

IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E MELHORIA CONTÍNUA

EM GRUPO INDUSTRIAL DO SETOR MOBILIÁRIO

SOFIA GABRIELA PEREIRA MAGALHÃES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA DE MATERIAIS

PROFESSORA BEATRIZ BRITO OLIVEIRA

ORIENTADORA FEUP

ENGENHEIRO HUGO CARNEIRO

ORIENTADORA KAIZEN INSTITUE

Porto, 10 de julho de 2023

CANDIDATO	SOFIA GABRIELA PEREIRA MAGALHÃES	CÓDIGO 201705665
Título: IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMA DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E MELHORIA CONTÍNUA EM GRUPO INDUSTRIAL DO SETOR MOBILIÁRIO		
DATA	21 de junho de 2023	
LOCAL	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto	
JÚRI	<i>Presidente Professora Laura Ribeiro</i>	DEMM/FEUP
	<i>Arguente Professor José António Barros Basto</i>	DEM/FEUP
	<i>Orientador Professora Beatriz Brito Oliveira</i>	DEMM/FEUP

“A journey of a thousand miles begins with a single step.”

Lau Tzu

RESUMO

A indústria do setor mobiliário na Europa é uma das mais desenvolvidas do mundo e enfrenta uma competição cada vez maior com o surgimento de concorrentes internacionais. O atual mercado competitivo conduz as empresas a apostarem no comércio eletrónico e na digitalização dos seus processos produtivos. Neste contexto, a Empresa Y (nome fictício atribuídos por questões de confidencialidade), uma empresa pertencente a um grupo industrial do setor mobiliário, confrontou-se com a necessidade de desenvolver um plano de transformação digital que englobe as linhas de trabalho tecnológicas e organizacionais.

A metodologia utilizada teve como ponto de partida a análise da maturidade digital da empresa e a análise dos processos produtivos no *gemba*. Concluídas estas análises, foram desenhadas as soluções com foco na identificação dos requisitos necessários para os sistemas a desenvolver, e ainda na digitalização da gestão de iniciativas de melhoria.

As soluções desenhadas basearam-se no mapeamento das situações atuais dos processos produtivos, tanto para o projeto de implementação de um *Manufacturing Execution System*, como para a implementação de uma Plataforma de Planeamento e Sequenciamento de tarefas logísticas. Este mapeamento conduziu ao levantamento dos requisitos necessários para a implementação dos projetos. Foi ainda posta em prática a utilização de uma plataforma digital de processos produtivos, que permite fazer a gestão de iniciativas de melhoria e *gemba walks*. Finalmente, foi implementado o modelo de reuniões semanais, sustentado na *Mission Control Room*, com o objetivo de manter a equipa informada acerca dos avanços nos projetos, e torná-la mais autónoma na prática da melhoria contínua.

Tendo em conta o impacto das iniciativas implementadas, pode destacar-se o objetivo do levantamento de todos os requisitos inerentes ao sistema e plataforma a implementar no futuro. Destaca-se ainda a utilidade da plataforma digital de processos produtivos que permitiu a realização de um Kobetsu Kaizen.

PALAVRAS-CHAVE

Kaizen, Sistema de Execução de Manufatura, Melhoria Contínua, Kobetsu, Manutenção Preditiva.

ABSTRACT

The furniture industry in Europe is one of the most developed in the world and faces increasing competition from international competitors. The current competitive market leads companies to invest in e-commerce and in the digitalization of their production processes. In this context, Company Y (fictitious name assigned for confidentiality reasons), a company belonging to an industrial group in the furniture sector, was faced with the need to develop a digital transformation plan covering technological and organizational lines of work.

The methodology used had as a starting point the analysis of the digital maturity of the company and the analysis of the production processes in the gembu. Once these analyses were concluded, the solutions were designed focusing on the identification of the necessary requirements for the systems to be developed, and also on the digitalization of the management of improvement initiatives.

The solutions designed were based on the mapping of the current situations of the production processes, both for the Manufacturing Execution System implementation project and for the implementation of a Planning and Sequencing Platform for logistic tasks. This mapping led to the survey of the requirements needed to implement the projects. It was also put into practice the use of a digital platform of production processes, which allows the management of improvement initiatives and gembu walks. Finally, the model of weekly meetings was implemented, supported by the Mission Control Room, with the objective of keeping the team informed about the progress of the projects, and making them more autonomous in the practice of continuous improvement.

Considering the impact of the implemented initiatives, one can highlight the goal of the survey of all requirements inherent to the system and platform to be implemented in the future. Also noteworthy is the usefulness of the digital platform of production processes that allowed the realization of a Kaizen Kobetsu.

KEY-WORDS

Kaizen, *Manufacturing Execution System*, Continuous Improvement, Kobetsu, Predictive Maintenance.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação é o culminar de anos de muito trabalho, empenho, dedicação e companheirismo. Companheirismo com pessoas a quem devo um enorme obrigada, uma vez que integraram esta jornada e que contribuíram, de alguma maneira, para o meu desenvolvimento pessoal e sucesso.

Em primeiro lugar, aos meus pais, sem eles nada seria possível. Obrigada pelos valores, exemplo, ensinamentos e apoio que desde sempre prestaram em prol da minha educação e bem-estar.

Aos meus queridos irmãos, Lara e João, pelos momentos de descontração e boa disposição que tornaram qualquer esforço possível. Obrigada pelo colo, ajuda e mimo nas mais diversas formas.

Aos meus avós, por todo o amor e presença, especialmente, ao meu avô Fernando que não conseguiu ver o resultado final, mas que ficaria certamente muito orgulhoso.

Ao João Paulo, porque simplifica, mima e acolhe. Obrigada por toda a ajuda e compreensão durante este estágio, assim como pelo exemplo e apoio que tem dado durante os últimos anos.

Às minhas amigas, pela presença assídua nas pequenas vitórias e nos percalços, pela motivação inesgotável, e por toda a força que me deram desde sempre e particularmente ao longo deste percurso.

À professora Beatriz Brito Oliveira, agradeço a disponibilidade e orientação prestada na elaboração desta dissertação. Agradeço também a todos os Professores que me acompanharam ao longo do meu percurso académico, pelos ensinamentos e motivação transmitida.

Ao Kaizen Institute, que me proporcionou a oportunidade de realizar esta dissertação e sem o qual seria impossível percorrer este percurso. Gostaria de agradecer, em especial, ao meu líder de equipa, André Pinho Oliveira, ao meu tutor e orientador, Hugo Carneiro, pela orientação e ajuda no meu crescimento profissional. Ao Pedro Lourenço, obrigada pelo acompanhamento e ajuda prestada ao longo do projeto abordado. Por último, a toda a equipa, pela integração e transmissão de conhecimento.

O meu sincero,

Obrigada!

Índice

RESUMO	i
PALAVRAS-CHAVE	i
ABSTRACT	ii
KEY-WORDS	ii
AGRADECIMENTOS	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE NOMENCLATURAS	vii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. KAIZEN INSTITUTE	1
1.2. ENQUADRAMENTO DA EMPRESA	2
1.3. SETOR MOBILIÁRIO NA EUROPA	3
1.4. OBJETIVOS DO PROJETO E METODOLOGIA	4
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1. FILOSOFIA KAIZEN	5
2.2. FUNDAMENTOS KAIZEN	5
2.3. <i>TOTAL PRODUCTIVE MAINTAINANCE (TPM)</i>	7
2.3.1 <i>Overall Equipment Efficiency (OEE)</i>	8
2.3.2 <i>Kobetsu Kaizen</i>	9
2.4. INDÚSTRIA 4.0	10
2.5. SISTEMAS CÍBER-FÍSICOS (CPS)	10
2.6. MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)	10
2.6.1 Importância do MES na Indústria 4.0	11
2.6.2 Evolução e Desenvolvimento	12
2.6.3 Funcionalidades do MES	13
3 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL	15
3.1. DIFICULDADES ATUAIS	15
3.2. MATURIDADE DIGITAL	16
4 DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES	19
4.1. ESTRATÉGIA DE TRANSFORMAÇÃO	19
4.2. ROADMAP	21
4.3. MES - <i>MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM</i>	21
4.3.1 Explicação dos Módulos do MES	21
4.3.2 Contextualização do Processo Produtivo	24

4.3.1	Levantamento de Requisitos	24
4.4.	PLATAFORMA DIGITAL DE APOIO À GESTÃO DE INICIATIVAS LEAN MANUFACTURING	27
4.4.1	Kobetsu Kaizen	28
4.5.	PLATAFORMA DE PLANEAMENTO E SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS LOGÍSTICAS	32
4.5.1	Processo Produtivo	33
4.5.2	Levantamento de Requisitos	35
4.5.2	Oportunidades de Melhoria	37
4.5.	GESTÃO DE PROJETO - <i>MISSION CONTROL ROOM</i> (MCR)	38
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	40
5.1.	PRINCIPAIS CONCLUSÕES	40
5.2.	PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
	ANEXO A	43
	ANEXO B	45
	ANEXO C	46
	ANEXO D	47
	ANEXO E	48

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Dispersão do Kaizen Institute a nível mundial [2].	2
Figura 2 - Significado da palavra Kaizen [2].	5
Figura 3 - Kobetsu Kaizen [11].	9
Figura 4 - Fases de desenvolvimento da Indústria 4.0 [7].	11
Figura 5 - Análise radar da Empresa.	17
Figura 6 - Análise radar de cada uma das principais áreas.	18
Figura 7 - Projetos do Plano de Transformação Digital.	20
Figura 8 - Cronograma dos projetos do Plano de Transformação Digital.	21
Figura 9 - Diagrama de caso de uso do modelo de gestão e sincronização de necessidades de abastecimento.	22
Figura 10 - Fases do projeto do Modelo Preditivo de Manutenção.	23
Figura 11 - Esquema de produção de sofás.	24
Figura 12 - Mapeamento da situação atual da área da madeira.	26
Figura 13 - Estrutura de dados da situação atual e futura da área da madeira.	27
Figura 14 - Modelo de quadros visuais utilizados atualmente.	28
Figura 15 - Definição e descrição do problema na Plataforma Digital.	29
Figura 16 - Identificação das causas e porquês na Plataforma Digital.	30
Figura 17 - Diagrama de Ishikawa Baixo OEE.	31
Figura 18 - Atividades de valor não acrescentado da máquina.	32
Figura 19 - Plano de ações na Plataforma Digital.	32
Figura 20 - Evolução do OEE da máquina furadora ao longo do projeto.	33
Figura 21 - Fluxo de material.	34
Figura 22 - Fluxo de informação.	35
Figura 23 - Continuação do fluxo de informação.	36
Figura 24 - Cartão de identidade de cada um dos processos.	37
Figura 25 - Alguns dos elementos da <i>Mission Control Room</i> .	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Desafio da situação inicial da Empresa.	16
--	----

LISTA DE NOMENCLATURAS

AMRs - *Autonomous Mobile Robot*

BD - Base de Dados

CPPS - *Cyber-Physical Production Systems*

CPS - Sistemas Cíber-Físicos

ERP - *Enterprise Resource Planning*

IA - Inteligência Artificial

IoS - *Internet of Services*

IoT - *Internet of Things*

KI - Kaizen Institute

KPI - *Key Performance Indicator*

MES - *Management Execution System*

MESA - *Manufacturing Enterprise Solutions Association*

MRP - Sistema de Planeamento das Necessidades de Materiais

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

PDCA - *Plan, Do, Act, Check*

PLM - *Product Lifecycle Management*

SDCA - *Standardise, Do, Check, Act*

SKUs - *Stock Keeping Units*

VA - Valor Acrescentado

VNA - Valor Não Acrescentado

VSA - *Value Stream Analysis*

1. INTRODUÇÃO

O documento apresentado foi escrito no âmbito da dissertação em ambiente empresarial no Mestrado em Engenharia de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O projeto foi desenvolvido com o Kaizen Institute em parceria com uma empresa do setor do mobiliário fabricante de sofás.

O mundo industrial está a ser transformado pela quarta revolução industrial, abrindo uma ampla gama de oportunidades para empresas interessadas em participar neste novo fluxo de inovação. A procura pelo sucesso e pelo crescimento sustentável potenciou a necessidade de as empresas identificarem oportunidades de melhoria a fim de obterem uma vantagem competitiva. Assim, tem existido um crescente investimento das organizações na implementação de sistemas de gestão focados na melhoria do seu desempenho operacional, levando a um aumento da produtividade, redução de custos e melhoria da qualidade dos seus produtos e serviços.

A Empresa Y, nome fictício atribuídos por questões de confidencialidade, recorreu ao Kaizen Institute com o objetivo de desenvolver uma transformação digital nos vários setores da empresa, salientando a importância das plataformas digitais para a gestão de sistemas de produção. Teve também como objetivo a melhoria dos processos no funcionamento da Empresa.

Ao longo da dissertação está presente o meu contributo implícito neste projeto, desde a caracterização do estado atual, ao planeamento e implementação de soluções, terminando com as conclusões e perspetivas de trabalho futuro.

1.1. KAIZEN INSTITUTE

O Kaizen Institute (KI) foi fundado em 1985, no Japão, pelo Sr. Masaaki Imai, e está atualmente sediado em Zug, na Suíça. Em Portugal, o Kaizen Institute está presente desde 1999, contando com escritórios no Porto, Coimbra e Lisboa, estando também presente em mais de 30 países por todo o mundo, tal como se pode observar na sua dispersão geográfica na Figura 1. O KI trabalha em múltiplos setores, dos quais se destacam a indústria, serviços, transportes, saúde, retalho, IT, finanças, entre outros [1].



Figura 1 - Dispersão do Kaizen Institute a nível mundial [2].

A empresa multinacional presta serviços de consultoria operacional baseando-se em assegurar a Melhoria Contínua, ajudando os seus clientes na obtenção de resultados de excelência a fim de alcançarem a vantagem competitiva no mercado global, através da análise e implementação de soluções direcionadas para a qualidade do serviço e produto. Assim, o objetivo foca-se no aumento da produtividade criando valor acrescentado, na melhoria de recursos e equipamentos, eliminação de desperdício e redução do lead time. Esta visão desenvolve uma cultura sustentável, na qual engloba todas as pessoas, todos os dias, em todas as áreas [1].

1.2. ENQUADRAMENTO DA EMPRESA

A Empresa Y, com mais de 30 anos de experiência no setor mobiliário, pertence a um grupo empresarial com mais de oito unidades fabris espalhadas por toda a Europa com 3 polos industriais em Portugal. É uma empresa com receitas totais de mais de um bilião de euros.

Com a missão de assegurar as melhores oportunidades de negócio, visa ser uma referência no mercado a nível Mundial, respeitando sempre os seus valores, como a integridade, ética, espírito de grupo, inovação e qualidade.

A Empresa promove a excelência na satisfação dos clientes com os seus produtos e serviços através da adoção das práticas e metodologias do seu Sistema de Gestão, visando a melhoria contínua. Para tal, alguns dos seus compromissos são a implementação de boas práticas, redução de desperdícios, redução de consumos de recursos e materiais, redução de consumo de energia, adoção de equipamentos mais eficientes e a prevenção da poluição.

1.3. SETOR MOBILIÁRIO NA EUROPA

Numa era de globalização, as empresas têm a capacidade de apelar a recursos como capital, informação, bens e tecnologias em qualquer parte do mundo. Com a internacionalização dos mercados, surgiram melhorias significativas nos setores de transporte e comunicação reduzindo assim a importância da localização geográfica como fator de competitividade. Essa mudança abriu novas oportunidades e desafios para as empresas. Por um lado, as empresas podem aceder a novos mercados, encontrar fornecedores e parceiros em diferentes partes do mundo, expandir o seu leque de clientes e beneficiar de economias de escala. Por outro lado, encaram uma maior competição, visto que necessitam de competir não apenas com as empresas locais, mas também com concorrentes internacionais.

A indústria do setor mobiliário na Europa é uma das mais desenvolvidas e importantes do mundo. A Europa abrange uma ampla gama de fabricantes, designers e empresas da indústria móvel que atendem tanto ao mercado interno como ao mercado internacional.

