de itens; • Controlo à distância de mercadorias; • Realocação inteligente de pedidos.
Desenvolvimento de Fornecedores	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos e conhecimentos inadequados; • Compatibilidade de equipamentos entre organizações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interfaces padronizadas; • Organizações virtuais – cooperação sinérgica.
Envolvimento dos Clientes	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca Flexibilidade para a alteração do produto; • Relação entre necessidades e funções; • Aquisição das necessidades exatas do cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Período de congelamento prolongado; • QFD de elevado volume; • Análise de uso.
Puxar a Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo inadequado da quantidade de material fornecido; • Mudanças no cronograma de produção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo de reabastecimento de materiais; • Acompanhamento do cronograma e atualização de <i>Kanban</i>.
Fluxo Contínuo	<ul style="list-style-type: none"> • Erros na contagem de <i>stock</i>; • Escassez de capacidade; • Sistemas de controlo centralizado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acompanhamento do stock em tempo real; • Subcontratação; • Tomada de decisão descentralizada.

Redução do tempo de configuração	<ul style="list-style-type: none"> Adaptação do processo baseado na experiência humana. 	<ul style="list-style-type: none"> Auto-otimização e aprendizagem de máquinas; Comunicação peça-máquina.
Manutenção produtiva/preventiva total	<ul style="list-style-type: none"> Sem controlo de falha da máquina; Tempo de resolução de problemas desconhecido. 	<ul style="list-style-type: none"> Comunicação máquina-trabalhador; Avaliação de automanutenção; Sistema de controlo de manutenção preditiva.
Controlo estático de processo	<ul style="list-style-type: none"> Falta de conhecimento dos operadores; Incapacidade de controlar as variações do processo. 	<ul style="list-style-type: none"> Comunicação peça-máquina; Interface homem-máquina melhorada; Acompanhamento, integração e gestão de processos.
Envolvimento dos funcionários	<ul style="list-style-type: none"> Mecanismos de <i>feedback</i> impróprios; Práticas de avaliação de desempenho; Monotonia no trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivos de <i>feedback</i> inteligentes; Sistemas de apoio ao trabalhador; Interface homem-máquina melhorada.

No contexto do *Lean Manufacturing*, as tecnologias digitais têm impulsionado uma nova fase, conhecida como "*Digital Lean Manufacturing*" (DLM). Essa fase envolve a conversão de atividades físicas para atividades digitais, por meio de transformações digitais ou digitalização de processos que acrescentam valor. O objetivo dessas transformações é procurar novas alavancas para a fabricação digital, alcançando níveis mais elevados de produtividade, qualidade e automação dos recursos [163]. O *Digital Lean Manufacturing* utiliza recursos avançados de aquisição, integração, processamento e visualização de dados, com o intuito de criar informações descritivas, preditivas e prescritivas. Por meio de aplicativos analíticos, é possível detectar, corrigir, prever e prevenir parâmetros instáveis, assim como evitar problemas de qualidade dentro das tolerâncias definidas [164] [165]. Nesse contexto, os sistemas ciber-físicos enxutos e digitais (*CPPSs Lean Digital*) têm como objetivo apoiar a operação de fábricas inteligentes digitais, visando a praticamente zero resíduos físicos e digitais. Eles permitem a criação de um ambiente de produção sincronizado, além de ajudar a monitorar o desempenho em tempo real no mundo físico. Isso permite avaliar se as operações de produção são executadas com o mais alto nível de produtividade e padrão de qualidade conforme planejado, ou se há oportunidades de melhoria [166].

No que diz respeito ao desperdício digital, a literatura define como qualquer atividade sem valor agregado. No entanto, também pode referir-se à perda de algo valioso devido ao uso desnecessário ou ineficaz, resultando na sua perda [167] [168]. Desta forma, importa destacar a importância de considerar dois tipos de resíduos ou desperdícios digitais [167] [168]:

1. Resíduos digitais passivos devido à falta de oportunidades digitais para desbloquear o poder de dados;
2. Resíduos digitais ativos como resultado de um ambiente de fabricação rico em dados que carece de abordagens adequadas de gestão de informações para obter

a quantidade certa de informações a serem disponibilizadas no momento certo para o colaborador, máquina ou sistema de informação certo para a tomada de decisão.

A seguir, os próximos pontos irão explorar como as tecnologias podem contribuir para a redução do desperdício no mundo físico por meio de assistência virtual. Além disso, abordaremos como evitar o desperdício digital passivo e o desperdício digital ativo. Essas abordagens podem operar de forma independente ou em conjunto, com o objetivo de reduzir ou eliminar um ou mais tipos de resíduos físicos e digitais [167] [168].

- **Eliminação de Defeitos de Desperdício: Gestão de Qualidade Digital**

Relativamente ao *Digital Quality Management* (DQM), este apresenta como objetivo fornecer controlo e relatórios em tempo real do desempenho dos ativos inteligentes em conformidades com os requisitos predefinidos, padrões de qualidade e dar o alerta proactivamente no caso de desvios para evitar problemas de qualidade antes que se materializem [169] [170].

No que respeita à **eliminação de resíduos físicos**, as novas tecnologias fornecem dados em tempo real da fábrica inteligente, isto é, o *Lean* digital. Desta forma, formou-se a evolução do *Quality Management* (QM) de medidas baseadas em amostras para uma cobertura completa de operações em máquinas num sistema de produção [169] [170].

Quanto a **evitar o desperdício digital passivo**, os avanços no processamento eletrónico de dados, nos sistemas de informação e os próprios dados apresentam um papel importante na excelência operacional de fabricação.

Referindo-se assim o lixo digital passivo à potencial perda de oportunidades de DLM por engenheiros de qualidade se os seus métodos tradicionais e de controlo de qualidade para novas técnicas não forem atualizados baseando-se em *Machine Learning* (ML), para a análise avançada de dados (*Big*) [165] [169].

No que concerne à **prevenção de resíduos digitais ativos**, os engenheiros de qualidade digital necessitam de procurar uma visão de dados inteligentes em vez de uma visão de *Big data*, com o intuito de transformar *Big data* em dados inteligentes com valor comercial real através da sua aplicação a um processo de negócios para criar *insights* e apoiar a tomada de decisão no momento [169].

- **Eliminação da Superprodução: Alavanca de Sistemas *Kanban* Digital**

No que concerne aos Sistemas *Kanban* Digitais (*DKSs*) estes estudam os sistemas de digitalização em tempo real que utilizam um conjunto de tecnologias digitais para ativar o *Just-In-Time*, sendo que a movimentação de materiais e informações eletrónicas (através de cartões *e-Kanban*) dentro da fábrica inteligente de *Lean manufacturing*, com o intuito de eliminar a superprodução, através da resposta à encomenda atual e não à previsão [165] [169] [171].

Relativamente à **eliminação de resíduos físicos**, estes pretendem acabar com a superprodução através da sincronização da produção com a encomenda de matérias-primas numa estação de trabalho inteligente ou através da previsão da necessidade da encomenda através da análise avançada de dado, que otimiza o manusear de materiais e o tempo de

transporte, assim como o tempo e o esforço para o manusear de cartões *e-Kanban* [169].

Com o intuito de **evitar o lixo digital passivo**, a não migração para *DKSs* dos registos eletrónicos, os *timestamps* de destinatários e confirmação de entrega não se conseguem controlar, armazenar, rastrear e utilizar para serem analisados, de modo a encontrar pontos fracos na gestão JIT de processos de produção [169] [171].

Quanto a **prevenção de resíduos digitais ativos**, estes necessitam de projetar *DKSs* eficazes e eficientes em que os seus cartões *e-Kanban* correspondentes para a fábrica inteligente digital com zero defeitos exigira uma ênfase na engenharia ou reengenharia de sistemas de dados de entrada como por exemplo: etiquetas inteligentes ou caixas inteligentes, bem como sistemas de processamento de dados como por exemplo: *ERP + MÊS* e sistemas de dados de saída ou seja, painéis inteligentes e automação inteligente, dando como exemplo: entregas por AGVs ou drones para transporte de fluxos de materiais e informações JIT entre estações de trabalho, armazéns e atividades intra logística permitido visualizar informação em tempo real sem causar entropia no processo [169] .

- **Eliminação do desperdício de Espera: Alavanca de Sistemas Ciber-Físicos**

No que concerne aos sistemas de produção baseados em CPPSs, *Jidoka* e *Hijunka*, estes encontram-se associados a entidades inteligentes autónomas e cooperativas de pessoas, máquinas e produtos que elaboram um ambiente de produção em rede, onde todos os *softwares*, *hardwares* e *humanwares* conseguem detetar, atuar e interromper, através de interfaces homem-máquina e máquina a máquina, protocolos de comunicação, serviços e recursos inteligentes para o projeto de engenharia, armazém, logística, fabricação, montagem, qualidade e manutenção [169].

Relativamente à **eliminação de resíduos físicos**, os recursos de reconhecimento de contexto podem permitir o controlo inteligente de todo o processo de produção com o intuito de evitar tempos de espera auto-adaptáveis em tempo real com máxima flexibilidade para gerir flutuações excessivas de Mura e sobrecarga de Muri [169].

Observa-se ainda o **evitar de lixo digital passivo**, no qual através dos novos sistemas *Heijunka* baseados em CPPSs, os recursos de produção podem ser instrumentados e conectados em rede com o objetivo de apoiar uma abordagem holística de programação ou reprogramação da produção em tempo real e lógica de sequência JIT, com o intuito de evitar a criação de riscos de desperdício devido à falta de uma abordagem sistémica de programação ou reprogramação [169] [172].

No que respeita à **prevenção de resíduos digitais ativos**, nestes os engenheiros de *Lean* digital devem evitar a engenharia excessiva do CPPS e adicionar complexidade desnecessária à produção, que pode resultar no aumento do potencial de falha catastrófica e do sistema.

Desta forma, os princípios de design para a indústria 4.0 e CPSs na generalidade defendem estruturas descentralizada e módulos pequenos e simples de integrar para gerir melhor a sua complexidade bem como a complexidade do sistema geral [169] [172].

- **Eliminação do desperdício de transporte: AGVs, drones e alavancas de**

impressão 3D

Quanto aos sistemas de veículos guiados automatizados (AGV), estes referem-se a sistemas de manuseio de materiais que utilizam AGVs programados para o transporte de mercadorias, a fim de apoiar atividades intra logísticas sem humanos na fábrica inteligente de *Lean Digital*. Deste modo, os drones também podem ser chamados de veículos aéreos não tripulados (UAVs), que visam apoiar outras atividades intra logísticas menos humanas, como a contagem visual de inventário e a procura de mercadorias com base em *scanners* de etiquetas inteligentes voadoras, além de atuar como sistemas de entrega para mercadorias localizadas nos níveis superiores de armazenamento ou prateleiras de armazéns de arranha-céus. Quanto à impressão 3D, esta refere-se à tecnologia de fabricação rápida de encomenda que pode permitir a produção rápida de itens necessários no local [169]. No que respeita à **eliminação dos resíduos físicos**, nesta ao utilizar-se a impressão 3D para a produção de componentes de reduzido volume no local, a redução do transporte e até o desperdício de *stock* podem ser realizados. Desta forma, ao automatizar as tarefas de coleta, transporte e entrega no chão-de-fábrica, os operadores podem continuar a trabalhar nas suas estações de trabalho e a realizar atividades de agregação de valor graças ao suporte de AGVs e transportadores inteligentes [169] [172]. Relativamente a evitar o lixo digital passivo e ativo, diferentes AGVs, drones e soluções de impressão 3D existem hoje no mercado em diferentes níveis de maturidade e capacidade, sendo que ferramentas adequadas devem ser utilizadas para classificar o seu desempenho em ambientes industriais [169].

- **Eliminação do Desperdício de Stock: Alavanca de Operações do Armazém Digital**

No que concerne às Operações de Armazém Digital (DWOs), estas referem-se à automação das atividades de armazenamento com o suporte de tecnologias de identificação automática, caixas inteligentes, AGVs e estratégias de otimização de *stock* em tempo real para gerir os níveis ideais de matérias-primas, do WIP e *stock* de produtos finalizados [169]. Quanto à **eliminação de resíduos físicos**, as DWOs automatizam pedidos JIT com base na redução de *stock* através do uso de diversos sensores e caixas inteligentes de modo a gerir os níveis de colaboração com sistemas *Kanban* digitais e serviços de facturamento eletrónico [169] [172]. Relativamente ao **evitar de lixo digital passivo**, neste as tecnologias de identificação automática fornecem a capacidade de comparar automaticamente as características das matérias-primas recebidas no armazém com base em dados de pedidos de compras, com o intuito de controlar discrepâncias que possam levar a um *stock* incorreto, além da simples contagem de unidades [150] [169]. No que concerne à prevenção de resíduos digitais ativos, os sensores inteligentes para o controlo e automatização de inventário, a sua seleção, uso e manutenção apropriados são imprescindíveis para maximizar a precisão dos dados e fornecer maior confiança nos relatórios de inventário [150].

- **Eliminação do desperdício de movimento: IHMs e alavancas de computação vestíveis**

Relativamente às Interfaces Homem-Máquina (IHMs), estas referem-se a sistemas computacionais dotados de capacidades para possibilitar a interação homem-máquina através de interpretação de dados de diversos canais sensoriais e de comunicação, sendo que *Wearable Computing* (WC) refere-se a um computador vestível capaz de detetar, armazenar e processar dados que são incorporados à roupa de uma pessoa [169]. Quanto à **eliminação de resíduos físicos**, a computação vestível pode permitir o rastreio dos movimentos dos operadores para construir um gráfico em tempo real e fornecer funcionalidade de otimização de movimento, assim como suporte de melhores posturas para evitar lesões. Desta forma, as estações de trabalho inteligentes podem ser reconfiguradas com base nos requisitos do operador individual [150] [169]. No que respeita ao **evitar do lixo digital passivo**, as novas IHMs podem ajudar os operadores a ficar com as mãos livres em determinadas atividades, ajudando a reduzir o tempo e o movimento ao concluir as suas tarefas e deste modo melhorar a sua produtividade [169]. Quanto à **prevenção de resíduos digitais ativos**, as novas IHMs e computação vestível podem reduzir a carga de trabalho física do operador, no entanto a sua utilização não deverá contribuir para o aumento da carga de trabalho cognitiva devido às complexas interações homem-máquina [169].

- **Eliminação de Resíduos de Superprocessamento: Padrões de Fabricação Digital**

Relativamente aos Padrões de Fabricação Digital (DMSs) estes referem-se à adoção de uma linguagem comum para garantir a integração confiável e eficiente de sistemas muito diferentes, desde sistemas de gestão visual até intercâmbios eletrónicos de dados [169].

No que concerne à **eliminação de resíduos físicos**, os sistemas de gestão visual devem estar em conformidade com os padrões de *design* para trazer consistência e legibilidade aos monitores visuais e controlos visuais com o intuito de evitar interpretações erradas e ações erradas [150] [169]. Quanto ao **evitar do lixo digital passivo e ativo**, os padrões de interoperabilidade de dados são obrigatórios para ter uma interpretação clara dos dados partilhados entre sistemas e evitar ações erradas com base em tais interpretações erradas de dados [169].

- **Eliminação do desperdício de talento não utilizado: presença digital**

No que concerne à presença digital (DP), esta refere-se à utilização de óculos inteligentes de realidade aumentada e outras tecnologias de mãos livres [169]. Relativamente à **eliminação de resíduos físicos**, a DP pode reduzir os tempos de inatividade e aumentar as taxas de correção de problemas novos ou complexos, permitindo a possibilidade de aproveitar a experiência especializada de qualquer engenheiro de serviço no local a qualquer hora, em qualquer lugar [165] [169]. Para **evitar o lixo digital passivo**, tentar a DP primeiro pode permitir obter um diagnóstico e solução mais rápidos para um problema graças à comunicação bidirecional de áudio, vídeo e até cinética em tempo real entre um operador remoto e um engenheiro de serviço, através da eliminação ou redução dos custos de despesas de deslocamento de engenheiros de serviços qualificados de um local para outro para solucionar

problemas [169]. No que concerne à prevenção dos resíduos digitais ativos, os avanços nas tecnologias relacionadas à DP melhoraram e cada caso de solução de problemas não deve desconsiderar a possibilidade da necessidade da presença física do engenheiro de serviço no local [165] [150].

Em suma e na ótica de implementação da eliminação de resíduos e desperdícios digitais, nas empresas de ETO, salienta-se a importância da sua implementação com o objetivo de alcançar um acesso mais eficaz e sem erros a todas as informações digitais e de comunicação entre departamentos, processos, colaboradores, fornecedores e clientes. Deste modo, permite-se obter um melhor atendimento às necessidades da empresa, dos clientes, às exigências das inovações inerentes e desenvolvidas no mercado, assim como reduzir custos associados a estes resíduos e desperdícios.

5.2. Produção Agile

No contexto do conceito de *Agile Manufacturing Enterprise* ou produção ágil, foi criado na Universidade de *Lehigh* em 1991, uma das primeiras definições sobre a capacidade de uma empresa sobreviver em ambientes altamente competitivos, enfrentando mudanças constantes e inesperadas, e respondendo rapidamente a essas mudanças, impulsionadas pelos pedidos dos clientes [173].

De acordo com Dove (1995), a produção ágil é definida como a capacidade de adaptação e sugere quatro medidas para avaliar essa capacidade: tempo, custo, robustez e propósito [173]. Num ambiente dinâmico, são observadas mudanças frequentes e imprevistas que ocorrem externamente à empresa, como políticas governamentais, novos acordos comerciais internacionais ou mudanças nas expectativas dos clientes [174]. Goldman et al. (1995) identificaram quatro princípios das organizações ágeis: valorizar o cliente, colaborar para aumentar a competitividade, organizar-se para lidar com a mudança e a incerteza, e potencializar o impacto das pessoas e das informações [175]. Van Assen et al. (2000) destacaram a descentralização como uma característica fundamental das organizações ágeis, pois permite que diferentes áreas da empresa lidem com mudanças de forma rápida. Por outro lado, Mason-Jones et al. (2000) argumentaram que um praticante de produção ágil é aquele que lida com pedidos voláteis, uma ampla variedade de produtos, ciclos de vida curtos dos produtos e disponibilidade dependente dos clientes [176] [177].

Sharifi e Zhang (2001) caracterizaram o conceito de agilidade como a combinação de dois fatores principais: responder adequadamente e prontamente às mudanças e explorar essas mudanças como grandes oportunidades [178]. Nesse sentido, são identificadas três práticas de produção ágil, que incluem a produção flexível, a adaptabilidade e a personalização em massa.

Produção Flexível:

A habilidade de produzir diversos produtos na mesma linha de produção é conhecida como produção flexível. Segundo Upton (1994), trata-se da capacidade da linha de produção de acomodar uma ampla variedade de tipos de produtos e processos de fabricação, mesmo com

volumes elevados [179]. Sarkis (1997) desenvolveu os sistemas de produção flexível, conhecidos como *Flexible Manufacturing Systems* (FMS), como uma transição de sistemas de produção em massa, *job shop* e ETO (*Engineer-to-Order*) para sistemas de produção com alta variedade e rápida troca de produtos. Os FMS são implementados como ferramentas no chão-de-fábrica, oferecendo suporte às máquinas e ao transporte de materiais. Essas ferramentas podem ser implementadas tanto em ambientes de produção *Lean* quanto em ambientes de produção ágil [180].

Adaptabilidade:

Katayama e Bennett (1999) propuseram um conceito de produção que se refere à capacidade de um sistema de produção de uma empresa adaptar-se a pedidos por meio de ajustes ou modificações na sua estrutura. Os autores observaram que, em situações de baixo volume de vendas, a existência de um sistema de produção adaptável resulta em melhorias nos lucros das empresas, uma vez que esse sistema apresenta custos fixos reduzidos e custos variáveis elevados, semelhante aos sistemas de produção *job shop* [181]. Katayama e Bennett (1999) estabelecem uma diferenciação entre os conceitos de agilidade e adaptabilidade, definindo agilidade como uma relação de interface entre a empresa e o mercado, e adaptabilidade como uma característica do sistema de produção da empresa. No entanto, há uma interseção entre os conceitos de adaptabilidade e agilidade quando se trata do aumento da variedade de produtos e da redução dos custos fixos associados ao desenvolvimento de novos produtos. Estes autores também destacam que a adaptabilidade e a agilidade compartilham características comuns com a produção *Lean*, como a organização dos produtos em famílias para reduzir os tempos de troca e os *stocks* intermediários [181].

Personalização em Massa:

A personalização em massa refere-se a um sistema de produção no qual produtos personalizados são fabricados para um grande número de clientes, com custos acessíveis e alta qualidade. Nesse sentido, a personalização em massa apresenta semelhanças com o conceito de produção ágil, especialmente no que diz respeito ao atendimento do consumidor final. É importante destacar que um sistema de produção ágil deve ser capaz de atender às necessidades do cliente por meio da personalização, ao mesmo tempo em que é capaz de responder e adaptar-se às mudanças dinâmicas do ambiente em que está inserido, como novas regulamentações governamentais ou a necessidade de desenvolvimento de novos materiais [182].

5.2.1. O Conceito de *Leagile*

No que concerne aos sistemas produtivos, podem-se observar dois grandes grupos de atividades, isto é, as que são elaboradas antes da chegada do pedido do cliente e as que são realizadas após a chegada do pedido do cliente. Deste modo, o ponto do fluxo de produção no qual ocorre interferência do cliente e onde acontece a divisão das atividades anteriormente mencionadas é chamado de *Customer Order Decoupling Point* (CODP) também intitulado como

ponto de dissociação da ordem, como se pode observar na Figura 19 [183] [184] [185].

