



# DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE MELHORIAS PARA AUMENTO DA PRODUTIVIDADE NUMA CÉLULA ROBOTIZADA

**BERNARDO MIGUEL MARTINS RORIZ**

julho de 2023

# DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE MELHORIAS PARA AUMENTO DA PRODUTIVIDADE NUMA CÉLULA ROBOTIZADA

Bernardo Miguel Martins Roriz, 1180917

Gestão Industrial

**2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

Orientador: Eduardo Gil da Costa

isen

P.PORTO

# DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE MELHORIAS PARA AUMENTO DA PRODUTIVIDADE NUMA CÉLULA ROBOTIZADA

Bernardo Miguel Martins Roriz

1180917

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Adjunto Convidado Eduardo José Rego Gil da Costa.

**2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



## **AGRADECIMENTOS**

A realização desta dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grato.

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, aos meus pais, Patrícia e Rui, pelo constante esforço em proporcionar-me as melhores condições possíveis para a minha formação. Foram um exemplo pelo qual me segui, regendo-me pela sua humildade, ambição, exigência e resiliência. Com isto, resultou um percurso académico de imensa aprendizagem, do qual saio extremamente realizado.

Ao meu irmão e cunhada, Diogo e Vanessa, por todo o apoio e crença ao longo destes cinco anos de formação. Os seus valores, enquanto pessoas e profissionais nas suas áreas, ajudaram naquilo que foi o processo de adaptação ao mercado de trabalho.

Aos meus avós, Manuela, Fernando, Emília e António, base importante do meu crescimento por todas as vivências partilhadas e pela partilha constante de conhecimento.

À minha família em geral pelo apoio incondicional.

Aos meus amigos mais próximos, Diogo C., João, Nuno, Pedro e Diogo M. por todos os momentos de maior descontração partilhados ao longo de todos estes anos, por toda a compreensão e por caminharem lado a lado nesta etapa.

Ao Professor Adjunto Convidado Eduardo José Rego Gil da Costa, pela dedicação, disponibilidade e pelo exemplo de profissionalismo demonstrado neste percurso, contribuindo para o meu sucesso académico.

À empresa ACWin pela oportunidade de realizar o meu estágio curricular e desenvolver a minha dissertação nas suas instalações, proporcionando sempre as melhores condições para uma experiência profissional repleta de aprendizagem. A todos os seus colaboradores, que contribuíram para a minha integração na organização. Destes destaco o Hélder Amorim, Sílvia Silva, Sofia Freitas, Tiago do Val, Pedro Soares e Frédéric Laur pelo apoio, orientação e boa disposição no local de trabalho, contribuindo para a minha motivação e crescimento pessoal. Um agradecimento especial ao Engenheiro Christophe Tardy, diretor de fábrica e orientador de estágio, por toda a experiência e conhecimento partilhados neste período, presando pelo meu desenvolvimento pessoal e profissional.



## RESUMO

A dissertação apresentada foi realizada num estágio curricular em contexto industrial. O estágio decorreu entre os meses de setembro de 2022 e junho de 2023 numa empresa de produção de janelas e portas com estore. Durante estes nove meses, surgiu a oportunidade de integrar a equipa do PVC, onde foi observado e analisado todo o processo de produção.

A indústria, no geral, tem evoluído numa direção na qual as exigências estão cada vez maiores. Desta forma, torna-se necessário que haja um maior e melhor controlo sob a produção. Numa era em que a indústria 4.0 está cada vez mais presente nas fábricas, é imprescindível a existência de um sistema informático que reúna os dados de produção do chão de fábrica e os disponibilize de forma organizada com a ajuda de gráficos e indicadores-chave.

A disponibilidade e a fiabilidade de cada equipamento afetam diretamente a produção, quer em termos de qualidade, quer em termos de prazos a cumprir. Para que uma máquina possa funcionar corretamente, são necessárias manutenções periódicas que contribuem para o aumento da sua vida útil. Assim, as manutenções preventivas assumem uma importância fulcral no aumento da produtividade e redução de desperdício.

O objetivo deste trabalho é a implementação de um sistema que recolha os dados de produção de cada máquina do chão de fábrica e os disponibilize em tempo real através de um *dashboard* operacional. Neste sistema, são registadas quantidades produzidas, ritmos de produção e quantidade de peças defeituosas. De igual forma, é registado quando um equipamento está em produção ou em paragem, havendo a necessidade de justificar os tempos de paragens não planeadas. Estes dados são depois dispostos e resumidos através do *Overall Equipment Effectiveness*, OEE.

Em simultâneo, foram criadas fichas de instrução para as diversas tarefas de manutenção preventiva relacionadas aos equipamentos, juntamente com um plano anual associado à periodicidade destas tarefas.

Ao longo deste período, foram utilizadas técnicas e ferramentas maioritariamente associadas ao *Lean Manufacturing*, tais como *Kaizen*, gestão visual, ciclo PDCA e a normalização, com o intuito de maximizar ganhos com o aumento da eficiência do processo e a redução do desperdício. Estes ganhos são visualmente representados através de indicadores-chave como o OEE e os *dashboards* operacionais.

## PALAVRAS-CHAVE

*Manufacturing Execution System*; Manutenção Preventiva; Lean Manufacturing; Indústria 4.0; Linha robotizada.



## ABSTRACT

*The presented dissertation was carried out in a curricular internship in industrial context. The internship took place between the months of September 2022 and June 2023 in a company that produces windows and doors with shutters. During these nine months, the opportunity arose to join the PVC team, where the whole production process was observed and analysed.*

*The industry, in general, has evolved in a direction in which the demands are greater and greater. Thus, it becomes necessary to have more and better control over production. In an era in which Industry 4.0 is increasingly present in factories, it is essential to have a computer system that gathers production data from the shop floor and makes it available in an organised way with the help of graphs and key indicators.*

*The availability and reliability of each piece of equipment directly affects production, both in terms of quality and the deadlines to be met. In order for a machine to function correctly, periodic maintenance is necessary, which contributes to increasing its useful life. Thus, preventive maintenance assumes a central importance in increasing productivity and reducing waste.*

*The objective of this work is to implement a system that collects production data from each machine on the shop floor and makes it available in real time through an operational dashboard. In this system, quantities produced, production rhythms and quantity of defective parts are recorded. Likewise, it is recorded when a piece of equipment is in production or stopped, with the need to justify unplanned stoppage times. This data is then arranged and summarised through Overall Equipment Effectiveness, OEE.*

*Simultaneously, instruction sheets were created for the various preventive maintenance tasks related to the equipment, along with an annual plan associated with the periodicity of these tasks.*

*Throughout this period, techniques and tools mainly associated to Lean Manufacturing were used, such as Kaizen, visual management, PDCA cycle and standardisation, in order to maximise gains by increasing process efficiency and reducing waste. These gains are visually represented through key indicators such as OEE and operational dashboards.*

## KEYWORDS

*Manufacturing Execution System; Preventive Maintenance; Lean Manufacturing; Industry 4.0; Robotised line.*



# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABELAS .....	IX
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XI
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Metodologia .....	2
1.4. Estrutura.....	3
1.5. Empresa de acolhimento.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Manufacturing Execution System - MES .....	5
2.2. <i>Lean Manufacturing</i> .....	6
2.2.1. Toyota Production System - TPS .....	7
2.2.1.1. Heijunka.....	7
2.2.1.2. Kaizen .....	7
2.2.1.3. Normalização.....	9
2.2.2. Pilares da estrutura TPS .....	9
2.2.2.1. Jidoka.....	9
2.2.2.2. Just-In-Time - JIT.....	10
2.2.3. Sistema <i>Pull</i> .....	10
2.2.4. Muda .....	11
2.2.5. Ferramentas Lean .....	12
2.2.5.1. Gestão Visual.....	12
2.2.5.2. 5S.....	13
2.2.5.3. Ciclo PDCA .....	14
2.3. Manutenção .....	15
2.3.1. Manutenção Preventiva.....	16
2.3.2. Manutenção Corretiva .....	17
2.4. Qualidade .....	18
2.4.1. <i>Total Quality Management</i> – TQM.....	19
2.4.1.1. Resultados Esperados.....	20
2.4.1.2. Os Três Conceitos Fundamentais .....	21
2.4.1.3. As Três Forças do TQM.....	21
2.4.1.4. Os Três Processos Críticos para a Gestão da Qualidade .....	23
2.4.1.5. Infraestrutura do Total Quality Management.....	24
2.5. Indicadores Chave de Desempenho – KPI.....	24