A Europa tem uma longa tradição na indústria móvel, onde países como Itália, Alemanha, França, Espanha e Dinamarca são reconhecidos pela produção de móveis de alta qualidade, com marcas icônicas que são sinónimo de design elegante e durabilidade. Uma das características distintivas da indústria móvel na Europa é a sua diversidade de estilos e abordagens de design. Enquanto alguns fabricantes se concentram em designs clássicos e tradicionais, outros estão apostam no design contemporâneo e minimalista. Atualmente verifica-se uma crescente tendência em relação ao uso de materiais sustentáveis e ecológicos na produção de mobiliário, demonstrando a crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental.

Além dos fabricantes, a Europa possui ainda uma sólida rede de retalhistas de móveis, que variam desde grandes cadeias de lojas até pequenas lojas especializadas. Grandes empresas multinacionais como IKEA, H&M Home, BoConcept e Conforama têm presença significativa na Europa e são conhecidas pela sua ampla oferta de produtos a preços acessíveis.

Nos últimos anos, a indústria móvel na Europa tem enfrentado desafios e oportunidades significativas. A digitalização e o comércio eletrónico tiveram um grande impacto no setor, onde várias empresas expandiram as suas operações *online* e surgiu o aparecimento de novas empresas de comércio eletrónico especializadas em móveis.

A COVID-19 também afetou o setor móvel, com o fecho temporário de lojas físicas. No entanto, o setor adaptou-se, verificando-se um aumento da procura de móveis para escritórios em casa e móveis de jardim.

A indústria do setor mobiliário na Europa continua em crescimento, sendo impulsionada pela qualidade do design, inovação, tradição artesanal e crescente procura por produtos sustentáveis. A Europa mantém-se como um importante centro de produção e um polo de referência para a criação de móveis de alta qualidade [3, 4].

1.4. OBJETIVOS DO PROJETO E METODOLOGIA

Em resposta ao desafio constante na evolução competitiva na excelência operacional, é expectável que haja avanços na transformação digital e melhoria de processos no funcionamento da Empresa. Para tal, foi desenhado um Plano de Transformação Digital com alguns projetos que serão abordados nos capítulos mais a frente.

O objetivo deste projeto assenta na análise da situação atual e no levantamento de requisitos para alguns dos projetos do Plano de Transformação Digital. Relativamente ao desenvolvimento do sistema MES, tanto para o Modelo Preditivo de Manutenção como para a Gestão e Sincronização de Necessidades de Abastecimento, foram identificados os requisitos e definições das especificações técnicas e funcionais dos sistemas. Em relação à Plataforma de Planeamento e Sequenciamento de tarefas logísticas, visou-se também identificar alguns requisitos (técnicos, funcionais, de segurança e desenvolvimento).

A respeito da Plataforma Digital de apoio à gestão de iniciativas *Lean Manufacturing*, serão testados os conceitos e validada a sua utilização realizando um Kobetsu Kaizen.

A *Mission Control Room* (MCR) foi implementada com o intuito de monitorizar a gestão dos projetos de uma forma visual, com os seguintes objetivos:

- Implementação de reuniões semanais;
- Discussão do estado atual dos projetos e alinhamento dos objetivos;
- Levantamento de ações face ao desenvolvimento dos projetos.

1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo dedica-se à contextualização do projeto, descrevendo os seus intervenientes, assim como os objetivos propostos.

No segundo capítulo é feito um enquadramento teórico, onde se pretende descrever os fundamentos Kaizen que sustentam o projeto, bem como descrever de forma sucinta aquilo que é a Indústria 4.0 e o *Manufacturing Execution System* (MES).

No terceiro capítulo deu-se início à descrição do projeto, desde as dificuldades sentidas na Empresa, até à análise da maturidade digital com que esta se encontrava.

O capítulo quatro refere-se ao levantamento de requisitos para a implementação do software MES e da Plataforma de Planeamento, assim como a proposta de solução para a realização de um Kobetsu Kaizen com o intuito de aumentar o OEE de uma máquina. Será também apresentada a metodologia de gestão de projeto utilizada.

O quinto e último capítulo apresenta as conclusões da dissertação, realçando a sua contribuição, adversidades associadas à execução do projeto e a proposta de trabalhos futuros.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste segundo capítulo será apresentada a literatura que fundamenta o projeto desenvolvido, iniciando com uma compreensão no qual o Kaizen se baseia, até às ferramentas que permitiram essa transformação.

Em primeira instância serão abordados os fundamentos Kaizen e a metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM). De seguida, será explorada a Indústria 4.0 e o que são os Sistemas Ciber-físicos (CPS). Finalmente, será aprofundado o *Manufacturing Execution System* (MES), abordando a sua importância na Indústria 4.0, a sua evolução ao longo dos anos e as suas principais funcionalidades.

2.1. FILOSOFIA KAIZEN

Kaizen é uma filosofia de Melhoria Contínua que tem origem no Japão. É uma palavra milenar composta por 2 vocábulos: “Kai”, que significa mudar e “Zen”, que está relacionado com as teorias orientais da busca da perfeição e traduz-se em melhor. Kaizen significa mudar para melhor, todos os dias, aplicando-se a todas as pessoas, em todas as áreas [2].



Figura 2 - Significado da palavra Kaizen [2].

A prática do conceito Kaizen abrange todas as áreas e tipos de negócios a nível mundial, tanto a nível industrial como a nível de serviços. No entanto, esta palavra não se limita a temas de índole industrial nem profissional, sendo esta uma filosofia muito abrangente e polivalente, que pode e deve ser usada em qualquer tema.

A implementação das metodologias Kaizen tem como objetivo criar eficiência no fluxo, valor acrescentado, rapidez nos processos, redução nos custos e nos prazos de entrega [2].

2.2. FUNDAMENTOS KAIZEN

Kaizen significa a prática de melhoria contínua, sendo reconhecido mundialmente como um pilar essencial da estratégia das organizações. Esta prática visa envolver todos na procura de melhorias diariamente, em todas as áreas da organização, com o objetivo de

incorporar uma cultura de melhoria contínua através da modificação dos comportamentos e convicções das pessoas.

De modo a proceder a esta transformação, é em primeiro lugar necessário dominar os Fundamentos Kaizen, um conjunto de princípios Lean onde as organizações devem compreender e seguir com rigor de modo a ganhar uma maior consciência dos novos paradigmas [5].

i. Criar Valor para o Cliente

O primeiro princípio refere-se à centralidade no cliente, sendo que a estratégia de qualquer empresa deve centrar-se neste princípio, o de melhorar continuamente a experiência do cliente, descobrindo as necessidades do mesmo e o que é considerado como valor no seu ponto de vista.

É ainda, crucial seguir uma abordagem de “*market in & Quality first*”, o que significa que é mais importante fornecer produtos de qualidade e eficazes, mesmo não sendo o primeiro a entrar no mercado [5].

ii. Criar Eficiência de Fluxo

A eficiência do fluxo, nomeadamente a correta circulação de materiais e informação é bastante importante e, de modo a alcançar um fluxo operacional ideal é primeiro necessário reconhecer e eliminar os *mudas* (todas as atividades que não acrescentam valor ao processo), com o objetivo de criar um fluxo de valor contínuo [5].

Segundo Imai et al. [5], existem sete tipos de *muda*:

1. **Material Parado (Stock):** O material parado tem consequências negativas, sendo estas a possível desvalorização, custos capitais e a ocupação do espaço.
2. **Material em Transporte:** Aquando do transporte de um material não existe a adição de valor.
3. **Movimento de Pessoas:** Quando as pessoas estão em movimento não estão a acrescentar valor. Assim, a existência de layouts desajustados conduz a uma movimentação excessiva das pessoas, dificultando a criação de fluxo.
4. **Espera de Pessoas:** Quando as pessoas estão paradas não está a haver um acréscimo de valor.
5. **Sobreprocessamento:** Retrabalho que o cliente não vê como valor acrescentado.
6. **Produção em Excesso:** Produção antes do tempo de entrega previsto e em maior quantidade que aquela que foi encomendada pelo cliente.

- 7. Defeitos:** Quando uma peça é produzida com defeito, é esperada uma quebra da produtividade e um aumento do Lead Time.

Após a eliminação dos desperdícios e criação do fluxo, deve ser implementada a automatização de tarefas com o objetivo de melhorar o fluxo [6].

iii. Ser Orientado para o Gemba

Uma vez criada a eficiência do fluxo, o foco passará a ser a eficiência dos recursos no Gemba (chão de fábrica, local onde é criado valor). Este princípio consiste em adotar uma mentalidade de ir ao chão de fábrica, identificar o que é valor acrescentado e valor não acrescentado e eliminar todas as atividades de valor não acrescentado.

O Gemba deve ser encarado como o local de todas as ações de melhoria e fonte de informação, sendo que só no Gemba é possível identificar as dificuldades e desperdícios, bem como as respetivas oportunidades de melhoria. Assim, a organização deve promover a proximidade entre as pessoas e o Gemba, de modo a melhorar a perceção dos problemas que surgem [5].

iv. Capacitar e Envolver as Pessoas

Todos na organização devem estar envolvidos no processo de melhoria contínua e os seus objetivos individuais e de equipa devem estar alinhados com a estratégia de melhoria. Assim, é necessário estabelecer uma mentalidade de resolução de problemas que permita identificar desperdícios, aprender e implementar melhorias [5].

v. Criar Standards Visuais

A organização deve compreender a importância das normas, uma vez que estas refletem o melhor modo de executar qualquer processo. Assim, as organizações devem utilizar a gestão visual e os dados para definir normas visuais. O uso de cores e quadros é uma forma muito apelativa para cativar as pessoas, facilitando a standardização e a normalização do trabalho, assim como a melhoria na organização dos espaços. Ainda, o SDCA e o PDCA são ferramentas importantes que devem ser utilizadas em ciclos para melhorar a normalização [5].

2.3. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

O *Total Productive Maintenance* (TPM) é um dos pilares do *Kaizen Management System*, sendo um sistema de gestão de manutenção, onde o seu principal objetivo é o aumento da eficiência das máquinas de forma sustentada ao longo do tempo. Uma ferramenta utilizada para analisar a eficiência é o *Overall Equipment Efficiency* (OEE), um indicador

que não só permite analisar a eficiência global da máquina, mas também as principais fontes de perda de eficiência.

Enquanto o OEE apenas fornece a informação acerca das fontes do problema, o Kobetsu Kaizen é uma ferramenta utilizada para a resolução de problemas de uma maneira centrada e estruturada. É constituída por oito passos que permitirão atingir o objetivo proposto previamente [7-8].

2.3.1. Overall Equipment Efficiency

O OEE é um indicador que permite relacionar a quantidade de peças produzidas respeitando a qualidade pretendida, com a quantidade de peças que a máquina foi dimensionada para produzir durante um período de tempo definido [7].

Há perdas que podem afetar negativamente o OEE, havendo perdas de produção sem que se verifique qualquer valor acrescentado. Estes podem ser de três tipos:

- Perdas de Disponibilidade: Avarias/reparações; tempos de mudança de modelo ou de abastecimento.
- Perdas de Performance: Pequenas paragens; redução da cadência real da máquina.
- Perdas de Qualidade: Sucata ou retrabalho.

Cada um destes tipos de perda está associado a um indicador de eficiência, o qual permite analisar o comportamento da máquina. Estes indicadores são calculados consoante as fórmulas apresentadas de seguida:

$$OEE \text{ Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Execução}}{\text{Tempo de Produção Planeado}} \times 100$$

$$OEE \text{ Performance} = \frac{\text{Número Total de Peças} / \text{Tempo de Ciclo Teórico}}{\text{Tempo de Execução}} \times 100$$

$$OEE \text{ Qualidade} = \frac{\text{Número de Peças com Qualidade}}{\text{Número de Peças Totais}} \times 100$$

O tempo de execução corresponde à diferença entre o tempo total de trabalho e as paragens planeadas, e o tempo disponível à diferença entre o tempo de execução e as perdas de disponibilidade.

O OEE Global pode ser calculado de duas maneiras diferentes, através da eficiência global da máquina, calculando o produto das eficiências de cada uma das perdas: $OEE \text{ Global} = OEE_{\text{Disponibilidade}} \times OEE_{\text{Performance}} \times OEE_{\text{Qualidade}}$, ou ainda, através da seguinte equação:

$$OEE \text{ Global} = \frac{\text{Número de Peças com Qualidade}}{\text{Tempo de Abertura/Tempo de Ciclo Teórico}} \times 100 \text{ [7,9].}$$

O OEE é uma ferramenta vantajosa tanto para ser utilizada como linha de base, sendo possível rastrear o progresso ao longo do tempo na eliminação do desperdício, como para

ser utilizado como referência, de modo a comparar o desempenho de alguma máquina com padrões do setor ou até mesmo com outras máquinas semelhantes.

2.3.2. Kobetsu Kaizen

O Kobetsu Kaizen é uma ferramenta utilizada para resolver problemas ou para aplicar melhorias focalizadas de uma forma estruturada e objetiva, sendo utilizado em questões cuja resolução tenha uma duração definida e um objetivo a atingir. Esta ferramenta é constituída por uma sequência de passos que têm como objetivo encaminhar uma equipa ao longo de um projeto [10].

Inicia-se pela definição clara do âmbito do projeto e das melhorias a atingir. De seguida, é descrita a situação atual com base na qual é definido um objetivo quantitativo. Esta fase é identificada como a fase de preparação do Kobetsu. Segue-se uma etapa de análise de causas, onde se averigua a raiz do problema. Para tal, recorre-se a ferramentas como o diagrama de Ishikawa ou os 5 Porquês. Após terem sido encontradas as causas hipotéticas do problema é necessário desenhar e testar soluções para a sua resolução. Por fim, caso a solução criada tenha trazido o benefício esperado, é necessário comunicar esta nova prática e aplicá-la em todo o processo (Figura 2) [10].

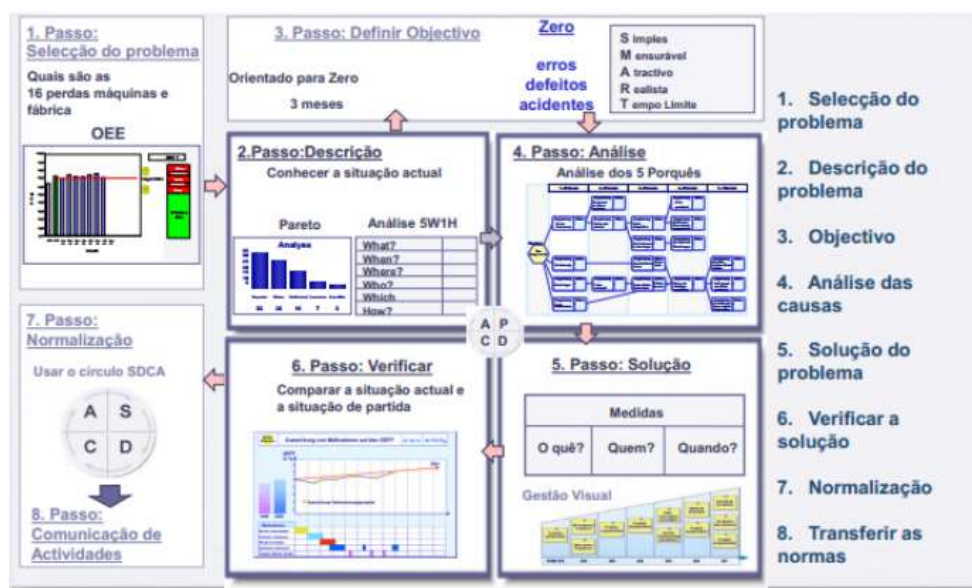


Figura 3 - Kobetsu Kaizen [11].

Em ambiente empresarial os objetivos mais comuns do Kobetsu Kaizen são o aumento da produtividade, a diminuição do número de defeitos, a redução de custos, a melhoria do nível de serviço, a obtenção de zero acidentes de trabalho e o aumento da motivação dos colaboradores [10].

2.4. INDÚSTRIA 4.0

A visão da Indústria 4.0 leva as empresas à aquisição de níveis de capacidades elevados. Inicialmente referia-se a um conceito de fábricas onde as máquinas eram equipadas com sensores e conectividade sem fios, ligadas a um sistema que toma decisões, permitindo analisar e ter uma visão transversal da linha de produção [12].