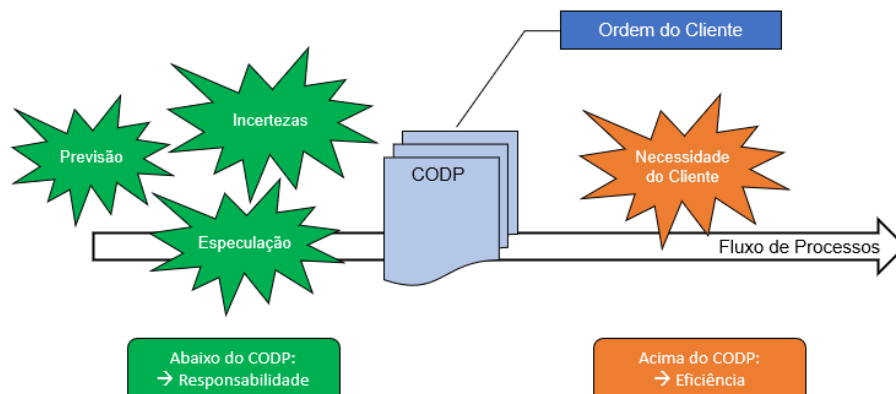


Figura 19 - Divisão de Atividades Pelo CODP (adaptado de [184])

O conceito de *Leagile* envolve a combinação das principais vantagens da produção *Lean* e da produção ágil, originalmente desenvolvido para descrever cadeias de suprimentos na produção [181]. Uma cadeia de suprimentos é um grupo de produtores interligados que se estende até um cliente final, e o conceito de *Leagile*, quando aplicado a cadeias de suprimentos, é representado pela separação entre os praticantes da produção *Lean* e da *produção ágil* por meio do CODP [177].

De acordo com Van Hoek (2000), o conceito *Leagile* envolve a prática de atividades antecipadas na cadeia de suprimentos até que um pedido do cliente seja realizado, com o objetivo de realizar duas coisas simultaneamente como um dos principais princípios. Esse princípio divide a cadeia produtiva em duas partes: a parte da produção *Lean*, que lida com níveis de *stock* estáveis produzidos antecipadamente, e a parte da *produção ágil*, que consegue produzir sob variações de volume e *mix* [186].

Mason-Jones et al. (2000) desenvolveram um modelo de *Leagile* em que a produção *Lean* e a produção ágil operam em diferentes etapas de uma cadeia de suprimentos. O elemento-chave desse modelo é o CODP, que separa os processos *Lean* dos processos ágeis. Assim, os processos *Lean* estão no início ou na primeira parte da cadeia, antes do CODP, enquanto os processos ágeis estão localizados após o CODP [177] [186]. O CODP desempenha uma função estratégica na cadeia de suprimentos, e a sua localização depende da variabilidade dos pedidos e do *mix* de produtos. O aumento do *mix* de produtos e da flutuação do volume requer que o CODP seja posicionado mais próximo do início da cadeia, tornando o sistema mais ágil. Em resumo, em um ambiente mais estável, com menor variabilidade de pedidos e *mix* de produtos, o CODP é movido para mais perto do final da cadeia [177].

Os autores Prince e Kay (2003) desenvolveram um modelo semelhante ao mencionado anteriormente, aplicável a uma empresa fabril, no qual sugerem a aplicação da produção *Lean* e da produção ágil em fases diferentes para os mesmos processos de produção. Eles utilizam uma análise aprimorada do fluxo de produção para identificar grupos virtuais, que são grupos de máquinas e processos num sistema de produção nos quais as práticas *Lean* e ágil podem ser

aplicadas, com o CODP localizado entre dois grupos virtuais [187].

Tanto nos modelos de Mason-Jones et al. (2000) quanto de Prince e Kay (2003), a produção Lean e a produção ágil são separados pelo CODP e não podem coexistir. No entanto, para classificar um sistema de produção como *Leagile*, depende-se da localização da fronteira entre os dois conceitos, seja no limite do sistema ou nas subunidades dentro do sistema. No mesmo sistema, os dois conceitos podem coexistir, desde que separados pelo CODP [177] [182] [187].

Booth e Hammer (1995) afirmaram diferenças fundamentais entre a produção *Lean* e o produção ágil, sendo estas [188]:

- A produção *Lean* é considerada um melhoramento dos métodos da produção em massa, enquanto a agilidade procura sair dos moldes da produção em massa e fornecer ao mercado produtos altamente personalizados;
- A produção ágil pretende ganhar economias que permitam produzir itens de forma mais barata com o intuito de procurar servir pequenos nichos de mercado, sem os comuns custos elevados associados à personalização;
- A produção ágil exige uma visão estratégica, enquanto o *manufacturing Lean* é tipicamente associada a melhorias no chão-de-fábrica;
- A produção ágil apresenta conceitos como a rápida formação de alianças entre empresas para introduzir novos produtos no mercado;
- Uma empresa *Lean* é reconhecida pela sua eficiência produtiva, com reduzidos custos de produção de produtos e serviços;
- Uma empresa ágil é caracterizada como uma empresa no qual a aprendizagem é rápida e eficiente.

De acordo com Gosling e Naim (2009), a produção *Lean* trata-se de um pré-requisito para a produção ágil, sendo que as definições práticas para diferenciar as duas abordagens destacam que a produção *Lean* pretende desenvolver um fluxo de valor *Lean*, sem desperdícios e com a produção adaptada de acordo com os pedidos. Enquanto que a produção ágil pretende utilizar o conhecimento do mercado e uma corporação virtual para explorar oportunidades lucrativas nos mercados voláteis, como se pode observar na Figura 20 [189].

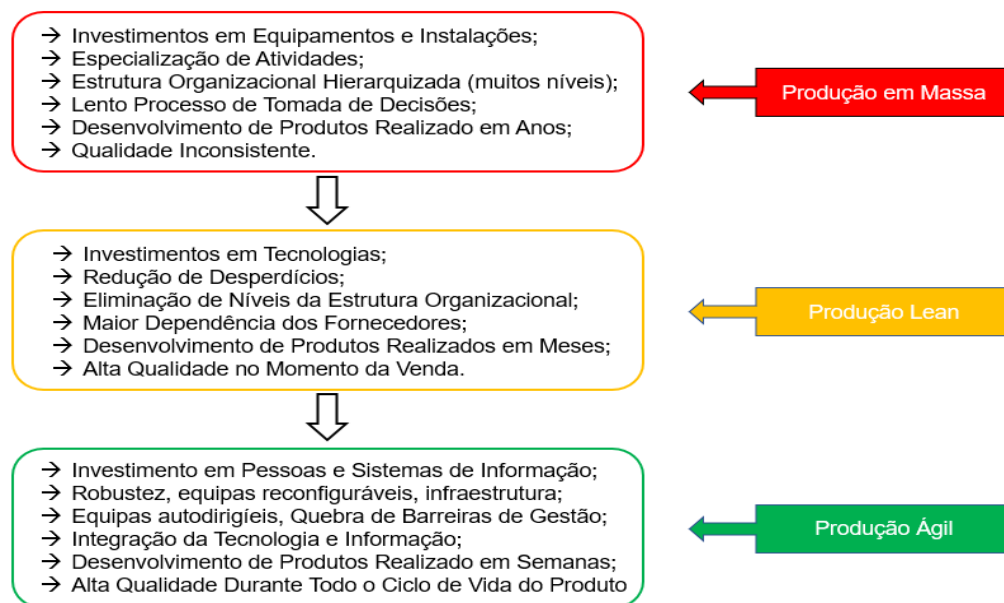


Figura 20 - Diferenças entre as Produções em Massa, *Lean* e Ágil (adaptado de [190])

5.2.2. *Leagile* em Ambientes ETO

No que diz respeito às estratégias de produção *Lean* e produção ágil, Koskela (1992) destacou a necessidade da indústria da construção civil (um exemplo de ambiente ETO) de implementar novas filosofias baseadas em metodologias, técnicas e ferramentas emergentes associadas à produção *Lean* [191].

De acordo com Egan (1998), os princípios da produção *Lean*, como a padronização, o *Just-in-Time* e o relacionamento de longo prazo com fornecedores, deveriam ser implementados por empresas ETO. Assim, o Grupo Internacional de *Lean Construction* (IGLC) foi iniciado, e o termo *Lean Construction* foi adotado para descrever a aplicação da produção *Lean* na construção civil [192]. Nesse contexto, o conceito de agilidade foi associado como uma estratégia adequada em ambientes ETO, mesmo que não tenha sido amplamente discutido na literatura. Os autores Gunasekaran e Ngai (2005) relatam que a produção ágil é uma abordagem mais completa para as cadeias de suprimentos ETO, pois os conceitos relacionam-se melhor com as características de sistemas de produção altamente personalizados e voláteis do que os conceitos da produção *Lean*. No entanto, há poucos registos na literatura sobre implementações da produção ágil ou do modelo *Leagile* em ambientes ETO [193].

Em suma, dada a escassez de pesquisas que permitam a implementação de um modelo de gestão para melhorar empresas industriais com sistemas de produção ETO e eliminar os problemas mencionados nos modelos de gestão anteriormente mencionados, o presente trabalho visa definir e propor um modelo de gestão capaz de auxiliar a gestão de topo e os colaboradores a atuarem e gerirem os processos desde a conceção até a produção de produtos em empresas ETO.

Capítulo 6

Proposta de Modelo de Gestão para empresas de ETO

Durante a pesquisa bibliográfica, ficou evidente a escassez de trabalhos que procuram compreender a implementação abrangente de um modelo de gestão, ou seja, a integração racional de teorias de gestão e as suas respectivas técnicas e ferramentas como impulsores da melhoria de uma organização industrial.

É importante ressaltar que ao longo do tempo, ocorrem mudanças no ambiente de produção com o objetivo de unir esforços na implementação de uma organização mais eficiente e eficaz. Um exemplo dessas mudanças é a inclusão dos operadores nas tomadas de decisão, o que pode resultar num aumento de comprometimento e responsabilidade por parte dos operadores na melhoria do desempenho da empresa.

No contexto industrial atual, as empresas enfrentam uma grande pressão em termos de competitividade, procurando atender às exigências dos clientes em relação à satisfação de requisitos, serviços, prazos e preços dos produtos. Assim, pode-se afirmar que a implementação de modelos de gestão que promovam o foco na melhoria contínua leva à redução de custos, aumento da qualidade, otimização dos recursos e melhoria do desempenho das operações.

Neste capítulo, será apresentado um modelo de gestão para empresas ETO, que visa superar as limitações identificadas neste tipo de empresa durante a revisão da literatura. Para compreender a proposta desse modelo de gestão, serão abordados os seguintes temas: problemas associados às empresas ETO, respostas aos problemas das empresas de produção ETO e problemas e soluções relacionados aos modelos de gestão. Em seguida, será feita uma proposta de um modelo de gestão e identificados elementos essenciais para a sua implementação num contexto real de indústria.

6.1. Caracterização das Empresas de Produção ETO

No contexto das empresas de produção ETO, é conhecido que o cliente está envolvido em todo o processo, desde a concepção até a fabricação, pois os pedidos dos clientes requerem a elaboração de um projeto individual que atenda às suas necessidades e solicitações. Nestas empresas, a quantidade de encomendas de produtos é reduzida para cada pedido, devido à frequente natureza unitária dos pedidos dos clientes e à alta diversidade de produtos. Portanto, para adaptar os produtos às necessidades dos clientes, é necessário desenvolver um projeto de engenharia de produto. Nesse sentido, é importante mencionar que quanto maior a

complexidade do produto, maior pode ser o impacto no prazo do projeto, ou seja, pode haver um desvio entre o tempo estimado e o tempo real. A complexidade do produto pode exigir mais interações com o cliente e entre os departamentos, levando a atividades simultâneas de engenharia de produto e produção [3] [6].

Com o objetivo de alcançar a satisfação do cliente, é necessário concluir o projeto dentro do prazo estabelecido ou prometido ao cliente (ou seja, o prazo previsto). A eficiência das operações está relacionada à capacidade da empresa de cumprir os requisitos de prazo e utilizar os recursos de forma eficaz, pois o não cumprimento pode resultar em penalidades contratuais, como multas. Além disso, a integração entre as atividades de engenharia de produto e produção facilita o cumprimento dos prazos e melhora o desempenho organizacional [7] [8].

Conforme ilustrado na Figura 21, as empresas ETO possuem características predominantes, com processos baseados em projetos e baixos volumes. Essas empresas enfrentam prazos de entrega exigentes, com o cliente sendo o foco principal, devido à alta complexidade e personalização dos processos [10] [11].



Figura 21 - Características de uma Empresa ETO

No que diz respeito às empresas ETO, uma gestão adequada de projetos está associada ao planejamento e controle para integrar e sincronizar todas as fases do projeto, que ocorrem simultaneamente em tarefas interdependentes. No entanto, é comum encontrar dificuldades e atrasos na entrega, bem como a necessidade de retrabalho, ou seja, a intervenção da engenharia de desenvolvimento de produto durante a produção ou montagem, a fim de entregar o produto com o nível de qualidade exigido pelo cliente. Dessa forma, o ambiente em que uma empresa ETO está inserida pode ser considerado um fator que aumenta a complexidade desse tipo de empresa, pois as várias atividades de engenharia são fontes principais de dúvidas no projeto, e atrasos são responsáveis pelos problemas resultantes.

As empresas ETO frequentemente enfrentam desafios como o não cumprimento de prazos e baixa eficiência, o que pode resultar na perda de confiança dos clientes e em custos adicionais devido a multas por descumprimento contratual. Nos projetos ETO, os gestores precisam de recursos tecnológicos avançados para garantir um planejamento adequado e objetivo dos pedidos dos clientes. Essas empresas dependem do conhecimento e da experiência

dos colaboradores para melhorar o desempenho.

No que diz respeito aos sistemas ETO, é importante destacar a importância de definir modelos de gestão com estratégias operacionais e sistemas de planeamento que forneçam diretrizes para reduzir desperdícios na cadeia de valor e na fase de entrega do projeto. Os sistemas de produção ETO são divididos em 5 etapas (Figura 22): a primeira etapa envolve a elaboração do orçamento e negociação, na qual ocorre a interação entre os clientes e os diversos departamentos, discutindo os projetos, cotações e fases de produção [14] [16] [18]. Em seguida, temos o desenvolvimento do produto, que abrange o *design* conceitual e o design detalhado, responsáveis pela configuração-chave do produto e pelo desenvolvimento, *design* e produção do produto. Posteriormente, ocorre o planeamento do processo e da produção, onde metas e objetivos são estabelecidos para um determinado período. Em seguida, passa-se para a etapa de produção, na qual ocorre a fabricação, montagem e testes dos componentes que serão direcionados ao mercado. Por fim, temos a etapa de teste final e aceitação (*tryout*), na qual são realizados testes nos produtos e sua aceitação pelo cliente é verificada [18].

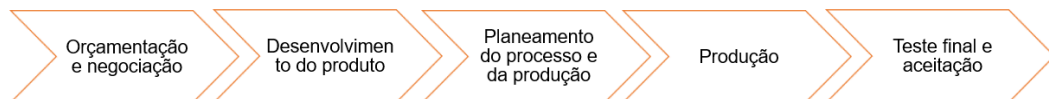


Figura 22 - Etapas de Sistemas de Produção ETO

Nas empresas de produção ETO, é importante destacar que o *lead time* de entrega é igual ao tempo total de produção do produto, e mais uma vez o cliente desempenha um papel ativo no processo de conceção do produto. No entanto, nas empresas ETO, devido a um longo *lead time* de produção, ocorrem séries reduzidas, o que pode ter um impacto negativo no fluxo de caixa.

Ao elaborar um novo produto nas empresas ETO, três ciclos ocorrem simultaneamente: o ciclo de desenvolvimento conceitual, o ciclo de definição de processos de fabricação e o ciclo de desenvolvimento de sistemas de serviços e suporte de produtos. Em suma, é crucial reconhecer a importância de adquirir, criar e desenvolver uma equipa cooperativa, que interaja constantemente e execute atividades em paralelo.

6.1.1. Problemas Associados às Empresas ETO

As empresas de produção ETO necessitam de um sistema de projeto que possibilite melhorar o produto em todas as fases, permitindo a implementação de diversas ferramentas de projeto e gestão de recursos. Isso possibilita a redução do tempo necessário para desenvolver um determinado produto, assim como a diminuição de custos adicionais, que costumam ser elevados. Além disso, é importante destacar que existem vários problemas comuns nas empresas de produção ETO, como ilustrado na Figura 23.

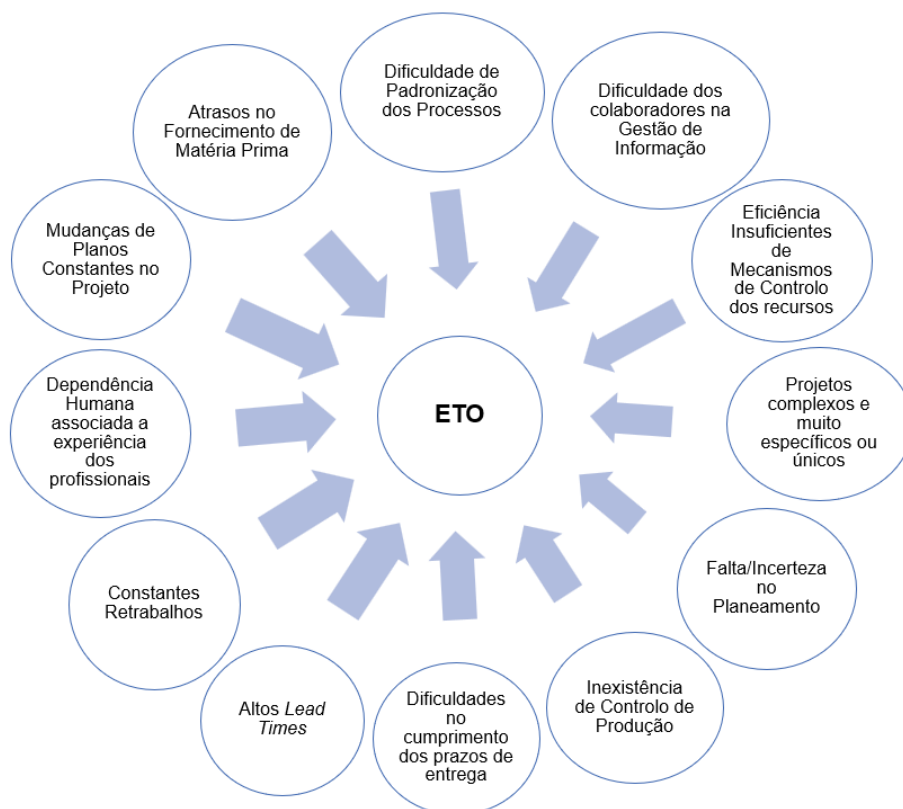


Figura 23 - Problemas de Empresas de Produção ETO

Simultaneamente, um dos problemas destacados em várias empresas é a falta de planeamento e controlo adequados dos projetos ETO. Essas empresas enfrentam uma lacuna significativa devido à falta de planeamento e monitorização das atividades dos projetos. Além disso, não possuem um planeamento detalhado da sequência de etapas de produção nem um modelo de gestão definido, agindo conforme as necessidades e prioridades momentâneas. Isso resulta em problemas adicionais aos mencionados na Figura 23, como incerteza no planeamento, no mercado fornecedor de matéria-prima e nos recursos utilizados em cada etapa. Essas incertezas levam a um aumento nos prazos de entrega e nos custos do projeto.

Como síntese, a Tabela 3 apresentada as áreas em que os problemas anteriormente mencionados surgem e o seu impacto as consequências dos mesmos.

Tabela 3 - Consequência dos Problemas nos Departamentos de uma Empresa ETO

Áreas de Incidência	Problemáticas	Consequência
Marketing	Processos demorados de negociação entre cliente e departamento de engenharia	Atrasos na disponibilidade de especificações detalhadas do projeto
Engenharia	Dificuldade em planear e controlar o processo	Dificuldades no cumprimento dos prazos de entrega
	Projetos complexos e muito específicos ou únicos	Custo financeiros maiores

Recursos Restritivos na Engenharia	Dependência Humana associada as experiências dos profissionais	Atrasos e retrabalhos
	Indecisão no que respeita ao número de colaboradores	Custo da engenharia dispendioso
Produção	Inadequação do contexto organizacional e ao método atribuído	Problemas no fluxo de Trabalho
	Falta de disponibilidades dos recursos	Dificuldades no cumprimento dos prazos de entrega Tempos de <i>Setup</i> são consumidos pela capacidade total da produção
	Adquirir o maior número de pedidos possíveis por parte da empresa	Subcarga na produção ou existência de gargalos Compromete o desempenho da empresa ao nível do serviço e da utilização eficiente dos recursos
Recursos Restritivos de Produção	Flutuações no consumo	Incerteza na quantidade e nos tipos de produtos que são colocados no mercado Mudanças constantes na produção
	Eficiência insuficiente de mecanismos de controlo dos recursos	Falta de maturidade no planeamento
	Reduzidos volumes de produção devido aos resultados da dificuldade de padronização dos processos	Tempos de ciclos diferentes e elevados tempos <i>Setup</i>
Programação da Produção	Instabilidade dos pedidos	Problemas de equilíbrio entre os pedidos e a disponibilidade dos materiais
	Capacidade limitada dos recursos	
	Incertezas nos tempos de produção	Dificuldade em calcular <i>Lead times</i> com precisão Dificuldades nos prazos de entrega com precisão
Controlo da Produção	Necessidade de subcontratar peças e componentes	Problemas de coordenação
	Fiabilidade dos equipamentos	Atrasos na produção
	Disponibilidade de ferramentas e seu uso ineficaz em termos de parâmetros e condições	
	Saúde de operários	
	Inexistência de controlo da produção	Imprevisibilidade do <i>Lead times</i> e gestão de recursos externos
Natureza exata de cada projeto torna-se clara apenas no final		

Os Problemas enunciados anteriormente afetam algumas áreas de suporte de produção desenvolvendo ineficiências de processo, que serão potencialmente resolvidos no modelo proposto nos capítulos seguintes.