---

2.5.1. OEE – <i>Overall Equipment Effectiveness</i> .....	24
2.5.2. Indicadores de Manutenção .....	26
2.5.3. <i>Dashboards Operacionais</i> .....	27
3. Métodos e Aplicação.....	29
3.1. Análise da situação inicial.....	29
3.1.1. Diagrama de fluxo .....	29
3.1.2. Descrição do processo de produção .....	29
3.1.3. Áreas de Melhoria.....	36
3.2. Trabalho desenvolvido .....	37
3.2.1. Implementação do <i>Manufacturing Execution System</i> no chão de fábrica .....	37
3.3. Criação de instruções de manutenção preventivas .....	46
4. Conclusões e propostas de trabalhos futuros.....	51
4.1. Conclusões.....	51
4.2. Propostas de trabalhos futuros.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
5. Apêndices.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Posição do MES na pirâmide organizacional de uma empresa Adaptado de [2] .....	5
Figura 2 - Guarda-chuva Kaizen Adaptado de [7] .....	8
Figura 3 - Chão de fábrica sem e com balanceamento de produção Adaptado de [11].....	11
Figura 4 - Ciclo PDCA [21].....	14
Figura 5 - Três gerações da Manutenção Adaptado de [24].....	15
Figura 6 - Tipos de Manutenção.....	16
Figura 7 - Vantagens e Desvantagens da Manutenção Preventiva Adaptado de [29].....	17
Figura 8 - Vantagens e Desvantagens da Manutenção Corretiva Adaptado de [31], [32].....	18
Figura 9 - Visão geral do conceito de TQM Adaptado de [35] .....	19
Figura 10 - Resultados da Qualidade Total Adaptado de [33] .....	20
Figura 11 - O Processo de Planeamento da Qualidade Adaptado de [33].....	23
Figura 12 - Perdas traduzidas nos tempos de laboração Adaptado de [42] .....	25
Figura 13 - Diagrama de fluxo das janelas/portas.....	29
Figura 14 - Aro após solda e ferragem .....	30
Figura 15 - Perfil de aro .....	30
Figura 16 - Folha após solda e ferragem .....	30
Figura 17 - Perfil de folha .....	30
Figura 18 - Armazém de perfis PVC.....	30
Figura 19 - Barras de PVC .....	30
Figura 20 - CNC da Schirmer.....	31
Figura 21 - CNC da Rotox.....	31
Figura 22 - Schirmer (Zona 1) .....	32
Figura 23 - Schirmer (Zona 2) .....	32
Figura 24 - Schirmer (Zona 3) .....	32
Figura 25 - Schirmer (Zona 4) .....	32
Figura 26 - Schirmer (Zona 5) .....	32
Figura 27 - Schirmer (Zona 6) .....	32
Figura 28 - Carrinho de armazenamento de barras (1).....	33
Figura 29 - Carrinho de armazenamento de barras (2).....	33
Figura 30 - Fase de inserção dos perfis .....	33
Figura 31 - Fase de aquecimento das extremidades.....	33
Figura 32 - Fase de soldadura do quadro.....	33
Figura 33 - Robots de limpeza (Linha 1) .....	34
Figura 34 - Limpeza de um quadro (Linha 1).....	34
Figura 35 - Robot da linha da folha .....	34
Figura 36 - Robot da linha do aro .....	34
Figura 37 - Armazém da linha de folha .....	35
Figura 38 - Armazém da linha de aro .....	35
Figura 39 - Folha encaixada no aro .....	35
Figura 40 - Montagem do painel na porta .....	35
Figura 41 - Vidro já fixado com os acessórios (bites) .....	35
Figura 42 - Porta a ser envolvida em filme antes de ir ao forno.....	36

---

Figura 43 - Janela embalada depois do forno .....	36
Figura 44 - Dashboard do operador para a Schirmer 1.....	37
Figura 45 - Computador com ecrã tátil com AquiWEB .....	38
Figura 46 - Conversor de sinal (WISE) .....	38
Figura 47 - Sensor Sick GL6-P4111 .....	38
Figura 48 - Tempo de ciclo para ser declarada uma paragem no AquiWEB.....	38
Figura 49 - Folha de registo de paragens (Schirmer 1) .....	39
Figura 50 - Pop-up com causas gerais (AquiWEB).....	39
Figura 51 - Pop-up com causas específicas dentro do grupo de paragens de origem elétrica (AquiWEB).....	40
Figura 52 - Definição do tipo de CQ .....	40
Figura 53 - Atribuição de valores alvo e limites de controlo.....	41
Figura 54 - Alerta do controlo de qualidade a realizar.....	41
Figura 55 - Dashboard do CQ .....	42
Figura 56 - Carta de controlo com registo de medições .....	42
Figura 57 - Ficha de Não Conformidade acionada por um valor fora dos limites de controlo .....	43
Figura 58 - Design do ecrã de objetivos no Excel.....	43
Figura 59 - Resultado do ecrã de objetivos .....	44
Figura 60 - Televisão com objetivos de produção na sala de reuniões.....	44
Figura 61 - Televisão com objetivos de produção no chão de fábrica .....	44
Figura 62 - Pop-up do módulo de documentação.....	45
Figura 63 - Lista de documentos de instrução de trabalho na KMW 1.....	46
Figura 64 - Cabeçalho do template da ficha de instruções.....	47
Figura 65 - Corpo do template da ficha de instruções .....	47
Figura 66 - Rodapé do template da ficha de instruções .....	48
Figura 67 – Organização e descrição das tarefas de manutenção .....	48
Figura 68 – Calendário com o planeamento das tarefas de manutenção .....	49

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Metodologia do projeto .....	2
Tabela 2 - Práticas do Kaizen – adaptado de [7] .....	9
Tabela 3 - Termos da Metodologia 5S Adaptado de [20] .....	13
Tabela 4 - Tipos de Manutenção Adaptado de [26].....	17
Tabela 5 - Os significados de Qualidade Adaptado de [33] .....	18
Tabela 6 - Resultados da aplicação do Total Quality Management Adaptado de [33].....	20
Tabela 7 - Seis maiores fontes de perdas da indústria Adaptado de [42] .....	25
Tabela 8 - Resumo de objetivos e resultados .....	51

página propositadamente em branco

## LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

### Lista de Siglas

CQ	Controlo de Qualidade
DCS	<i>Distributed Control System</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
GV	Gestão Visual
IdC	Internet das Coisas
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	<i>Just-In-Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LCI	Limite de Controlo Inferior
LCS	Limite de Controlo Superior
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OF	Ordem de Fabrico
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
SCADA	Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados
SPC	<i>Statistic Process Control</i>
TPM	<i>Total Productive Management</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>

### Lista de Símbolos

$T$	temperatura	$^{\circ}\text{C}$
-----	-------------	--------------------

página propositadamente em branco

# 1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi realizada no âmbito do estágio curricular referente ao Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Gestão Industrial. Este estágio teve início em setembro de 2022, com duração de 9 meses, terminando em junho de 2023.

Os subcapítulos a seguir apresentados, surgem com o propósito de contextualizar o trabalho desenvolvido, delinear os seus objetivos e explicar a metodologia utilizada, terminando com a síntese da sua estrutura.

## 1.1. Contextualização

O tema do estágio consistiu no desenvolvimento de um programa de melhorias para aumento de produtividade de uma linha de produção robotizada. O desafio proposto foi de pilotar um projeto de implementação de um *Manufacturing Execution System* (MES) no chão de fábrica e, juntamente com os departamentos de qualidade e de manutenção, desenvolver planos de controlo de qualidade, manutenção preventiva e tarefas 5S. No mesmo âmbito, foram propostos *dashboards* para os monitores de cada posto de trabalho, bem como para as várias TV dispostas pelo chão de fábrica. No decorrer do estágio, foi necessária a criação de suportes de formação dos operadores para contextualização do software, da sua utilidade e modo de utilização. Em simultâneo, foi proposta a criação de um modelo de ciclo PDCA para acompanhamento e melhoria dos processos de produção e de parametrização da linha.

A melhoria contínua de uma organização depende fortemente da quantidade e qualidade dos dados recolhidos para análise. Para isto, é de extrema importância a correta utilização de ferramentas como o software MES. É essencial salientar que o MES não é a solução para o aumento de produtividade, mas sim uma ferramenta para tal. Para o sucesso da implementação, é fundamental que os operadores conheçam o software, os seus princípios e o objetivo final, fomentando a transparência da comunicação. De igual forma, é importante escolher os indicadores certos e a informação certa a recolher para que a análise seja intuitiva e a decisão tomada seja assertiva. Para um acompanhamento organizado dos problemas observados no chão de fábrica, foi introduzido o ciclo PDCA. Este método permite que haja uma análise inicial de um problema e das suas causas raiz para, posteriormente, iniciar a implementação de contramedidas e normalizá-las, em caso de sucesso.

Nesta vertente, o estágio inseriu-se no sentido de estudar o conceito do software MES e dos temas que engloba, nomeadamente a análise de dados, ferramentas e controlos de qualidade, realização de planos de manutenção preventiva e criação de *dashboards* intuitivos através de princípios de gestão visual. Aliado a isto, está a capacidade de análise de, por exemplo, causas de paragens não planeadas registadas no software, estudo e determinação de causas raiz e atribuição de contramedidas para resolução dos problemas.

## 1.2. Objetivos

O objetivo deste trabalho consistiu na implementação de um sistema de monitorização de produção. Tendo em conta que neste sistema são registadas todas as paragens não planeadas da

linha de produção, em simultâneo, é introduzido um método de coordenação de projetos de melhoria contínua, o ciclo PDCA.

O que se pretende inicialmente com estas duas ferramentas é que haja um acompanhamento mais próximo da produção com a correta identificação dos motivos de paragem dos vários equipamentos. Com isto, procura-se que haja um registo de dados mais preciso e fidedigno, o que origina uma análise mais fiável. De seguida, pretende-se a introdução dos processos de controlo de qualidade no MES. Nesta fase, é esperado que, em conjunto com o departamento de qualidade da empresa, sejam definidos os tipos de controlos da qualidade, CQ, a realizar em cada posto, bem como a sua periodicidade. Introduzidos os CQ, os valores pretendidos, o agendamento e a regularidade, o software encarregar-se-á de alertar o operador da necessidade de realizar um controlo para que sejam feitos os registos no sistema. O mesmo princípio aplica-se na área da manutenção, com o desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva específico para cada equipamento. Para o efeito, é necessária a consulta dos manuais de operação. Caso necessário, é colocada à disposição documentação para instrução de como e onde realizar as manutenções. Por fim, devem ser concebidos *dashboards* para organização e disposição de dados de produção, nomeadamente quantidade de peças produzidas e o indicador OEE.

### 1.3. Metodologia

Na Tabela 1 está resumida a metodologia seguida para a realização do projeto.