O conceito de “*Smart Factories*” faz parte da Indústria 4.0, onde a tecnologia sem fios e as tecnologias móveis de informação e comunicação constituíram os principais fatores para a internet industrial. Como resultado, estão incluídas tecnologias relacionadas com a IIoT (*Industrial Internet of Things*), a inteligência artificial (IA), a simulação e melhoria de processos, a computação cognitiva e a computação em nuvem.

O modelo de Indústria 4.0 tem como objetivo melhorar a produtividade, satisfazendo as exigências dos clientes para uma resposta mais rápida e em tempo real, através do controlo descentralizado da produção. Estas expectativas podem ser satisfeitas pelo MES (*Manufacturing Execution System*), melhorando o desempenho, a qualidade e a agilidade das empresas de fabrico globalizadas [12,13].

2.5. SISTEMAS CIBER-FÍSICOS (CPS)

Os CPS (*Cyber-Physical Systems*) são objetos físicos com software incorporado e capacidade de computação. A Indústria 4.0 baseia-se nos CPS, na “*Internet of Things*” (IoT) e na “*Internet of Services*” (IoS) e, portanto, cada vez mais produtos manufaturados serão produtos inteligentes, sendo que a incorporação de capacidades de autogestão é a principal ideia destes produtos [14].

Os equipamentos de fabrico vão também transformar-se em CPPS (*Cyber-Physical Production Systems*), sendo máquinas com o seu próprio poder de computação, as quais foram melhoradas por software. Os CPPS serão capazes de tomar decisões de forma autónoma [14].

A Indústria 4.0 baseia-se num sistema descentralizado que irá gerar um sistema holisticamente otimizado, garantindo operações eficientes. Esta indústria defende que o chão de fábrica se torne num mercado de capacidade representado pelo CPPS e de necessidade de procura representado pelo CPS [14].

2.6. MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)

O MES é um sistema de *software* que monitoriza, rastreia, documenta e controla o processo de fabrico de bens desde as matérias-primas até aos produtos acabados. Este *software* fornece os dados necessários para tornar o chão de fábrica mais eficiente e para melhorar a produção.

Nos seguintes subcapítulos será abordada a importância do MES na Indústria 4.0, a evolução deste *software* desde que surgiram as suas primeiras menções e, por fim, serão referidas algumas funcionalidades do MES.

2.6.1. Importância do MES na Indústria 4.0

A Indústria 4.0 pressupõe um sistema complexo e totalmente digital, afetando todas as unidades e classes de uma organização. De acordo com o modelo de maturidade presente na Figura 4, existem seis fases de desenvolvimento, sendo que as duas primeiras fases são requisitos para a Indústria 4.0, enquanto as restantes quatro fases fazem parte da mesma [12,13].

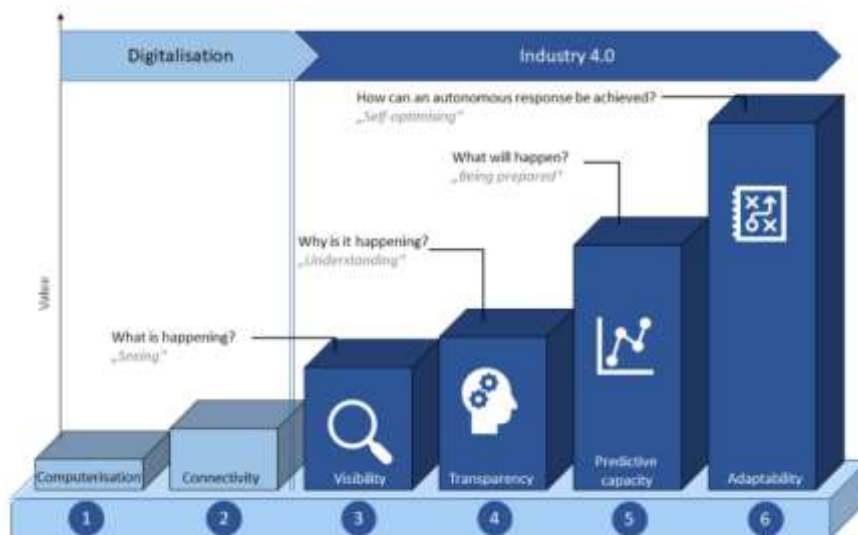


Figura 4: Fases de desenvolvimento da Indústria 4.0 [12].

Assim, de acordo com as fases presentes, o desenvolvimento de um *Manufacturing Execution System* (MES) deve focar-se nos seguintes tópicos:

1. **Informatização**: Realização de um controlo informatizado ao longo de toda a cadeia de produção.
2. **Conetividade**: Melhoria da eficiência se houver uma rastreabilidade e monitorização de toda a cadeia de produção e produtos. Cada fonte de informação deverá enviar automaticamente informações para o MES em tempo real.
3. **Visibilidade**: Assegurar a visibilidade, mostrando o que está a acontecer na cadeia de produção. Para criar essa visibilidade recorre-se a alguns sistemas, como o PLM (*Product Lifecycle Management*), o MES e o ERP (*Enterprise Resource Planning*).
4. **Transparência**: Compreensão do porquê de algo estar a acontecer, de forma a melhorar os processos e garantir a transparência. As soluções geradas pelo MES deverão dispor de funcionalidades de aprendizagem automática.
5. **Capacidade de Previsão**: O MES deve dispor de funcionalidades de simulação e otimização, com o intuito de aumentar a capacidade de previsão. Integrar a funcionalidade de simulação com o PLM exige uma modelação que utiliza conceitos

de fábrica virtual e a utilização de AI para controlar os processos. Esse novo paradigma de simulação pode ser descrito no conceito de gêmeo-digital (*digital twin*), o qual deve permitir a modelização através da simulação de todas as fases do ciclo de vida, permitindo o desenvolvimento e ensaio de produtos num ambiente virtual. A modelação e a investigação de sistemas complexos são facilitadas recorrendo à automatização do desenvolvimento, construção e adaptação de modelos.

6. **Adaptabilidade:** Esta fase tem como objetivo recorrer a dados quase em tempo real, para realizar uma melhor escolha em tempo de reação quase real. Assim, o MES deverá suportar uma tomada de decisões em tempo real.

É expectável que o MES permita obter uma visão global de todos os recursos envolvidos na produção, fornecendo informação em tempo real, bem como corresponder às necessidades dos clientes com respostas rápidas, também em tempo real e de gestão de complexidades da produção [12,13].

2.6.2. Evolução e Desenvolvimento

O MES tem sido desenvolvido desde meados da década de 1990, a fim de melhorar a competitividade entre as empresas e a eficiência das linhas de produção. Trata-se de um sistema de fabrico orientado para os processos e destinado a recolher e gerir informação dos processos de fabrico, fazendo a ligação entre o sistema de planeamento (ERP) e os sistemas de controlo (sensores) [12].

As organizações, em 1960, começaram a introduzir soluções de software para automatizar a área financeira, resultando em estratégias de produção centradas no produto e baseadas na produção de grandes volumes e minimização de custos [12,15].

No final da década de 1970, de modo a satisfazer a procura, os setores da indústria focaram-se no marketing, levando à criação do Sistema de Planeamento das Necessidades de Materiais (MRP), um sistema que integra a previsão, a programação geral e o aprovisionamento. Nos anos 80 a estratégia de fabrico passou a centrar-se no controlo pormenorizado dos processos e na redução de custos gerais, surgindo a necessidade de realizar uma evolução para o MRP II, o qual permite o planeamento e controlo de materiais e a definição de ordens de produção [15].

Aquando da introdução de um novo quadro de fabrico integrado por computador, no final da década de 1980, surgiram os ERP, sistema destinado a integrar funções organizacionais destacado por fornecer melhores funcionalidades de previsão e planeamento, gestão de inventário e contabilidade. Um aspeto negativo do ERP é a impossibilidade de gerir operações no chão de fábrica, o qual veio acelerar a necessidade de criar uma aplicação que permita recolher dados em tempo real [12,15].

Perante esta necessidade, surgiu o MES atual, um sistema que permite a combinação do processo de fabrico com um sistema de entrega de valor focado na satisfação das

necessidades e procura dos clientes. O MES contribuiu ainda para a transparência do processo, a melhoria da eficiência e o desempenho atempado. Os benefícios acoplados à implementação do MES são os seguintes:

1. Aumento da Qualidade: através da inspeção durante a produção e monitorização permanente de dados da produção.
2. Redução do lead-time: através da transparência do processo, melhor sincronização das operações e do apoio ao transporte interno de materiais.
3. Aumento da Produtividade: pelo facto de o MES ajudar a evitar o fornecimento manual de informação no local de trabalho, a introdução manual de dados e o esforço de planeamento redundante.
4. Redução do Consumo de Energia: por toda a linha de produção, permitindo identificar picos de carga.

A MESA (*Manufacturing Enterprise Solutions Association*) realizou inquéritos em diferentes indústrias acerca dos benefícios associados ao MES. Os resultados evidenciaram que ao recorrer ao MES pode haver, em média, uma redução em 40% do tempo de ciclo de fabrico, 55% do tempo de introdução de dados, 25% de trabalho em curso, 27% do tempo em espera, 19% dos defeitos em produtos e 56% de burocracia entre turnos [15].

2.6.3. Funcionalidades do MES

O MES permite realizar a monitorização, controlo e melhoria dos processos de fabrico. A informação que este sistema fornece permite a compreensão de como os subsistemas na produção estão interligados, facilitando a melhoria contínua da produção [12].

De modo a satisfazer requisitos de diferentes indústrias, foram definidas algumas funcionalidades do MES:

1. Alocação e Controlo de Recursos: Gestão de recursos associada ao fabrico e controlo [12].
2. Expedição da Produção: Gestão do fluxo de produção através da expedição da produção para equipamentos e pessoal específico [12].
3. Recolha e Aquisição de Dados: Obtenção de dados operacionais de produção associados aos equipamentos e processos de produção [12].
4. Gestão da Qualidade: Garantia de controlo da qualidade do produto e identificação de problemas realizando medições em tempo real [12].
5. Gestão de Processos: Monitorização da produção e correção automática de modo a corrigir e melhorar processos [12].
6. Acompanhamento da Produção: Estado da produção e disposição do trabalho [12].

7. Análise do Desempenho: Relatórios dos resultados atuais das operações de fabrico e comparações com historiais e resultados esperados [12].
8. Operações e Programação Pormenorizada: Processamento sequencial de operações, baseando-se em prioridades, características e regras de produção relativas a equipamentos de produção e características específicas do produto [12].
9. Controlo de Documentos: Controlo de registos e formulários [12].
10. Gestão de Mão-de-Obra: Estado do pessoal, com relatórios de tempo e assiduidade e acompanhamento da certificação [12].
11. Gestão da Manutenção: Manutenção de equipamentos e ferramentas [12].
12. Transporte, Armazenamento e Rastreio de Materiais: Gestão e rastreio do transporte e armazenamento de materiais, produtos em processo e produtos finais, e transferências entre as instalações e dentro das mesmas [12].

3. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

No decorrer deste capítulo será apresentado, de uma forma geral, o ponto de partida deste projeto, mais concretamente, será descrita a situação inicial da Empresa antes do Kaizen Intitute iniciar o projeto de transformação digital. O capítulo compreenderá tópicos como, as dificuldades atuais sentidas na Empresa e a uma análise da maturidade digital com que esta se encontrava.

3.1. DIFICULDADES ATUAIS

Numa fase inicial de implementação deste projeto, a Empresa estabeleceu como prioridade estratégica a criação de um plano de transformação digital para o grupo, o qual contempla, a partir de uma visão global, as iniciativas de transformação que devem ser implementadas. O plano de transformação digital deve ser um plano global que não se concerne em iniciativas específicas e isoladas, mas sim num plano abrangente que alinhe e priorize as linhas de trabalho, tanto tecnológicas como organizacionais, necessárias para uma implementação eficaz.

Para tal, foi aplicada a metodologia *Value Stream Analysis* (VSA), realizado previamente por uma equipa do KI, a qual se centrou num diagnóstico exaustivo das cadeias de valor, analisando os fluxos de materiais, informação e dados, permitindo definir as soluções de transição digital que devem ser implementadas para ter impactos nos resultados e obter um retorno económico. Essa análise compreendeu as seguintes etapas:

- Análise da situação atual;
- Identificação de oportunidades de melhoria;
- Formação da equipa sobre as soluções;
- Desenho da visão futura e soluções a implementar;
- Desenvolvimento do *business case* e análise do retorno económico;
- Definição de um *roadmap* de implementação.

A avaliação inicial concluiu que a estratégia de transformação digital da Empresa Y deve centrar-se em quatro áreas principais: modelo de negócios, sistemas de informação, operações e melhorias de processos e modelos de governação, onde todas estas áreas deveriam ser alinhadas num programa global, constituído por várias iniciativas e projetos estratégicos em todas as áreas da empresa, que respondesse a um mercado cada vez mais exigente.

Nesta análise inicial realizada na Empresa, foram detetados alguns desafios, presentes na Tabela 1, em relação à situação inicial da mesma.

Tabela 1 - Desafio da situação inicial da Empresa.

Fluxo de Informação nas Operações	Processo Comercial
- Alguns sistemas de digitalização encontravam-se disponíveis em soluções modernas como o Navision ERP, no entanto, estavam em grande parte subutilizados devido à não introdução correta os dados. - Grande parte dos processos essenciais nas áreas operacionais era realizado de forma manual em ficheiros Excel ou em papel, gerando uma elevada carga de trabalho, elevada possibilidade de erros e baixa capacidade de melhoria. - Os fluxos de informação, tanto internos como externos eram geridos por correio eletrónico, dificultando a rastreabilidade da informação, a visibilidade em tempo real da informação atualizada e a extração de indicadores de processo. - Verificou-se um baixo nível de competências digitais, devido ao desconhecimento das possibilidades oferecidas pelas ferramentas disponíveis na empresa e de como as utilizar, associado a uma falta de ferramentas digitais.	- Dificuldade de acompanhar as interações com os clientes e o fluxo de informação, visto que a informação era transmitida por correio eletrónico ou telefone. - A configuração do produto e a análise de custos é um processo muito manual, onde a informação é dispersa e difícil de encontrar para criar propostas. - O processo de preparação de uma proposta, criação de protótipos e desenvolvimento até à serie zero tem um prazo de execução muito longo, sendo um obstáculo para desenvolver clientes e garantir a sua satisfação. - Existe ainda um grande esforço para seguir e acompanhar o processo por parte dos departamentos internos e pelos clientes, uma vez que a informação se encontra em e-mails e ficheiros, aumentando a carga de trabalho comercial e reduzindo o tempo dedicado às atividades comerciais.

Numa análise global final verificou-se ainda um elevado manuseamento de materiais, uma baixa produtividade dos operadores devido às tarefas logísticas de procura e deslocação de produtos, bem como a entrada e saída de máquinas com oportunidades de automatização.

3.2. MATURIDADE DIGITAL

Numa avaliação realizada na empresa foi possível retirar algumas conclusões relativas à maturidade digital da mesma. Os sistemas informáticos não são utilizados em todo o seu potencial e a informação comercial crítica é gerida em ficheiros Excel, e-mails, papel ou inexistente (como listas técnicas, roteiros, previsões, planeamento, entre outros).

Os processos operacionais requerem uma introdução manual de dados e processos em papel. Há, assim, um trabalho manual repetitivo e normalizado em processos de produção

e suporte, com um potencial de automatização. Verifica-se ainda uma falta de visibilidade de projetos que estão a ser desenvolvidos pelas unidades de IT e de negócios, uma falta de acompanhamento operacional e de monitorização após a implementação de projetos digitais e uma falta de apropriação e responsabilização nos projetos digitais.

Com o intuito de perceber a maturidade digital da Empresa, foi realizada uma análise radar (Figura 5), com base nas três principais áreas: fluxo de informação, fluxo de materiais e modelo de negócios. Para tal foi realizada uma grelha de critérios com algumas questões acerca destas três áreas (Anexo A), onde foi atribuída uma avaliação numa escala de 0 a 4, de modo a quantificar tanto as áreas de interesse, como os constrangimentos das mesmas.