6.1.2. Proposta aos Problemas das Empresas de Produção ETO

No início foi importante definir um modelo de gestão como um método ou técnica utilizado para suportar o planeamento e controlo da produção, bem como garantir o cumprimento dos objetivos por parte de uma organização industrial. Numa empresa de produção ETO, o modelo de gestão abrange todo o projeto de produtos e processos, incluindo o planeamento e o controlo, que envolvem a capacidade, qualidade, supervisão e organização do trabalho ao longo de toda a cadeia de valor. Nesse sentido, é relevante destacar que, com o objetivo de lidar com os

problemas enfrentados pelas indústrias de produção ETO, existem diversas teorias ou modelos de gestão que com as suas técnicas e ferramentas permitem reduzir ou eliminar os problemas mencionados anteriormente. Neste sentido apresenta-se em seguida uma análise breve desses mesmos modelos ou teorias de gestão:

- Modelo “*Push*”
- *Total Quality Management* (TQM),
- *Teoria das restrições* (TOC)
- Filosofia *Lean*
- Gestão *Agile*
- Gestão *Leagile*

Modelo “*Push*”, referente a forma como se gere o fluxo de materiais a partir de um sistema de *Material Requirements Planning* (MRP), tem como principal objetivo a elaboração de planos orientados pelo pedido que determinam o que é necessário produzir, quando produzir e quanto produzir. Para atingir este objetivo de o que, quando e quanto o MRP utiliza como elementos o plano diretor de produção (MPS) e a lista de materiais (BOM). Através da utilização destas ferramentas permite realizar o planeamento da produção, reduzir o tempo e os custos do processo de produção e determinar o tempo em que deve ser realizado o fornecimento de matéria-prima. No entanto, em empresas de ETO, para esse planeamento ser eficaz tem que abranger decisões de planeamento a curto prazo e ainda controlar eventos inesperados. Para que isso aconteça é importante haver uma boa programação de operações tipicamente feita através do *Job Scheduler* ou o módulo de programação de operações. Este módulo visa fazer uma gestão dos diferentes projetos ou obras e reduzir os tempos mortos de processos, utilizando um gráfico de *Gantt* para a sequência inicial e para o planeamento da produção. Este modelo permite ainda através de um software *web* a visualização em tempo real das alterações nos pedidos dos clientes.

Na gestão dos fluxos de trabalho de processos de fabricação, observa-se a utilização do modelo MRP (*Material Requirements Planning*), enquanto para a gestão de processos em empresas ETO, é utilizado o BPM (*Business Process Management*), que permite descrever os processos por meio da organização administrativa e da sequência de atividades. Além disso, é utilizado o WIP (*Work-in-Progress*), que representa o *stock* existente nas diversas etapas do processo. No entanto, é importante ressaltar que, apesar dos benefícios proporcionados pelo uso desses modelos e ferramentas, as empresas ETO enfrentam desafios em relação ao WIP. Muitas vezes, há quantidades elevadas de WIP entre as estações de trabalho devido à falta de utilização de um cronograma pelos gestores, o que se configura como um problema recorrente nessas empresas. Para otimizar a construção de um projeto e reduzir desperdícios, é necessário abordar essa questão e procurar formas de gerir o WIP de maneira mais eficiente. Deste modo, a gestão de processos numa empresa ETO encontra-se em três linhas dentro de uma empresa, sendo estas:

- a gestão de negócios;

- a gestão da qualidade;
- a tecnologia de informação.

Nas empresas ETO, é comum a utilização do *Takt Time* como parte do planeamento e controlo da produção, visando lidar com problemas de produtividade e identificar processos repetitivos na produção. O *Takt Time* permite reduzir o *Lead Time*, os custos de produção e os desperdícios, além de aumentar a produtividade. Ele facilita a comunicação, possibilita uma previsão adequada e permite o controlo da produção, abordando problemas críticos que precisam ser eliminados nas empresas ETO. No que diz respeito ao modelo de planeamento da produção em empresas ETO, ele abrange a preparação das necessidades por meio da elaboração de programas de produção e planos de utilização da capacidade produtiva. Esse modelo inclui o planeamento a longo prazo (utilizando o plano diretor de produção), o planeamento a médio prazo (utilizando o planeamento das necessidades de materiais - MRP), o planeamento a curto prazo (envolvendo programação, plano de compras e monitoramento complexo) e o controlo oficial (para planear e controlar as operações de produção).

No contexto do *Total Quality Management* (TQM), o objetivo é garantir a satisfação do cliente, promover o trabalho em equipa e procurar constantemente soluções para os problemas. Ele enfatiza o papel dos recursos humanos nas organizações, procura mudanças comportamentais e de atitudes, e visa a melhoria contínua. O TQM destaca a liderança como um aspeto fundamental para impulsionar a melhoria contínua nas equipas e implementa sistemas de gestão da qualidade (SGQ).

Quanto à teoria das restrições ou *Theory of Constraints* (TOC), embora o seu objetivo seja identificar limitações ou constrangimentos que condicionam ou determinam o ritmo dos sistemas produtivos, controlar o *stock* e estabelecer o ritmo de produção, a sua implementação em empresas ETO pode apresentar dificuldades devido às particularidades de cada empresa e dos seus próprios constrangimentos.

A filosofia *Lean*, por sua vez, procura reduzir ou eliminar atividades desnecessárias num processo. Este consiste em um conjunto de ferramentas, métodos ou técnicas que visam alcançar um objetivo específico, sendo estes:

- *Kaizen* – baseia-se na eliminação de desperdícios através de soluções baratas e baseadas na modificação e na criatividade dos colaboradores. Trata-se de uma ferramenta que estabelece uma melhoria da comunicação e do ambiente organizacional, todavia apresenta como problema a comunicação entre departamentos. Nesta ferramenta recorre-se à aplicação dos projetos DMAIC e utiliza-se o ciclo PDCA como guia;
- Sistema 5S – trata-se de 5 razões e caracteriza-se como base da gestão da qualidade total, sendo que os maiores benefícios para a utilização desta técnica são a elevada produtividade pela redução da perda de tempo na procura de objetos, a redução de despesas e melhor aproveitamento de materiais, a melhoria na qualidade de produtos e serviços, menos acidentes de trabalho e uma maior satisfação dos colaboradores com o trabalho;

- *6 Sigma* – trata-se de uma metodologia de resolução de problemas aplicada a qualquer processo para eliminar causas e erros assim como defeitos associados aos custos. No entanto e tendo em conta que esta ferramenta/conceito apresenta aplicabilidade na ocorrência de repetição, pressupõe-se a utilização de uma metodologia estatística de tratamento dos dados que permita a redução da sua variabilidade. Deste modo, pode-se considerar que apesar das suas características, esta ferramenta ou conceito poderá não apresentar na sua totalidade uma aplicabilidade adequada no que concerne às empresas ETO;
- PDCA – pretende que todos os processos devem ser estudados e planeados, ter as suas mudanças implementadas e controladas e posteriormente realizar uma avaliação de resultados obtidos assim como garante a evolução e a não estagnação do processo;
- VSM – representa todas as etapas relacionadas com o fluxo de material e informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor desde o fornecedor até ao consumidor. O mapeamento permite identificar as fontes de desperdício no qual é fornecida uma linguagem acessível no tratamento dos processos de produção;
- 5 porquês – trata-se de uma ferramenta bastante útil e fácil na resolução de problemas do dia-a-dia, sendo que deverá ser utilizada em equipa para fomentar a partilha de ideias que resolvem os problemas;
- Gestão Visual – trata-se de um ambiente focado na estimulação e facilitação da colaboração entre as diversas categorias de colaboradores numa empresa e no processo de diálogo de problemas. Utiliza como ferramenta o *Andon*, através do qual tem a capacidade de demonstrar o *status* da produção a toda a empresa através do sistema de gestão visual, alertando da existência de um problema e da sua necessidade de resolução imediata;
- *Heijunka* – trata-se da programação da produção, sendo que defende o conceito de produção nivelada através da interrupção dos pedidos. Apresenta como objetivo abrandar as irregularidades da produção comercial através da produção de diversos modelos em pequenos lotes na mesma linha através do princípio *one-piece-flow*. Nesta ferramenta, observa-se uma aplicação na produção em massa ou por lotes, derivado de uma preocupação em atingir uma produção estável, o que se observa improvável numa empresa de ETO;
- *Poka-Yoke* – trata-se de interruptores de limites, sistemas de inspeção ótica, pinos de guia ou desligar automaticamente implementados por responsabilidade do departamento de engenharia;
- *Kanban* – encontra-se associado a gestão e controlo de produção e materiais, sendo uma forma de ordenar trabalho que funciona como um alerta da produção através da coordenação da produção, assim como programa a produção de acordo com o sistema, O *e-kanban* permite formalizar o processo de comunicação e

eliminar diversos erros manuais;

- TPM – trata-se da otimização e eficiência dos equipamentos, assim como a eliminação das falhas das máquinas e a promoção da manutenção autónoma do equipamento por parte do operador.

Como referido anteriormente no subcapítulo 4.5, no que concerne aos pilares da implementação do *Lean*, trata-se do:

- *Just-In-Time*;
- *Jidoka*.

Deste modo, o principal foco do *Lean* nas empresas ETO é o aumento da qualidade dos produtos, a qualidade dos processos, a redução dos retrabalhos e *lead time*, a padronização do trabalho e o aumento da produtividade. No entanto, as práticas do *Lean* apesar de eficientes apresentam uma elevada dificuldade, sendo a sua implementação realizada apenas no chão-de-fábrica, isto é, apenas em processos ligados diretamente à fabricação em si. Deste modo, os desperdícios do *Lean* surgem devido à falta de sincronização entre os diversos departamentos e para o qual a solução passa por realizar um planeamento correto para a sincronização dos diversos departamentos e setores que apresentam influência na execução do processo.

Relativamente ao modelo de gestão *Agile*, este apresenta a habilidade de uma empresa de sobreviver em ambientes altamente competitivos em constantes e inesperadas mudanças, assim como responder com rapidez a essas mudanças no mercado que são direcionadas pelos clientes, tratando-se de uma produção flexível, que recorre a adaptabilidade e realiza uma personalização em massa.

Quanto ao modelo de gestão *Leagile*, este apresenta as principais vantagens da produção *Lean* e da *produção ágil*, com o intuito de conceber cadeias de suprimentos no *manufacturing*. Através deste princípio, pretende separar a cadeia produtiva em duas porções, sendo estas:

1. Produção *Lean* – trabalha ao nível do *stock* estável produzido antecipadamente;
2. Produção Ágil – produz sob variações de volume e *mix*.

Este modelo utiliza a ferramenta CODP que permite separar o *Lean* da *produção ágil* e defende que a padronização, o *Just-In-Time* e o relacionamento a longo prazo com fornecedores deveriam ser implementados por empresas ETO.

Seguidamente, com o intuito de compreender quais os modelos e ferramentas que se adequam aos problemas existentes e já referidos anteriormente, construiu-se Tabela 4.

Tabela 4 - Soluções de Problemas de Produção em ETO

Problemas	MRP							Lean										TQM	Leagile
	BOM	MPS	Job Schedule	Técnica Gantt	BPM	WIP	Takt Time	Kaizen	5S	6 Sigma	PDCA	VSM	Gestão Visual	Heijunka	Poko-Yoke	Kanban	TPM	SGQ	
Dificuldades na gestão de informação entre cliente e departamentos de engenharia	X	X					X		X	X	X		X					X	X
Eficiência insuficiente de mecanismo de controlo dos recursos		X			X		X		X	X	X		X	X		X			X
Projetos complexos e muito específicos ou únicos					X		X		X	X	X		X						X
Falta/Incerteza no planeamento	X	X		X	X		X			X	X		X	X		X			X
Falta de controlo da Produção		X	X	X	X		X		X	X	X		X	X		X			X
Dificuldades no cumprimento dos prazos de entrega	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X	X		X			X
Elevado lead Time	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X						X
Constantes retrabalhos		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X			X			X
Dependência humana associada a experiência dos profissionais									X		X		X			X		X	X
Mudança de planos constantes no projeto				X						X	X		X	X		X			X
Atraso no fornecimento da matéria prima										X	X	X	X	X		X			X

Recursos de engenharia dispendioso									X	X	X		X		X			X	X
Subcarga na produção ou existência de gargalos		X					X		X	X	X	X	X	X		X			X
Dificuldade de padronização dos processos	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
Instabilidade de pedidos consoante o <i>stock</i> disponível	X					X	X		X	X	X		X	X	X	X			X
Reduzida previsão da estimativa da quantidade e do tipo de recurso a utilizar	X					X	X				X	X	X		X	X			X
Incerteza nos tempos de produção		X	X	X			X			X	X	X	X	X		X			X
Fiabilidade dos equipamentos										X	X		X		X	X	X		X
Disponibilidade de ferramentas e seu uso ineficaz em termos de parâmetros e condições										X	X		X		X	X	X		X
Falta de capacidade produtiva		X								X	X	X	X	X		X	X		X

A presente Tabela destaca a relação entre técnicas ou ferramentas associadas aos modelos MRP, *Lean*, TQM e *Leagile*, com os problemas tipo existentes nas empresas de ETO. Na tabela não se encontram presentes ferramentas como os 5 porquês e a teoria dos constrangimentos, devido a não apresentarem uma incidência significativa na resolução de problemas das empresas ETO, o que não apresenta relevância no tratamento de informação desta problemática.

Após a elaboração da Tabela 4, pode-se observar quais as ferramentas, métodos e ações que de acordo com a literatura solucionam um elevado número de problemas nas empresas ETO, isto é, quais as ferramentas, métodos ou ações que reúnem mais condições para a resolução de problemas típicos das empresas ETO, como se pode observar na Figura 24.

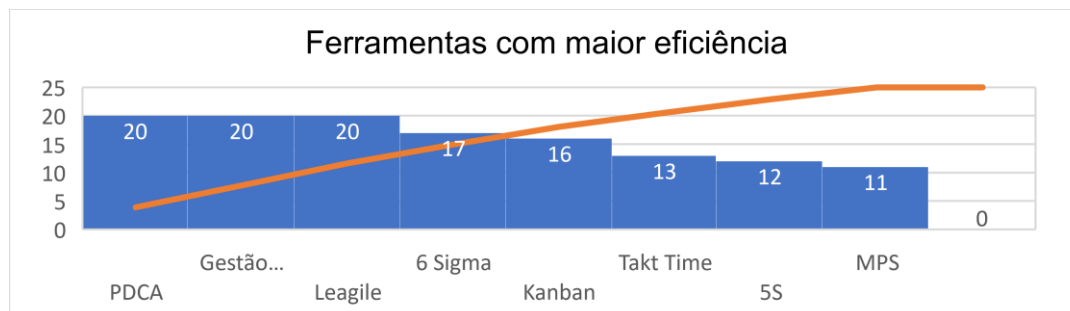


Figura 24 - Ferramentas com Maior Eficiência

Concluindo, importa salientar que relativamente à ferramenta PDCA esta deve estar presente em todas as etapas (orçamento e negociação, desenvolvimento de produto, planeamento de processos e da produção, produção, teste final e aceitação pelo cliente) da indústria ETO, ajudando no planeamento de todas as melhorias contínuas presentes na empresa, bem como nas questões do quotidiano da empresa, pois esta ferramenta permite verificar o verdadeiro estado de todas as atividades decorrentes.

6.2. Proposta de Modelo para as Empresas ETO

Atualmente, existem poucas referências bibliográficas disponíveis sobre o modelo de gestão mais adequado para aplicar em indústrias com produção ETO. No entanto, o interesse por esse tema decorre da intrínseca complexidade desses sistemas produtivos. Nesse contexto, as informações apresentadas nesta dissertação procuram preencher a lacuna que se percebe existir na abordagem técnico-científica desse problema, com o objetivo de identificar a melhor abordagem para uma gestão eficiente em uma empresa ETO.

Como destacado no capítulo anterior, essa questão assume uma relevância significativa para as empresas ETO, que procuram constantemente a melhoria contínua e a redução de custos. Após uma revisão bibliográfica abrangente, verificou-se a necessidade de desenvolver e propor um modelo de gestão capaz de suprir as lacunas existentes na gestão operacional das indústrias ETO. Assim, o modelo de gestão aqui proposto e denominado de *ETO Production Management System* (EPMS) tem como objetivo eliminar os problemas enfrentados pelas empresas ETO e, ao mesmo tempo, estabelecer uma base para a gestão de todo o fluxo de trabalho, promovendo a eficiência e a melhoria contínua de todo o processo de fabricação.

6.2.1. Modelo EPMS

Atualmente, ao definir um modelo de gestão, é essencial compreender que, embora as empresas possam ter o mesmo tipo de sistema de produção, cada uma delas possui características específicas em termos de sua estrutura organizacional (por exemplo, áreas funcionais, níveis de gestão e características das equipas de trabalho) e regras operacionais (como a frequência e o local de registro de dados da empresa, nível de autonomia nas ações, etc.), que precisam ser claramente definidas, implementadas e executadas para garantir um bom desempenho operacional. Nesse sentido, é possível identificar um conjunto de características que permitem uma gestão organizada, com melhoria contínua, controlo e garantia de segurança e bem-estar para todos os colaboradores.

Na Tabela 5, o EPMS apresenta as características identificadas como necessárias para uma gestão operacional eficaz que sendo de aplicação geral pode servir de referência para as empresas de ETO.

Tabela 5 - Requisitos para uma Correta Gestão Operacional (adaptado de [194])

Características	Requisitos
Planeamento	Definição de um plano para alcançar os objetivos; Melhoria da eficiência operacional; Melhoria da segurança; Melhoria da qualidade; Garantia do cumprimento de prazos; Identificação dos riscos; Prevenção dos riscos.
Melhoria no controlo de custos	Existência de custos padrão Mecanismos de registo de dados Acompanhamento do fluxo de trabalho Melhoria da segurança; Melhoria do ambiente; Melhoria da sustentabilidade (Social, Ambiental e económica);
Áreas de suporte	Assegurar de meios e recursos produtivos; Assegurar melhoria contínua; Formação contínua; Promover competências; Criar foco nos objetivos empresarial; Minimizar consequências segurança de operadores Minimizar consequências na segurança; Minimizar consequências na qualidade do produto.
Liderança	Definição de objetivos operacionais anuais/ mensais/ semanais e diárias; Definição e cumprimento de regras e políticas estabelecidas na empresa; Práticas de gestão visual; Organização funcional da empresa com funções e responsabilidades.
Avaliação de desempenho	Definição de objetivos e metas; Indicadores de desempenho; Monitorização, controlo e avaliação de desempenho; Planeamento e execução de auditorias internas.
Operacionalização	Planeamento e controlo operacional; Preparação e resposta às emergências; Design e desenvolvimento de produtos e serviços; Controlo de processos; Controlo de produtos; Controlo de fornecedores; Produção e prestação de serviços; Análise e mitigação de riscos; Controlo de saídas.

Em simultâneo, a procura de soluções para os problemas apresentados nos capítulos anteriores teve por base a cultura ou a filosofia de gestão *Lean*. Esta é uma boa referência, com o seu objetivo de criar um fluxo contínuo que permita garantir uma produção puxada. Contudo, se analisarmos do ponto de vista do cliente, todo o processo produtivo numa indústria ETO já apresenta uma produção puxada, afinal esta só produz o que o cliente quer, na quantidade que o mesmo estabelece com a empresa. Desta forma, observa-se como maior problemática neste tipo de produção, o cumprimento do prazo de entrega que o cliente deseja. Na realidade, nas empresas de ETO, por haver uma elevada variabilidade e baixo volume de produção torna-se impossível de garantir os prazos de entrega com técnicas usadas noutros tipos de sistemas de produção como seja o uso do conceito de “supermercado”, i.e. stocks limitados de produtos finais ou semi-acabados. Em vez disso, tal como refere a Tabela 5 existe a necessidade de se realizar um planeamento adequado, seguindo de um controlo rigoroso da execução das tarefas. Isto leva-nos a solucionar outros grandes problemas sendo estes os desperdícios existentes neste tipo de indústria que surgem maioritariamente devido à falta de comunicação entre os departamentos, como por exemplo:

- O departamento da engenharia que não fornece os desenhos que a área de processos necessita;
- O departamento de compras que adianta o que não é necessário e atrasa o que se precisa no momento;
- Áreas produtivas que não trabalham fora de forma sincronizada, originando material parado na fábrica.

Este problema tem como consequência abrandar os processos, os produtos param e as equipas de execução adiantam o processo que pode ser realizado, ou seja, empurram a produção e não puxam.

O modelo EPMS que se está a propor define onze características ou elementos que devem ser asseguradas, desenvolvidas e entendidas para se permitir uma implementação eficiente do referido modelo de gestão. Essas características ou elementos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Características/Elementos que Compõem o Modelo EPMS

Características/ Elementos	Definição
Cultura <i>Lean</i>	Tem como principal objetivo agregar valor para o cliente; Eficiente otimização de processos; Incentivo à participação e à capacidade crítica; Participação ativa de todos os colaboradores na cadeia de valores; Implementação de soluções simplificadas.
Estratégia e alinhamento organizacional	Todos os funcionários conhecem os propósitos e estratégias da empresa para além das tarefas atribuídas, sendo que são conhecedores das consequências do fracasso e dos benefícios do sucesso.
Desperdício	Sensibilização a cerca dos desperdícios e implementação da redução destes desperdícios. Todos os colaboradores são responsáveis por evitar o aparecimento dos desperdícios, podendo este não ocorrer através de um correto planeamento e desenho dos produtos e dos processos.
Orientação para o processo	Foco na estrutura dos processos com um pensamento horizontal no qual é observado o produto de início ao fim e não como os recursos se movem.
Melhoria contínua	Aprimoramento sem interrupções de processos, produtos e serviços,

	com foco na redução de desperdícios, melhor eficiência e inovação dos processos.
Fluxo de produção	Redução de tempo de espera dos recursos entre processos na montagem <i>just-in-time</i> , bem como o aprimoramento da comunicação correta da informação com os materiais e peças.
Empowerment	Formação continua na autonomia dos colaboradores na resolução de problemas partilhando responsabilidade dos sucessos e fracassos bem como analisa empírica dos KPI's.
Gestão visual e organização do posto de trabalho	Observação da condição atual do processo com a esperada, de forma regular e baseando em factos que permitem identificar quando o desempenho não é o desejado, e intervir adequadamente.
Padronização do posto de trabalho	Estabilização do processo através da repetição e do conhecimento obtido utilizando procedimentos, instruções de trabalho ou outros meios.
Prevenção	Priorização na prevenção de problemas e desperdícios através da verificação do processo com o recurso à ferramenta <i>Poko-Yoke</i> e a um programa de manutenção produtiva.
Tempo	Implementação do cumprimento dos prazos de entrega permitindo o controlo e a gestão do tempo necessário para garantir os prazos de entrega e a introdução de produtos novos no mercado.