Tabela 1 - Metodologia do projeto

Fase	Descrição
1. Integração na equipa e análise do processo produtivo	Fase inicial onde foi apresentada toda a equipa de trabalho dos vários departamentos. Nesta fase, foi também introduzido o processo de produção. Durante uma semana, foram acompanhados os trabalhos de cada posto de trabalho para uma melhor aprendizagem dos conceitos.
2. Apresentação do projeto e definição de objetivos	Nesta fase foi apresentado o projeto a desenvolver, passando por uma familiarização de vários conceitos relacionados. Foram definidos os objetivos a curto e médio prazo. Foi realizada a primeira introdução ao software MES.
3. Pesquisa de conceitos	Terminado o alinhamento dos objetivos, deu-se início à pesquisa bibliográfica dos conceitos que irão ser abordados, para uma melhor compreensão e adaptação ao meio.
4. Reunião com o fornecedor do software MES e desenvolvimento de uma <i>To Do List</i>	Fase na qual há o primeiro contacto com o fornecedor do software. Foi definida uma <i>To Do List</i> com os primeiros passos necessários a realizar para desenvolvimento do <i>software</i> .
5. Formações de utilização do <i>software</i>	Foram fornecidas várias formações para utilização do software e consolidação de conceitos.
6. Criação de suportes de formação para os operadores	Com base nas formações providenciadas pelo fornecedor, foram criados suportes de formação para os operadores.
7. Instalação de <i>hardware</i> e princípio de utilização	Criadas as bases para a correta utilização do <i>software</i> , deu-se início à instalação do <i>hardware</i> e à sua utilização.
8. Acompanhamento, análise de resultados e utilização do ciclo PDCA para melhorias	Reunidas as condições para o correto funcionamento da ferramenta MES, iniciou-se o acompanhamento de problemas com o ciclo PDCA, com o objetivo de melhorar a produtividade.

## 1.4. Estrutura

O relatório está dividido em quatro capítulos.

No primeiro capítulo encontra-se a introdução do trabalho, na qual é realizada uma contextualização do projeto, uma descrição dos objetivos definidos e a metodologia para o efeito.

No segundo capítulo é realizada a revisão bibliográfica, na qual são abordados os temas essenciais e as metodologias estudadas para o desenvolvimento do estágio.

O terceiro capítulo conta com uma breve análise crítica da revisão bibliográfica, onde é referida a importância que a pesquisa teve no desenvolvimento do projeto e as conclusões retiradas.

O quarto capítulo engloba as referências bibliográficas, entre outras fontes, que foram utilizadas para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

## 1.5. Empresa de acolhimento

O estágio foi realizado na empresa ACWin, pertencente ao grupo francês Atrya e dedica-se à produção de portas e janelas em PVC. É um projeto recente, sendo que a abertura se deu em março de 2022. Trata-se de uma empresa que incorpora a Indústria 4.0 dada a sua forte aposta na automação, apresentando-se como uma das empresas mais modernas no setor a nível europeu.

No momento, a empresa baseia-se na exportação de janelas e portas standard para França, nomeadamente para o grande centro de distribuição do *Leroy Merlin*. No entanto, têm como objetivo num futuro próximo a integração no mercado ibérico. Futuramente, irá abrir a fábrica ACWin Vidro e Alumínio, que irão completar o complexo industrial e tornar-se num dos maiores da Europa.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta a pesquisa teórica que apoia o trabalho prático desenvolvido nos capítulos seguintes, abordando os temas essenciais para o projeto.

### 2.1. Manufacturing Execution System - MES

O *Manufacturing Execution System* (MES) é uma ferramenta multi-competências de informação tecnológica utilizada na indústria com o intuito de conectar as várias hierarquias de uma empresa. Esta ferramenta é normalmente suportada por um *Enterprise Resource Planning* (ERP), onde estão integradas todas as informações de gestão de planeamento desde o planeamento de produção, controlo de inventário, previsão de procura, contabilidade, entre outros. Assim, o MES complementa as lacunas do ERP no que toca a gestão de operações no chão de fábrica em tempo real. O MES concretiza, deste modo, uma ponte virtual entre o nível organizacional da empresa e o sistema de controlo do chão de fábrica, abordando no seu software uma grande variedade de áreas [1].

Um MES tem de gerir dois tipos de fluxos de dados. De uma perspectiva hierárquica do topo para a base, as necessidades e exigências a nível organizacional e administrativo devem ser corretamente transformadas num plano de produção que satisfaça determinados objetivos bem definidos. Nesta ordem de ideias, o MES fornece um plano operacional baseado nos planos de produção juntamente com a informação em tempo real das máquinas, operações, processos, materiais e operadores no chão de fábrica. Isto permite uma melhor, e mais clarificada, gestão do planeamento de atividades no chão de fábrica [2].

Por outro lado, de uma perspectiva hierárquica da base para o topo, o MES disponibiliza informação do chão de fábrica em tempo real, desde o estado das máquinas e performance do processo, ao estado de uma encomenda. Esta informação possibilita uma resposta mais rápida e eficaz ao nível da gestão, proporcionando uma quantidade maior e mais exata de dados para a tomada de decisões.

Como ilustrado na Figura 1, um MES é a principal ferramenta de gestão de produção que oferece uma ligação bidirecional entre o nível de planeamento empresarial e o controlo e automação da produção a nível de chão de fábrica.

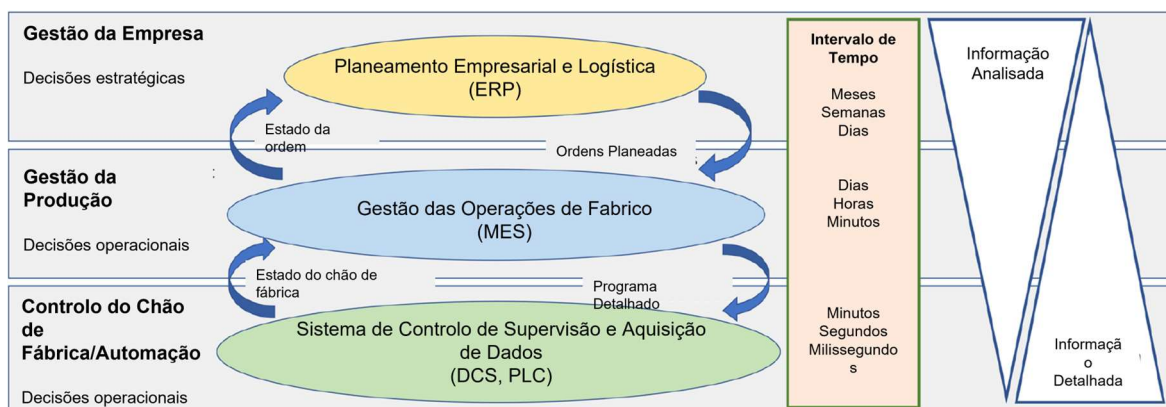


Figura 1 - Posição do MES na pirâmide organizacional de uma empresa Adaptado de [2]

No sentido base-topo, o MES recebe informação do chão de fábrica através de sensores ou atuadores existentes no Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) sob a forma de Sistemas de Controlo Distribuído (DCS), Controladores Lógicos Programáveis (PLC), entre outros. Esta informação, nomeadamente o estado de ordens de fabrico, estado de funcionamento de máquinas ou quantidade de peças boas produzidas é retirada e resumida para o ERP de forma a simplificar a tomada de decisões do nível organizacional [2].

Já do ponto de vista da gestão topo-base, o sistema ERP contém dados das ordens de fabrico planeadas, particularmente da gama de produtos, dimensão da ordem e prazo limite de entrega. Desta forma, o MES transforma esta informação em objetivos de produção diária de forma a cumprir todos os parâmetros exigidos. Melhor dizendo, o MES mantém o controlo do chão de fábrica transformando decisões da gestão tomadas mensalmente em objetivos diários com um planeamento de horário bem definido [2].

As principais funções de um MES são recolha e tratamento de dados, planeamento detalhado de operações, monitorização da produção, controlo de qualidade dos produtos, gestão da manutenção das máquinas e ferramentas envolvidas no processo de produção e disponibilização de documentação acerca da ordem de fabrico (OF), do controlo da qualidade a efetuar, de determinada tarefa de manutenção, de uma ação 5S ou até informação técnica de uma ferramenta.

A implementação de um MES em fábricas ajuda a melhorar os Indicadores-Chave de Performance, (*Key Performance Indicator*, KPI), incluindo a redução do *lead time* e custo, melhoramento da qualidade, transparência da produção e aumento da eficiência. O desenvolvimento e implementação deste tipo de sistemas foi um dos fatores-chave para a quarta revolução industrial, pela simples razão de que as características fundamentais do MES convergem com os conceitos da Indústria 4.0. Esta era da indústria é definida pela inteligência, flexibilidade, eficiência operacional e produção inteiramente preditiva. Neste contexto, a Indústria 4.0 consiste em tecnologias que recolhem dados para posteriormente tomar ações inteligentes e automáticas no chão de fábrica. Estas tecnologias tendem a aumentar a eficiência de um processo de produção, diminuindo o trabalho manual na linha. Assim, com as máquinas interligadas por uma rede, é possível recolher uma vasta quantidade de dados que, analisados corretamente, revelam padrões e permitem obter perceções úteis para o melhoramento contínuo dos processos. É aqui que entram os softwares MES como ferramentas de visibilidade das operações em tempo real. A Indústria 4.0 possui o conceito futurístico de fabrico que permite a redução de custos, aumento da qualidade e aumento de rendimento. É uma era na qual os produtos inteligentes e as máquinas interagem entre si de forma a criar uma otimização contínua. Internet das Coisas (IdC), computação, armazenamento de dados em massa, robótica e análises avançadas são exemplos de tecnologias que a quarta revolução da indústria abrange. Por conseguinte, o software MES é a peça fundamental de ligação entre todas estas tecnologias. Isto quer dizer que um bom MES deve ser capaz de analisar todos os dados recolhidos, funcionar com plataformas móveis e *clouds*, facilitar a interação produto-máquina, *entre* outras funcionalidades [2].