Várias unidades fabris do grupo foram absorvidas por esta análise, no entanto, focando-nos na linha azul correspondente à Empresa Y, onde decorreu esta dissertação, podemos verificar que no que diz respeito ao fluxo de informação esta apresentava uma classificação de 2.38, o fluxo de material uma classificação de 2.00 e, por fim, o modelo de negócios com uma classificação de 1.50.



Figura 5: Análise radar da Empresa.

Dentro de cada uma destas áreas foram detetados alguns dos principais constrangimentos presentes na análise radar da Figura 6. Relativamente ao fluxo de informação, foram detetados problemas principalmente na saída do produto final, na entrada de materiais, na captura e no registo de dados da produção, na gestão de stocks e de armazéns e, ainda, na receção e registo de encomendas. Já na área do fluxo de materiais, os constrangimentos assinalados foram relativos ao armazém de entrada de matérias-primas, ao armazém de saída de produtos finais, ao stock de logística interna e, por fim, ao processo de produção. Finalmente, na área de modelos de negócios, as competências e conhecimento digital e os processos de implementação de projetos digitais foram os constrangimentos com maior peso dentro dos detetados.

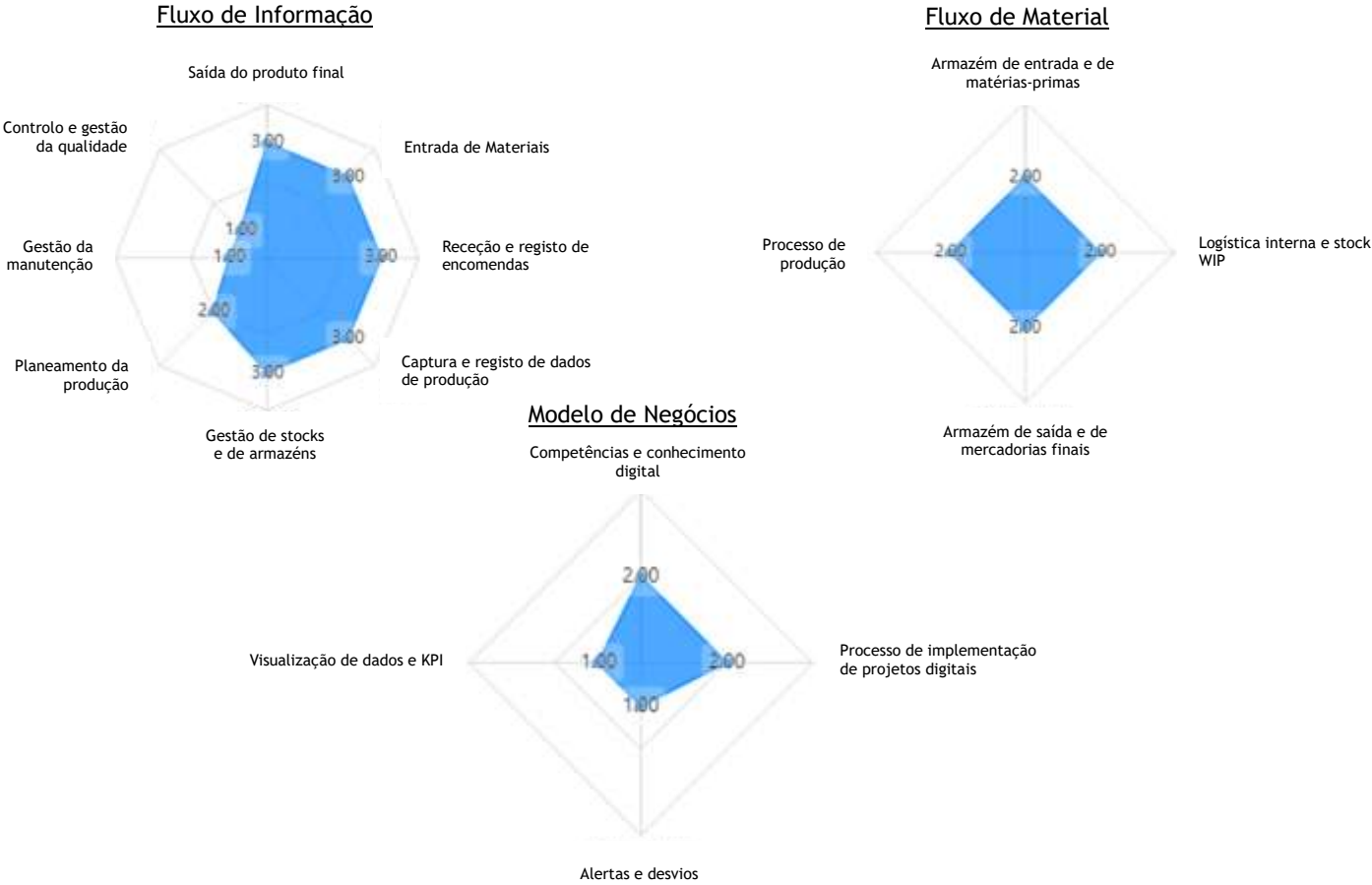


Figura 6: Análise radar de cada uma das principais áreas.

4. DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES

No presente capítulo pretende-se definir a estratégia de transformação digital a realizar na Empresa e apresentar o cronograma de implementação. Será realizado o levantamento de requisitos para cada um dos projetos relevantes para esta dissertação, os quais visam a identificação e sistematização de especificações técnicas, que servirão para sustentar os desenvolvimentos pretendidos. Finalmente, será apresentada a metodologia de gestão de projeto utilizada.

4.1. ESTRATÉGIA DE TRANSFORMAÇÃO

Numa fase inicial de implementação deste projeto, a Empresa estabeleceu como prioridade estratégica a criação de um plano de transformação digital para o grupo, o qual contempla, a partir de uma visão global das iniciativas de transformação que devem ser implementadas.

O plano de transformação digital a ser implementado integra vários projetos, os quais se encontram descritos na Figura 7, apresentada de seguida.

Sistemas Robóticos	O processo de montagem de sofás envolve várias etapas manuais, estando esta indústria a enfrentar desafios para aumentar a produtividade e reduzir custos. As soluções robóticas têm como objetivo automatizar as etapas mais repetitivas e demoradas do processo de montagem. Será desenvolvido um software de parametrização e programação automática de robots de modo a facilitar a adaptação do sistema ao elevado número de modelos de sofás existentes.
Auditor Visual de Qualidade	Surgiu a necessidade de realizar um controlo de qualidade de uma determinada tarefa produtiva através da avaliação de movimentos dos participantes na realização das tarefas. Assim, este Auditor de Qualidade permitirá uma análise do comportamento dos intervenientes de uma tarefa, utilizando técnicas de processamento de vídeo e IA, realizando uma comparação com o padrão normal de montagem de um processo e assim inferir potenciais não conformidades no processo de produção.
Digital Twin	Atualmente, os dados de produção são recolhidos para um data lake, que impede a realização da reengenharia de processo de forma ágil. Assim, com um software para a digitalização e rastreabilidade total do processo logístico pretende-se evoluir para Digital Twin. Este software irá realizar uma captura em tempo real de todas as atividades de uma linha de produção, tanto automáticas como manuais, transformando os dados de produção em informação de simples interpretação.
Plataforma Digital de Apoio à Gestão de Iniciativas Lean Manufacturing	A Empresa utiliza um modelo tradicional de quadros gerados manualmente para realizar as suas reuniões diárias de controlo de produção e processos e folhas Excel para a monitorização dos indicadores. Com a criação de uma plataforma de digitalização de processos produtivos, que permite a gestão de iniciativas de melhoria, o acompanhamento dos indicadores e relatórios de monitorização, haverá uma maior transparência da informação e um maior controlo no acompanhamento de processos.

MES - Gestão e Sincronização de Necessidades de Abastecimento	O sistema MES irá permitir comunicar com os equipamentos existentes numa fábrica e contextualiza-los com as ordens de fabrico produzidas, em produção e que ainda serão produzidas. Empresas com elevados níveis de produção e com espaço limitado junto das áreas produtivas tiram grande benefício deste produto. Este sistema irá permitir realizar pedidos de materiais necessários para as ordens de forma sincronizada com a produção.
Armazém Inteligente	Nos dispositivos industriais atuais, a operação de intra-logística baseia-se na manipulação de componentes através de operação e decisão humana. No novo paradigma da Indústria 4.0, os intervenientes humanos deverão assumir um papel central, libertando-os das manipulações e transporte. Assim, será desenvolvido um equipamento de picking integrado num AMR cuja função será percorrer o armazém para recolher material e entregar na linha de produção. Terá acoplado um ecrã onde irá ser disponibilizada a imagem do produto a recolher, que permitirá ao operador identificar os componentes, minimizando o erro.
MES - Manutenção Preditiva	A manutenção dos sistemas produtivos na maioria das empresas traduz-se num custo muito elevado, tanto a nível de custos operacionais, como na vida útil dos equipamentos, impactando diretamente a eficiência da produção. Com a criação de um modelo de IA capaz de interpretar e associar variáveis que permitem sugerir o momento exato de troca de determinados componentes críticos das máquinas.
Plataforma de Planeamento e Sequenciamento de Tarefas de Logística	Face aos processos tradicionais de otimização da Empresa, baseados na utilização de ficheiros Excel, surgiu a necessidade de uma solução inovadora. Esta solução consiste numa plataforma de planeamento que irá permitir disponibilizar algoritmos de otimização, potenciando a utilização destas soluções com um aumento de performance significativo e facilitar a integração com outros sistemas de informação.

Figura 7: Projetos do Plano de Transformação Digital.

No âmbito da presente dissertação, estive apenas inserida no desenvolvimento dos seguintes projetos do plano de transformação digital:

- Implementação do sistema MES:
 - Módulo de Manutenção Preditiva;
 - Módulo de Gestão e Sincronização de Necessidades de Abastecimento;
- Plataforma de Planeamento e Sequenciamento de Tarefas Logísticas;
- Plataforma digital de apoio à gestão de iniciativas *Lean Manufacturing*;
- Gestão de Projeto.

4.2. ROADMAP

De forma a realizar um acompanhamento mais adequado aos projetos nos quais estive envolvida, foi elaborado um cronograma de seguimentos dos projetos. Na Figura 8 é possível ver esse cronograma com a proposta de evolução do estado dos projetos ao longo do presente ano. Foi também elaborado um cronograma macro (Anexo B), englobando todos os projetos do Plano de Transformação Digital.



Figura 8: Cronograma dos projetos do Plano de Transformação Digital.

O projeto de transformação digital desenvolveu-se em três grandes etapas: levantamento de requisitos, desenvolvimento da solução e, por fim, a execução de testes e monitorização. Tanto nos projetos de desenvolvimento da plataforma de planeamento e do MES, será apenas abordado nesta dissertação a fase de levantamento de requisitos para o desenvolvimento dos mesmos. Relativamente à plataforma digital de apoio às iniciativas, será posto em prática o uso da mesma no âmbito dos workshops realizados. Em paralelo a estes projetos, será realizada uma gestão de projetos com recursos a uma *Mission Control Room* (MCR) ao longo dos meses.

4.3. MES - MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM

Um sistema MES permite recolher dados comunicar com os equipamentos existentes numa fábrica em tempo real, gerir a execução das ordens de fabrico e contextualizá-las com informação relativa ao processo produtivo. Este sistema fornece os dados necessários para tornar o chão de fábrica mais eficiente e com a produção mais otimizada.

4.3.1. Explicação do Módulos do MES

Em cima do módulo standard do MES foram ainda definidos dois projetos inovadores alavancados na solução do MES. Um deles trata-se do modelo de sincronização e produção

logística que consiste num sistema MES que permite comunicar com os equipamentos existentes e contextualizá-los com as ordens de fabrico produzidas, em produção e que ainda serão produzidas, permitindo efetuar pedidos de materiais necessários para as ordens de forma sincronizada com a produção. O outro projeto trata-se do conceito de manutenção preditiva, isto é, com recurso a um sistema MES recolher outro tipo de variáveis do processo produtivo como a vibração, temperatura, pressão, entre outros, de modo a historizar essas variáveis e, mais tarde desenvolver modelos de manutenção preditiva com base nas avarias que aconteceram.

Modelo de Gestão e Sincronização de Necessidades de Abastecimento

Este modelo do sistema MES (Figura 9) permitir a comunicação com equipamentos e a contextualização com as ordens de fabrico produzidas. O sistema a desenvolver irá permitir, usando este tipo de informação, efetuar os pedidos de material necessário para as ordens de forma sincronizada com a produção.

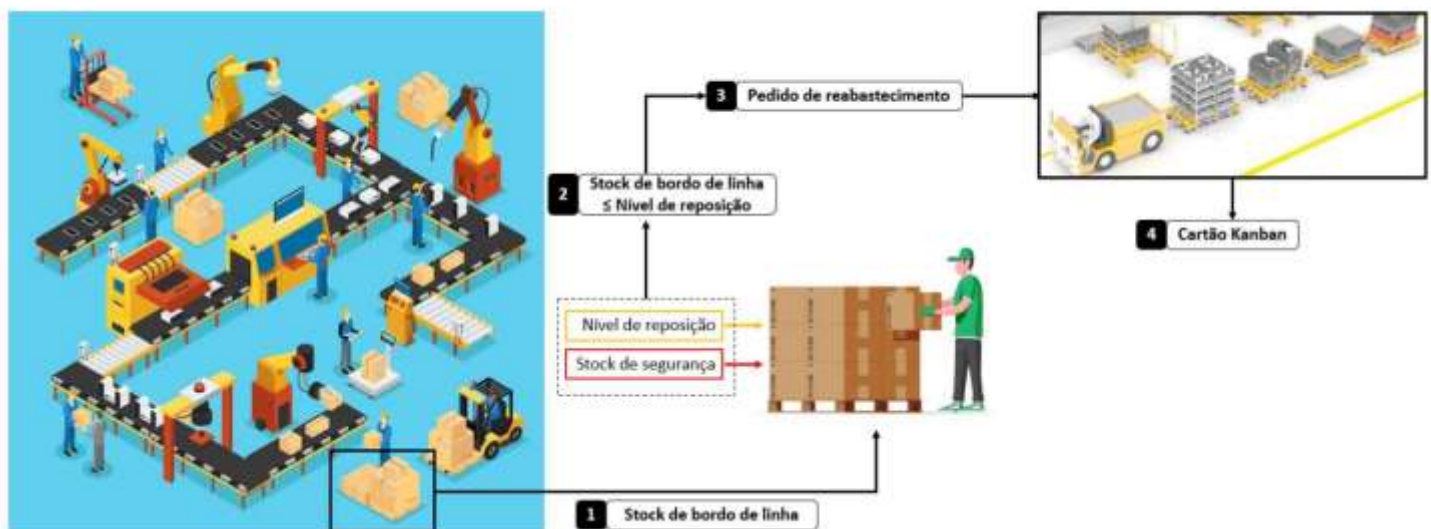


Figura 9: Diagrama de caso de uso do modelo de gestão e sincronização de necessidades de abastecimento.

Será definido um stock de bordo de linha, sendo que quando for atingido o nível de reposição desse stock será realizado um pedido de reabastecimento. Este método funciona como um cartão *kanban*, o qual será colocado entre o nível de reposição e o stock de segurança, de modo a ter conhecimento de quando é necessário reabastecer o bordo de linha.

Modelo Preditivo de Manutenção

Com a implementação do MES pretende-se também criar um modelo de IA capaz de interpretar e associar variáveis que permitam sugerir o momento exato de troca de determinados componentes críticos das máquinas. A manutenção preditiva consiste numa metodologia de manutenção com o propósito de conhecer previamente as ações que podem ser tomadas de forma a antecipar cenários prováveis, onde se prevê tempo de paragem da máquina, impactando o OEE.