Na Figura 25 apresenta-se uma descrição detalhada do modelo EPMS com todos os conceitos estudados ao longo da revisão da literatura e incorporados como contributos positivos para resolver problemas presentes na indústria ETO. A própria representação do modelo EPMS é feita a partir das características mencionadas na Tabela 6. A forma de hexágono com que é exibido o modelo pretende expressar a forte ligação existente entre todos os métodos apresentados. A ideia é que estes se complementem e interagem entre si para reduzir os problemas identificados e associados as empresas ETO. Enquanto, o processo apresentado de seis pilares ilustra a estrutura rígida, passo a passo, para a implementação do modelo, sendo estas: melhoria de eficiência, sistema de gestão de desempenho, padronização de processos e anormalidades, resolução de problemas, gestão de processos críticos de suporte e alinhamento e competências organizacionais.

O hexágono tem 4 particularidades sendo estas:

- Hexágono azul claro (componentes existentes);
- Hexágono cinzento (componentes novos ou modificados);
- Hexágono brancos (componentes novos ou componentes existentes);
- Hexágono verde (características ou elementos que compõem o EPMS).

Deste modo, importa explicar que no que concerne aos hexágonos intitulados componentes novos ou modificados estes referem-se ao facto da necessidade iminente de acrescentar requisitos que garantam a sua fiabilidade numa correta implementação.

As ferramentas próximas aos seis pilares devem ser interpretadas como facilitadoras do processo para implementação do modelo.

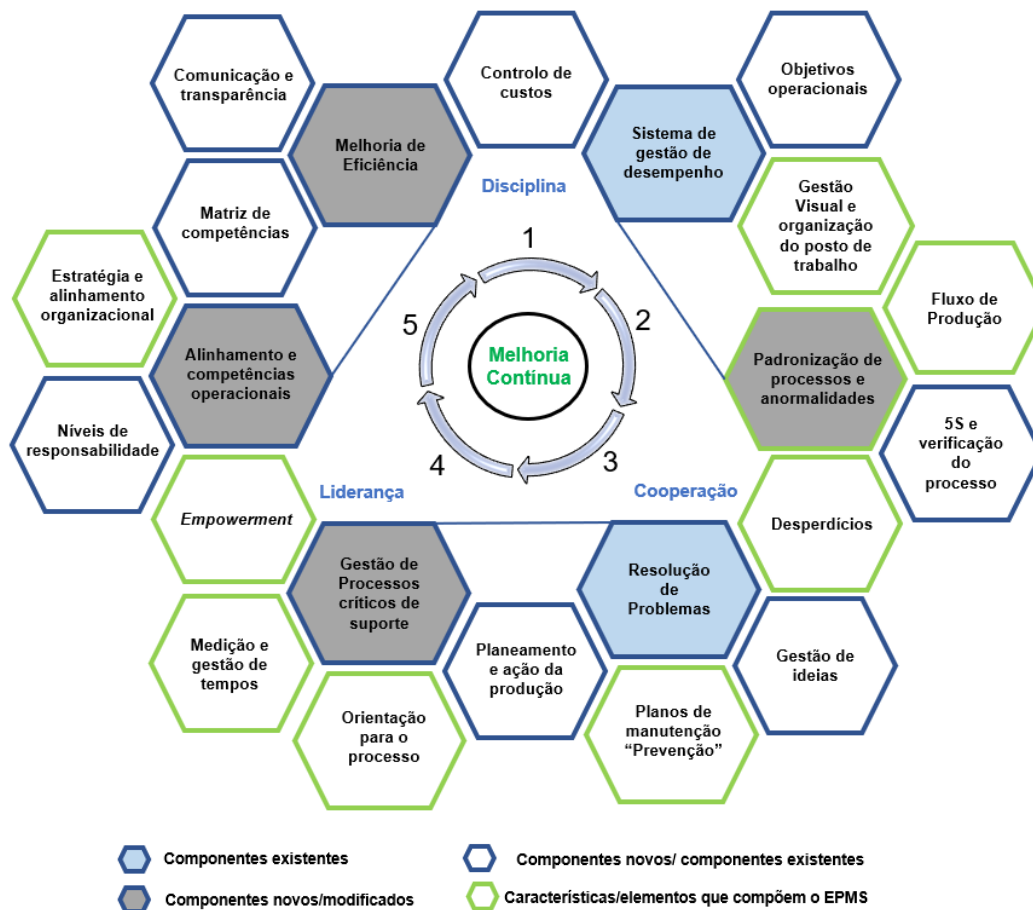


Figura 25 - O Modelo ETO *Production Management System*

O modelo de gestão surge com o intuito de contribuir para melhorar a competitividade das empresas de ETO bem como, para estas manterem uma sustentabilidade do negócio ao tentar combater os desperdícios, melhorando os processos produtivos existentes na empresa. O modelo ETO *Production Management System* apresenta como objetivo reduzir estes problemas com a implementação de um planeamento bem estruturado, sempre lembrando que um planeamento correto é aquele que pode ser executado consoante a capacidade da empresa e que possibilite a sincronização dos diversos departamentos e setores que participam em toda a execução do processo. Deste modo, torna-se importante salientar que o planeamento deve considerar a alocação dos recursos (capacidade) a serem utilizados, bem como os tempos necessários para execução de cada tarefa e sem dúvida ter tempos estabelecidos na iminência de ocorrer a necessidade de lidar com eventuais atrasos. O acompanhamento da execução do planeamento deve ser realizado com uma frequência que permita a empresa ter tempo de reação para resolver problemas. Esta frequência varia de processo para processo, sendo que em algumas empresas podem ser diárias, outras por turno, outras por hora, tendo como foco o acompanhamento dos processos bem como a resolução de problemas. Este acompanhamento deve ser realizado através da gestão visual, sendo esta uma ferramenta identificada como uma potencial ajuda na resolução de problemas (na Tabela 4), e permite de forma clara visualizar todos os problemas, bem como os atrasos e onde existe excesso de recursos.

Com este modelo torna-se possível realizar ações de forma sistemática para melhorar o desempenho dos departamentos para uma execução mais correta procurando a visualização do fluxo de informação que deve ser melhorado com a implementação de outras ferramentas *Lean* como por exemplo 5S e a padronização.

Neste sentido, tornou-se pertinente a criação da Tabela 7 que permite observar-se de que forma as características ou elementos do modelo EPMS conseguem responder aos problemas existentes atualmente na indústria.

Tabela 7 - Resolução de Problemas Através das Características do Modelo EPMS

Problemas	Características/Elementos										
	Cultura Lean	Estratégia e alinhamento organizacional	Desperdício	Orientação para o processo	Melhoria Contínua	Fluxo de produção	Empowerment	Gestão visual e organização do posto de trabalho	Padronização do posto de trabalho	Prevenção	Tempo
Dificuldades na gestão de informação entre cliente e departamentos de engenharia	X	X			X		X		X		
Eficiência insuficiente de mecanismo de controlo dos recursos	X			X	X		X	X	X		
Projetos complexos e muito específicos ou únicos	X		X	X	X	X			X	X	X
Falta/Incerteza no planeamento	X		X		X	X	X	X			X
Falta de controlo da Produção	X	X		X	X	X	X	X	X		X
Dificuldades no cumprimento dos prazos de entrega	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Elevado <i>lead Time</i>	X		X	X	X	X	X	X	X		X
Constantes retrabalhos	X	X	X		X	X		X	X	X	
Dependência humana associada a experiência dos profissionais	X	X			X		X				
Mudança de planos constantes no projeto	X	X			X	X	X	X	X	X	X
Atraso no fornecimento	X	X	X		X	X	X				X

da matéria prima											
Recursos de engenharia dispendioso	X	X			X		X				
Subcarga na produção ou existência de gargalos	X				X	X		X			X
Dificuldade de padronização dos processos	X			X	X		X	X	X	X	
Instabilidade de pedidos consoante o <i>stock</i> disponível	X	X	X		X	X	X			X	X
Reduzida previsão da estimativa da quantidade e do tipo de recurso a utilizar	X	X			X		X			X	
Incerteza nos tempos de produção	X				X	X					X
Fiabilidade dos equipamentos	X	X			X		X		X	X	
Disponibilidade de ferramentas e seu uso ineficaz em termos de parâmetros e condições	X	X			X		X	X		X	
Falta de capacidade produtiva	X		X		X	X	X	X	X		

Em síntese, após a visualização da Tabela 7, pode-se afirmar que as características do modelo EPMS que apresentam um maior número de problemas abrangidos são a cultura *Lean*, a melhoria contínua e o *empowerment*. No entanto, importa salientar que para uma eficácia completa do modelo de gestão EPMS é fundamental numa indústria ETO a utilização de todos os elementos ou características definidos na Tabela 6.

O modelo de gestão EPMS tem como principais objetivos:

- Proporcionar uma visão abrangente da forma como a empresa deve funcionar (Figura 25) com a evidência da existência de um conjunto de características (Tabela 5) que podem ser alcançadas com a implementação das ferramentas (Tabela 4);
- Permite uma abordagem estruturada à concretização de uma organização cuja a dinâmica operacional seja determinada pelos objetivos estabelecidos;
- Integrar ferramentas e técnicas concebidas para ajudar cada um dos departamentos e processos da empresa;
- Gestão com foco na qualidade e na satisfação do cliente;
- Redução de desperdícios aumentando o lucro;
- Sustentabilidade de negócio;
- Padronização nos processos;
- Produzir de forma mais eficaz e eficiente;
- Redução de tempos mortos;
- Estimular a criatividade e a noção de responsabilidade, favorecendo a iniciativa individual;
- Reconhecer e valorizar cada pessoa em função das suas competências e da sua contribuição para o sucesso comum.

Os objetivos anteriormente mencionados encontram-se presentes na criação deste modelo (Figura 25), impulsionando o sucesso das empresas com processo ETO. Deste modo, importa salientar que o principal objetivo do presente modelo trata-se de uma contribuição para que uma indústria ETO consiga alcançar o máximo de excelência possível no seu processo e desta forma, tornar-se eficiente.

A Figura 26 consiste num conjunto coerente de critérios de performance, construindo o caminho para a excelência. A progressão neste caminho só é possível através da utilização do procedimento PDCA e da partilha de métodos de trabalho, bem como do saber fazer de cada um dos colaboradores da empresa.

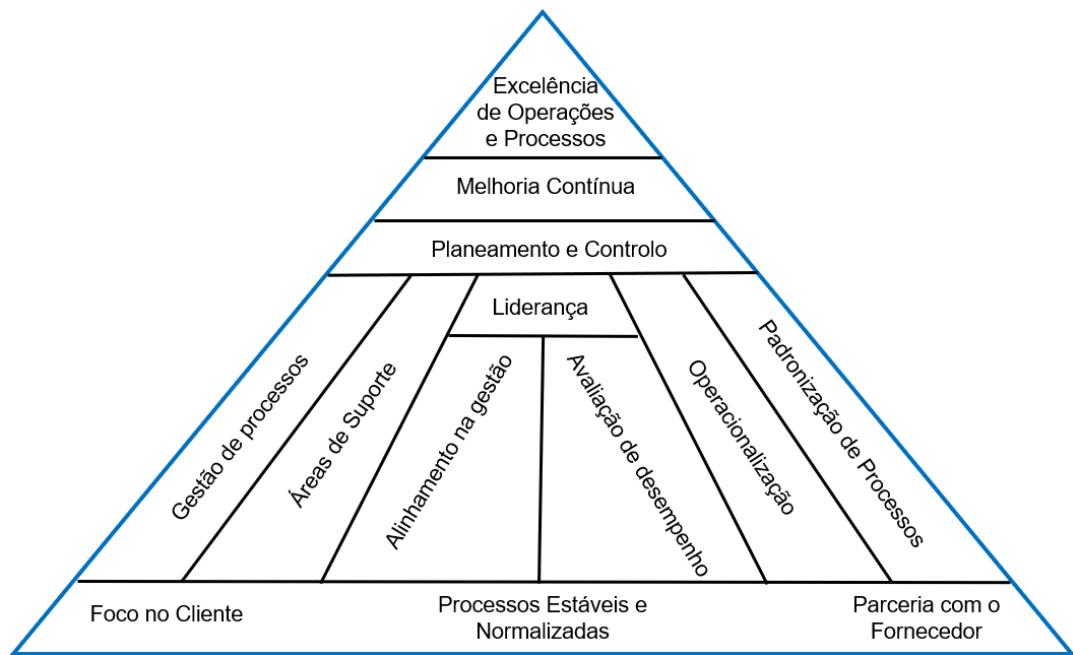


Figura 26 – Objetivos do Modelo de Gestão EPMS

O modelo EPMS pretende desta forma, colmatar os problemas existentes nas empresas ETO através de uma implementação orientada e adequada dos métodos e das ferramentas, que permitam auxiliar a gestão, com o intuito de fornecer uma contribuição real para a melhoria da eficiência deste tipo de empresas. Deste modo, importa salientar que não se encontra em causa a presença das ferramentas, mas sim a sua aplicação de forma adequada e orientada para o processo.

Pode-se afirmar que, no que concerne às diferenças existentes, estas podem dividir-se em 3 grandes partes, sendo estas:

- **Gestão de processos críticos de suporte e melhoria da eficiência** – Através do qual se deverá adotar uma prevenção sistemática para atingir uma redução do esforço necessário que permita uma solução reativa de problemas. Assim como, para atingir uma melhoria na eficiência, torna-se necessário elaborar uma decomposição das condições externas ou internas que se encontram alteradas de forma padronizada para a sua transformação em metas realistas ao nível operacional e no qual seja frequentemente analisado o desempenho homem – máquina - empresa.
- **Mudança da mentalidade sobre a implementação de uma ferramenta** – Neste, importa referir que é necessária a implementação de ferramentas que ajudam na orientação do processo, sendo essencial a utilização destas com o intuito de evitar a resolução de problemas através de tentativas erro e para se conseguir atingir resultados significativamente mais elevados. Deste modo, e de acordo com o mercado e com as especificações dos produtos é necessário a adoção de diretrizes da indústria com o intuito a serem implementadas as ferramentas que permitam uma abordagem de resolução de problemas através de um processo adequado,

definido e alinhado com os níveis de gestão presentes em cada empresa.

- **Comunicação** - Trata-se da troca de informação que deverá ser padronizada e programada entre a equipa, pois garante a troca de conhecimento entre as equipas, aumenta a eficiência na resolução de problemas e leva a um foco na prevenção para que não seja necessário intervir e reagir a problemas a longo prazo. Por fim, a comunicação refere-se à troca de informações padronizada e programada dentro da equipa.

Neste sentido, o EPMS-ETO *Production Management System* pretende aumentar a capacidade de ver e corrigir problemas a curto prazo e que podem contribuir para a reduzida qualidade dos produtos e reclamações dos clientes.

Relativamente à gestão de anormalidades, pode-se observar na Figura 27 uma proposta de etapas necessárias que permitem estabilizar e gerir os imprevistos presentes, incentivando uma evolução para a padronização de processos, já referida na Figura 25 como um elemento importante do modelo de gestão. Deste modo, propõe-se que deva ser implementado e desenvolvido nas equipas de chão-de-fábrica a ferramenta 5S, tendo em conta que devem ser observados e tidos em consideração os dados externos dos parâmetros do processo como por exemplo a pressão e a temperatura de uma prensa de moldagem. Estas informações e dados de chão-de-fábrica podem ser obtidos através do recurso a um *software* de dados. O EPMS propõe a gestão de imprevistos como um processo contínuo que permite uma atualização dos dados existentes através da inserção de padrões novos ou modificados. Neste sentido, cada anormalidade identificada, isto é equipamento, segurança ou 5S, deverá ser classificada de acordo com a sua não conformidade e atribuída a um membro da equipa do chão-de-fábrica que tenha competências para a solucionar.

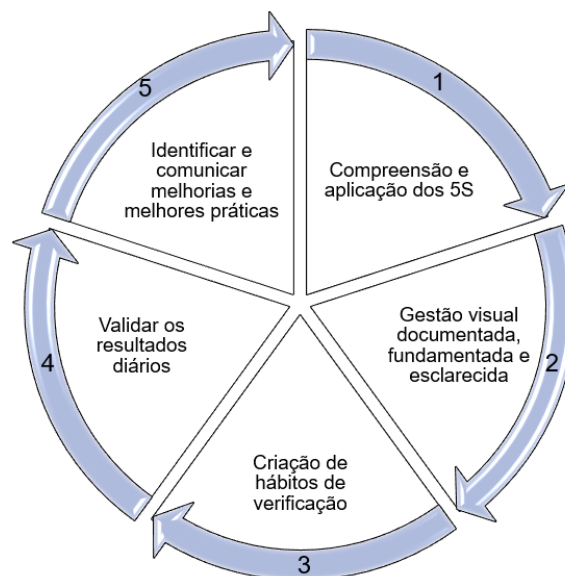


Figura 27 - Ciclo de Controlo de Anormalidades

No que respeita à gestão de processos críticos de suporte e alinhamento de capacidade

operacional o EPMS defende que as questões relacionadas à qualidade do produto são o resultado de uma mudança, sendo que para isso, cerca de metade de todos os problemas decorrem das mudanças programadas, como novos números de peças, modelos de produtos ou introdução de novos processos de produção.

Considerando que estes processos podem ser geridos por outras empresas antes do início da produção e desta forma não pertencem principalmente ao chão-de-fábrica por exemplo:

- O processo de desenvolvimento de produtos;
- Processos de troca de ferramentas ou *setup*;
- Mudança de operador;
- Condições anormais em termos de mau funcionamento da máquina ou ferramenta.

Portanto é necessário começar uma análise holística dos possíveis pontos de mudança, como se pode observar na Figura 28.

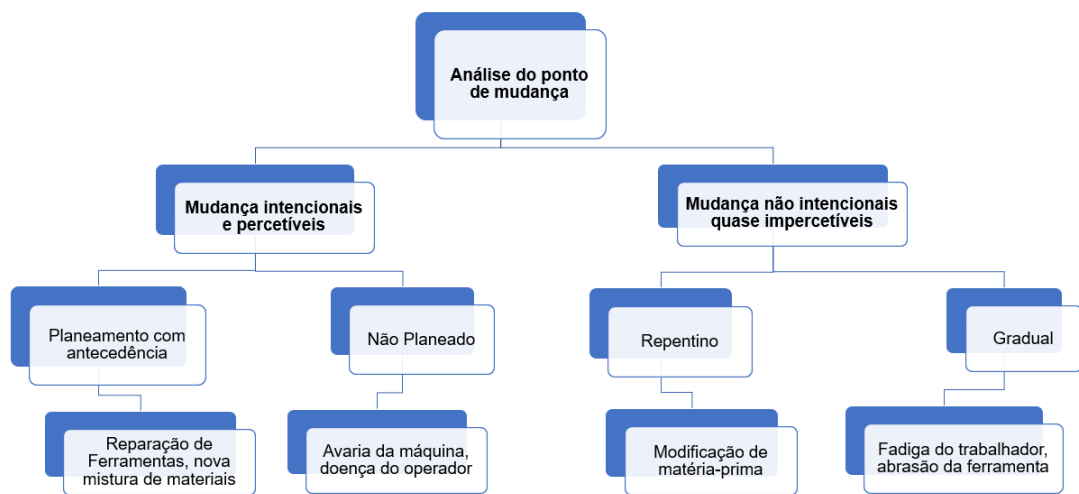


Figura 28 - Análise do Ponto de Mudança (adaptado de [195])

Os pontos de mudança em cada umas das quatro categorias devem ser discutidas em relação às causas-raiz impactadas pelo homem, máquina, material e métodos, utilizando diagramas, experiências passadas, problemas atuais e potenciais riscos futuros devem também ser levados em consideração nesta fase de *brainstorming*. Dito isto, o desafio para as mudanças planeadas é minimizar a interrupção da produção atual, seguidamente o foco é definir regras de reação adequada para o pessoal que enfrenta situações anormais claramente descritas. Conseguindo assim concluir que a visualização é a chave para a gestão de mudanças graduais, bem como os limites de controlo superior e inferiores combinados com os dados de processo em tempo real, por exemplo, nitidez das ferramentas indicam se os pontos de mudanças foram alcançados ou se ainda estão a ser analisados.

A ferramenta *6 Sigma* permite modelar o comportamento do sistema caso os dados do processo não possam ser medidos diretamente. Quando a análise estiver concluída, as regras de reação padrão devem ser acordadas e descritas no quadro de regras de reação de anormalidades (Figura 29). As regras conectam os pontos de mudança à esquerda com a escala de níveis correspondentes à direita, começando com o operador, alcançando níveis mais

elevados até ao gerente de operações, descrevendo ações específicas a serem estabelecidas de acordo com as competências de cada função. Os níveis devem ser alinhados a outros processos como por exemplo auditorias de processos.

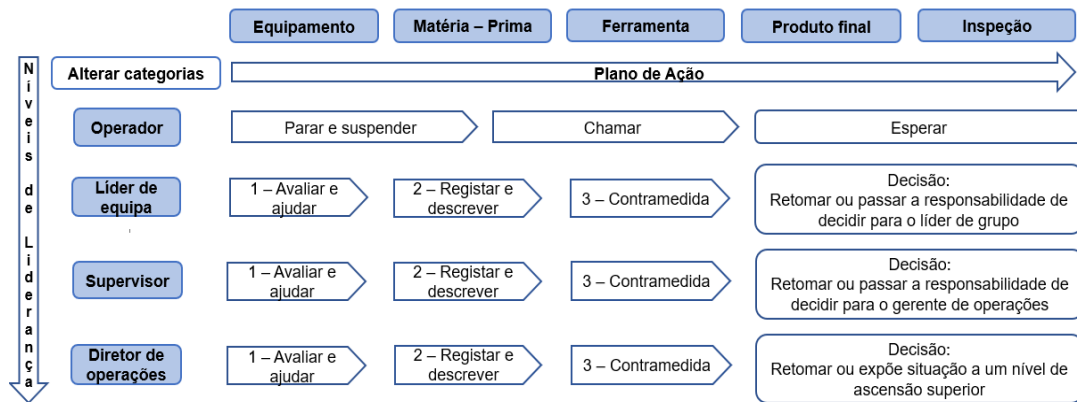


Figura 29 - Exemplo de Regras de Reação

Inicialmente, cada nível inicia com uma fase de avaliação e assistência para concordar com o problema e compreender a causa raiz. Em seguida, é feito o registo e relatório do ponto de mudança ocorrido. O histórico de registos facilita a especificação do controlo interno ou externo e também ajuda a entender detalhadamente o impacto do ponto de mudança na saída do processo. Se a contramedida iniciada diretamente for efetiva, as operações regulares serão retomadas e não será necessário subir para o próximo nível. Para garantir uma resposta rápida e o rastreamento de informações, podem ser definidos prazos de entrega padrão para cada nível, que são encaminhados automaticamente para a próxima etapa.