## **2.2. Lean Manufacturing**

O termo “Lean” foi mencionado nos anos 1980 no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), no seguimento do Programa Internacional de Veículos a Motor para descrever as plantas das fábricas de montagem de carros japonesas, tal como a Honda e a Toyota. Vários estudos concluíram que

empresas praticantes de metodologias *lean* possuem um desempenho melhor segundo um leque de parâmetros de performance operacional, tal como qualidade, inventários, *lead times* e produtividade. *Lean Manufacturing* (LM) é baseado no *Toyota Production System* (TPS) que surgiu nos anos 1950 na empresa japonesa fabricante de automóveis, Toyota. Um dos principais objetivos do TPS é aumentar a eficiência operacional minimizando o custo dos processos envolvidos [3].

### 2.2.1. Toyota Production System - TPS

A estrutura TPS é construída com base em três princípios orientadores. Por um lado, existe o *Heijunka*, um sistema de produção que permite satisfazer a procura variável dos clientes sem variar a carga de trabalho no processo de fabrico. Isto é especialmente útil quando uma mistura de modelos ou variações distintas (cores, formas, etc.) de um produto existem [4].

Os outros dois princípios são o *Kaizen* e a Normalização que serão abordados nas secções seguintes.

#### 2.2.1.1. Heijunka

O grande objetivo do conceito *Heijunka* é evitar picos e vales no programa de produção. Imaginando uma estação de trabalho que produz dois produtos, A e B, processando A em 1,5 minutos e B em 1 minuto, respetivamente. Imagine-se que a empresa recebe um pedido de 100 unidades tanto de A como de B. Uma programação de produção ingénuas colocaria 100 unidades do produto A em produção, e de seguida colocaria as restantes 100 unidades do produto B, resultando numa variedade considerável de procura na estação de trabalho. Transformando esta estação de trabalho numa linha de produção com um tempo de ciclo de 1,4 minutos, esta ficará subcarregada durante 100 ciclos e sobrecarregada durante outros 100, sendo assim um funil para toda a linha. O tempo de ciclo deve ser prolongado de modo a respeitar este programa de produção, pelo menos enquanto A estiver a ser fabricado. Este posto de trabalho pode muito bem ser forçado a funcionar com uma utilização relativamente baixa da sua capacidade média, porque muitas vezes não é viável modificar o tempo de ciclo do processo para ter em conta tais oscilações de carga de trabalho. Assumindo que a duração do ciclo é mantida constante ao longo do tempo, *Heijunka* recomenda que se distribuam as ordens que requerem mais mão de obra ao longo do programa de produção para permitir uma maior utilização média. Os produtos A e B seriam produzidos alternadamente no nosso exemplo, permitindo à estação de trabalho duas opções: ou produzir uma unidade de A e uma unidade de B em lotes, com um tempo de ciclo combinado do trabalho de  $1,5+1,0 = 2,5$  min, ou permitir que a estação de trabalho fique para trás durante o ciclo quando A é produzido, recuperando durante o ciclo quando B é produzido [5].

#### 2.2.1.2. Kaizen

O segundo conceito trata-se do *Kaizen*, que se traduz em "Melhoria Contínua". Este conceito é muito mais do que um método simples de mudança, é uma filosofia de progresso contínuo sem que haja precipitação ou alterações drásticas significativas, uma estratégia que é inteiramente cooperativa e construída com base no empenho e participação de cada funcionário. *Kaizen* é uma estratégia frequentemente utilizada por empresas nas quais equipas multi-funcionais trabalham juntas proactivamente para desenvolver e melhorar certas áreas específicas. É um conceito que

visa a melhoria contínua buscando envolver tanto a área da gestão como a área da produção. O conceito *Kaizen* é aludido como uma metodologia *lean* que também esboça uma estratégia metódica para ajudar as empresas a reduzir progressivamente o desperdício, este que é definido como qualquer ação humana que consome recursos sem que seja produzido ou acrescentado algum valor [6]. Na Figura 2 está representado o guarda-chuva Kaizen.

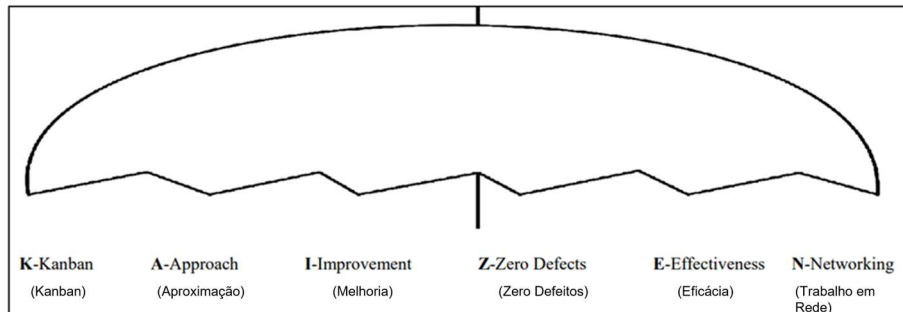


Figura 2 - Guarda-chuva Kaizen Adaptado de [7]

### Conceitos do Kaizen

A gestão de uma empresa deve procurar implementar certos conceitos básicos de forma a interceder a estratégia do Kaizen, nomeadamente:

- Kaizen e gestão;
- Processo vs. Resultado;
- Seguir a metodologia PDCA (*Plan, Do, Check, Action*);
- Priorizar a qualidade;
- Agir com o suporte de dados;
- Tratar o próximo processo como um cliente.

### Estratégia do Kaizen

A estratégia de melhoria contínua é considerada "uma estratégia integrada, multifuncional, da empresa, visando a melhoria gradual e contínua da qualidade dos produtos e serviços, bem como a produtividade e a competitividade, com o envolvimento dos trabalhadores". Kaizen é mencionado como um conceito bastante abrangente na medida em que reúne em si uma ampla quantidade de práticas tipicamente japonesas (16 no total), como é possível observar na Tabela 2[7].

A orientação dos funcionários, que são vistos como o principal elemento do desempenho de uma organização, foi a chave para o método japonês *Kaizen*. Imai afirma que os trabalhadores contribuem para adquirir a "consciência *Kaizen*", isto é, para a realização do valor do desenvolvimento contínuo. O método *Kaizen* acolhe favoravelmente propostas para melhorar as atividades ou processos individuais, mesmo que as melhorias sejam poucas. As principais características do método são que todos participam na melhoria contínua da qualidade enquanto os esforços e realizações são mantidos como uma transformação progressiva e contínua. Além disso, os empregados devem ser recompensados pela participação no desenvolvimento de um grande número de sugestões.

Tabela 2 - Práticas do Kaizen – adaptado de [7]

As Principais Práticas do Kaizen	
Cultura e Mindset	Processo de Produção
Orientação para o cliente	Automatização e Robótica
Círculos de controlo de qualidade	Autonomia
Sistema de sugestões	Zero Defeitos
Disciplina no trabalho	<i>Total Productive Maintenance</i> – TPM
Atividades em grupos pequenos	Kanban
Relações cooperativas entre gestão e produção	Just-in-time – JIT
<i>Total Quality Management</i> (TQM)	Melhoria da Produção
Melhoria na qualidade	Desenvolvimento de novos produtos

A orientação dos funcionários, que são vistos como o principal elemento do desempenho de uma organização, foi a chave para o método japonês *Kaizen*. Imai afirma que os trabalhadores contribuem para adquirir a "consciência *Kaizen*", isto é, para a realização do valor do desenvolvimento contínuo. O método *Kaizen* acolhe favoravelmente propostas para melhorar as atividades ou processos individuais, mesmo que as melhorias sejam poucas. As principais características do método são que todos participam na melhoria contínua da qualidade enquanto os esforços e realizações são mantidos como uma transformação progressiva e contínua. Além disso, os empregados devem ser recompensados pela participação no desenvolvimento de um grande número de sugestões.

Por outro lado, existe a estabilidade dos 4M - Mão-de-obra, Método, Máquina e Materiais - as quatro categorias que, reunidas, resumem as causas dos problemas que as organizações enfrentam. A capacidade de controlar estes fatores representa o controlo sobre a melhoria do sucesso empresarial.

### 2.2.1.3. Normalização

Por fim, o último princípio trata-se da normalização, cujo objetivo é fazer o melhor uso dos recursos enquanto a taxa de produtividade ideal para a procura dos clientes é mantida. Trata-se de um conjunto de procedimentos aceites e validados que definem as melhores e mais fiáveis práticas bem como os passos de cada processo e as tarefas de cada funcionário para o bom funcionamento de uma organização [3].

## 2.2.2. Pilares da estrutura TPS

Como pilares da estrutura TPS, são considerados dois conceitos, *Jidoka* e *Just-In-Time* (JIT).