Estes modelos preditivos consistem na recolha de dados, armazenamento dos mesmos e cruzá-los com o histórico de avarias. Quando existe um vasto histórico é possível começar a ter modelos que conseguem perceber o que aconteceu no passado e prever o que poderá acontecer no futuro, com base nas situações atuais. No entanto, este é um processo que demora bastante tempo, portanto, na implementação deste tipo de projetos, realiza-se uma fase intermédia chamada *Condition-Based Maintenance* (CBM). Nesta fase intermédia, serão monitorizadas as tarefas em tempo real, onde se pode comparar com condições normais de funcionamento definidas pelo histórico curto e, por padrões de produção ou padrões ISO de determinados componentes, alertando simplesmente os operadores quando as condições de funcionamento fugirem fora das condições normais, funcionando como um alerta.

Esta fase de desenvolvimento do Modelo Preditivo de Manutenção foi, então, realizada em quatro fases, sendo que na primeira foi identificado o problema, na segunda fase foram recolhidos todos os dados necessários, na terceira fase será implementada a metodologia *Condition-Based Maintenance* (CBM) e, por fim, na quarta fase será atingida a Manutenção Preditiva. Na Figura 10 encontra-se uma breve descrição de cada uma destas quatro fases.



Figura 10: Fases do projeto do Modelo Preditivo de Manutenção.

4.3.2. Contextualização do Processo Produtivo

O primeiro passo para iniciar o desenho dos requisitos necessários para a implementação do MES foi perceber como estava estruturado o fluxo de materiais da empresa.

A produção de sofás consiste numa montagem de componentes originários quase na totalidade das diferentes áreas da Empresa, a qual tem muito pouca dependência de fornecedores externos, utilizando subcontratação apenas para absorver picos de procura. Na figura 11 encontra-se um mapeamento do esquema de todos os componentes necessários para a montagem de um sofá, assim como a relação entre estes componentes.

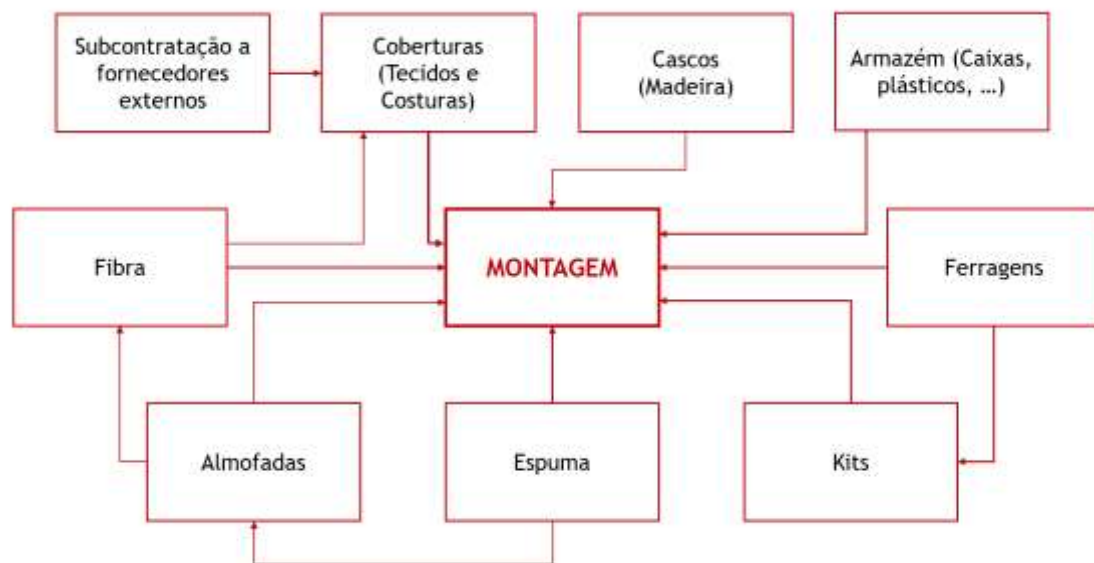


Figura 11: Esquema de produção de sofás.

4.3.3. Levantamento de Requisitos

De modo a compreender os requisitos necessários para a implementação do sistema MES para gestão da operação da Empresa, foi realizado um Workshop para definir os requisitos do sistema, assim como as necessidades de recursos internos que deverão suportar uma implementação com sucesso.

Para tal o sistema deverá:

- Efetuar a recolha, sempre que possível, automática dos dados das máquinas ou, caso não seja possível, manualmente através da introdução manual de dados. Os registos serão consumos, produções, tempos e causas de paragem. Deste modo, a Empresa procederá à eliminação de registos em papel realizada pelos operadores, tal como a necessidade de introdução desses dados em diferentes sistemas.
- Validar se a matéria-prima ou o produto em curso a alocar à máquina corresponde às indicações descritas na ordem de fabrico. Isto significa que não será possível

produzir um produto inexistente no sistema. O mesmo acontecerá com o produto acabado a ser expedido. Isto permitirá stocks reais em tempo real e assegurar a rastreabilidade dos produtos.

- Efetuar movimentos de matérias-primas, produto em curso e acabado, de forma que seja possível espelhar em sistema a localização dos produtos na fábrica. O sistema poderá restringir determinadas movimentações.
- Assegurar a rastreabilidade da produção. Para isso devem ser gerados códigos de identificação única de material ao longo do processo produtivo e respetiva leitura nos pontos de consumo ou movimentações.
- Monitorizar o estado atual de cada equipamento produtivo e, em alguns casos sempre que ocorram anomalias deverão ser despoletados alertas e/ou envio de email.
- Sempre que não seja possível efetuar a ligação dos equipamentos ao sistema, este deve ter uma interface que permita aos operadores introduzir as informações que sejam relevantes para o processo de uma forma simples.
- Reportar produtividades e eficiências, através do registo das horas imputadas pelos operadores e das produções realizadas.
- Permitir efetuar pedidos de manutenção, registar as horas/ciclos/metros de produção de cada máquina permitindo realizar a manutenção preventiva com mais eficiência e prever possíveis avarias ainda antes destas acontecerem.
- Possuir *dashboards* que sejam utilizados pelos diferentes níveis da organização e que permitam analisar o estado da produção e dos equipamentos.
- Gerar alertas na fábrica, em sistema ou por email caso existam desvios face ao esperado.
- Capacidade para comunicações com outros sistemas existentes no chão-de-fábrica.

Realizado o Workshop de levantamento de requisitos gerais do sistema, com o responsável das áreas da empresa, procedeu-se à realização de uma análise de detalhe dos requisitos e de como o sistema ficará montado para cada uma dessas áreas. De seguida, será apresentado o exemplo do mapeamento da área da madeira.

Na Figura 12 encontra-se representado o mapeamento da situação atual da área das madeiras. A fábrica faz a receção das matérias-primas e, posteriormente, efetua os processos de transformação das mesmas (corte, furação, aplicações), sendo que estas estão segmentadas entre madeiras e derivados. O planeamento era realizado em função das necessidades de sofás e não pelas componentes isoladas que constituem o sofá. Assim sendo, quando existia um produto não conforme o envio de um novo pedido de componente isolada não podia ser realizado no sistema.

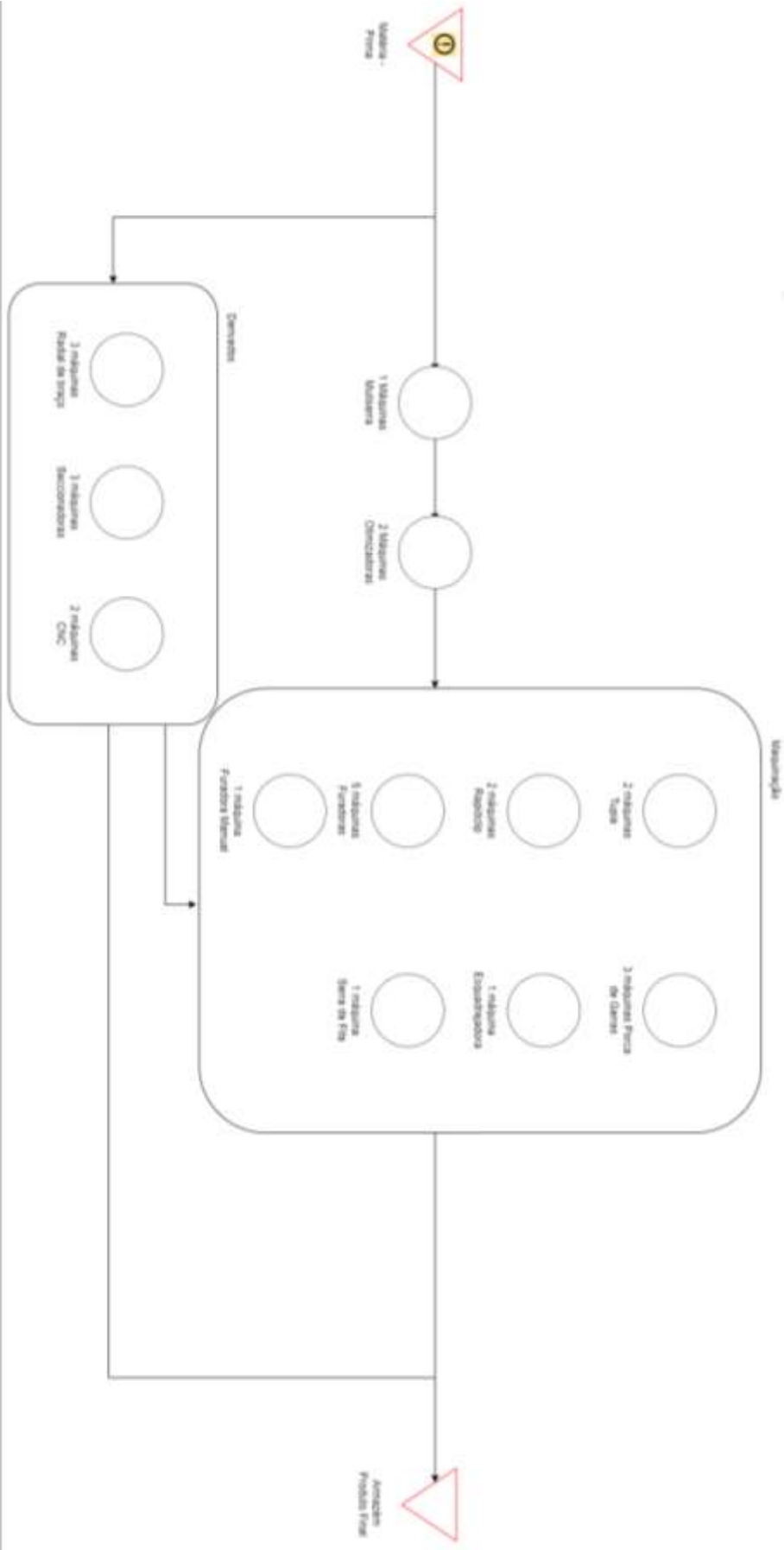


Figura 12: Mapeamento da situação atual da área da madeira.

Após o mapeamento da situação atual, foi possível identificar as seguintes oportunidades e riscos:

- Falta de rigor de stock;
- Problemas de identificação, quantificação e localização dos componentes;
- Introdução e configuração de programas de corte por parte do operador;
- Tempo despendido no planeamento das CNC's;
- Tempo despendido na introdução manual de programas de corte em máquinas de corte.

Realizada a análise da situação atual da área da madeira, os sistemas utilizados no processo de fabrico eram bastante manuais, sendo que a introdução da informação no programa de corte nas otimizadoras, multiserras, seccionadoras e algumas CNC's era todo manual. No entanto, algumas CNC's tinham já a possibilidade de ter o programa carregado previamente, sendo que, no momento de arranque da máquina o operador apenas tinha de selecionar o programa pretendido. Na Figura 13, encontram-se esquematizadas as estruturas de dados presentes na situação atual da área da madeira, e a estrutura de dados que se prevê na situação futura.

SITUAÇÃO FUTURA	
SITUAÇÃO ATUAL	SITUAÇÃO FUTURA
Códigos de artigos com a informação do sofá. Assim os componentes que eram iguais entre referências de sofás não estavam identificados de igual modo.	Códigos de artigos únicos para os vários componentes que compõem o casco, independentemente do sofa. Na ordem de fabrico a enviar para a linha de produção devem constar as matérias-primas a consumir, assim como as referências que deverão ser produzidas. Todas as operações que transformem o material têm que estar criadas em ERP, de modo a ser possível gerar a OF, mesmo que seja um processo manual.

Figura 13: Estrutura de dados da situação atual e situação futura da área da madeira.

Ainda, numa situação futura da implementação do sistema MES, prevê-se obtenção de relatórios e KPI que permitam rastrear a seguinte informação:

- Ocupação das máquinas;
- Tempo de fabrico por ordem de fabrico/peça;
- Quantificação de defeitos por proveniência;
- Percentagem de desperdício por ordem de fabrico;
- Relacionar variáveis (por exemplo: velocidade vs. consumo de energia).

4.4. PLATAFORMA DIGITAL DE APOIO À GESTÃO DE INICIATIVAS LEAN MANUFACTURING

Atualmente, a Empresa utiliza um modelo tradicional de quadros visuais gerados manualmente para as reuniões diárias de controlo de produção e processos e, Excel para acompanhamento de indicadores críticos. Estas ferramentas colocam em causa a centralização, fluxo e transparência da informação, dificultando o acompanhamento de processos.

De modo a modernizar o modelo atual de quadros visuais (Figura 14), será utilizada uma plataforma de digitalização de processos produtivos, que irá permitir a gestão de iniciativas de melhoria e *gemba walk*, acompanhamento de indicadores de performance e a criação de relatórios de monitorização. A estrutura desta plataforma de planeamento foi adaptada de modo a ir de encontro ao Kobetsu realizado.



Figura 14: Modelo de quadros visuais utilizados.

Esta gestão de iniciativas de melhoria pode ser realizada com recurso a dispositivos móveis ou computadores, onde o utilizador da plataforma insere a informação referente ao projeto (tópico, descrição, objetivos, equipa, custos, estado, entre outros) na área da respetiva equipa no módulo de melhoria. Ao longo do ciclo de vida do projeto, podem ser

inseridos comentários, análises, anexos e fotografias, de acordo com a necessidade que o projeto requira. Ao longo do projeto, o seu estado (ciclo PDCA) deve ser atualizado e, se necessário, podem ser monitorizados indicadores relevantes, registados também pela equipa de projeto. Chegada a fase final de “ACT”, o projeto deve ser avaliado pela equipa de aprovação.

4.4.1. Kobetsu Kaizen

Foi selecionada uma máquina problemática na carpintaria da Empresa para a realização deste Kobetsu Kaizen. Foi, então, realizado numa máquina Furadora a qual apresentava alguns problemas que serão descritos em seguida.

Definição do âmbito e Descrição do Problema

O primeiro e segundo passo para a realização deste Kobetsu foi a identificação do problema e a definição das melhorias a atingir na plataforma (Figura 15). O maior problema detetado na furadora foi o seu baixo OEE associado a vários fatores de perda de performance e disponibilidade:

- Avarias;
- Limpeza da máquina;
- Troca de ferramentas;
- Movimentação de paletes;
- Apoio a outros equipamentos.

Figura 15: Definição e descrição do problema na Plataforma Digital.

O propósito seria então aumentar o OEE da máquina, de modo a reduzir o tempo de máquina parada. Assim, foi definido como objetivo o aumento do OEE da máquina furadora de 49% para 65%.

Análise das Causas

Nesta fase de preparação do Kobetsu e de forma a ser possível estudar as causas que levam a esses problemas, foi realizada uma análise de causas e porquês. No separador visível na Figura 16 foi efetuada uma identificação dos porquês das respetivas causas.