No entanto, é importante evitar projetar esse fluxo automatizado de forma muito agressiva, pois isso pode resultar em excesso de detalhes nos níveis mais altos de gestão ou sobrecarregar o processo. Mesmo com mão de obra altamente qualificada e treinada, esses *displays* servem como orientação e verificação das ações necessárias. É importante ressaltar que esse método não substitui descrições de processos mais detalhadas, como planos de controlo de qualidade. Em resumo, essa ferramenta ilustra as regras de reação padrão para observadores externos e descreve explicitamente o comportamento dinâmico do sistema de produção.

No que diz respeito à melhoria da eficiência, o modelo ETO *Production Management System* afirma que, além de manter os padrões existentes, é necessário fornecer uma abordagem e metodologia consistentes para facilitar a melhoria sustentável da eficiência. As condições externas e as metas de desempenho podem mudar continuamente, assim como a procura contínua pela redução de desperdícios.

Para abordar essas especificações, o primeiro passo é definir as necessidades atuais e o foco de melhoria, que podem ser induzidos por mudanças nas condições externas, como aumentos no volume de produção solicitados pelo cliente ou decisões estratégicas, como transferências internas de produtos. Os principais indicadores de desempenho afetados devem ser selecionados e as metas devem ser formuladas de cima para baixo, garantindo um equilíbrio

entre qualidade, prazo de entrega, produtividade e segurança.

Em seguida, como segundo passo, é realizada uma análise aprofundada do desempenho atual das células de produção, entendendo os limites da área de produção por meio da utilização de *layouts* de equipamentos. Nessa fase, o foco é no trabalho padrão e nas atividades não padronizadas, como avaria de máquinas. A precisão das unidades de medida de tempo depende da escolha do observador e do grau de padronização atual.

É importante escolher as unidades de medida de acordo com a capacidade de distinguir entre atividades que agregam valor e aquelas que resultam em desperdício. Esse conceito pode ser aplicado para comparar máquinas semelhantes em um determinado nível ou etapa do processo. Os resultados da análise do trabalho padrão são registrados por meio da utilização de folhas de combinação de trabalho padrão e *layouts* de trabalho padrão.

No terceiro passo observa-se um índice de produção com três tarefas, sendo estas:

- Consolidação dos dados de desempenho atuais;
- Divide as metas de eficiência geral para parâmetros de desempenho específicos da linha de produção;
- Compara de forma rápida diversos cenários entre si antes que as metas finais sejam definidas.

Relativamente ao quarto passo, neste ocorre a definição dos itens de implementação para satisfazer as submetas referida no terceiro passo assim como são beneficiados a análise de tempo detalhados e a análise de dados dos passos anteriores. Idealmente, cada melhoria deveria ser estudada separadamente no chão-de-fábrica e o seu impacto verificado, pois deste modo é possível uma troca de ideias de otimização para equipamentos com pequenas modificações fora da respectiva área.

Por fim e no quinto passo, tendo em conta que todos os itens de melhoria são escolhidos e o seu impacto relacionado ao tempo verificado, nesta fase engloba-se a sua implementação sustentável. Neste observa-se mudanças técnicas de equipamentos, formação de funcionários e atualização de normas que são realizadas passo a passo, sendo que até que a eficiência desejada seja alcançada e estabilizada, o índice de produção deverá ser controlado turno a turno, pois a implementação é gerida através dos recursos de cada gestão de chão-de-fábrica.

Em síntese, para se atingir os objetivos estabelecidos pela empresa, bem como para implementar o modelo de gestão é necessário otimizar os processos existentes. Os objetivos da empresa devem ser estruturados de acordo com:

- Definir a estratégia a adotar para o aumento da autonomia das equipas de melhoria contínua;
- Produzir com foco na qualidade e na correção de anomalias ou ineficiências de processos;
- Reduzir os desperdícios na produção bem como na redução de todos os processos desnecessários;
- Monitorizar os dados e reportar resultados alcançados;
- Cumprir os prazos de entrega estabelecidos com os clientes;

- Cumprir com a manutenção preventiva bem como, com qualidade do ambiente.

Para a implementação do modelo de gestão *EPMS*, cada organização tem que considerar quatro pilares fundamentais:

1. Ter como base o trabalho de equipa, medição de performance, melhoria continua e melhoria de fluxos de comunicação entre todos os departamentos;
2. Ter como base a organização e eficiência da produção, melhoria do processo e diminuição de desperdício;
3. Garantir a qualidade dos produtos, autocontrolo, paragem quando detetado uma ineficiência, garantido que nenhuma peça “não ok” chegue ao cliente, melhoria continua na qualidade;
4. Garantir os fluxos de materiais entre as áreas de trabalho a eficiência dos abastecimentos e a melhoria continua em termos logísticos.

Apesar de o modelo de gestão apresentado ao longo deste tópico não se limitar especificamente á gestão do processo produtivo, este tem como principio seguir qualquer melhoria através da utilização da ferramenta PDCA bem como de uma metodologia adequada [64].

O objetivo inicial com a implementação do modelo de gestão *EPMS* será denominado como o **primeiro nível** de maturidade e tem como foco reagir rapidamente às falhas existentes no processo, ou seja, observar os problemas que já ocorreram como por exemplo: paragem de uma máquina por erro de processo. O **segundo nível** destaca-se pela prevenção preventiva de problemas, onde as potenciais fontes de risco são monitorizadas sistematicamente com o intuito de aplicar ações necessárias para eliminar os problemas. Os problemas devem ser monitorizados e acompanhados de perto para evitar a ocorrência dos mesmos problemas, assim é garantido que a causa e o efeito raiz sejam bem compreendidos de forma a não ocorrer os mesmos problemas de novo. Para atingir um nível mais alto do modelo de gestão é necessário entender o comportamento de todo o sistema envolvente e começar por padronizar as regras de prevenção e dos respetivos planos de ação, com o intuito de poder fazer planeamento e o controlo dos processos de produção, construindo assim o conceito de gestão diária dos processos.

O modelo de gestão que está a ser proposto é um forte contributo para a implementação de uma empresa de excelência, e isto porque tem por base princípios da filosofia *Lean* e outros, possibilita a organização da estrutura organizacional com processos e atividades padronizadas, equipas capacitadas e multi-qualificadas com uma compressão profunda dos conceitos revistos na filosofia *Lean*. Deste modo, permite uma rápida decisão e facilidade na implementação sustentável de contramedidas eficazes e eficientes, o controlo de anormalidades e ainda a implementação da melhoria continua e da eficiência ao longo do fluxo de valor, sendo estes os principais impulsionadores das atividades de melhoria e implantação do modelo.

Por fim, deverá ser implementado a monitorização regular e a documentação do *status* de implementação com recurso à gestão visual documentada na área da produção. Desta forma o ciclo de controlo de anormalidades é concluído através da identificação de soluções adequadas

para as equipas de chão-de-fábrica antes de retomar uma atividade diferente.

Concluída a apresentação da proposta de modelo de gestão, o presente estudo prossegue com a validação do modelo de gestão ETO *Production Management System*. Para tal foi definida e identificada uma metodologia que será apresentada na secção seguinte.

6.3. Metodologia a Adotar e Validação do Modelo EPMS

No presente sub-capítulo será explicada qual a metodologia utilizada na recolha de informação para a validação dos resultados do presente trabalho. Desta forma, determinou-se a definição do método de recolha, a sua natureza, os objetivos e os procedimentos a utilizar.

6.3.1. Principais Conceitos e Métodos de Pesquisa

As principais técnicas que permitem classificar as metodologias de pesquisa são as: quantitativa e qualitativa. A metodologia quantitativa envolve o processo de recolha e análise objetiva dos dados numéricos para prever ou controlar variáveis de interesse [196].

No que diz respeito à pesquisa qualitativa o objetivo principal é compreender a realidade social de indivíduos, grupos e culturas o mais próximo possível de como os seus participantes a sentem ou vivem, isto é, pessoas e grupos são estudados no seu ambiente natural. A metodologia qualitativa não se preocupa simplesmente com os fatos ou eventos mensuráveis, mas também com a forma como as pessoas constroem, interpretam e dão significado às experiências.

Na Tabela 8 é apresentada uma tabela comparativa de ambas as metodologias mencionadas anteriormente [197].

Tabela 8 - Comparação das Metodologias Qualitativas e Quantitativa [197]

	Conceptual	Metodológica
Qualitativa	<ul style="list-style-type: none">Assume uma realidade dinâmica e negociável;Preocupa-se em entender o comportamento humano a partir da perspetiva do informador;	<ul style="list-style-type: none">Os dados são reportados na linguagem do informador;Dados são recolhidos a partir de observação do participante e entrevistas;Os dados são analisados por temas a partir das descrições dos informadores;
Quantitativa	<ul style="list-style-type: none">Preocupa-se em descobrir fatos acerca de fenómenos sociais;Assume uma realidade fixa e mensurável;	<ul style="list-style-type: none">Dados são recolhidos a partir da medição de algo;Os dados são reportados através de análises estatísticas;Os dados são analisados por comparação numérica e conclusões estatísticas;

6.3.2. Caracterização da Pesquisa

No seguimento do conteúdo apresentado anteriormente, na presente pesquisa será adotada uma metodologia de investigação de natureza qualitativa e exploratória, na qual será utilizado como recurso técnicas de pesquisa bibliográfica e de estudo de caso. Através da pesquisa qualitativa pretende-se compreender o contexto e as particularidades do objeto de estudo [200]. Neste sentido, importa salientar que foi elaborada a recolha de opinião de determinadas personalidades que apresentam um reconhecido conhecimento prático e teórico sobre a temática do presente estudo, sendo que se encontram a desempenhar funções na R.A.R.I – Construções metálicas, engenharia, projetos e soluções industriais, Lda, na Volkswagen Autoeuropa Ida (Portugal e Brasil) e na Riber mold, permitindo desde modo compreender significativamente o tema em estudo e as suas particularidades.

Quanto à pesquisa bibliográfica, através desta foi possível orientar e enquadrar a recolha e análise de informação através do contributo de autores que se dedicaram a investigar o presente tema. Neste sentido, o estudo de caso caracteriza-se por ser recomendado numa investigação com um tema complexo, permitindo a construção de hipóteses ou uma reformulação do problema. Isto deve-se ao facto de não apresentar aprofundamento na literatura, o que a torna adequada para uma metodologia de cariz qualitativo, com o objetivo de contribuir para ampliar os conhecimentos relativos aos processos de implementação de um modelo de gestão nas empresas ETO e analisar o seu impacto num contexto empresarial em específico.

6.3.3. Técnicas Utilizadas na Recolha de Dados

No que concerne à recolha de dados, esta trata-se do modo como se obtém os conteúdos necessários para responder à problemática do estudo e que condiciona as conclusões que são obtidas no presente estudo [201]. Ainda neste sentido, os métodos qualitativos mais utilizados são a observação, a entrevista e os grupos focais (*Focus Group*), sendo que cada um apresenta características para obter dados específicos.

Tendo em conta que no presente estudo é adotado como método qualitativo de pesquisa (entrevista), torna-se necessário explicitar que a realização de entrevistas é caracterizada como uma técnica de recolha de dados bastante utilizada na investigação, com o intuito de obter informações de carácter objetivo e subjetivo que consiste numa interação verbal entre o entrevistador e o entrevistado. Deste modo, podem-se identificar entre entrevistas de resposta aberta ou fechada, estruturada ou não estruturada, semiestruturada ou semiaberta. Quanto às que apresentam questões de resposta aberta, nesta observa-se uma opinião do entrevistado, enquanto nas que apresentam questões de resposta fechada necessitam de uma resposta direta e limitada.

Relativamente às entrevistas estruturadas, estas apresentam-se como as mais sistematizadas, enquanto nas entrevistas semiestruturadas o entrevistador utiliza perguntas predeterminadas numa ordem específica.

Na entrevista não estruturada é utilizado um método de recolha de dados que consiste na

realização de perguntas aos participantes com o intuito de adquirir informações sobre um determinado tópico, sendo que não apresentam um padrão definido e não são elaboradas com antecedência. No que concerne à entrevista semiestruturada, nesta é utilizado um método de recolha de dados que consiste na elaboração de perguntas dentro de uma temática pré-definida, visto que estas não se encontram definidas em ordem ou em frases e combinam perguntas abertas e fechadas [201].

Com o intuito de avançar com a entrevista, foi escolhida a técnica de recolha de dados a utilizar tendo como base inicialmente a entrevista semiestruturada e posteriormente questões de entrevista estruturada. Ainda neste sentido, as entrevistas foram elaboradas através de um guião (ANEXO I) com o intuito de auxiliar o entrevistador a obter a informação pretendida.

Seguidamente, são expostas as questões de entrevista estruturadas, no qual é obtido um conhecimento mais extenso acerca da temática através da revisão da literatura efetuada e baseia-se nesta para obter respostas concretas sobre os temas abordados. Desta forma, são utilizadas questões pré-definidas numa ordem específica e no qual são abordados os tópicos estudados na literatura e permitem ter resultados para os principais problemas encontrados [201].

No que remete para a análise da informação obtida nas entrevistas, esta foi efetuada através do método de análise de conteúdo, no qual é possível apresentar significativamente a importância das investigações no sentido em que permite tratar a informação e o testemunho e apresentam um certo grau de profundidade e complexidade [201].

6.4. EPMS Validação Face a Atual Realidade Industrial

Tendo em conta que ao longo da pesquisa bibliográfica apresentada, observa-se que esta se trata de uma problemática importante a ser solucionada, pretende-se desta forma elaborar uma base comparativa com o intuito de analisar e complementar os resultados adquiridos através das entrevistas realizadas.

6.4.1. Análise dos Resultados da Entrevista Semiestruturada

Com o intuito de compreender o processo de implementação de cada realidade industrial, iniciou-se pela análise da informação recolhida em cada entrevista (ANEXO I). Deste modo, foi utilizada a informação recolhida na primeira parte do questionário e que tem como principal objetivo adquirir informações relativamente ao percurso profissional de cada indivíduo em empresas do tipo ETO e a sua perceção no que concerne à caracterização da sua empresa em termos, tecnológicos, organizacionais e em comparação tecnológica e organizacional com outras empresas. Neste sentido, foi aplicada uma escala de 1 a 5 (fraca a excelente).

Importa ainda referir que apesar deste estudo possuir um número reduzido de

participantes, os mesmos representam uma contribuição significativamente positiva, pois trata-se de nomes revelantes e com influência nesta área de atuação.

No que concerne ao entrevistado que se encontra a desempenhar funções na R.A.R.I este observa que ao nível do projeto a empresa se encontra significativamente positiva, atribuindo o nível 4 a mesma. Relativamente ao nível do planeamento, este caracterizou a empresa como nível 3, adotando uma postura neutra neste parâmetro. No entanto, ao nível de produção considera que a empresa se encontra a nível 4, como se pode observar na Figura 30.

Relativamente ao entrevistado que se encontra a desempenhar funções na Volkswagen Autoeuropa Lda (Portugal), através da Figura 30, pode-se observar que ao nível do projeto este considera que a mesma se encontra excelente, atribuindo uma pontuação de 5. Tanto ao nível do planeamento e ao nível de produção, foi atribuído pelo mesmo um valor de 4, considerando que se encontra significativamente positivo.

Quanto ao entrevistado que se encontra a desempenhar funções na Ribermold, através da Figura 30, pode-se observar que ao nível do projeto este considera que a mesma se encontra excelente, atribuindo uma pontuação de 5. Tanto ao nível do planeamento e ao nível de produção, foi atribuído pelo mesmo um valor de 4, considerando que se encontra significativamente positivo.

No que respeita ao entrevistado que se encontra a exercer funções na Volkswagen Autoeuropa Lda. (Brasil), como se pode observar na Figura 30 este relata que a mesma se encontra excelente, ao qual atribui-o uma pontuação de 5. Quanto ao nível do planeamento, este considera que a empresa se encontra a nível 3, adotando uma postura neutra neste parâmetro. Relativamente ao nível de produção, este atribui o nível 4 à empresa, o que indica que considera que a empresa se encontra num nível significativamente positivo.

Em síntese, pode-se observar que tanto o entrevistado que desempenha funções na Volkswagen Autoeuropa Lda (Portugal) como o entrevistado que se encontra a desempenhar funções na Ribermold classificam ambas as empresas ao mesmo nível, tanto ao nível de projeto, de planeamento como de produção.

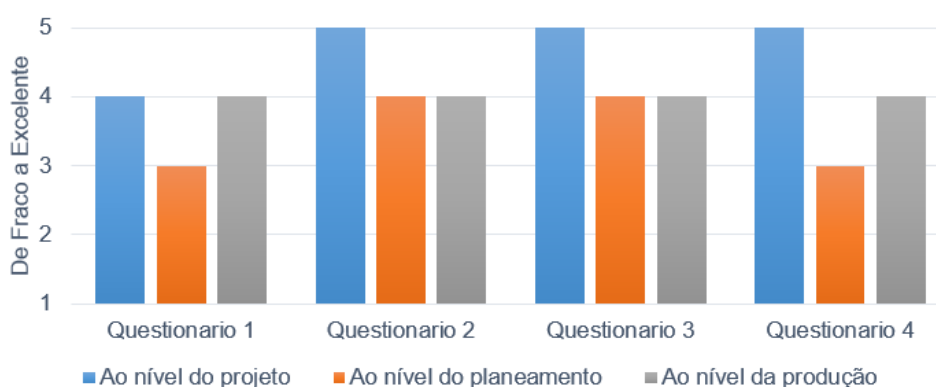


Figura 30 - Caracterização da Empresa em Termos Tecnológicos

No que respeita a nível organizacional, cada participante elaborou uma descrição acerca

da empresa onde se encontra a desempenhar funções. O participante que se encontra na empresa R.A.R.I refere que *“A empresa, a semelhança com o que se passa nas outras empresas do sector, tem identidade própria e uma cultura bem vincada. Tratando-se de uma indústria ou produto muito técnico onde há uma definição clara de funções e departamentos. Existem rotinas de Gestão e KPI, no entanto a profundidade de análise e a implementação de contramedidas fica aquém do desejado. A melhoria continua é muito baseada em “lesson learned”, faltando rotinas e praticas para que a mesma seja consistente. O trabalho de equipa e envolvimento das pessoas/departamentos é fundamental para o bom desempenho e sucesso na atividade. As equipas são compostas por técnicos/quadros especialistas com autonomia no processo de decisão. A gestão de topo tem um papel muito importante e relevante na atividade pelo que a proximidade e suporte às pessoas/equipas é fundamental”*.

Seguidamente, o participante que se encontra a desempenhar funções na Volkswagen Autoeuropa (Portugal), relata que *“Em termos organizacionais a Unidade de Negócios da Volkswagen Autoeuropa é uma réplica de uma Ferramentaria do Grupo Volkswagen, com funções e responsabilidades bem definidas. Existem KPI's que por serem facilmente comparáveis com os das outras Ferramentarias se tornam essenciais para a medição do desempenho. No entanto, porque falamos de produtos únicos, há que atender às especificidades de cada um deles. A otimização sistemática das metas e orçamentos obriga à correta aplicação das melhores práticas de Melhoria Continua sendo o desempenho consistentemente avaliado e comparado com as organizações semelhantes. Existe uma política de reconhecimento, incluindo prémios individuais e coletivos, para as ideias de Melhoria Continua quer individuais quer coletivas. A Qualificação é constantemente avaliada e as horas de formação ministradas são um KPI que faz parte da avaliação do desempenho da Liderança. Sendo o objetivo dessa qualificação o aumento da autonomia a que corresponde uma progressão de carreira das pessoas. O facto de a Produção funcionar num regime de laboração continua, implica que os resultados obtidos serão sempre fruto do trabalho da equipa, uma vez que raramente existem atividades desenvolvidas do princípio ao fim apenas por uma pessoa”*.

Posteriormente, o participante que se encontra a desempenhar funções na Ribermold, refere que *“Cultura agressiva e muito competitiva, responsabilidades altas, rotinas de gestão intermédias, a nível de KPI quase inexistentes, envolvimento elevados das pessoas, trabalho em equipa intermedio, autonomia baixa, decisões passam muito pelo dono da empresa.”*.

Relativamente, ao participante que se encontra a desempenhar funções na Volkswagen Autoeuropa (Brasil), este explica que *“Cultura bem vincada. Definição de funções e responsabilidades coerentes. As rotinas de gestão existem, mas tem de melhorar a autonomia da decisão. Existe e é utilizado o KPI mas não é um ponto forte. A prática de melhoria continua são um ponto fraco. Envolvimento das pessoas é forte na fase de engenharia, mais fraco na fase da produção. O trabalho de equipa existe, mas com alguma lacuna na troca de experiências. A qualificação e autonomia no processo de decisão é um ponto fraco e a organização é lenta e reativa.”*.

Seguidamente, quando questionados “como caracteriza a empresa em termos tecnológicos

e organizacionais em relação a outras empresas que tenha como referência?”, todos os participantes atribuíram à sua empresa a classificação de 4 numa escala de 1 a 5.

Neste sentido, foi questionado “reconhece a existência de um modelo de gestão nessa empresa e se sim como o caracteriza”, para a qual todos os participantes responderam que sim, isto é, identificam a existência de um modelo de gestão.

Como se pode observar na Figura 31, os participantes consideram que apesar da existência deste modelo, existem aspetos a melhorar como a implementação do modelo com o intuito de resolver os problemas do processo.

No entanto, consideram que o mesmo encontra-se formalmente definido e comunicado, que existe uma correta comunicação entre os diversos departamentos e que existe falta de prática e uso coerente de técnicas e métodos.