### 2.2.2.1. Jidoka

O termo *Jidoka* traduz-se em automação com toque humano, ou seja, é considerado uma ferramenta *lean* que permite que as máquinas coexistam harmoniosamente com os operadores

Desenvolvimento de um programa de melhorias para aumento da produtividade numa célula robotizada

humanos, possuindo capacidades cognitivas de parar o processo, seja ele realizado pelo homem ou por uma máquina, em caso de um problema anômalo, tal como o mau funcionamento do equipamento, problemas de qualidade ou até mesmo trabalho tardio. A origem do termo japonês remonta a uma invenção de Sakichi Toyoda de uma máquina de tear, a qual pararia automaticamente assim que uma linha rompesse. A ideia central por detrás do conceito *Jidoka* é fornecer “inteligência” às máquinas através de sistemas integrados de verificação automática que interromperiam a produção se quaisquer peças defeituosas passassem para a fase seguinte do fluxo de valor. Em caso de cenário de anomalia, um operador que pode estar responsável por supervisionar vários processos deve intervir. Além disso, *Jidoka* procura remover todas as fontes de desperdício, promovendo uma cultura de aprendizagem e desenvolvimento contínuos, com o objetivo de evitar que o erro volte a ocorrer. A fim de determinar a razão subjacente à criação do artigo defeituoso, é crucial identificar o problema o mais rapidamente possível, enviar um sinal para parar a máquina e, se necessário, o processo de produção, procurando uma interação humano-máquina eficaz. Durante bastantes anos, os princípios do *Jidoka* foram construídos principalmente sobre ferramentas e dispositivos mecânicos, com os componentes eletrônicos a ganhar cada vez mais um ímpeto maior. [8] menciona três gerações de sistemas *Jidoka*: dispositivos mecânicos que evitam erros (*Poka-Yoke*), alarmes visuais e auditivos (*Andon*) e diagnósticos de falhas baseados em sensores (*Jidoka*). Neste momento, graças ao enorme potencial da Indústria 4.0, através da digitalização de processos e de uma grande disponibilidade de sensores *low-cost*, é possível utilizar vastas quantidades de dados, agir sobre uma série de fatores de *input*, lidar com processos complexos e criar uma geração de *Jidoka 4.0* [8].

#### 2.2.2.2. Just-In-Time - JIT

O segundo pilar do TPS, o *Just-In-Time* (JIT) consiste em produzir as unidades necessárias na quantidade necessária, no local certo, com a qualidade certa e no tempo necessário. Por outras palavras, num sistema de produção, cada etapa do processo produz em “*just-in-time*” para satisfazer a procura das etapas seguintes, que é, em última análise, regida pela procura do produto final [3].

Os traços fundamentais dos sistemas de produção JIT podem ser resumidos como tendo *lead times* e tempos de *setup* mínimos, bem como tamanhos de lotes reduzidos. Lotes pequenos e *lead times* reduzidos permitem a rápida implementação de medidas corretivas. Como resultado, o sistema produzirá de forma fiável com uma quantidade mínima de produção defeituosa. Além disso, a taxa de produção pode ser facilmente ajustada para corresponder a variações na procura. Deste modo, seguindo o conceito JIT, a produção pode mover-se sem problemas e num ritmo constante, resultando num fluxo contínuo no chão de fábrica [9].

#### 2.2.3. Sistema Pull

O mecanismo dos sistemas de produção JIT é o sistema *Pull*. No sistema *Pull* ideal, o inventário de produtos em processo de cada etapa é uma unidade. A atividade em determinada estação de trabalho é iniciada quando o kanban indica que o stock está esgotado. Cada kanban de stock esgotado constitui uma unidade de fila de espera na estação. Antes que uma encomenda seja

carregada em determinada estação de trabalho, deve haver inventário suficiente no kanban de stock de saída dos processos anteriores. [10].

Ao restringir o fluxo de encomendas dos postos de trabalho que estão ocupados e ao atribuir as encomendas aos postos de trabalho que estão à espera de trabalho, os sistemas pull podem equilibrar a carga de trabalho no chão de fábrica. As Figura 3(a) e (b) mostram como equilibrar a carga de trabalho no chão de fábrica com quatro estações de trabalho (A, B, C e D). No chão de fábrica, as encomendas podem seguir uma de duas rotas diferentes: as encomendas brancas seguem a rota A – B - C, enquanto as encomendas negras seguem a rota A – B - D. A carga de trabalho no chão de fábrica não é equilibrada na Figura 3(a). A carga de trabalho nos postos de trabalho C e D é altamente variável. Por exemplo, a estação de trabalho D aguarda encomendas enquanto a estação de trabalho C está extremamente ocupada. A situação mudará rapidamente em sentido contrário, pois chegará ao posto D bastantes encomendas que ainda estão a ser processadas nos postos A e B [11].

O chão de fábrica visto na Figura 3 (b) é idêntico, mas desta vez as encomendas são distribuídas uniformemente entre os postos de trabalho. Em comparação com o chão de fábrica desequilibrado da Figura 3 (a), a variabilidade da carga de trabalho dos postos de trabalho deste sistema é menor.

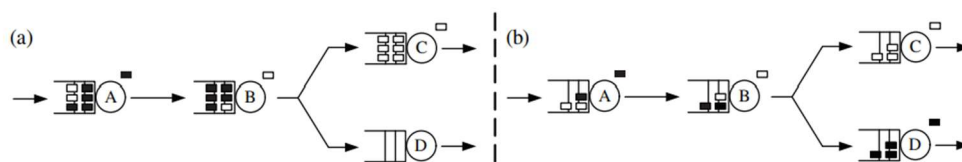


Figura 3 - Chão de fábrica sem e com balanceamento de produção Adaptado de [11]

## 2.2.4. Muda

O propósito destes conceitos base e destes pilares do TPS é nada mais que a eliminação de todo o tipo de desperdícios. De forma a procurar atingir estes objetivos, o LM age segundo o conceito *Muda*, uma palavra japonesa que corresponde a qualquer ação tomada que não cria nem acrescenta valor à produção. Os tipos de desperdício mais abordados dentro das empresas são produção excessiva, produtos defeituosos, tempos de espera, transporte, *stock*, movimentos humanos e operações desadequadas, sem esquecer do oitavo *Muda*, um tipo de desperdício que tem vindo a ser abordado com mais frequência e de elevada importância, o não aproveitamento do potencial humano [3].

- ❖ Excesso de Produção: Produzir em excesso ou demasiado cedo do que é necessário. Isto deve-se principalmente à conceção tradicional da produção em massa, que maximiza a eficácia das pessoas e das máquinas, ignorando por completo os efeitos negativos como o excesso de stock e os tempos de espera. Dado que pode originar todos os restantes tipos de desperdícios, é considerado como o desperdício mais influente [12].
- ❖ Defeitos: Problemas com o processo, má qualidade do produto ou entrega ineficaz, que pode resultar trabalhos ou custos adicionais [13], [14].
- ❖ Tempos de espera: Devido ao fluxo de produção baixo, pessoas, equipamentos, produtos ou até informação crucial tornam-se inativos, resultando em *lead times* extremamente longos [13], [15], [16].

- ❖ Transporte: Transferência de materiais entre estações de trabalho ou de um operador para outro. Uma vez que o produto não está a ser processado enquanto o trânsito está a decorrer, todo este tipo de atividade não acrescenta qualquer valor. Ao concentra-se no produto em si e não nas pessoas ou equipamentos, difere dos desperdícios de movimento [12], [13].
- ❖ Stock: Quantidade de matéria-prima, *work-in-progress* ou produtos acabados excessiva em armazém. De igual forma, o atraso na informação resulta em custos superiores e num serviço ao cliente pobre [13], [14].
- ❖ Movimentos desnecessários: Deslocações dispensáveis de pessoas e equipamentos. Durante esta ação, são usados recursos e é disponibilizado tempo sem que qualquer tipo de valor seja acrescentado [12].
- ❖ Operações desadequadas: Operações e utilidades extra nos produtos pelas quais os clientes não estão dispostos a pagar, pois não acrescentam qualquer valor. Optar por processos mais complexos, quando existe uma alternativa mais simples e, possivelmente, mais eficiente [12], [13], [16].
- ❖ Subaproveitamento do potencial humano: O potencial dos operadores é mal utilizado ou a sua criatividade é inexplorada e não cultivada. São dos ativos mais importantes numa empresa pelo conteúdo que podem transmitir. O *know-how* e o intelecto de um operador são fatores que o diferenciam numa empresa, sendo características muitas vezes ignoradas pelos superiores por falta de cultura de envolvimento. Estas negligências originam desperdícios de ideias construtivas e valores adicionais para o processo produtivo [12], [17].

## 2.2.5. Ferramentas Lean

A produção *Lean* tem um conjunto de ferramentas que emprega como instrumentos para a sua execução, mas o *Lean* é mais do que um simples conjunto de ferramentas, estas são apenas uma das formas das empresas refletirem os princípios *Lean* nos seus processos. Nos seguintes subcapítulos são apresentadas algumas das ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do projeto [18]

### 2.2.5.1. Gestão Visual

Gestão Visual (GV) é um sistema que procura potenciar a produção de uma organização através de estímulos visuais. Esta estimulação visual visa a transmissão de informação importante de forma simples, fácil de entender e concisa. Quando um trabalhador (ou membro do contexto) se envolve em interações dinâmicas com a Gestão Visual, os estímulos visuais criados transmitem informações pertinentes para esse contexto. Ao recetor do estímulo é dada a capacidade de escolher em questão de segundos se deve ou não iniciar uma ação de feedback.

A realização da transparência do processo organizacional é uma componente crítica da GV. As informações sobre a programação e progresso de encomendas, bem como os desvios do processo, layout da fábrica ou estado do equipamento são todas clarificadas pela Gestão Visual. Na indústria, os sistemas de software MES (*Manufacturing Execution Systems*) são tipicamente utilizados para

gerir esta informação. No entanto, a GV é utilizada quando é necessário apresentar informação aos operadores de fábrica da forma mais direta possível, para que possam compreender rapidamente o estado atual do contexto de produção e tomar quaisquer medidas corretivas necessárias. A Gestão Visual pode estar representada através de fotos, gráficos, cores, imagens, formulários, símbolos, sinais, entre outros.