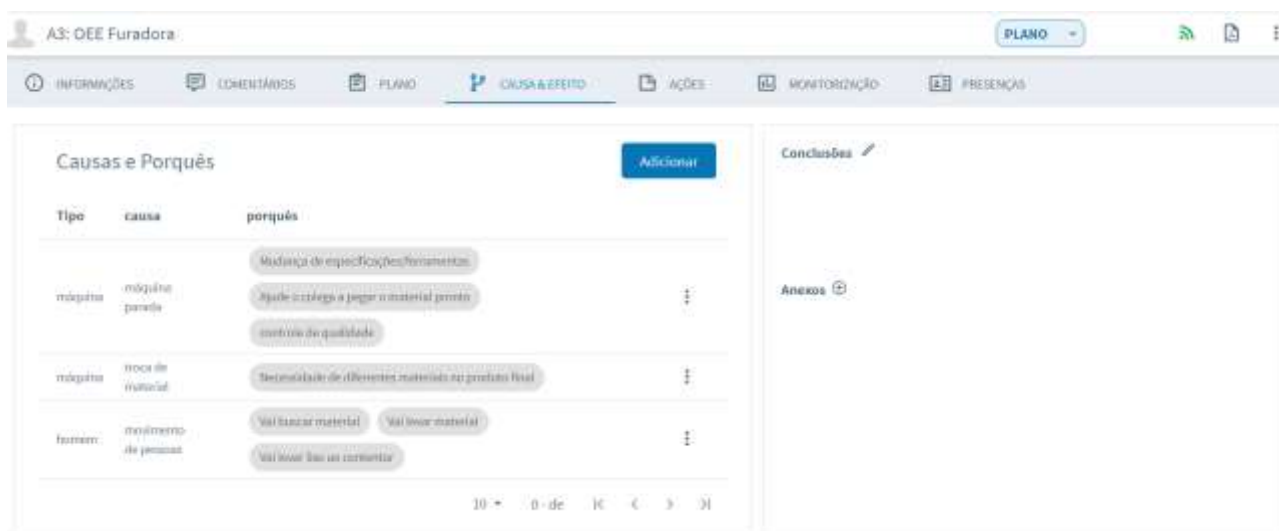


Figura 16: Identificação das causas e porquês na Plataforma Digital.

Nesta análise foram levantadas as causas-raiz do problema, destacando-se três aspetos: máquina parada, troca de material e movimento de pessoas. O elevado registo da máquina parada depara-se com o controlo de qualidade realizado a cada vinte peças, onde o operador faz uma medição das dimensões e distância dos furos, a ajuda prestada a outro colega no levantamento do material e, ainda, a mudança manual das especificações ou ferramentas da máquina no momento da mudança de material. A elevada movimentação de pessoas encontra-se relacionado com a falta de um operário que transporte o material a utilizar e recolha o material já pronto, assim como a necessidade de se deslocar até ao contentor do lixo. Por sua vez, a troca de material também condiciona o OEE uma vez que são necessários diferentes tipos de materiais aquando da montagem do produto final.

Foi ainda realizada uma análise de causa-efeito através de um diagrama de Ishikawa do baixo OEE da furadora (Figura 17), com o intuito de ajudar a perceber as principais causas que originavam o baixo OEE.



Figura 17: Diagrama de Ishikawa.

Desenho de Soluções

Com o objetivo de quantificar o desperdício relativo à máquina furadora, foi realizado um acompanhamento aos operadores da máquina. O acompanhamento efetuado compreendeu o registo de todas as tarefas realizadas durante a utilização da máquina, a fim de distinguir as atividades de valor acrescentado e de valor não acrescentado.

Através da análise do acompanhamento feito, foi possível verificar, que durante o tempo do turno dos operadores, 30% das atividades eram de Valor Acrescentado (VA), e que 70% das atividades eram de Valor Não Acrescentado (VNA). Na Figura 18, é possível observar com mais detalhe o peso de cada uma das atividades de valor não acrescentado.

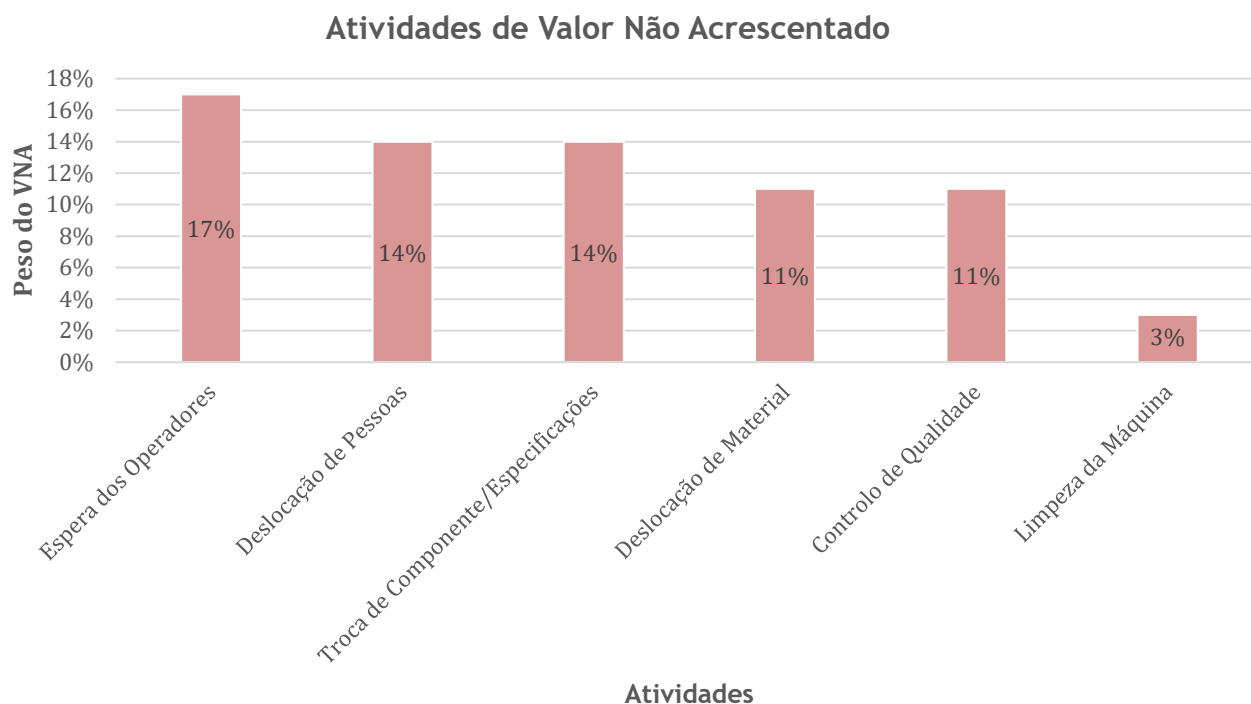


Figura 18: Atividades de valor não acrescentado da máquina.

É possível verificar que a espera dos operadores, a necessidade de trocar componentes ou alterar especificações dos componentes e, a deslocação dos operadores são as tarefas de maior impacto dentro das atividades de VNA.

Compreendidas as principais perdas do OEE, foram definidas áreas de ataque para cada uma delas. Assim, de modo a reduzir as atividades de valor não acrescentado detetadas, procedeu-se à elaboração de um plano de ações. Na Figura 19, é possível ver esse plano, sendo que cada ação está associada a uma causa raiz.

AS: OEE Fundidora

PLAN

INFO COMENTÁRIOS PLANO CAUSA E EFEITO AÇÕES MONITORIZAÇÃO PREVENÇÃO

Adicionar

Assunto	Data Conclusão	Responsável	Estado	Causa Raiz	Impacto
Aumentar tempo pessoal sem estar a trabalhar	21-06-2023	Sofia Huga Fátima	PLAN	Não definido	Não definido
Analisar possibilidade de comprar máquina vertical	05-07-2023	Sofia Huga Fátima	PLAN	Não definido	Não definido
Alocar um operador para o buscar e levar material	06-07-2023	Sofia Huga Fátima	PLAN	Não definido	Não definido
Gerir planeamento do modo a não trocar de tipo de material tantas vezes	22-08-2023	Sofia Huga Fátima	PLAN	Não definido	Não definido
Dar formação aos operadores	27-04-2023	Sofia Huga Fátima	PLAN	Não definido	Não definido
Colocar um baldio do lado da linha da máquina	05-04-2023	Sofia Huga Fátima	PLAN	Não definido	Não definido

Figura 19: Plano de ações na Plataforma Digital.

Apesar de ainda não terem sido concluídas todas as ações planeadas e, de ainda estar a decorrer o workshop para baixar o OEE da máquina furadora, foi possível verificar um aumento do OEE desde que iniciamos o projeto na Empresa, até ao momento. Na Figura 20 é então possível observar o aumento do OEE ao longo do projeto.

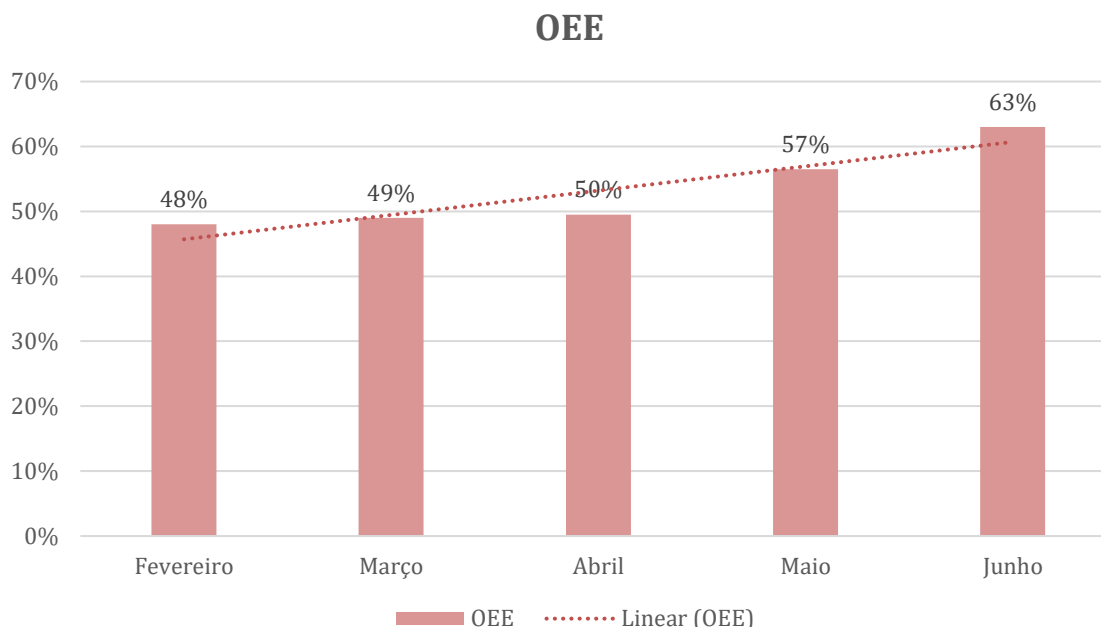


Figura 20: Evolução do OEE da máquina furadora ao longo do projeto.

É visível o aumento considerável do OEE da máquina furadora para 63%. Este aumento deveu-se à execução de algumas ações definidas devido à identificação dos principais fatores de perdas.

Normalização

O plano de ações acima referido continuará a ser implementado durante as próximas semanas com o intuito de atacar as causas raiz dos principais problemas. Uma das soluções apontadas foi a introdução de um operador logístico para que, com movimentos normalizados, consiga executar todas as tarefas de apoio ao abastecimento da máquina furadora, de modo a reduzir o tempo de espera por falta de material, assim como o elevado movimento de material e operadores.

4.5. PLATAFORMA DE PLANEAMENTO E SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS DE LOGÍSTICA

A Empresa recorre a um processo tradicional de planeamento de validação de necessidades de encomenda. No departamento de planeamento, a empresa dispõe de um operador que realiza apenas o planeamento dos processos de montagem dos sofás e expedição, através de cálculos simples num ficheiro em Excel bastante arcaico.

4.5.1. Processo Produtivo

Atualmente, apenas é planeada a fase de montagem e de expedição, sendo todas as etapas anteriores excluídas desse processo. Assim, a empresa assume que as etapas anteriores à montagem têm capacidade produtiva, quando na prática não têm. Como é possível ver na Figura 21, todo o processo final das linhas de montagem encontra-se dependente de um vasto aprovisionamento fiável.

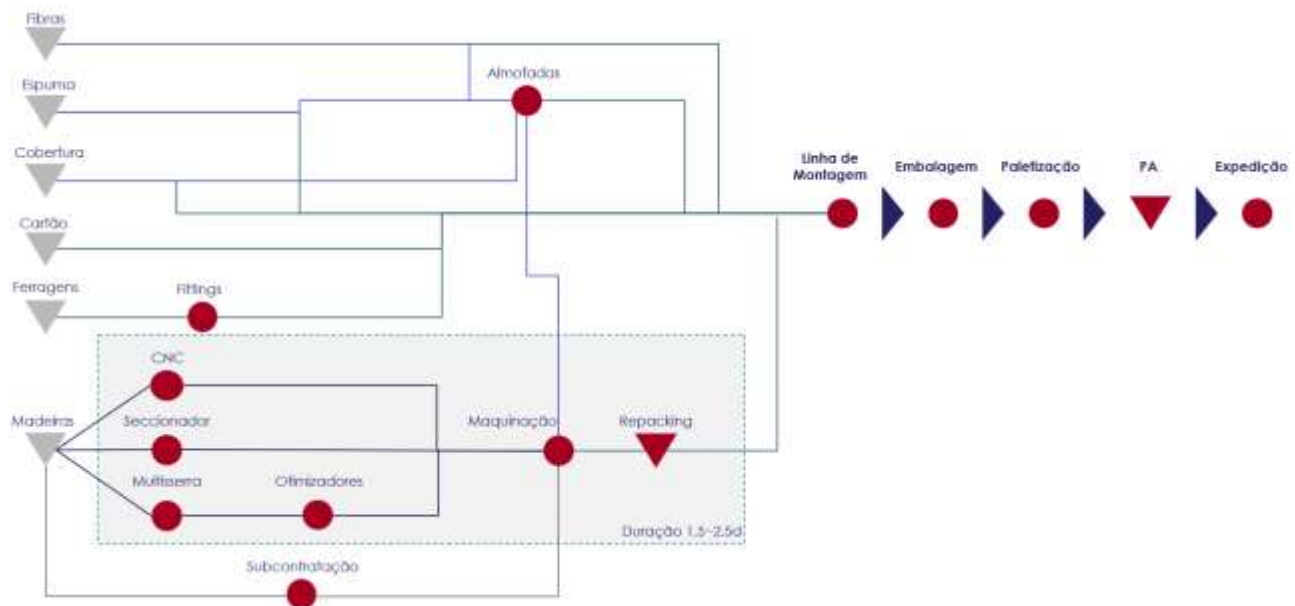


Figura 21: Fluxo de material.

Esta má gestão da carga produtiva das etapas anteriores à montagem provoca muitas vezes atrasos na produção e, conseqüentemente, na expedição do material para o cliente. Assim, surge a necessidade de desenvolver uma ferramenta que faça uma gestão de carga capacidade multinível e que realize uma validação do planeamento que está a ser feito para a montagem e para a expedição, confirmando que estas etapas têm capacidade para produzir.

O fluxo de informação de todo o processo produtivo envolve uma quantidade de informação considerável. As Figuras 22 e 23 pretendem representar o fluxo de informação que decorre a partir do momento em que o cliente coloca uma encomenda até ao fecho da Ordem de Produção (OP) da encomenda.

O processo inicia-se com a entrada de uma encomenda por parte do cliente. Neste caso é criada a encomenda e, o planeamento irá proceder à entrada da mesma em NAVISION, alocando a encomenda a uma determinada semana. Levantadas todas as necessidades da encomenda em questão, é criada a OP, a qual será enviada para os departamentos envolvidos, juntamente com o plano de produção para as duas semanas seguintes (S+2). Os departamentos da carpintaria e expedição analisarão o plano recebido e irão proceder à definição das quantidades necessárias e ao planeamento das cargas, respetivamente.



Figura 22: Fluxo de informação.

Uma vez criada a ordem de produção na carpintaria, a OP é impressa e colocada no quadro da produção, para que o chefe da carpintaria a analise e coloque no sequenciamento de corte. O operador que abastece a linha verificará a existência de uma OP a terminar na produção, procedendo ao abastecimento da linha. Abastecida a linha, no embalamento será aberto o lote a terminar na produção e posteriormente e fechado, fazendo ainda um registo manual das quantidades produzidas. Quando o material é expedido, o planeamento realiza uma atualização das quantidades produzidas, concluindo a OP.