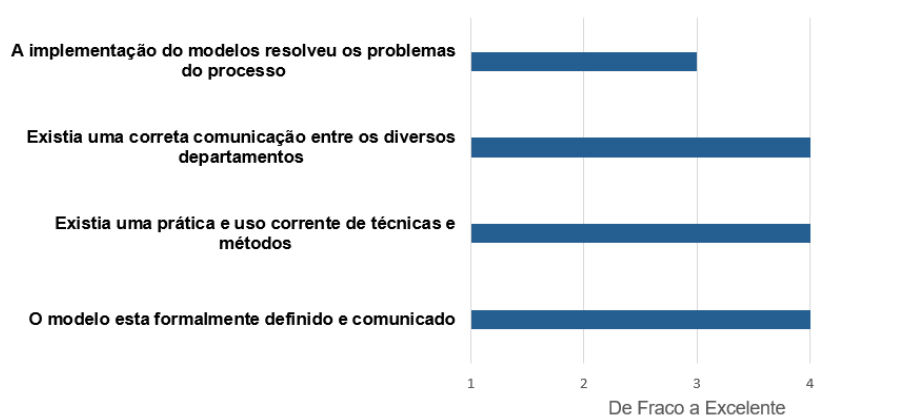


Figura 31 - Modelo de Gestão Existente na Empresa

Analisando a segunda parte da entrevista (ANEXO I) elaborada e estruturada por questões estruturadas que apresentam como base a revisão bibliográfica efetuada no presente estudo.

No que diz respeito à caracterização de uma empresa ETO, a literatura mostra que este tipo de empresa possui características predominantes, sendo as principais: atividade baseada em projetos, baixo volume de produção anual, prazos de entrega elevados, complexidade alta em termos de produtos e/ou processos, foco no cliente e alta personalização.

Inicialmente foi questionado “Como caracteriza uma indústria ETO?”, sendo que de acordo com a Figura 32, pode-se observar que os participantes consideram que a mesma é centrada no cliente, baseada em projetos, com altos níveis de personalização, baixos volumes, elevados tempos/prazos de entrega e com alta complexidade.

No que concerne à elevada variabilidade e a alta personalização, estes foram os aspetos que apesar de apresentarem um valor mediano na escala, os participantes deste estudo classificaram como menos característico de uma indústria ETO.

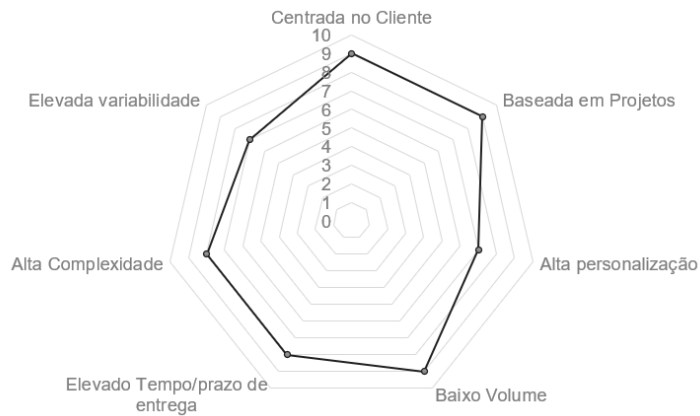


Figura 32 – Caracterização de uma Empresa ETO

Seguidamente, foi questionado a cada participante “Quais os principais problemas que identifica numa indústria de ETO, a sua frequência e o impacto em termos de tempo e custo?”, sendo que como se pode observar na Figura 33 os problemas identificados com maior frequência foram: a falta de capacidade produtiva, a subcarga na produção ou existência de gargalos, os recursos de engenharia dispendiosos, a dependência humana associada à experiência dos profissionais, os constantes retrabalhos, o elevado *Lead Time*, as dificuldades no cumprimento dos prazos de entrega, a dificuldade de controlo de produção e a dificuldade na otimização de design do produto com influência na cotação.

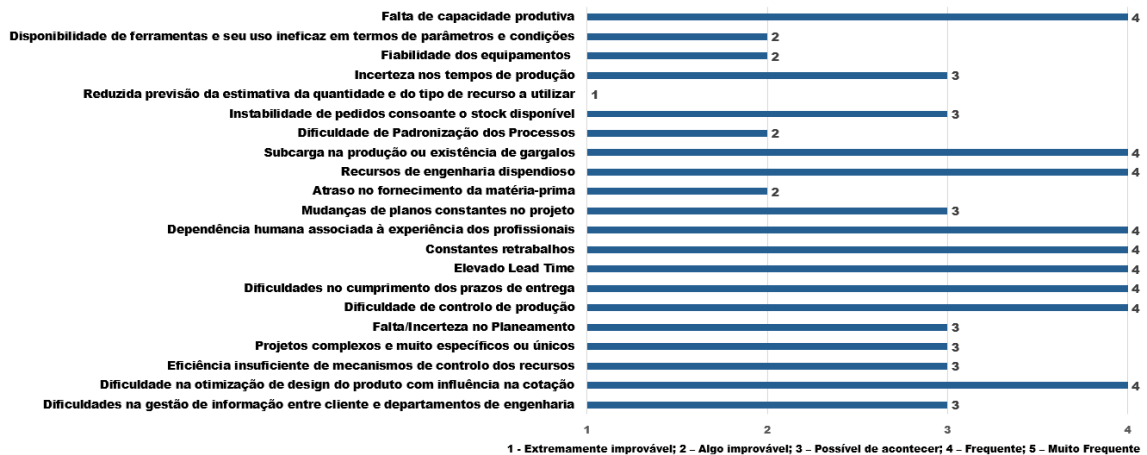


Figura 33 - Frequência dos Problemas Identificados numa Empresa ETO

De acordo com a Figura 34, pretende-se identificar quais os problemas que apresentam um maior impacto no que respeita ao tempo necessário para a resolução do mesmo, sendo estes a falta de capacidade produtiva, dependência humana associada à experiência dos profissionais, dificuldade no cumprimento dos prazos de entrega e dificuldades de controlo da produção.

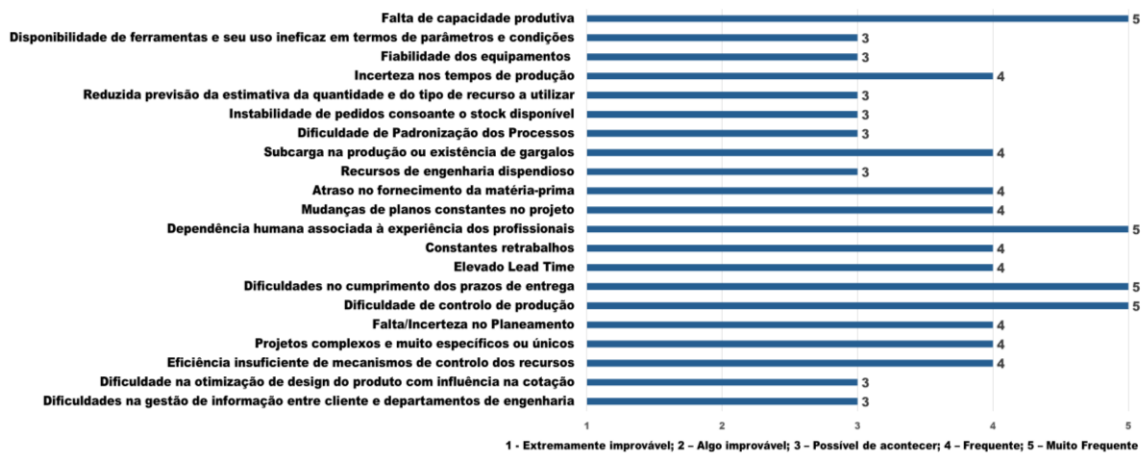


Figura 34 - Impacto dos Problemas em Relação ao Tempo

No que concerne ao impacto do custo que os problemas apresentam para as empresas, através da Figura 35, podemos observar que apenas é identificado um problema com valor significativo, sendo este os constantes retrabalhos.

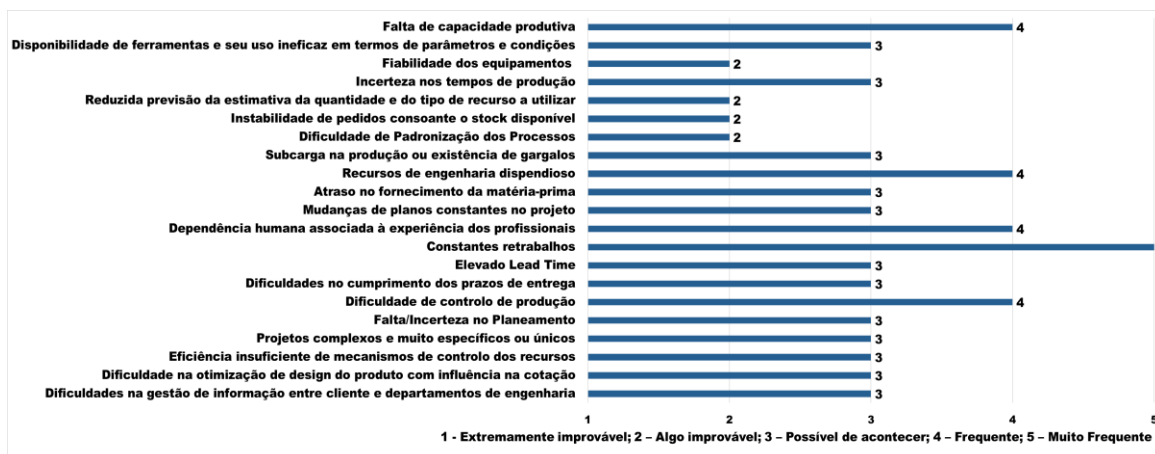


Figura 35 - Impacto dos Problemas em Relação ao Custo

Posteriormente, foi questionado a cada participante “na sua opinião, quais os principais requisitos para uma correta gestão operacional”, do qual pode-se constatar através da Figura 36 que todos os requisitos apresentam percentagens iguais não existindo discrepância de valores, o que nos transmite a informação de que todos os requisitos presentes na Figura 36 são fundamentais para uma correta gestão operacional de uma indústria ETO.

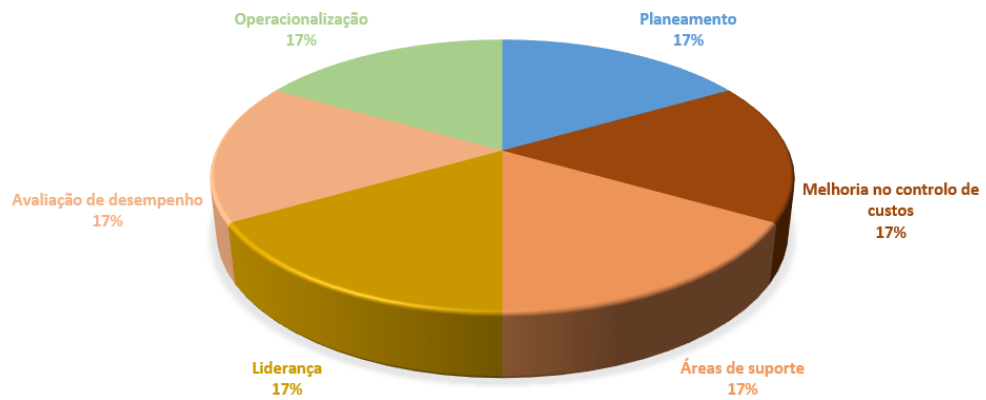


Figura 36 - Requisitos para uma Correta Gestão Operacional

Analisando a terceira parte da entrevista (ANEXO I), na qual foram elaboradas um conjunto de 20 questões com o objetivo de compreender quais os métodos, ferramentas ou ações que apresentam maior impacto em cada problema como referido na tabela 3.

Como se pode observar na Figura 37, os participantes consideram que os métodos, ferramentas ou ações que apresentam mais influência na resolução de problemas dentro de uma indústria ETO são a cultura *Lean*, orientação para o processo, o fluxo de produção, o desperdício, a gestão visual e organização do posto de trabalho e a prevenção.

Através da observação da Figura 37 pode-se ainda constatar que os participantes consideram que as estratégias e alinhamento organizacional, a melhoria contínua, o *empowerment* e o tempo são os métodos, ferramentas ou ações que apresentam uma menor influência na resolução dos problemas das empresas ETO.



Figura 37 - Métodos, Ferramentas ou Ações com mais influência

Capítulo 7

Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

No presente capítulo pode-se observar uma reflexão das principais conclusões do presente estudo e o desenvolvimento para a elaboração de trabalhos futuros.

7.1. Conclusões

Atualmente, as empresas de ETO estão constantemente a procurar inovação e desenvolvimento de métodos para aumentar a eficiência da sua produção. No entanto, embora haja inúmeros estudos sobre as ferramentas adequadas para cada tipo de problema, até o momento não existe um modelo que permita a implementação de um conjunto de técnicas, ações ou ferramentas com o objetivo principal de resolver os principais problemas encontrados nas empresas ETO.

No que diz respeito à caracterização de uma empresa ETO, a literatura mostra que este tipo de empresa possui características predominantes, sendo as principais: atividade baseada em projetos, baixo volume de produção anual, prazos de entrega elevados, complexidade alta em termos de produtos e/ou processos, foco no cliente e alta personalização. Ao aplicar um questionário, os participantes indicaram como características mais proeminentes numa indústria ETO: foco no cliente, baseado em projetos, alto nível de personalização, baixos volumes, prazos de entrega elevados e alta complexidade. Embora algumas variáveis, como alta variabilidade e alta personalização, tenham recebido pontuações mais baixas, não há grandes diferenças, pois elas ainda foram classificadas positivamente na escala. Isso indica que os participantes também consideram essas características relevantes na caracterização de uma indústria ETO.

Quanto aos problemas encontrados na indústria ETO, a literatura identifica várias problemáticas, listadas na Tabela 4 do documento em questão. Após a aplicação do questionário aos participantes do estudo, observou-se que, entre os problemas mencionados, os participantes consideraram mais frequentes: falta de capacidade produtiva, subcarga na produção ou gargalos, recursos de engenharia dispendiosos, dependência da experiência dos profissionais, retrabalho constante, prazos de entrega elevados, dificuldade de controlo da produção e dificuldade na otimização do *design* do produto com impacto na cotação. Considerando que a Tabela 4 lista 20 problemas, os participantes do estudo identificaram apenas 9 problemas como frequentes, o que indica que as empresas em que os participantes trabalham apresentam características semelhantes em relação ao planeamento e execução da produção, baseadas em

etiologias semelhantes para empresas ETO e para a sua gestão adequada.

Além disso, procurou-se entender quais problemas têm um maior impacto no tempo necessário para a sua resolução. Os participantes do estudo identificaram os seguintes problemas: falta de capacidade produtiva, dependência da experiência dos profissionais, dificuldade no cumprimento de prazos de entrega e dificuldades no controlo da produção. Conclui-se que todos esses problemas dependem de diferentes pessoas para a sua resolução, indicando que as empresas ETO precisam implementar estratégias que promovam o desempenho adequado de toda a equipa envolvida no processo de produção.

Com o objetivo de compreender o impacto dos problemas nas empresas ETO em termos de custos, realizou-se um questionário em que os participantes identificaram principalmente o problema dos retrabalhos constantes. Isso ocorre devido à necessidade de refazer processos, o que implica custos financeiros, tempo, materiais e esforço da equipa, resultando em menores lucros e atrasos na produção para as empresas ETO.

Em relação aos requisitos essenciais para uma gestão operacional adequada, após a pesquisa e identificação das diversas necessidades de um modelo de gestão, concluiu-se que os principais requisitos são o planeamento, o aprimoramento do controlo de custos, as áreas de suporte, a liderança, a avaliação de desempenho e a operacionalização. Esses requisitos são apresentados e explicados na tabela 5 deste trabalho. Quando questionados, os participantes consideraram igualmente importante todos os requisitos mencionados, considerando-os fundamentais para uma gestão operacional adequada numa indústria ETO.

Ao longo do trabalho, mais especificamente no capítulo 6.2, é apresentada a proposta do modelo de gestão ETO *Production Management System*, que tem como principal objetivo abordar os problemas e lacunas existentes nas empresas ETO, identificando o melhor método, ferramenta ou ação para cada problema, conforme mencionado na tabela 3. Para compreender a influência dos métodos, ferramentas e ações apresentados e explicados na tabela 6 deste documento, foi questionado aos entrevistados quais, na opinião deles, exercem maior influência na resolução dos problemas presentes numa indústria ETO. Os participantes identificaram a cultura *Lean*, a orientação para o processo, o fluxo de produção, a redução de desperdícios, a gestão visual e organização do local de trabalho, e a prevenção como os mais influentes. No entanto, os participantes consideraram que as estratégias e o alinhamento organizacional, a melhoria contínua, o *empowerment* e o tempo apresentam menor influência na resolução dos problemas nas empresas ETO.

Deste modo, pode-se observar que as respostas dadas pelos participantes estão na sua maioria de acordo com o que a revisão da literatura defende ser a resposta mais correta aos problemas da indústria ETO, o que nos indica uma correta validação do modelo EPMS.

Em relação ao conteúdo mencionado anteriormente, o modelo ETO *Production Management Systems* sustenta que todos os conceitos contribuem positivamente para a resolução dos problemas na indústria ETO, pois todos os elementos estão interligados e a sua interação é necessária para a redução dos problemas correspondentes.

Em conclusão, apesar dos inúmeros estudos na literatura científica que identificam os

diversos problemas enfrentados pela indústria ETO e as melhores ferramentas para cada um, até o momento, nenhum deles divulgou essa informação com o objetivo de elaborar e estruturar um modelo abrangente que garanta a resolução de todos os problemas sem a necessidade de recorrer a outros métodos ou pesquisas. Por meio deste trabalho, observou-se que, apesar dos grandes avanços alcançados pela indústria ETO, ainda existem lacunas significativas na execução de uma gestão correta e livre de problemas. Portanto, o modelo *ETO Production Management Systems* representa uma valiosa contribuição tanto para a comunidade científica quanto para os profissionais que atuam em empresas da indústria ETO.

7.2. Desenvolvimento de Trabalhos Futuros

Durante a realização deste estudo, foi possível identificar oportunidades para trabalhos futuros dentro deste tema, uma vez que qualquer trabalho com estas características identifica pontos novos de interesse e oportunidades de melhoria quanto ao trabalho realizado. Assim, recomenda-se a continuidade deste estudo com uma implementação real do modelo *ETO Production Management Systems* numa empresa de ETO. Essa implementação ao ser realizada trará informações novas e criará desenvolvimentos ou correções e valor acrescentado para a proposta de modelo apresentado.

Pensando nessa implementação, perspectiva-se também o interesse de se conceber e desenvolver uma ferramenta que permita avaliar o modelo de gestão existente numa empresa de ETO e identificar os “gaps” existentes em relação ao modelo que é proposto. Esta tipo de avaliação irá permitir obter informação relevante para o processo de implementação e conduzir os desenvolvimentos que forem necessários fazer numa organização para que esta adote em pleno o modelo de gestão EPMS.

Desta forma, torna-se importante realizar uma apresentação do modelo EPMS a um número elevado de pessoas com relevância na área, assim como importa realizar sessões de *focus group* com o intuito de aumentar o número de indivíduos que conhecem o modelo e o podem implementar.

Um outro aspeto a considerar como desenvolvimento futuro será analisar a possibilidade de digitalizar ou implementar algumas tecnologias, alinhadas com o paradigma da indústria 4.0 e que contribuam para uma implementação ou prática corrente do referido modelo de gestão.

A terminar, considera-se oportuno afirmar que as empresas de ETO desempenham um papel vital na economia e fornecem outros setores de extrema importância económica, por isso a procura por melhorar processos, a organização e o capital humano, neste tipo de empresas, deverá estar sempre presente em todos os desenvolvimentos propostos e por isso a perspectiva de continuar-se a melhorar as propostas fará sempre parte dos desenvolvimentos futuros.