Quando a comunicação assume uma forma visual num ambiente profissional como o fabrico, é interpretada de forma diferente. A comunicação é o ato de trocar informações entre pessoas através de um sistema partilhado de símbolos, sinais ou ações. A comunicação visual difere fundamentalmente da comunicação tradicional na medida em que assume que uma mensagem visual (que inclui visuais) é observada por todos os que trabalham na área em questão, bem como por qualquer pessoa que passa e entra no campo de visão. Além disso, a mensagem visual destina-se a ser compreendida por um grupo e não apenas por uma pessoa, pelo que a sua mera observação é insuficiente. Para assegurar que o resultado pretendido ocorre, este mecanismo é propositadamente criado para facilitar a troca de informação essencial à atividade. Para que os espaços sejam autoexplicativos, auto-orientados, autorregulados e auto-melhorados, a mensagem deve ser imediatamente reconhecível [19].

### 2.2.5.2. 5S

De forma a criar os alicerces para uma empresa mais visual, é importante perceber que a correta perceção e implementação do conceito 5S são a base para um sistema de gestão visual eficaz e viável. Embora as noções de 5S e gestão visual estejam relacionadas uma com a outra, trata-se de duas entidades distintas. No entanto, a existência de um bom sistema de gestão visual, depende intimamente da implementação eficaz da metodologia 5S.

5S é uma metodologia focada na correta organização e identificação de tudo que esteja relacionado com o posto de trabalho. Desta forma, mantém-se o local de trabalho limpo e organizado, contribuindo para um bom nível de produtividade [20].

Os 5S dividem-se em cinco termos japoneses: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, abordados na Tabela 3.

Tabela 3 - Termos da Metodologia 5S Adaptado de [20]

Termo	Definição
<b>Seiri</b>	Seiri é o ato de remover todos os itens desnecessários e descartáveis no posto de trabalho. É um passo particularmente difícil na medida em que o ser humano tende a armazenar itens desnecessários e que raramente usa, possuindo alguma dificuldade em desfazer-se destes. Em um ambiente fabril, há uma enorme facilidade de acumular itens, gerando confusão e pouca visibilidade no local de trabalho. Esta fase de limpeza permite encontrar o que realmente é necessário para um posto.
<b>Seiton</b>	A segunda fase consiste na organização da área de trabalho. Desde identificar onde vão ser posicionadas as mesas de trabalho e o material que vai pertencer às mesas, até à criação de quadros de ferramentas e etiquetagem da localização dos itens. Para ajudar a criar um local de trabalho mais visual, a empresa pode investir em fita colorida, tinta de spray, máquinas de etiquetas, canetas/marcadores de cores diferentes, fita de velcro ou fita-cola de dupla face, entre outros materiais úteis para a marcação correta do posto de trabalho.

Tabela 3 - Termos da Metodologia 5S Adaptado de [20] Cont.

<b>Seiso</b>	Seiso é o termo japonês para limpeza. Como o próprio nome indica, esta fase resume-se a manter o local de trabalho limpo, incluindo as ferramentas, gavetas, bancadas e a área envolvente do equipamento.
<b>Seiketsu</b>	O quarto S resulta do termo Seiketsu, que significa normalização. Esta fase aponta para a criação de um nível de consistência que permita a normalização das etapas anteriores. Um exemplo bastante utilizado é o sistema de cores, que consiste na definição de uma cor para, por exemplo, determinado item/localização de item. Esta cor deve ser a mesma em qualquer parte da fábrica, para evitar conflitos de interpretação visual.
<b>Shitsuke</b>	A quinta e última fase da implementação dos 5S's é a disciplina. Esta fase apela não só ao bom senso e autodisciplina do operador, mas também a procedimentos de verificação, monitorização e incentivo por parte da equipa de implementação, de forma a manter a prática constante das fases anteriores.

### 2.2.5.3. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é um método utilizado para coordenar projetos de melhoria contínua. Desenvolvido por Edward Deming, este método é utilizado em várias áreas, desde a manufatura e medicina, à agricultura. Um praticante pode realizar melhorias metodicamente com a utilização do ciclo PDCA. Ao criar normas e ao manter a uniformidade, move a melhoria contínua no sentido de reduzir a recorrência de erros. Na Figura 4, estão resumidas as quatro fases do ciclo PDCA.

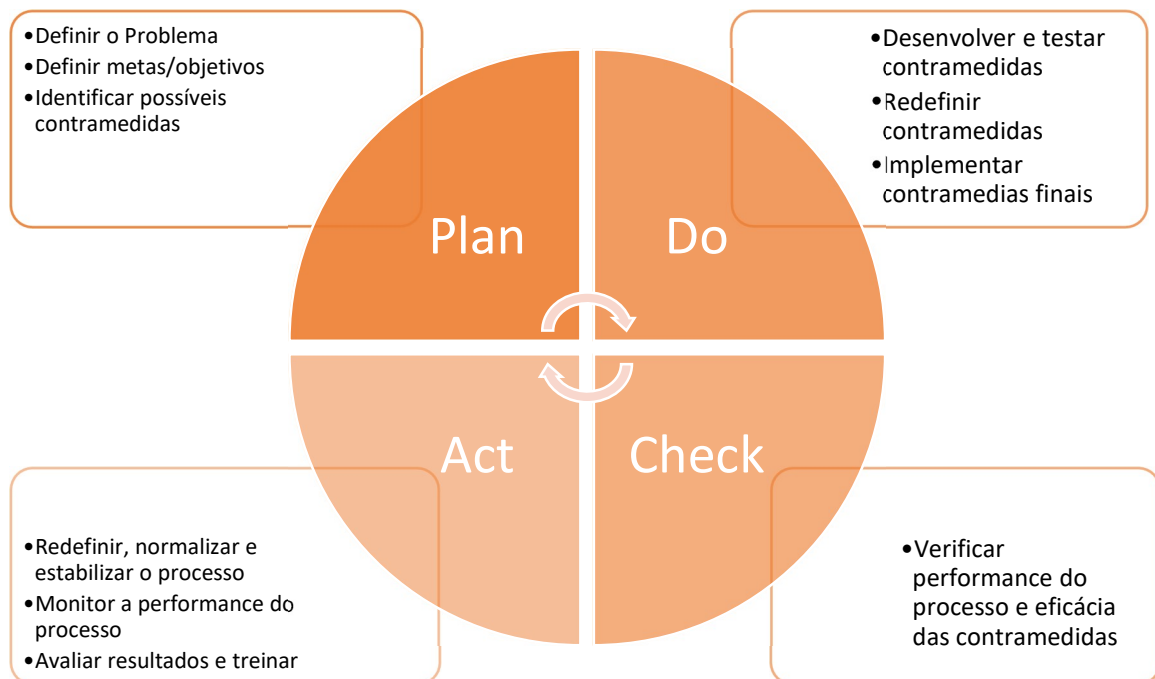


Figura 4 - Ciclo PDCA [21]

O ciclo PDCA é constituído por quatro fases: *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*.

Na fase “*Plan*” são clarificados os objetivos e o propósito principal do projeto. A definição da condição alvo para um projeto descreve um futuro estado desejado no qual o projeto seria resolvido adequadamente. De forma a determinar a causa raiz de um problema, é possível

introduzir a prática de outras ferramentas lean, tal como o Diagrama de Ishikawa ou 5 Porquês, de modo a conduzir uma análise das várias causas raiz possíveis.

A fase “Do” engloba todo o processo de implementação de contramedidas. Normalmente é a fase mais longa do ciclo pelos vários testes necessários antes da implementação final.

A fase “Check” abrange os processos de monitorização e verificação de melhorias e possíveis correções de medidas. Nesta fase são comparados os resultados antes e depois das medidas implementadas com a ajuda de dados registados e organizados em gráficos e tabelas, ou por mera análise visual.

Por fim, a fase “Act” concretiza o ciclo através da normalização e monitorização das medidas implementadas, de forma a garantir que as partes envolvidas continuam a seguir o plano de ações. Após o término do projeto, os intervenientes são encorajados a praticar o conceito *Yokoten*, um termo japonês que significa a “partilha de informação”. É o momento de partilhar experiências e conhecimentos adquiridos durante o projeto. O ciclo PDCA é repetido até que o objetivo final seja atingido [21].

### 2.3. Manutenção

Manutenção descreve-se como uma combinação de todas as operações técnicas e administrativas associadas que um equipamento, componente ou sistema precisa para se manter na sua condição de funcionamento, ou recuperar esta [22]. Por outras palavras, a manutenção tem como principal objetivo garantir a disponibilidade, a segurança e a fiabilidade, juntando a estes aspetos a sustentabilidade e o custo reduzido [23].

A manutenção desenvolveu-se e foi dividida em três gerações (Figura 5). A ideia da manutenção corretiva, que se concentra na reparação após a avaria, surgiu durante a primeira geração, o que corresponde ao tempo anterior à Segunda Guerra Mundial. Devido ao baixo nível de mecanização da indústria, aos equipamentos serem robustos, simples e de grandes dimensões, bem como ao desrespeito pelo ambiente e segurança, a resolução de avarias era relativamente simples [24].