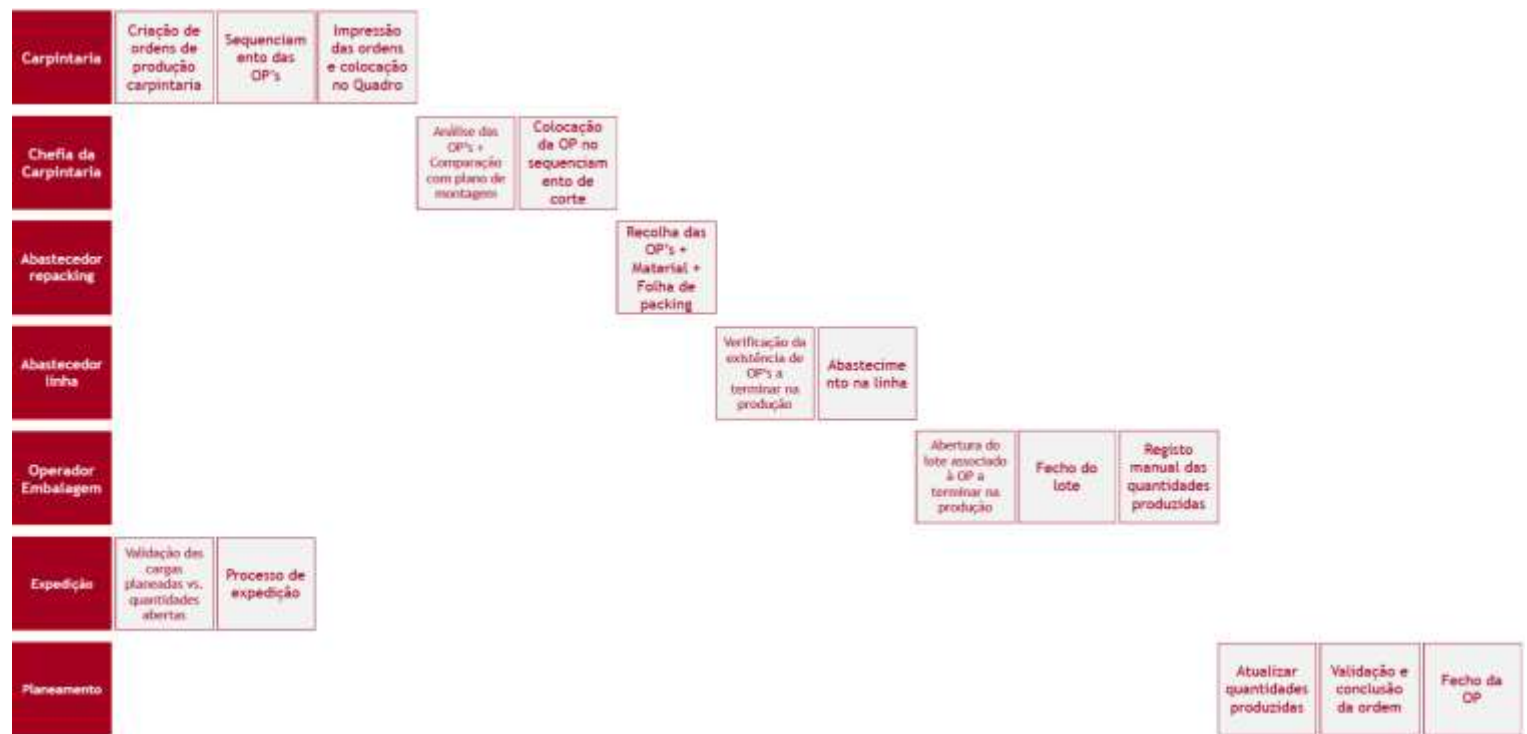


Figura 23: Continuação do fluxo de informação.

A plataforma de planeamento consistirá numa solução que permite disponibilizar algoritmos de melhoria na *cloud*, potenciando um aumento de performance significativas e facilitando a integração com outros sistemas de informação das empresas. O planeamento e sequenciamento de tarefas logísticas envolve um processo iterativo em que o planeador define sequências de produção, calculando depois o tempo necessário à sua execução e verificando o cumprimento das tarefas de entrega. Desta forma, é possível interpretar este processo iterativo como um problema de melhoria em que pretendemos minimizar o tempo total de produção, respeitando as datas de entrega assumidas com cada cliente.

4.5.2. Levantamento de Requisitos

Na definição do estado atual foram detetados vários problemas que se irão refletir num impacto negativo em cada um dos processos. De forma a ser possível elucidar as características e as restrições dos processos, foi realizada uma análise, procedendo à criação de um Cartão de Identidade para cada processo. A Figura 24 representa o Cartão de Identidade de cada processo.

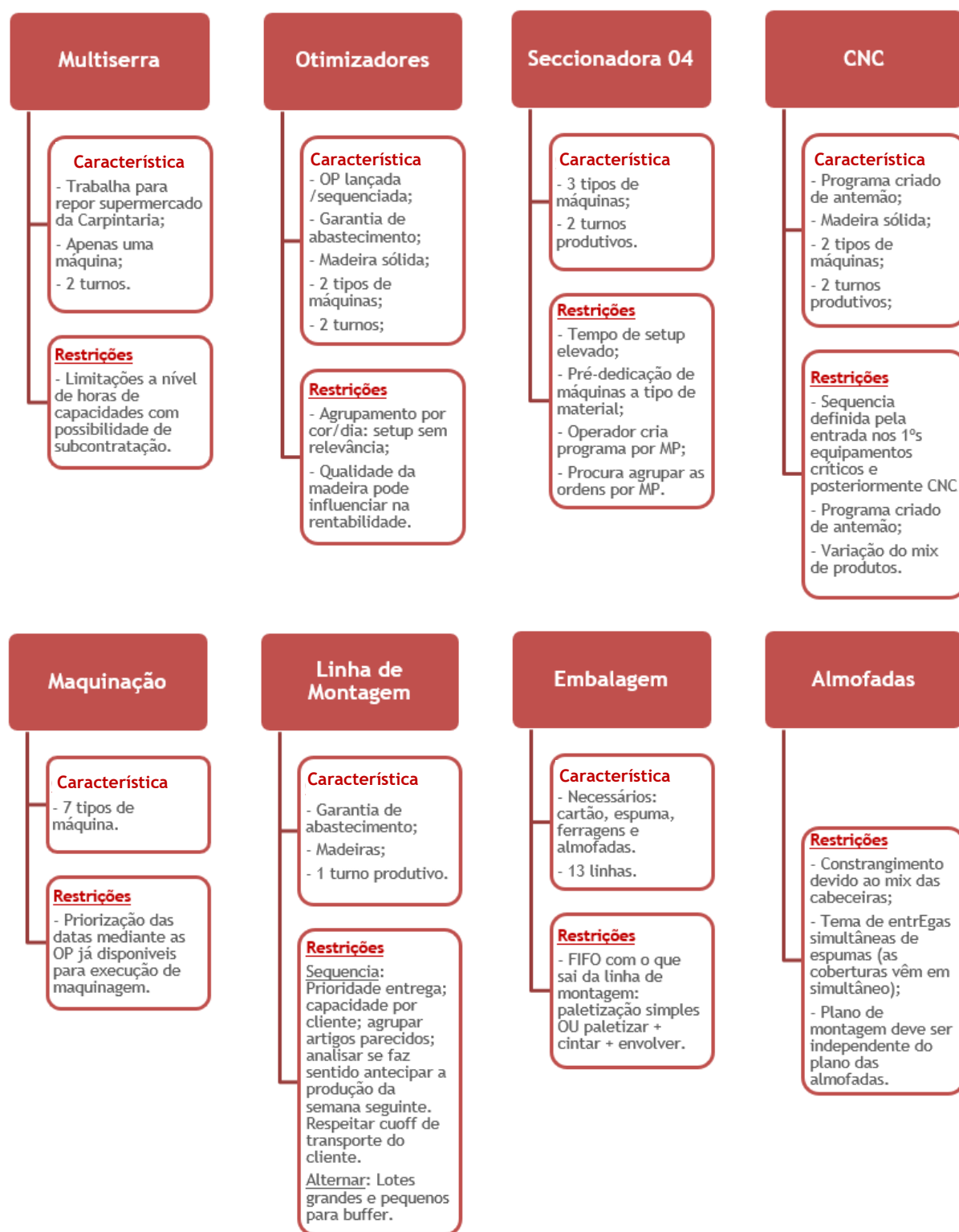


Figura 24: Cartão de Identidade de cada um dos Processos.

Uma vez realizada a análise da situação atual do processo produtivo da Empresa, foi feito um Workshop com o intuito de levantar dos requisitos necessários para a plataforma de planeamento e sequenciamento de tarefas logísticas. Os requisitos levantados foram os seguintes:

- Integração com os sistemas de informação;
- Upload de informação necessária através de ficheiros devidamente normalizados;
- Visualização das Ordens de Fabrico e das suas propriedades;
- Planeamento e sequenciamento de tarefas logísticas recorrendo a técnicas de otimização;
- Criação de cenários de planeamento que permitam a comparação de soluções;
- Suporta máquinas paralelas, tempos de processamento, tempos de *setup* e tempos de espera;
- Consideração de turnos horários de funcionamento e tempos de manutenção de máquinas;
- Possibilidade de definição de prioridades e recálculo das soluções;
- Flexibilidade na definição dos objetivos do planeamento (e.g. redução do tempo de produção, redução dos tempos de *setup*, datas de entrega, minimização de custos operacionais, etc.);
- Adaptação manual de soluções e validação;
- Apresentação dos resultados em tabela e gráfico de Gantt;
- Política de acessos/autenticação, que permita a utilização da plataforma a diferentes pessoas;
- Envio das soluções sistemas de informação;
- Relatórios e *dashboards*.

4.5.3. Oportunidades de Melhoria

Uma vez estabelecidos os requisitos necessários para o desenvolvimento da plataforma de planeamento e sequenciamento de tarefas de logística, foi possível proceder à recolha de oportunidades de melhoria. As oportunidades de melhoria foram levantadas sobre o departamento de planeamento e aprovisionamento.

Relativamente ao departamento de planeamento, foram levantadas as seguintes oportunidades de melhoria:

- Planeamento 360 (end-to-end);
- Dimensionamento de uma equipa de planeamento para as responsabilidades/dinâmicas definidas;
- Planeamento integrado e automático;
- Necessidade de visibilidade da capacidade real;

- Necessidade de dois níveis de planeamento: 1. Análise de encomendas + capacidade de carga; 2. Análise diária de encomendas;
- Gestão da segmentação das ordens grandes;
- Validação e lançamento automático das encomendas recebidas;
- Adaptação do plano a picos de absentismo.

Já no departamento de aprovisionamento, as oportunidades de melhoria identificadas forma:

- Maior integração do aprovisionamento no planeamento;
- Interligação da manutenção no planeamento;
- Gestão de falhas de matéria-prima;
- Check-up prévio de matéria-prima;
- Gestão sequencial de acordo com a linha final;
- Criação de um supermercado intermédio.

Finalmente, foram ainda identificadas oportunidades de melhoria em relação à fiabilidade dos dados, sendo estas:

- Necessidade de tempos de cadência de OEE atualizados;
- OEE baixo nos *bottlenecks*;
- Rotinas e tempos não definidos;
- Necessidade de matrizes de *setups*;
- Uniformização de listas de materiais.

4.6. GESTÃO DO PROJETO - MISSION CONTROL ROOM (MCR)

A *Mission Control Room* (MCR) trata-se de uma sala física de controlo do projeto que se baseia na gestão visual. A sala de controlo do projeto permite monitorizar a gestão do projeto através da centralização de toda a informação num espaço onde toda a equipa esteja envolvida através de reuniões. Assim, ao implementar uma MCR estamos a contribuir para o alinhamento e coordenação de objetivos.

As reuniões da MCR distinguem-se pela sua curta duração e pela reflexão do estado atual do projeto através de uma gestão visual da informação. A reunião reflete-se no

cumprimento do cronograma, na análise dos indicadores associados aos subprojectos e na visibilidade do plano de ações.

De acordo com esta abordagem, e para o caso em estudo, a MCR situa-se na sede da Empresa e, juntamente com os elementos da reunião, foi definido o *layout* e conteúdo da MCR. Assim, foram estabelecidos os seguintes elementos:

- Mapa de Presenças: Marcação das presenças dos participantes na reunião (Anexo C);
- Agenda da Reunião: Informação acerca do horário de início da reunião e os vários tópicos a abordar durante a mesma (Anexo C);
- Cronograma Geral: Cronograma macro com a visão detalha de todas as fases dos projetos por trimestre (Anexo D);
- Plano de Ações: Levantamento de ações de melhoria durante a MCR (Anexo E);
- Matriz de Risco: Inclui os fatores que mais provavelmente influenciarão o projeto, tanto positivos como negativos, estando classificados segundo o impacto e a probabilidade de ocorrerem. Ainda, o levantamento de ações durante a MCR tem como principal objetivo a elaboração da matriz de risco (Anexo F).
- A3 de Arranque: Folha de rosto de cada um dos projetos, cronograma de implementação individual dos projetos, requisitos e análise de riscos dos mesmos (Anexo G).



Figura 25: Alguns dos elementos da *Mission Control Room*.

Esta reuniões tem uma frequência semanal, realizando-se todas as quintas-feiras, onde os participantes se reúnem com o objetivo de discutir o desenvolvimento dos projetos através do acompanhamento dos elementos visuais da sala, demonstrados na Figura 25, com foco no cumprimento do cronograma estabelecido, no levantamento e progresso de ações e no benefício repercutido na organização.

5. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO

Neste capítulo final, procede-se à introspeção de toda a investigação, passando e expondo as várias conclusões, com o intuito de concluir todos os pontos presentes no decorrer deste documento. Após este capítulo, seguem-se todas as referências bibliográficas utilizadas e os respetivos apêndices que foram desenvolvidos e citados ao longo desta dissertação.

5.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Vivemos numa era de constante evolução e mudança, potenciada por alterações tecnológicas, dinâmicas empresarias ou até mesmo de comunicação. Para que as organizações se adaptem e alcancem o patamar desejado, devem ter sempre um pilar em mente, a melhoria contínua. Este conceito implica a realização de um conjunto de ações, sejam elas de maior ou menor dimensão, que possibilitem o aperfeiçoamento dos processos do ponto de vista organizacional, resultando num acréscimo de valor para todos aqueles que rodeiam a organização. No seguimento do contínuo crescimento que as organizações pretendem para se destacarem da concorrência, surgiu a necessidade da Empresa Y implementar um Programa de Transformação Digital. Após uma profunda observação do dia-a-dia da organização, foi possível identificar e analisar as suas principais falhas.

De modo a ser possível dar o salto no crescimento tecnológico e digital, surgiu a necessidade de implementar um sistema MES. Para além do módulo standard do MES, emergiu ainda a necessidade de definir mais dois módulos: o modelo de gestão e sincronização e produção logística, permitindo uma comunicação e contextualização dos equipamentos com as ordens de fabrico; e o modelo de manutenção preditiva, capaz de interpretar e associar variáveis que permitam sugerir o momento de troca de determinados componentes de máquinas. Após a contextualização dos módulos e do processo produtivo, foi realizado um Workshop para definir os requisitos necessários para a implementação destes módulos integrantes do MES.

Da urgência na atualização do modelo tradicional de quadros visuais, previamente utilizados na organização, surgiu a oportunidade de utilizar uma plataforma digital de apoio à gestão de iniciativas de melhoria. Com recurso a esta plataforma, foi realizado um Kobetsu Kaizen numa máquina problemática da carpintaria que apresentava um baixo OEE. A aplicação da metodologia Kobetsu permitiu identificar as causas raiz dos principais problemas da máquina e desenvolver soluções para reduzir os mesmos. Permitiu também aumentar o OEE da máquina de 49% para 63%, ainda que o Workshop não tenha terminado, estando perto de atingir o objetivo estipulado.

A utilização desta plataforma digital mostrou ser intuitiva e bastante mais dinâmica, podendo a gestão das ações ser realizada com recurso a dispositivos móveis ou computadores da equipa.