Bibliografia

1. Teixeira, P.C., et al., *Padronização e melhoria de processos produtivos em empresas de panificação: estudo de múltiplos casos*. Production, 2013. 24(2): p. 311-321.
2. Hermes Renato Pessotti and F. Souza, *AS TENDÊNCIAS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OS IMPACTOS NAS ESTRATÉGIAS DE MANUFATURA DAS INDÚSTRIAS DO PÓLO MOVELEIRO DE LINHARES – ES*, 2014.
3. Kay Peeters, H.v.O., *Hybrid make-to-stock and make-to-order systems: a taxonomic review*. International Journal of Production Research, 2020. 58: p. 4659-4688.
4. Song, J. and P. Zipkin, 2003. *Supply Chain Operations: Assemble-to-Order Systems*. Handbooks in Operations Research and Management Science, 11: p. 561-596 .
5. Robert Brachmann, R.K., *The impact of flexibility on engineer-to-order production planning*. International Journal of Production Economic, 2021. 239.
6. Villar-Fidalgo, L., M.d.M.E. Escudero, and M.D. Somonte, *Applying kaizen to the schedule in a concurrent environment*. Production Planning e Control, 2019. 30: p. 624-638.
7. Violetta Cannas, J.G., *A decade of engineering-to-order (2010–2020): Progress and emerging themes*. International Journal of Production Economic, 2021. 241.
8. Marzieh Ghiyasinab, N.L., Sylvain Ménard, Caroline Cloutier, *Production planning and project scheduling for engineer-to-order systems- case study for engineered wood production*. International Journal of Production Research, 2020. 59: p. 1068-1087.
9. Jerzy Duda, A.M., Stanisław Jedrusik, Bogdan Rebiasz, Adam Stawowy, Monika Sopinska Lenart, *Quick Response Manufacturing for High Mix, Low Volume, High Complexity Manufacturers*. Management and Production Engineering Review, 2021. 12: p. 72-84.
10. Catia Barbosa, A.A., *Hybrid modelling of MTO/ETO manufacturing environments for performance assessment*. International Journal of Production Research, 2022. 56(15).
11. Gabriele Junge, E.A., Bjorn Andersen, *Lean project planning and control: empirical investigation of ETO projects | Request PDF*. International Journal of Managing Projects in Business, 2019. 12(10).
12. D Mourtzis, M.D., E Vlachou, *A mobile application for knowledge-enriched short-term scheduling of complex products*. Logistics Research, 2016. 9(3): p. 1-17.
13. Martin Løkkegaard, C.A.B., Niels Henrik Mortensen, Lars Hvam, Anders Haug, *Identifying profitable reference architectures in an engineer-to-order context*. Revista Internacional de Pesquisa de Produção, 2022.
14. Paulo Cicconia, M.N., Roberto Rafael, Michele Germanib, *Integrando uma abordagem de otimização baseada em restrições no projeto de estruturas de petróleo e gás*, 2020. 45.
15. P CENTROBELLI, R.C., T Murino, M Gallo, *Layout And Material Flow Optimization In Digital Factory*. International Journal of Simulation Modelling, 2016. 15: p. 223-235.
16. Hajnalka Vaagen, G.B., *Lean and Flexible Project Delivery*. Applied Sciences, 2021. 11(19): p. 9287.
17. Lu, F.P., T. Storch, R., *Asynchronous stochastic learning curve effects in engineering-to-order customisation processes*. International Journal of Production Research, 2009. 47(5): p. 1309 - 1329.
18. Cunha, P., *Aula de Planeamento de Operações*. 2022, Instituto Politécnico de Setúbal (IPS).
19. George, K.I., Mezgár. Elizabeth, Szelke. Girt, Authors., *One-of-a-Kind Production - A Concurrent Engineering Approach | Proceedings of the IFIP TC5/WG5.7 Working Conference on New Approaches towards 'One-Of-A-Kind' Production*. ACM Digital Library, 1991: p. 143-156.
20. Victor, P.H., Boer., *Organizing for concurrent engineering: an integration mechanism framework*. Emerald logo Discover Journals, Books & Case Studies, 1997. 8(2): p. 79-89.
21. Kamel, R. and C. Kevin, *Change Management in Concurrent Engineering From a Paramenter Perspective*. Computers in Industry, 2003. 50(1): p. 15-34.
22. Sara Shafiee, K.K., Lars Hvam, *Automatic Identification of Similarities across Products to*

- Improve the Configuration Process in ETO Companies*. International Journal of Industrial Engineering and Management, 2022. 8(3): p. 167-176.
23. Peter, B., et al., *Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods*. European Journal of Operational Research, 1999. 112(1).
 24. Samuel Forsman, A.B., Niclas Bjorngrim, Lars Laitila, *Need for innovation in supplying engineer-to-order joinery products to construction: A case study in Sweden*. Construction Innovation, 2012. 12(4): p. 464-491.
 25. Jonathan Gosling, M.N., Denis Towill, *Identifying and Categorizing the Sources of Uncertainty in Construction Supply Chains*. Journal of Construction Engineering and Management, 2013. 139(1).
 26. Vaidyanathan, K., *VALUE OF VISIBILITY AND PLANNING IN AN ENGINEER-TO-ORDER ENVIRONMENT*. Senior Product Manager, 2003.
 27. M, Z., C. D, and P. A, *Due date (DD) quotation and capacity planning in make-to-order companies: Results from an empirical analysis*. International Journal of Production Economics, 2008. 112(2): p. 919-933.
 28. Douglas Grabenstetter, J.U., *Sequencing jobs in an engineer-to-order engineering environment*. Production & Manufacturing Research, 2015. 3: p. 201-217.
 29. Douglas, G., John, Usher, *Developing due dates in an engineer-to-order engineering environment*. International Journal of Production Research, 2014. 52(21): p. 6349-6361.
 30. Thomas Ditlev Brunoe, P.N., *A case of cost estimation in an engineer-to-order company moving towards mass customisation*. INDERSCIENCE, 2012. 4: p. 239-254.
 31. Júnior, A., et al., *Gestão de projetos de desenvolvimento de bens de capital em uma empresa com tipologia produtiva "engineering-to-order"*. P&D em Engenharia de Produção, 2011. 9(1): p. 35-47.
 32. Fredrik Elgh, M.P., *Supporting traceability of design rationale in an automated engineer-to-order business model | Request PDF*. International Design Conference, 2012: p. 21-24.
 33. Jiahua, W., A. Shingo, and O. Hisashi, *Acquiring Orders using Requirement Specifications for Engineer-To-Order Production*. JPN ind Manage Assoc, 2014: p. 620-627.
 34. Konijnendijk, P., *Coordinating Marketing and Manufacturing in ETO Companies*. International Journal of Production Economics, 1994. 37: p. 19-26.
 35. Goulart, R. and F. Fernandes, *Lean production and theory of constraints: proposal of a method for joint implementation in the Engineer-to-Order Capital Goods Industry*. Gestão de Produção, 2014. 21(1): p. 45-63.
 36. Asli Sahin-Sariisik, J.T., Eileen M. Van Aken, Nihal Orfi, *A Structured Approach to Platform-Driven Product Planning*. Engineering Management Journal, 2015. 26(2): p. 10-23.
 37. Chris Hicks, T.M., Chris Earl, *A Typology of UK Engineer-to-Order Companies*. International Journal of Logistics Research and Applications, 2010. 4(1): p. 43-56.
 38. Mario Henrique Mello, J.O.S., Erlend Alfnes, *The role of coordination in avoiding project delays in an engineer-to-order supply chain*. Journal of Manufacturing Technology Management, 2015. 26(3): p. 429-454.
 39. F. Caron, A.F., *'Engineer to order' companies: how to integrate manufacturing and innovative processes*. International Journal of Project Management, 1995. 13: p. 313-319.
 40. David Little, R.R., Matthew Peck, J. Keith Porter, *Integrated planning and scheduling in the engineer-to-order sector*. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2015. 13(6): p. 545-554.
 41. Gustav Jansson, H.J., Dan Engström, *Platform use in systems building*. Construction Management and Economics, 2014. 32: p. 70-82.
 42. Husejnagić Damir, S.A., *A conceptual framework for a ubiquitous autonomous work system in the Engineer-To-Order environment*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2015. 78(9): p. 1971-1988.
 43. Shariff Nabi Baksh, R.A.R., *The need for a new product development framework for engineer-to-order products*. European Journal of Innovation Management, 2003. 6(3): p. 182-196.
 44. Yohanes, K., H. Petri, and J. Roger, *A system level product configurator for engineer-to-order supply chains*. ELSEVIER, 2015. 72: p. 82-91.
 45. Jan, O., *Strategic positioning of the order penetration point*. ELSEVIER, 2003: p. 319-

- 329.
46. Bertrand, M. and D. Muntslag, *Production control in engineer-to-order firms*. International Journal of Production Economics, 1993. 30: p. 3-22.
 47. Aarti, P. and Z. Yimin, *An ontology-based approach to support decision-making for the design of ETO (Engineer-To-Order) products*. Automation in Construction, 2007. 16: p. 759-770.
 48. Kristianto, Y., P. Helo, and R. Jiao, *A system level product configurator for engineer-to-order supply chains*. Computers in Industry, 2015. 72: p. 82-91.
 49. Alfieri Arianna, T.T., Urgo Marcello, *A two-stage stochastic programming project scheduling approach to production planning*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011. 62(1): p. 279-290.
 50. Wullink., Hans., and v. Harten, *Robust Resource Loading for Engineer-To-Order manufacturing*. Operational Methods for Production & Logistics, 2004.
 51. Wortmann, J., *Production management systems for oneof- a-kind products* Computers in Industry, 1992. 19: p. 79-88.
 52. Muntslag, D., *Profit and risk evaluation in customer driven engineering and manufacturing*. International Journal of Production Economics , 1994. 36: p. 97-107.
 53. Vaidyanathan, K., *VALUE OF VISIBILITYAND PLANNING IN AN ENGINEER-TO-ORDER ENVIRONMENT*. Academia.edu, 2022: p. 617-551.
 54. NOUD GADEMANN, M.S., *Linear-programming-based heuristics for project capacity planning*. IIE Transactions, 2007. 37(2): p. 153-165.
 55. Earl, C., P. Song, and C. Hicks, *PLANNING COMPLEX ENGINEER-TO-ORDER PRODUCTS*. Kluwer Academic Publishers.eering, 2003: p. 463-472.
 56. Hicks C, S.P., Earl F, *Dynamic scheduling for complex engineer-to-order products*. International Journal of Production Research, 2007. 45(15): p. 3477-3503.
 57. Zorzini, C., Pozzetti., *Due date (DD) quotation and capacity planning in make-toorder companies: Results from an empirical analysis*. International Journal of Production Economics , 2008. 112(2): p. 919-933.
 58. Matt, D., P. Dallasega, and E. Rauch, *On-site oriented capacity regulation for fabrication shops in Engineer-to-Order companies (ETO)*. Procedia CIRP, 2015. 33: p. 197-202.
 59. Matt, D., P. Dallasega, and R. Erwin., *Synchronization of the Manufacturing Process and On-Site Installation in ETO Companies* Procedia CIRP, 2014. 17: p. 457-462.
 60. Helena, J., *Production strategies for pre-engineering in house-building: exploring product development platforms*. Construction Management and Economics, 2013. 31(9): p. 941-958.
 61. Wortmann, H., *Comparison of information systems for engineer-to-order and make-to-stock situations*. Computers in Industry, 1995. 26: p. 261-271.
 62. Naqib, D. *PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS*. 2013.
 63. Ferreira, V.C., Antonio. Corrêa, Carlos. França, Célio., *Modelos de gestão*, ed. F. Management. Vol. 3. 2022.
 64. Henenkam, D.N., *The Process Model for Shop Floor Management Implementation*. Advances in Industrial Engineering and Management, 2013. 2(1): p. 40-46.
 65. Ramyaa, G., M. Chandrasekaranb, and E. Shankarc, *Case Study Analysis of Job Shop Scheduling and its Integration with Material Requirement Planning* Materialstoday:Proceedings, 2019. 16: p. 1034-1042.
 66. Ludo, G. and L. Wassenhove, *Production planning: a review*. Engineering Costs and Production Economics, 1981. 7(2): p. 101-110.
 67. Afriansyah. Saladin, M., *Production Planning and Control System with Just in Time and Lean Production: A Review*. Journal of Mechanical Science and Engineering, 2021. 6(2): p. 19-27.
 68. ANDERSON, E.J., *A new continuous model for job-shop scheduling*. International Journal of Systems Science, 2007. 12(12): p. 1469-1475.
 69. Mazier, H., *gestão por Processos*. Academia, Accelerating the world's research., 2013. 1(1): p. 36-53.
 70. Gabriel, J., *PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO CONCEITOS METODOLOGIA PRÁTICAS*, ed. E.A. S.A. Vol. 23. 2007.
 71. Ramos, k.M., Lana. Junior, Rogerio. Silva, Ana., *Dificuldades e benefícios da implantação da gestão de processos em organização pública federal sob a ótica dos servidores*. Revista Gestão & Tecnologia, 2019. 19(4): p. 161-186.
 72. Goncalves, J., *As empresas são grandes coleções de processos*. 2000. 40(1): p. 6-9.

73. Faloughi, M.L., Meeli Murphy, Dan Frandson, Adam G., *WIP Design in a Construction Project Using Takt Time Planning*. 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2015: p. 163-172.
74. Richard, C.W., Maxwell. John, McClain. Joseph, Thomas., *The Role of Work-in-Process Inventory in Serial Production Lines*. Institute for Operations Research and the Management Sciences, 2015. 36(2): p. 229-241.
75. Hemalatha, C.S., K. Durairaj, N., *Lean and agile manufacturing for work-in-process (WIP) control*. Materialstoday:Proceedings, 2021. 46: p. 10334-10338.
76. Gronvall, M., et al., *IMPROVING NON-REPETITIVE TAKT PRODUCTION WITH VISUAL MANAGEMENT*. Proceeding of the 29th Annual Conference of the International Group, 2021: p. 797-806.
77. Gronvall, (PDF) *Improving Non-Repetitive Takt Production with Visual Management*. 2022.
78. Saurin, T.F., Carlos. Guimarães, Lia., *Segurança e produção: um modelo para o planejamento e controle integrado*. Revista Produção, 2002. 12(1): p. 60-71.
79. Thomas, J. and J. McClain, *Chapter 7 An overview of production planning*. Handbooks in Operations Research and Management Science, 1993. 4: p. 333-370.
80. Guimarães, G., *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)*. ACADEMIA, Accelerating the world's research., 2007: p. 720.
81. Menezes, M., *Estudo de um Sistema de Controlo de Processo numa Empresa Metalomecânica*, in *Engenharia Mecânica*. 2013, Universidade do Minho - Escola de Engenharia.
82. Silva, K., *Sistema de Controlo de Processo e de Organização numa Empresa Metalomecânica*, in *Engenharia Mecânica*. 2015, Universidade do Minho - Escola de Engenharia.
83. Pinto, J., *Gestão de Operações*, ed. Lidel. Vol. 3. 2010.
84. Porter, j., et al., *Production Planning and Control System Developments in Germany*. International Journal of Operations & Production Management, 1996. 16(1): p. 27-39.
85. RK, S.R., HOLLIER., *A review of production control problems in cellular manufacture*. International Journal of Production Research, 2007. 22(5): p. 773-789.
86. Rose, M., *Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação*. 1996, Centro de Tecnologia de Gestão Educacional: Gestão da Qualidade na Educação: Em Busca da Excelência.
87. Crato, C., *Qualidade: Condição de Competitividade*, ed. S.-S.P.d. Inovação. 2010: Príncipia Editora, Lda.
88. Marques, A.d.S., *Integração normativa na gestão da qualidade: um estudo de caso*. 2005, Universidade de Aveiro.
89. Goldratt, E., *The Goal: A Process of Ongoing Improvement [20th Anniversary Edition]*. 2004: North River Press, Great Barrington, MA.
90. Simatupang, T.R., Sridharan. Hun, Blank., (PDF) *Applying the theory of constraints to supply chain collaboration*. Supply Chain Management, 2004. 9(1).
91. Stump, B.B., Fazleena., *Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study*. Journal of Intelligent Manufacturing, 2009. 23(1): p. 109-124.
92. Forman, S.B., Niclas. Bystedt, Anders. Laitila, Lars. Ohman, Micael. Bomark, Peter., *Need for innovation in supplying engineer-to-order joinery products to construction: A case study in Sweden*. Supply Chain Management, 2012. 12(4): p. 464-491.
93. Oliveira, C.M.H., Stuart., *Alternative paradigms of hospital work organisation and health provision*. 2007.
94. B, J.R., Gopal., *TOTAL QUALITY MANAGEMENT*, ed. P.-H.o.I.P. Limited. 2006.
95. Krafcik, J., *Triumph of the Lean Production System*. Sloan Management Review, 1988. 30(1): p. 41.
96. Womack, J.J., Daniel. Roos, Daniel., *The Machine That Changed the World*. 2007, A Division of Simon & Schister, Inc.: Free Press.
97. JP, W.D., Jones., *Lean Thinking-Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*, ed. L. Simon and Schuster. 1996. 350.
98. Ohno, T., *Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*, ed. BooKman. 1997. 149.
99. Vilkas, M.K., Ivona. Katiliute, Egle. Bagdoniene, Diana., *Adoption of Lean production: preliminary evidence from Lithuania*. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2015.

- 213: p. 884-889.
100. Sanders, A.W., Jens. Elangeswaran, Chola., *Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing*. Journal of Industrial Engineering and Management, 2016. 9(3): p. 811-833.
 101. Shah, R.W., Peter., *Defining and developing measures of lean production*. Journal of Operations Management, 2007. 25: p. 785-805.
 102. Eduardo Stefani, P.M., Joziete Ferreira Wanderley, Ivanir Costa, *Aplicabilidade da Filosofia Lean na Indústria 4.0*. Brazilian Journal of Development, 2021. V. 7: p. 21335-21348.
 103. Bicheno, J. and M. Holweg, *The Lean Toolbox*. Vol. 5th edition. 2022: Production and Inventory Control, Systems and Industrial Engineering Books.
 104. Pinto, J., *Pensamento Lean - A Filosofia das Organizações Vencedoras*. Vol. 6Th Edition. 2014: Grupo Lidel.
 105. Briales, J.A., et al., *MELHORIA CONTÍNUA ATRAVÉS DO KAIZEN: ESTUDO DE CASO DAIMLERCHRYSLER DO BRASIL*. Repositório Institucional, 2005.
 106. Shiba, S., *Quatro Revoluções na Gestão da Qualidade*. 1997: Bookman.
 107. Henrique, L.C.C., Carlos., *Administração de Produção e de Operações*. Vol. 2 Edição. 2022: Editora Atlas. 520.
 108. Simas, A., *Gestão Visual em Sistemas Lean: Metodologia de Uniformização*, in *Engenharia e Gestão Industrial*. 2016, Repositório Universidade Nova.
 109. Bragança, S.A., Anabela., *An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools*. 2013, Universidade do Minho: Repositório UM.
 110. Barry, R.H., Jay, *Operations Management Flexible Version*. Vol. 10 Edição. 2011: Tenth Edition.
 111. Brue, G.R., Howes, *The McGRAW Hill 36 Hour Six Sigma Course*. 2006: McGraw-Hill Education - Europe.
 112. Tennant, G., *Six Sigma: SPC and TQM in Manufacturing and Services*. 2017: Routledge. 160.
 113. Evans, J.L., William., *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement*. Cengage Learning.
 114. Chuck, J.V., Frank., *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook*. 2013, A Productivity Press Book: CRC Press.
 115. Sarah, I.H., Purba. Fransisca, Debora., *Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues*. Jurnal Sistem dan Manajemen Industri, 2020. 4(1): p. 72-81.
 116. Carneiro, E. *A Importância da Gestão da Qualidade e de Suas Ferramentas na Atuação da Engenharia de Produção: Uma Revisão Bibliográfica*. 2020. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção.
 117. A, B.B., Ayeni, *Practitioner's Guide to Quality and Process Improvement*. Vol. 1. 1993: Springer Dordrecht. 354.
 118. Andrade, F., *O Método de Melhorias PDCA*, in *Urban and Civil Contruction Engineering*. 2003, Escola Politécnica: São Paulo.
 119. Rother, M.S., John., *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Vol. 1. 2003: The Lean Enterprise Institute.
 120. Moutinho, K.N., Ricardo. Oliveira, Marcelo. Kanda, Jorge., *Mapeamento de fluxo de valor: uma revisão bibliográfica sistemática das dissertações dos programas de pós-graduação de engenharia de produção / Value stream mapping: a systematic bibliographic review of dissertations from graduate programs in production engineering*. ResearchGate, 2022. 8(5).
 121. Silva, A.F., Karine. Martins, Maximo. Ribeiro, Julio. *Aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor no Brasil: uma revisão sistemática*. 2021.
 122. Marques, D., *Otimização de linhas de montagem centrada na eficiência produtiva dos equipamentos*, in *Engenharia e Gestão Industrial*. 2016, Universidade da Beira do Interior: Repositório Digital da Universidade da beira do interior.
 123. Sergio, K. *Como Operar um "andon"*.
 124. Jones, D. *Heijunka: Leveling Production*. 2006; Available from: <https://www.sme.org/technologies/articles/2006/heijunka-leveling-production/>.
 125. Shigeo, S., *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Vol. 1 Edição. 1986: Routledge. 330.
 126. Lima, V.M., Alberto. Andreolli, Antônio. Baggio, Daniela., *Aplicação do Método Poka-Yoke para Redução de Custos nos Processos Produtivos*. Revista Sociais & Humanas,

2019. 32(3): p. 215.
127. Vidor, G.S., Tarcísio., *Conceito e Características de Sistemas Poka-Yokes: Uma Revisão de Literatura*. Revista Produção Florianópolis, 2011. 11(2): p. 344-368.
 128. Eduardo, C.A., Barbosa. Oliveira, Leornado. *Análise do sistema Kanban para gerenciamento da produção com auxílio de elementos de tecnologia da informação*. in *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. 2001.
 129. Lima, D.R., *Sistema Kanban: Revisão Bibliográfica da Ferramenta de Controlo de Produção e de Estoques*, in *Administração*. 2022, Faculdade Damas da Instrução Cristã.
 130. Zammam, A.K., João. *Impacto do Kanban na Gestão Industrial: Revisão de Literatura*. in *Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*. 2022.
 131. Nakajima, S., *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*, ed. Cambridge. 1988: Productivity Press, Cambridge.
 132. Nigel, S.C., Stuart. Robert, Johnston., *Operations Management*. Vol. 6Th. 2010, Pearson Education Limited: FT Prentice Hall.
 133. Klippel, A., *O Sistema Toyota de Produção e a indústria de mineração : uma experiência de gestão da produtividade e da qualidade nas minas de fluorita do estado de Santa Catarina*, in *Engenharia de Produção*. 1999, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre.
 134. Muniz, A.S., Anderson. Labriola, Luiz. Branco, Leandro. Dias, Luciana. Bosio, Marcelo., *Jornada Transformação Digital no Brasil*, ed. A. System. 2022, Jornada transformação digital brasil: Brasport Livros e Multimídia Ltda.
 135. Firmino, M., *Gestão das Organizações - Conceitos e Tendência Atuais*. Vol. 4 Edição. Escola Editora.
 136. Pillet, M.B., Chantal. Courtois, Alain., *Gestão da Produção - Livro - WOOK*. 5º Edição ed, ed. Lidel. 2006. 456.
 137. Carlos, G., *Princípios e ferramentas do lean thinking na estabilização básica : diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pre-fabricadas*, in *Departamento de Arquitetura e Construção*. 2007, Universidade Estadual de Campinas.
 138. Dr, J.L., K., *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. 2004, Access Engineering: McGraw-Hill Education.
 139. Shingo, S.A., Dillon., *A Revolution in Manufacturing: The SMED System : The SMED System*. 1 st Edition ed. Vol. 1. 2019, New York: Routledge. 384.
 140. Leitão, D., *Conceção e Implementação de um Programa de Melhoria da Qualidade: Estudo de Caso na Eurico Ferreira*. 2022, Escola Superior de Estudos Industriais e de Gestão.
 141. Erdem, T.B., Uzochukwu., *Lean Six Sigma Approaches in Manufacturing, Services, and Production*, ed. I. Global. 2014. 343.
 142. André Luis Almeida Bastos, R.d.S.M., Giovanna Raiser, Lais Cristofolletti Draeger, Felipe Barth Scheuer, Felipe Fagundes Conti, *DIFICULDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING NAS EMPRESAS DO SETOR TÊXTIL DE SANTA CATARINA*. Revista Produção Industrial & Serviços, 2018. 4(1): p. 1-12.
 143. Wyrwicka, M. and B. Mrugalska, *Mirages of Lean Manufacturing in Practice*. Procedia Engineering, 2017. 182: p. 780-785.
 144. Giovanni, S., *Aplicabilidade do sistema lean manufacturing em indústrias engineer to order*, in *Aleph*. 2016, Universidade Estadual Paulista (Unesp): Repositório Institucional UNESP.
 145. Saverio, A., *Lean management in ETO sector : challenges and solutions*. 2021, Politecnico di Milano.
 146. Lasi, H.F., Peter. Kemper, Hans-Georg. Feld, Thomas. Hoffmann, Michael., *Industry 4.0*. Business & Information Systems Engineering, 2014. 6(4): p. 239-242.
 147. Posada, J.T., Carlos. Barandiaran, Inigo. Oyarzun, David. Stricker, Didier. Amicis, Raffaele. Pinto, Edurado. Eisert, Peter., *Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet*. IEEE Computer Graphics and Applications, 2015. 35(2): p. 26-40.
 148. Valdez, A.B., Philipp. Schaar, Anne. Holzinger, Andreas. Ziefle, Martina., *Reducing complexity with simplicity - Usability methods for industry 4.0*. Terminal Congress of the IEA, 2015. 19 Th: p. 9-14.
 149. Niyue, T., *Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. National Academy of Science and Engineering, 2013.