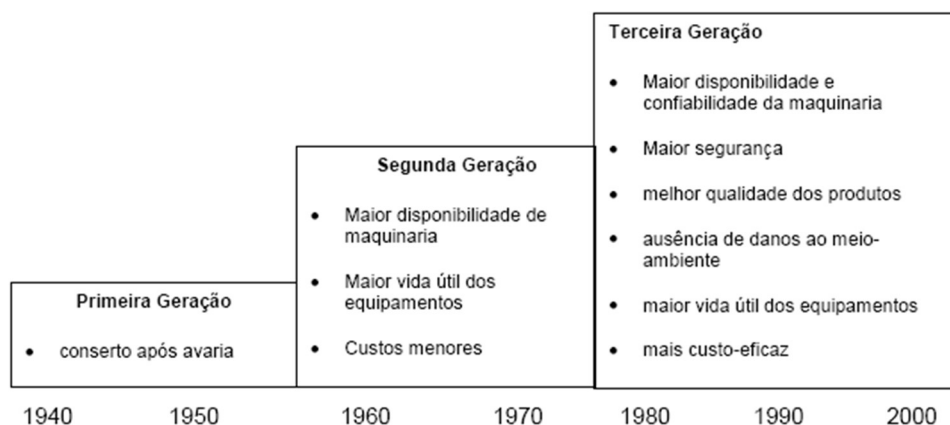


Figura 5 - Três gerações da Manutenção Adaptado de [24]

Após a guerra, surgiu uma segunda geração, trazendo consigo o desenvolvimento da manutenção preventiva baseada em sistemas de planeamento e intervalos de tempo específicos, o que melhorou o controlo sobre as atividades realizadas e as despesas de manutenção. A mecanização da indústria, o aumento da complexidade técnica, e a atenção prestada aos efeitos ambientais

definem esta geração. Desta forma, seria importante maximizar a vida útil dos equipamentos devido ao impacto significativo de uma avaria nestes [24].

A meio dos anos 70, emerge a terceira geração da manutenção na qual se começa a introduzir o conceito de manutenção preditiva. Com a ajuda de técnicas de análise de riscos e falhas nos equipamentos, a indústria evoluiu no sentido da prevenção de avarias e consequentes paragens. Isto deve-se ao facto de, com a crescente ascensão de conceitos como o *Just-In-Time*, a paragem de um equipamento poderia significar a paragem de uma linha inteira de produção. Deste modo, foi preciso garantir a fiabilidade dos equipamentos para que sejam evitadas elevadas perdas de produção e consequentes custos associados. Por outro lado, com os padrões de qualidade cada vez mais exigentes por parte dos clientes, os custos da manutenção iniciaram um elevado crescimento [24]. Segundo a norma EN 13306:2017, o conceito de manutenção pode ser dividido em dois principais tipos: manutenção planeada e manutenção não planeada. Por sua vez, à manutenção planeada é associada manutenção preventiva, enquanto à manutenção não planeada é associada à manutenção corretiva (Figura 6).

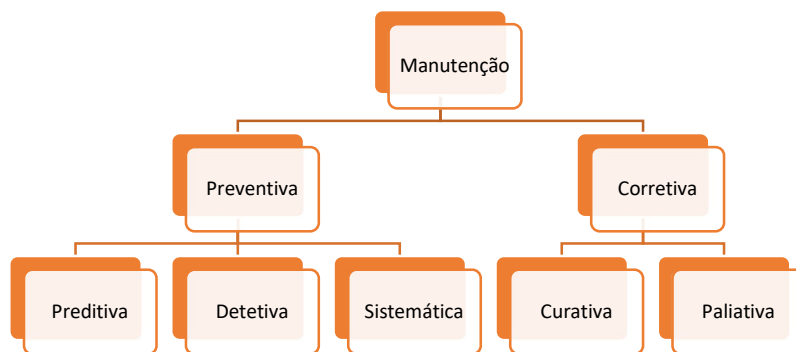


Figura 6 - Tipos de Manutenção

### 2.3.1. Manutenção Preventiva

O objetivo da manutenção preventiva (MP) é diminuir a probabilidade de um equipamento falhar ou não funcionar na plenitude da sua capacidade. Existem vários critérios de aplicação da MP, sendo esta realizada em intervalos de tempo em concordância com cada um desses critérios, com o objetivo de diminuir ao máximo a probabilidade de falha e invalidação do equipamento [25]. Desta forma, a função da manutenção preventiva é de evitar paragens não planeadas bem como o deterioramento dos equipamentos.

Desta forma, a Manutenção Preventiva divide-se em três tipos, a manutenção preventiva sistemática, a manutenção preventiva detetiva e a manutenção preventiva condicionada. Na Tabela 4 é feita uma breve descrição de cada conceito.

Tabela 4 - Tipos de Manutenção Adaptado de [26]

Tipo de Manutenção	Definição
<b>Manutenção Preventiva Sistemática</b>	É uma manutenção preventiva realizada de acordo com um programa definido. É um tipo de manutenção que tem como principal objetivo manter o equipamento no seu pleno estado de funcionamento.
<b>Manutenção Preventiva Detetiva</b>	Este tipo de manutenção é efetuado com o intuito de certificar a condição de componentes nos quais se podem verificar falhas ocultas. Isto é, através de ações frequentes de inspeção, testes e ensaios, detetar a falha, ou ameaça desta, em componentes que estão indiretamente ligados aos sistemas de operação, nomeadamente dispositivos de proteção aos equipamentos [24].
<b>Manutenção Preventiva Condicionada</b>	Trata-se de uma manutenção que abrange todas as ações de monitorização contínua ou periódica, incluindo testes, inspeções, análises estatísticas e estudos de tendências, de forma a determinar quando ocorrerá uma falha e tomar medidas planeadas para a sua prevenção. Quando utilizada corretamente, este tipo de manutenção pode reduzir substancialmente os custos de manutenção dos equipamentos e aumentar significativamente a disponibilidade dos mesmos [27].

Apesar de ser um tipo de manutenção que envolve mais custos, a manutenção preventiva requer uma análise mais detalhada a longo prazo. A falha inesperada de um equipamento, e respetiva paragem, pode colocar em causa os prazos de entrega do produto final, incorrendo em custos evitáveis. Desta forma, a implementação e o investimento em manutenção preventiva resultará numa série de vantagens não só financeiras e organizacionais, mas também a nível da satisfação dos colaboradores [28].

A Figura 7 refere-se às várias vantagens e desvantagens da Manutenção Preventiva.

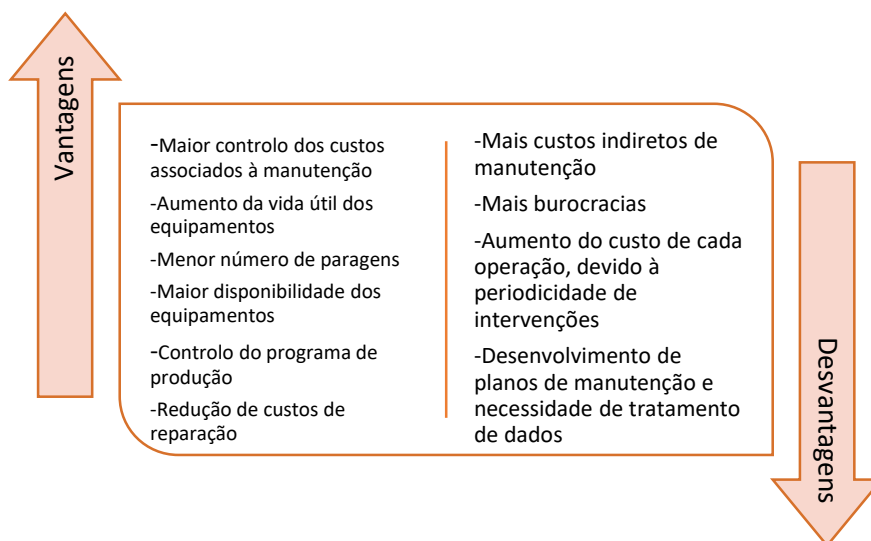


Figura 7 - Vantagens e Desvantagens da Manutenção Preventiva Adaptado de [29]

### 2.3.2. Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é o tipo de manutenção que é realizada após a avaria ser detetada no equipamento, para que este volte ao seu correto funcionamento. Caso seja uma intervenção definitiva, designa-se de manutenção curativa. Aquando de uma intervenção apenas temporária,

denomina-se de manutenção paliativa [30]. Este tipo de manutenção, normalmente, implica a paragem do equipamento, exigindo ações reativas e não planeadas [25].

Na Figura 8 é possível distinguir as vantagens e desvantagens deste tipo de manutenção.

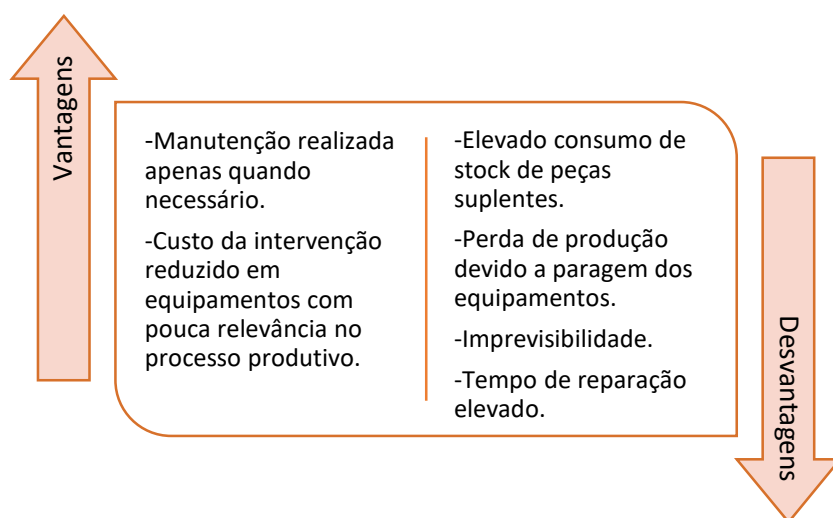


Figura 8 - Vantagens e Desvantagens da Manutenção Corretiva Adaptado de [31], [32]

## 2.4. Qualidade

O conceito de qualidade adquiriu, ao longo de muitos anos, vários significados dentro da indústria. No entanto, Joseph Juran considera existir dois significados que possuem uma importância crítica para a gestão da qualidade.