No início da análise realizada à empresa, foi possível observar que não existia um planeamento dos processos produtivos. De facto, este departamento planeava as fases finais do processo, a fase da montagem e de expedição, no entanto, assumia uma capacidade produtiva por parte das fases anteriores. Esta falta de planeamento culminou em atrasos na produção e na entrega do produto acabado ao cliente. Surgiu então a necessidade de criar uma Plataforma de Planeamento e Sequenciamento de Tarefas Logísticas, que permita que o departamento de planeamento defina sequências de produção, calculando posteriormente o tempo necessário à execução das mesmas. Uma vez entendida a situação atual e os problemas que dela advêm, foi possível levantar todos os requisitos necessários para a futura implementação da plataforma de planeamento.

Ao longo de todo este projeto, foi ainda implementada uma *Mission Control Room*, uma sala física baseada na gestão visual criada com o intuito de envolver toda a equipa e permitir a monitorização dos projetos em curso, em reuniões semanais de curta duração. Através da implementação de ferramentas visuais de gestão de projetos, planeamento de trabalho, análise de performance e identificação de problemas e respetivas soluções ou melhorias, foram criados os mecanismos para a implementação de uma cultura de melhoria contínua na empresa.

5.2. PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

Totalizando o período temporal previsto para o projeto, restam algumas perspetivas de trabalhos futuros que pretendem dar seguimento aos trabalhos até então desenvolvidos.

No que diz respeito aos principais requisitos levantados tanto para os módulos do sistema MES, como para a Plataforma de Planeamento e Sequenciamento de Tarefas Logísticas, prevê-se uma continuação da implementação dos mesmos, passando para as seguintes fases. Será primeiro iniciada a fase de desenvolvimento, a qual visa sistematizar hipóteses de desenvolvimento de acordo com os requisitos levantados, passando posteriormente para a fase de teste, onde serão realizados testes e ensaio.

Prevê-se uma continuação do Kobetsu para atingir o objetivo definido para o valor de OEE da máquina da carpintaria, assim como o desdobramento desta metodologia para outras máquinas.

Finalmente, a continuação da realização das reuniões semanais MCR, de forma a manter a rastreabilidade e monitorização da gestão dos projetos, assim como garantir a comunicação entre toda a equipa

REFERÊNCIAS

- [1] Kaizen Institute. 2023. “O que é o Kaizen”. Acedido a 20 de fevereiro de 2023.
<https://pt.kaizen.com/o-que-e-kaizen>
- [2] Kaizen Institute, “Kaizen Institute no Mundo”. 2023. Acedido a 20 de fevereiro de 2023.
<https://pt.kaizen.com/sobre-nos>
- [3] Mordor Intelligence. 2023. “Mercado Europeu de Móveis de Luxo - Crescimento, tendências, impacto do Covid-19 e previsões”. Acedido a 18 de março de 2023.
<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/luxury-furniture-in-europe>
- [4] António, M., & Martins Da Rocha, M. A. (2020). *INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE E ADMINISTRAÇÃO DO PORTO POLITÉCNICO DO PORTO M EMPREENDEDORISMO E INTERNACIONALIZAÇÃO*.
- [5] Kaizen Institute. 2023. “Melhoria Contínua: Como dominais os fundamentos Kaizen”. Acedido a 22 de fevereiro de 2023.
<https://pt.kaizen.com/produtos/artigo-dominar-fundamentos-kaizen>
- [6] Kaizen Institute. 2023. “Eliminação de desperdício”. Acedido a 22 de fevereiro de 2023.
<https://pt.kaizen.com/produtos/eliminacao-desperdicio-equipas-vendas>
- [7] Hansen, R. C. (2001). Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits. Industrial Press Inc..
- [8] Chris A. Ortiz. (2009). *Implementation of kaizen and kaizen events* (1ª). Pearson.
- [9] Nakajima, S. (1989). *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- [10] Dogra, M., Sharma, V. S., Sachdeva, A., & Dureja, J. S. (2011). TPM-A KEY STRATEGY FOR PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN PROCESS INDUSTRY. In *Journal of Engineering Science and Technology* (Vol. 6, Issue 1).
- [11] Kaizen Institute. (2014). Manual KMS. (unpublished).
- [12] Jaskó, S., Skrop, A., Holczinger, T., Chován, T., & Abonyi, J. (2020). Development of manufacturing execution systems in accordance with Industry 4.0 requirements: A review of standard- and ontology-based methodologies and tools. In *Computers in Industry* (Vol. 123). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103300>
- [13] Mantravadi, S., & Møller, C. (2019). An overview of next-generation manufacturing execution systems: How important is MES for industry 4.0? *Procedia Manufacturing*, 30, 588-595. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.083>
- [14] Almada-Lobo, F. (2015). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES) Letter from Industry. *Journal of Innovation Management Almada-Lobo JIM*, 3, 16-21. <http://www.open-jim.org>
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>
- [15] Chen, X., & Voigt, T. (2020). Implementation of the Manufacturing Execution System in the food and beverage industry. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 278). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109932>

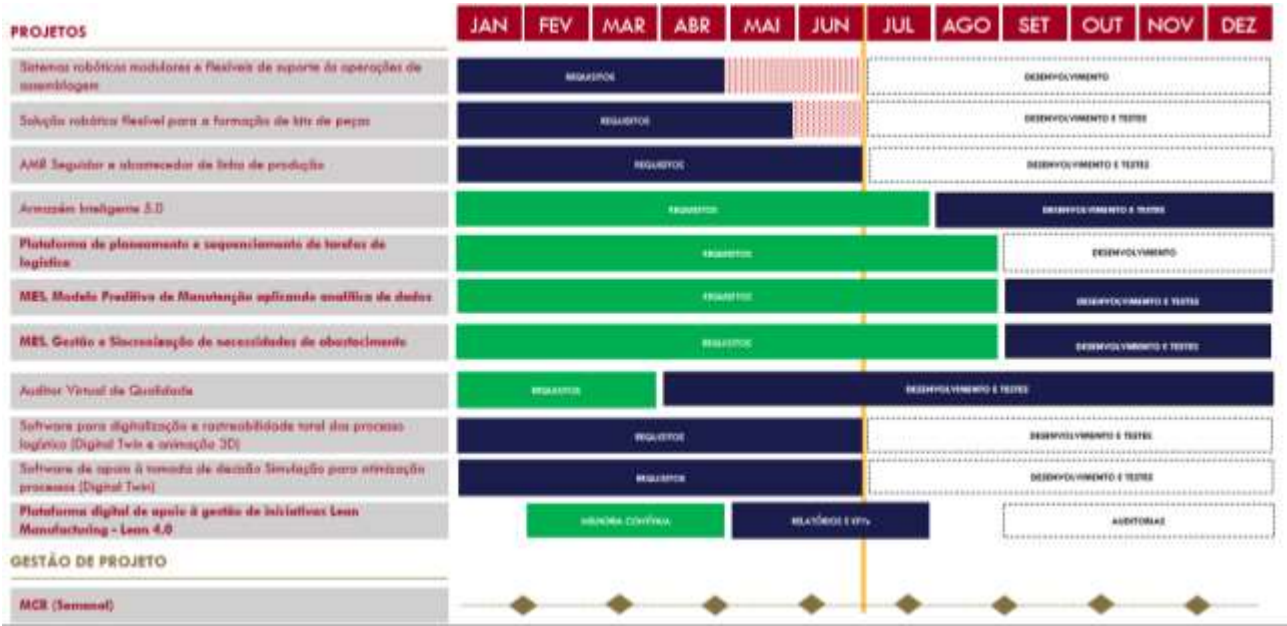
ANEXO A - Grelha de Critérios para a Análise Radar

Área	Processo		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Fluxo de Informação	Receção e registo de encomendas	3	✓ Processo essencialmente em papel e manual.	✓ Existe uma solução implementada para digitalizar o processo, mas há um problema de falta de conhecimentos	✓ O processo é digital, mas com muitas oportunidades de automatização e otimização.	✓ O processo é digital e a maioria das oportunidades de automatização e otimização estão implementadas.
	Planeamento da produção	2	✓ O processo ainda não está definido ou os dados não estão a ser recolhidos de forma digital.	e ✓ O sistema implementado não é centralizado e o fluxo de informação tem oportunidades de otimização.	✓ As máquinas e as linhas de produção estão ligadas a um sistema MES centralizado para controlar a produção, as paragens, os defeitos	
	Entrada de materiais	3				
	Saída de produto final	3	✓ As máquinas e linhas de produção estão preparadas para ter um sistema centralizado, mas ainda não está implementado.			
	Captura e registo de dados de produção	3				
	Controlo e gestão da qualidade	1				
	Gestão da manutenção	1				
	Gestão de stocks e armazéns	3				

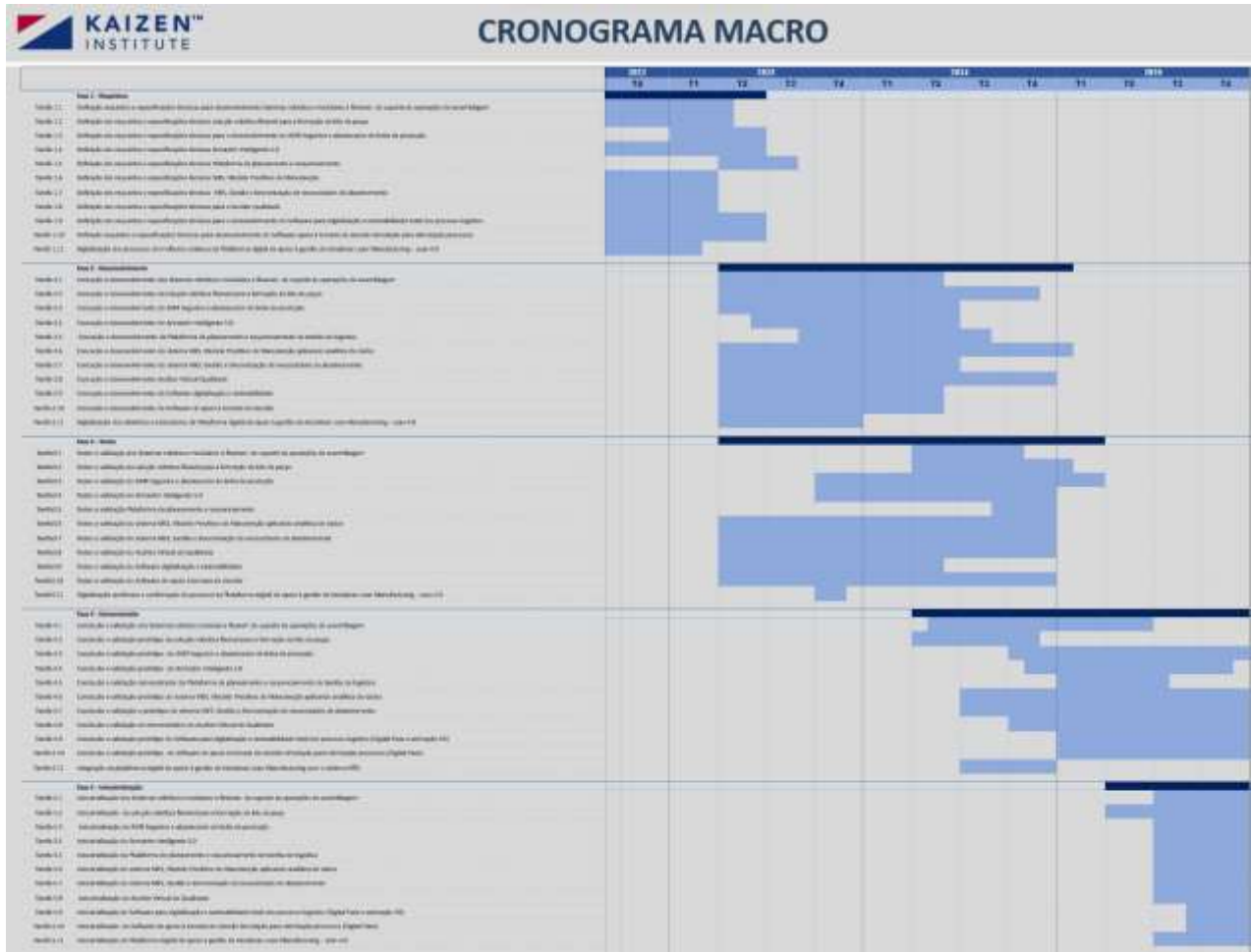
Área	Processo		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Fluxo de Material	Processo de produção	2	✓ A maior parte das tarefas são manuais, com muitas oportunidades de automatização.	✓ As principais tarefas são automatizadas, mas há oportunidades com grande impacto a explorar.	✓ A maioria das soluções de automatização possíveis já está implementada, mas continua a ser ineficiente devido a paragens, baixa flexibilidade e outros problemas.	✓ Não existem oportunidades significativas de melhoria da automatização.
	Logística interna	2	✓ Há muitos desperdícios no fluxo de materiais. Os materiais que aguardam a conclusão de outro processo ou a deslocação de materiais para outro processo consomem muito tempo e distância.	✓ Há pequenas melhorias a implementar em máquinas e linhas de produção para melhorar o fluxo entre elas	✓ Oportunidades para melhorar alguns pormenores na fronteira das linhas e na programação das máquinas.	✓ Existem máquinas de automatização que potenciam o fluxo e a eficiência da cadeia (por exemplo, robots e AGVs).
	Armazém de entrada e de matérias-primas	2				✓ As máquinas e as linhas de produção estão ligadas em toda a sua extensão e funcionam com elevada eficiência.
	Armazém de saída e de produtos finais	2				

Área	Processo		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Modelo de Negócios	Visualização de dados e KPI's	1	✓ A visualização de dados para os KPI's para compreender o estado dos principais processos requer muito trabalho manual e limpeza de dados em Excel com baixa fiabilidade dos dados.	✓ Os KPI são fiáveis e gerados automaticamente, mas estão divididos em muitos ficheiros, relatórios e sistemas diferentes.	✓ Os dados mais importantes e os KPI's são integrados num relatório interativo, simples e visual, gerado automaticamente. ✓ A informação é atualizada diariamente	✓ Os dados mais importantes e os KPI's são integrados num relatório interativo, simples e visual, gerado automaticamente. ✓ A informação é atualizada em tempo real.
	Alertas e Desvios	1	✓ Só podemos ver os desvios dos principais objetivos numa base mensal.	✓ Podemos ver os desvios em relação aos principais objetivos numa base diária.	✓ Podemos ver os desvios em relação aos principais objetivos em tempo real.	✓ Existe um sistema automático que cria e envia alertas para diferentes líderes com base no nível de desvio dos principais objetivos em tempo real.
	Competências digitais e conhecimento digital	2	✓ Não existe um plano de formação sobre conhecimentos digitais para as pessoas.	✓ Existe uma formação digital apenas durante a implementação de uma nova ferramenta.	✓ Existe uma definição de competências digitais para cada função, um sistema de avaliação e um plano de formação, mas este não é executado corretamente.	✓ Existe uma definição de competências digitais para cada função, um sistema de avaliação e um plano de formação, que é implementado com êxito.
	Processo de implementação e projetos digitais	2	✓ Não existe uma metodologia clara de gestão de projetos implementada para projetos de transformação digital.	✓ Existe um sistema de acompanhamento dos projetos, mas não está estruturado ou normalizado.	✓ Existe uma estrutura clara de gestão de projetos com definição de recursos, roteiro, resultados e KPI's para os projetos e acompanhamento normalizado, mas não é transparente para todas as pessoas envolvidas.	✓ Existe uma estrutura clara de gestão de projetos com definição de recursos, roteiro, resultados e KPI's para os projetos e acompanhamento normalizado, transparente para todas as pessoas envolvidas, incluindo parceiros externos, patrocinadores e equipa de projeto.

ANEXO B - Cronograma Macro dos Projetos do Plano de Transformação Digital



ANEXO D - Cronograma Macro com Visão a todos os Projetos



ANEXO F - Matriz de Risco

						
PROBABILIDADE	MUITO ALTA					
	ALTA					
	MÉDIA					
	BAIXA					
	MUITO BAIXA					
		MUITO BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO
IMPACTO						

ANEXO G - A3 de Arranque

		
Folha de rosto	Folha de rosto	Folha de rosto
Cronograma	Cronograma	Cronograma
Requisitos	Requisitos	Requisitos
Análise de Risco	Análise de Risco	Análise de Risco