150. Hermann, M.P., Tobias. Otto, Boris., *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. ResearchGate, 2015.
151. Beata Mrugalska, M.K., Wyrwicka, *Towards Lean Production in Industry 4.0*. ScienceDirect, 2017: p. 466-473.
152. Zamfirescu, C., et al., *Do Not Cancel My Race with Cyber-Physical Systems*. ELSEVIER, 2014. 47(3): p. 4346-4351.
153. Matthias, L.I., Heck. Jochen, Schlick. Michael, Schwarz., *Context-Based Orchestration for Control of Resource-Efficient Manufacturing Processes*. Future Internet, 2012. 4(3): p. 737-761.
154. Shafiq, S., et al., *Virtual Engineering Object / Virtual Engineering Process: A specialized form of Cyber Physical System for Industrie 4.0*. ELSEVIER, 2015. 60: p. 1146-1155.
155. H, W.D., Frey. J, Keitel, *Digital factory - planning and running enterprises of the future*. IEEE International Conference on Industrial Electronics, 2000. 26th.
156. Kuehn, W., *DIGITAL FACTORY-INTEGRATION OF SIMULATION FROM PRODUCT AND PRODUCTION PLANNING TOWARDS OPERATIVE CONTROL | Request PDF*. ECMS: 20th European Conference on Modelling and Simulation. St. Augustin, 2006.
157. Ackdfmann, J.B., Frank. Hopf, Hendrik. Horbach, Sebastian. Muller, Egon., *Approaches for planning and operation of adaptable factories*. Taylor & Francis Online, 2013. 51(15): p. 4618-4629.
158. Hafezalkotob, A., *Balancing the Production Line by the Simulation and Statistics Techniques: A Case Study*, 2022. 7(1).
159. G, M., et al., *Multi criteria assembly line design and configuration - An automotive case study*. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2015. 9: p. 69-87.
160. Battini, D., et al., *Design of the Optimal Feeding Policy in an Assembly System*. International Journal of Production Economics, 2009. 121(1): p. 233-254.
161. Eklund, J., *Relationships Between Ergonomics and Quality in Assembly Work*. Applied Ergonomics, 1995. 26(1): p. 15-20.
162. Singh, A.Y., Manderas., *Production floor layout using systematic layout planning in Can manufacturing company*. International Conference on Control, 2013.
163. Romero, D.G., Paolo. Wuest, Thorsten. Powell, Daryl. Thurer, Matthias., *Digital Lean Cyber-Physical Production Systems: The Emergence of Digital Lean Manufacturing and The Meaning of Digital Waste*. Advances in Production Management System Systems, 2022. 1: p. 11-20.
164. Kusiak, A., *Smart manufacturing must embrace big data*. Nature, 2017. 544(7648): p. 23-25.
165. Thorsten, W.D., Weimer. Christopher, Irgens. Klaus Dieter, Thoben., *Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications*. Production & Manufacturing Research, 2016. 4(1): p. 23-45.
166. Santos, M.O., Jorge. Costa, Carlos. Galvão, João. Andrade, Carina. Martinho, Bruno. Lima, Francisco. Costa, Eduarda., *A Big Data Analytics Architecture for Industry 4.0*. 2017: SpringerLink.
167. Matthias, T.I., Tomašević. Mark, Stevenson., *On the meaning of 'Waste': review and definition*. Taylor & Francis Online, 2016. 28(3): p. 244-255.
168. P, T.B., Illés. P, Dobos., *Waste reduction possibilities for manufacturing systems in the industry 4.0 - IOPscience*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016. 161: p. 23-25.
169. Hasan, R.B., Randal., *The life and death of unwanted bits: Towards proactive waste data management in digital ecosystems*. Third International Conference on Innovative Computing Technology, 2013.
170. Charith, P.C., Liu. Jayawardena, Srimal., *The Emerging Internet of Things Marketplace From an Industrial Perspective: A Survey*. IEEE Transactions on Emerging, 2015. 3(4): p. 585-598.
171. Zywicki, K.R., Paulina. Mariusz, Bozek., *Data Analysis in Production Levelling Methodology | SpringerLink*. 2017: SpringerLink. 460-468.
172. H, L. and P. A, *Social Internet of Industrial Things for Industrial and Manufacturing Assets*. IFAC - PapersOnline, 2016 49(28): p. 208-213.
173. Dove, R., *Measuring agility: the toll of turmoil*. Production Magazine, 1995. 7(2).
174. kasarda, j.R., Dennis., *Innovative Infrastructure for Agile Manufacturers*, ed. M.M. Review. Vol. 39. 1998, Cambridge: Sloan Management Review.
175. Goldman, S.N., Roger. Preiss, Kenneth, *Agile Competitors and Virtual Organizations*.

- Manufacturing Review, 1995. 8(1): p. 59-67.
176. Assen, M.H., Erwin. Van, S., (PDF) *An Agile Planning & Control Framework for Customer-Order Driven Discrete Parts Manufacturing Environments*. International Journal of Agile Management Systems, 2000. 2(1): p. 16-23.
 177. Jones, R.T., Denis. Naylor, Ben, *Engineering the leagile supply chain*. International Journal of Agile Management Systems, 2000. 2(1): p. 54-61.
 178. Sharifi, H.Z., David., (PDF) *Agile manufacturing in practice - Application of a methodology*. International Journal of Operations & Production Management, 2001. 24(5): p. 772-794.
 179. D, U., *The Management of Manufacturing Flexibility*. California Management Review, 1994. 36(2).
 180. Sarks, J., *An empirical analysis of productivity and complexity for flexible manufacturing systems*. International Journal of Production Economics, 1997. 48(1): p. 39-48.
 181. Katayama, H.B., David., (PDF) *Agility, adaptability and leanness: A comparison of concepts and a study of practice*. International Journal of Production Economics, 2001. 60: p. 43-51.
 182. Krishnamurthy, R.Y., Charlene., (PDF) *Leagile Manufacturing: A Proposed Corporate Infrastructure*. International Journal of Operations & Production Management, 2007. 27(6).
 183. Rudberg, M.W., Joakim., *Mass customization in terms of the customer order decoupling point*. Production Planning & Control, 2007. 15(4): p. 445-458.
 184. Giesberts, P.T., Laurens., *Dynamics of the customer order decoupling point: impact on information systems for production control*. Production Planning e Control, 2007. 3(3): p. 300-313.
 185. Wortmann, J.M., D. Timmermans, P., *Why customer driven manufacturing*, ed. C. Hall. 1997: SpringerLink.
 186. Hoek, R., *The thesis of leagility revisited*. International Journal of Agile Management Systems, 2000. 2(3): p. 196-201.
 187. Prince, J.K., J., *Combining lean and agile characteristics: Creation of virtual groups by enhanced production flow analysis*. International Journal of Production Economics, 2003. 85(3): p. 305-318.
 188. Booth, C.H., M., *Agile manufacturing concepts and opportunities in ceramics*. 1995, American Ceramic Society, Westerville, OH (United States).
 189. Gosling, J.N., Mohamed., *Engineer-to-Order Supply Chain Management: A literature Review and Research Agenda*. International Journal of Production Economics, 2009. 122(2): p. 741-754.
 190. Li, J.-H.A., Anderson. Harrison, Richard, (PDF) *The evolution of agile manufacturing*. Business Process Management Journal, 2003. 9(2): p. 170-189.
 191. Koskela, L., *Application of the New Production Philosophy to Construction*. 1992, Stanford University: CIFE Center for Integrated Facility Engineering.
 192. *Construction Reports 1944-98*. 1998, Department of Achitecture and Builfing Science: University of Strathclyde.
 193. Gunasekaran, A., *Build-to-Order Supply Chain Management: A Literature Review and Framework for Development | Request PDF*. Journal of Operations Management, 2005. 23(5): p. 423-451.
 194. Louro, C., *Implementação da Gestão Lean numa Indústria Petroquímica*. 2022, Instituto Politécnico de Setúbal. p. 36.
 195. Hanenkamp, N., *O Modelo de Processo para Gerenciamento de Chão-de-fábrica*. America Scientife Publishers, 2013. 2(1): p. 40-46.
 196. Collis, J.H., Roger., *Business Research*. Vol. 2nd Edition. 2003: Palgrave Macmillan, Basingstoke.
 197. Victor, M.R., Aroni. Eric, Timewell. Loris, Alexander., *In-depth Interviewing: Researching People*. 1990, Hong Kong: Longman Cheshire: Routledge.
 198. Lee, P., *Qualitative management accounting research: Assessing deliverables and relevance*. Critical Perspectives on Accounting 2012. Vol 23(1): p. 54-70.
 199. Virginia, B.V., Clarke., *Using thematic analysis in psychology*. Taylor & Francis Online, 2008. 3.
 200. Ventura, M., *O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa*. Pedagogia Médica, 2007. 20(5): p. 383-386.
 201. Quivy, R.L., Campenhoudt. *Manual de investigação em Ciências Sociais*. 2023.

Anexo I

Guião de Questionário

Este guião destina-se a validação do modelo de gestão "*ETO Production Management System*" (EPMS) proposto na dissertação de mestrado do curso de Mestrado em Engenharia de Produção, da Escola Superior de Tecnologia, do Instituto Politécnico de Setúbal, e é composto por 14 de questões.

Para a compreensão de algumas das questões foi elaborado um glossário, com o entendimento que é tido neste trabalho sobre as características que se consideram críticas num modelo de gestão para as empresas de ETO, *Engineering-to-Order*, ou seja, empresas que possuem um baixo volume de produção, em termos de unidades produzidas por ano, e uma grande variedade de produtos grandes. Um exemplo deste tipo de empresas de ETO são as empresas de moldes ou de equipamentos especiais.

O participante consistiu a participação no estudo respondendo a todas as questões propostas e permitiu que estas informações sejam utilizadas em futuros estudos.

Toda a informação obtida nesta investigação será estritamente confidencial e a identidade do participante não será revelada em qualquer relatório ou publicação ou a qualquer pessoa não relacionada com esta investigação sem autorização prévia do participante.

A. Questionário

Empresa:

Entrevistado:

Cargo Profissional:

Data:

1. **Qual a sua experiência em empresas de ETO?**
Empresas por onde passou; O número de anos neste tipo de empresas; Projetos em que participou; Funções que desempenhou.
2. **Em que empresa de ETO desempenhou uma função mais relevante?**
3. **Onde se localizava a mesma e qual a sua função?**
4. **Qual era a dimensão da empresa?**
Aproximadamente nº de trabalhadores; faturação anual.

5. Que tipos de produtos produzia?

6. Como a caracteriza em termos de quantidade desses produtos feitos por ano e em que variedade?

6.1 Quantidade média de produtos ou encomendas em curso de produção:

(i) < a 5, (ii) => 5 e < a 15 (iii) => 15 e < a 25, (iv) Outro intervalo

6.2 Quantidade média de produtos ou encomendas produzidas por ano (ref. 1 turno por dia):

(i) Baixa (1 a 250), (ii) Média (250 a 5000) e, (iii) Alta (5000 a 100.000)

6.3 Variedade de produtos diferentes:

(i) Baixa (1 a 5), (ii) Média (5 a 20), e, (iii) Alta (20 a 50)

6.4 Nível de complexidade dos produtos:

(i) Baixa, (ii) Média e, (iii) Alta

7. Como caracteriza a empresa em termos tecnológicos?

Tecnologias utilizadas; Nível de integração; Existência de bases de dados; Bases de dados partilhadas; Acesso distribuído à informação

7.1 Ao nível do projeto?

Na escala de 1 a 5 (Frac a Excelente),

7.2 Ao nível do planeamento?

Na escala de 1 a 5 (Frac a Excelente),

7.3 Ao nível da produção?

Na escala de 1 a 5 (Frac a Excelente),

8. Como caracteriza a empresa em termos organizacionais?

Cultura bem vincada; Definição de funções e responsabilidades coerentes; Rotinas de gestão; Existência e uso de KPI; Práticas de melhoria contínua; Envolvimento das pessoas; Trabalho de equipa; Qualificação e autonomia no processo de decisão

9. Como caracteriza a empresa em termos tecnológicos e organizacionais em relação a outras empresas que tenha como referência

Na escala de 1 a 5 (Muito atrasada a Elevado nível Excelente),

10. Reconhece a existência de um modelo de gestão nessa empresa e se sim como o caracteriza

Na escala de 1 a 5 (Frac a Excelente):

“Estava formalmente definido e comunicado?”: _1 – 2 – 3 - 4 – 5 .

“Existia uma prática e uso corrente de técnicas e métodos?”: '1 – 2 – 3 - 4 – 5

“Existia uma correta comunicação entre os diversos departamentos?”: _1 – 2 – 3 - 4 –5.

“A implementação do modelos resolveu os problemas do processo?”: _1 – 2 – 3 - 4 – 5.

11. Caracterização de uma indústria ETO (Página 81)

11.1 Como caracteriza uma indústria ETO?

Na escala de 1 a 10 (Nada Característico a Muito Característico),

Características	Classificação de “1 a 10”
Centrado no cliente	
Baseada em Projetos	
Alta personalização	
Baixo volume	
Elevado tempo/prazo de entrega	
Alta complexidade	
Elevada variabilidade	
Outra:	
Outra:	

12. Identificação de problemas (Página 84)

12.1 Quais os principais problemas que identifica numa indústria de ETO, a sua frequência e o impacto em termos de tempo e custo?

Tempo = Prazo de Entrega

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destes problemas numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente;

5 – Muito Frequente

Problema	Sim	Não	Classificação da frequência de “1 a 5”	Impacto em relação ao tempo de “1 a 5”	Impacto em relação ao custo de “1 a 5”
Dificuldades na gestão de informação entre cliente e departamentos de engenharia					
Dificuldade na otimização de design do produto com influência na cotação					
Eficiência insuficiente de mecanismos de controlo dos recursos					
Projetos complexos e muito específicos ou únicos					
Falta/Incerteza no Planeamento					
Dificuldade de controlo de produção					
Dificuldades no cumprimento dos prazos de entrega					
Elevado <i>Lead Time</i>					
Constantes retrabalhos					
Dependência humana associada à experiência dos profissionais					
Mudanças de planos constantes no projeto					
Atraso no fornecimento da matéria-prima					
Recursos de engenharia dispendioso					

Subcarga na produção ou existência de gargalos					
Dificuldade de Padronização dos Processos					
Instabilidade de pedidos consoante o <i>stock</i> disponível					
Reduzida previsão da estimativa da quantidade e do tipo de recurso a utilizar					
Incerteza nos tempos de produção					
Fiabilidade dos equipamentos					
Disponibilidade de ferramentas e seu uso ineficaz em termos de parâmetros e condições					
Falta de capacidade produtiva					

Outros:

No que remete para as seguintes questões, encontra-se no final deste questionário uma tabela com a definição das características/elementos que serão necessários para responder mais corretamente possível.

13. Identificação dos requisitos para uma correta gestão operacional (página 94)

Na sua opinião, quais os principais requisitos para uma correta gestão operacional

Características	Requisitos	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Planeamento	Definição de um plano para alcançar os objetivos; Melhoria da eficiência operacional; Melhoria da segurança; Melhoria da qualidade; Garantia do cumprimento de prazos; Identificação dos riscos; Prevenção dos riscos. Outro: _____			
Melhoria no controlo de custos	Existência de custos padrão Mecanismos de registo de dados Acompanhamento do fluxo de trabalho Melhoria da segurança; Melhoria do ambiente; Melhoria da sustentabilidade (Social, Ambiental e económica); Outro: _____			
Áreas de suporte	Assegurar de meios e recursos produtivos; Assegurar melhoria contínua; Formação contínua; Promover competências; Criar foco nos objetivos empresarial; Minimizar consequências segurança de operadores Minimizar consequências na segurança; Minimizar consequências na qualidade do produto. Outro: _____			

Liderança	Definição de objetivos operacionais anuais/ mensais/ semanais e diárias; Definição e cumprimento de regras e políticas estabelecidas na empresa; Práticas de gestão visual; Organização funcional da empresa com funções e responsabilidades. Outro: _____			
Avaliação de desempenho	Definição de objetivos e metas; Indicadores de desempenho; Monitorização, controlo e avaliação de desempenho; Planeamento e execução de auditorias internas. Outro: _____			
Operacionalização	Planeamento e controlo operacional; Preparação e resposta às emergências; Design e desenvolvimento de produtos e serviços; Controlo de processos; Controlo de produtos; Controlo de fornecedores; Produção e prestação de serviços; Análise e mitigação de riscos; Controlo de saídas. Outro: _____			

14. Identificação de ferramentas, métodos ou ações que dão solução aos problemas (para melhor compreensão ler glossário)

14.1 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam a eliminar ou mitigar as dificuldades de gestão de informação entre cliente e departamento de engenharia?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.2 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que permitem eliminar ou mitigar a existência da quantidade insuficiente de mecanismos de controlo de recursos? Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.3 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na redução de projetos com orçamentos grandes e incertos? Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.4 Na sua opinião, quais as ferramentas, método ou ações que auxiliam na eliminação ou mitigação do problema de falhas de planeamento?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam a eliminar ou mitigar os problemas de falta de controlo de produção?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.5 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam a eliminar ou mitigar o problema de existirem atrasos na entrega do produto final ao cliente?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.6 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam a eliminar ou mitigar o elevado *Lead Time*?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.7 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na redução de constantes retrabalhos?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.8 Na sua opinião, quais as ferramentas que ajudam na redução da dependência humana associada a experiência dos profissionais?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de “1 a 5”
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.9 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam a eliminar ou mitigar as mudanças de planos constantes no projeto?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.10 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na redução dos atrasos no fornecimento da matéria-prima?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 – Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.11 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na redução de recursos de engenharia dispendiosos?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 – Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.12 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na eliminação ou mitigação da existência de subcarga na produção?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.13 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na eliminação ou mitigação da falta de padronização?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
Empowerment			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.14 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na eliminação ou mitigação na instabilidade de pedidos consoante o *stock* disponível?
Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 – Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
Empowerment			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.15 Na sua opinião, quais as ferramentas, método ou ações que ajudam na eliminação ou mitigação da reduzida previsão da estimativa da quantidade e do tipo de recurso a utilizar?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.16 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na redução da incerteza dos tempos de produção?

Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 – Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.17 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que permitem ultrapassar a dificuldade de constantes avarias de máquinas?
 Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 – Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.18 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que permitem ultrapassar a dificuldade existente na falta de ferramentas?
 Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria contínua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

14.19 Na sua opinião, quais as ferramentas, métodos ou ações que ajudam na eliminação ou mitigação da falta de capacidade produtiva?
Na escala de 1 a 5, como classifica a influência destas ferramentas na solução deste problema numa indústria ETO?

1 - Extremamente improvável; 2 – Algo improvável; 3 – Possível de acontecer; 4 – Frequente; 5 – Muito Frequente

Características/elementos do modelo de gestão	Sim	Não	Classificação de "1 a 5"
Cultura <i>Lean</i>			
Estratégia e alinhamento organizacional			
Desperdício			
Orientação para o processo			
Melhoria continua			
Fluxo de produção			
<i>Empowerment</i>			
Gestão visual e organização do posto de trabalho			
Prevenção			
Tempo			

Outros:

B. Glossário

As definições para as diferentes características/elementos do modelo de gestão são apresentadas na tabela seguinte:

Características/Elementos	Definição
Cultura <i>Lean</i>	Tem como principal objetivo agregar valor para o cliente; Eficiente otimização de processos; Incentivo à participação e à capacidade crítica; Participação ativa de todos os colaboradores na cadeia de valores; Implementação de soluções simplificadas.
Estratégia e alinhamento organizacional	Todos os funcionários conhecem os propósitos e estratégias da empresa para além das tarefas atribuídas, sendo que são conhecedores das consequências do fracasso e dos benefícios do sucesso.
Desperdício	Sensibilização à cerca dos desperdícios e implementação da redução destes desperdícios. Todos os colaboradores são responsáveis por evitar o aparecimento dos desperdícios, podendo este não ocorrer através de um correto planeamento e desenho dos produtos e dos processos.
Orientação para o processo	Foco na estrutura dos processos com um pensamento horizontal, no qual é observado o produto de início ao fim e não como os recursos se movem.
Melhoria continua	Aprimoramento sem interrupções de processos, produtos e serviços, com foco na redução de desperdícios, melhor eficiência e inovação dos processos.
Fluxo de produção	Redução de tempo de espera dos recursos entre processos na montagem <i>just in time</i> , bem como o aprimoramento da comunicação correta da informação necessária no decorrer da produção.

<i>Empowerment</i>	Formação continua e definição de processos com vista a autonomia e iniciativa dos colaboradores na resolução de problemas, partilhando responsabilidade dos sucessos e fracassos, bem como a prática da análise do desempenho operacional através de KPI's.
Gestão visual e organização do posto de trabalho	Observação da condição atual do processo e de desvios face ao esperado, de forma regular e baseando em factos que permitem identificar quando o desempenho não é o desejado, e intervir adequadamente.
Padronização do posto de trabalho	Estabilização do processo através da repetição e do conhecimento obtido, utilizando procedimentos, instruções de trabalho ou outros meios.
Prevenção	Priorização na prevenção de problemas e desperdícios através da verificação do processo e sua padronização, recurso à ferramenta <i>Poka-Yoke</i> e a um programa de mitigação de riscos e robusta manutenção produtiva.
Tempo	Implementação do cumprimento dos prazos de entrega permitindo o controlo e a gestão do tempo necessário para garantir os prazos de entrega e a introdução de produtos novos no mercado.