Por um lado, o conceito “Qualidade” expressa a capacidade das características de um produto corresponderem às necessidades do cliente e, por conseguinte, satisfazerem as necessidades do cliente. Desta forma, o significado de qualidade está direcionado para o lucro/procura, isto é, quanto maior for o nível de satisfação do cliente, maior será a procura e, conseqüentemente, a receita. Na mesma linha de pensamento, providenciar uma maior e melhor qualidade nos produtos requer investimento, resultando num aumento dos custos envolvidos [33].

**A Erro! A origem da referência não foi encontrada.** resume as particularidades de cada um dos conceitos explicados anteriormente.

Tabela 5 - Os significados de Qualidade Adaptado de [33]

Características do cliente correspondem às necessidades do cliente	Ausência de defeitos
Maior qualidade permite à empresa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a satisfação do cliente</li> <li>• Aumentar as vendas do produto</li> <li>• Igualar ou superar a competição</li> <li>• Proporcionar receitas de vendas</li> </ul>	Maior qualidade permite à empresa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir a quantidade de erros</li> <li>• Reduzir o desperdício e o retrabalho</li> <li>• Reduzir as falhas de funcionamento do produto e as reclamações de garantia</li> <li>• Reduzir a insatisfação do cliente</li> </ul>
O maior impacto é nas vendas	O maior impacto é nos custos.
Normalmente, maior qualidade implica mais custos	Normalmente, maior qualidade implica menos custos.

Por outro lado, o conceito “Qualidade” significa ausência de defeitos, isto é, ausência de anomalias que implicam retrabalho, insatisfação do cliente, queixas do cliente, falhas na utilização do produto, entre outros [33]. Assim, esta vertente do conceito de qualidade está direcionada para os custos, isto é, a ausência de falhas significa a ausência de custos associados [34].

### 2.4.1. Total Quality Management – TQM

Nos últimos anos tem havido um crescimento global do interesse pela gestão da qualidade. Nos mercados globais competitivos, a qualidade tornou-se o fator mais importante para o sucesso das empresas, o fator que diferencia cada organização. O *Total Quality Management* é um termo que abrange uma vasta coleção de filosofias, conceitos, métodos e ferramentas utilizados por todo o mundo para gerir a qualidade [33]. Desde o início do século vinte, o conceito de gestão total da qualidade já adquiriu várias nomenclaturas e definições, passando por vários filósofos da qualidade, desde Deming e Juran a Shainin e Masing. A percepção de TQM (Figura 9) passou de detetar produtos não conformes a assegurar a qualidade da empresa como um todo [35].

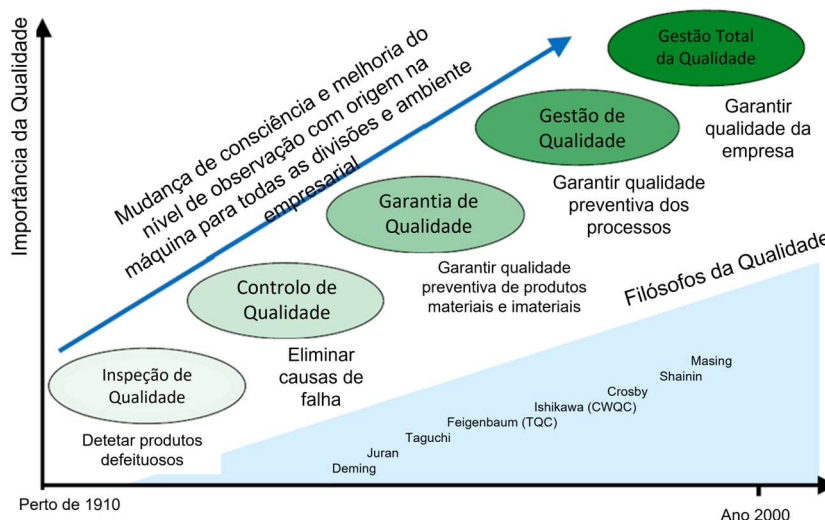


Figura 9 - Visão geral do conceito de TQM Adaptado de [35]

TQM significa pensar na qualidade como um processo que envolve todas as funções dentro de uma empresa, um procedimento *start-to-finish* que inter-relaciona funções de todos os níveis organizacionais da empresa. Empresas americanas como a Ford, Xerox e a Motorola adotaram o TQM e observaram um aumento na sua produtividade. Após o sucesso destas implementações, várias empresas americanas se sucederam [36].

Qualquer produto, processo ou serviço pode ser melhorado. O que distingue uma empresa de sucesso de uma empresa medíocre é a constante e consciente procura de oportunidades de melhoria a todos os níveis. A estrutura de suporte de qualquer organização é a satisfação do cliente e primeira palavra associada a tal é a melhoria contínua [37].

Segundo Joseph Juran, quando se toca no assunto da qualidade total, é necessário abordar algumas ideias básicas associadas: os resultados esperados, os três conceitos fundamentais, as três forças, os três processos críticos e os elementos-chave da estrutura da qualidade total [33].

### 2.4.1.1. Resultados Esperados

Juran considera que os objetivos mundialmente aceites da qualidade total são: custos reduzidos, receitas altas, clientes satisfeitos e funcionários habilitados. A Figura 10 ilustra a pirâmide de resultados do total quality management. Qualidade significa mais que uma simples correspondência às especificações e requisitos, significa baixar os custos de todo o processo, satisfazer os clientes, o conseqüente aumento das receitas e o empoderamento dos funcionários.



Figura 10 - Resultados da Qualidade Total Adaptado de [33]

Na Tabela 6 é realizada uma breve descrição de cada um destes resultados da qualidade [33].

Tabela 6 - Resultados da aplicação do Total Quality Management Adaptado de [33]

Custos Reduzidos	O aumento da qualidade pode significar a redução de custos quando associado à redução de erros, de retrabalho, e de atividades que não acrescentem valor ao produto. Os custos associados à redução/prevenção de erros, normalmente, são bastante mais baixos que os custos da correção de erros durante a produção.
Clientes Satisfeitos	Clientes satisfeitos são clientes que voltam a adquirir o produto ou serviço, promovem indiretamente o nome da empresa e o produto/serviço e que em primeira instância entram em contacto com a mesma organização antes de realizar uma encomenda, de forma a saber se o produto/serviço é vendido nesta. É criada uma relação de lealdade entre o cliente e o fornecedor. Clientes leais irão frequentemente aumentar as suas aquisições até ao ponto que possuem apenas um fornecedor para certos bens e serviços.
Receitas Elevadas	A conseqüência das receitas elevadas está naturalmente relacionada com a satisfação dos clientes. Os clientes estão sistematicamente a aumentar os seus padrões de qualidade. Ao exceder estes mesmos padrões, organizações conseguem ganhar novos clientes, manter os antigos e expandir-se para novos mercados. Muitas vezes, clientes bem informados estão dispostos a pagar preços <i>premium</i> por níveis de qualidade que lhes oferecem garantias de redução de custos associados aos ciclos de vida do produto/serviço.
Funcionários com poder de decisão	Organizações líderes nos vários mercados consideram bastante importante o desenvolvimento de funcionários responsáveis e independentes. Isto é, funcionários que possuem meios para controlar a qualidade dos seus processos de produção, interpretar as medições e compará-las com objetivos definidos, com a capacidade de agir quando o processo não está conforme. Estas organizações não só apontam para a resolução dos problemas de “hoje”, como visam resolver, e até evitar, os problemas de “amanhã”.

### 2.4.1.2. Os Três Conceitos Fundamentais

Por todo o mundo, empresas começam a estudar e seguir os conceitos fundamentais do TQM: Foco no Cliente, Melhoria Contínua e o Valor de cada Indivíduo.

O **Foco no Cliente** é um claro conceito fundamental da gestão da qualidade pela simples razão que uma organização existe para providenciar bens e serviços a clientes. Embora para uma empresa que esteja a iniciar a sua atividade, o objetivo inicial seja fazer com que o produto seja viável e funcional, mesmo não havendo muitos clientes. O maior desafio que as organizações enfrentam atualmente é perceber como irão satisfazer as necessidades dos clientes. Cada vez mais empresas percebem que manter os clientes é mais lucrativo do que encontrar novos clientes. Tornar-se o principal fornecedor de um cliente pode trazer bastantes regalias a nível de negócios.

No passado, as organizações eram geridas segundo grandes manuais de políticas e instruções da corporação executiva. Era valorizado e recompensado quem não saísse da linha de pensamento dos superiores, sendo criadas hierarquias para controlar todos os processos individuais. O sistema de gestão Taylorista era usado para definir cuidadosamente cada etapa do processo de produção, definir o que cada posto de trabalho deveria, ou não, fazer. Depois da Segunda Guerra Mundial, este conceito começou a desvanecer quando os Japoneses se viram tão atrás em várias áreas de produção comercial. Desta forma, começaram a desenvolver vários métodos de **Melhoria Contínua**. Atualmente, a literatura está recheada de exemplos de melhorias nas mais diversificadas áreas, tal como empresas de manufatura, hospitais, companhias de telecomunicação e até em escolas. Tudo isto é possível utilizando procedimentos equipas multifuncionais, círculos de controlo da qualidade, equipas de processos de melhoria, qualidade no dia-a-dia de trabalho, entre outros.

O **Valor de cada Indivíduo** é uma ideia que deve ser profundamente cultivada nas organizações. Esta noção consiste na valorização da participação dos funcionários no processo de criação, desenvolvimento e melhoria de processos. Empresas que fomentam a contribuição de cada funcionário para o desenvolvimento de novos métodos tendem a crescer significativamente. Estes contributos podem ser na área da melhoria da qualidade, planeamento da qualidade, reengenharia de processos, controlo estatístico da qualidade, entre muitas outras áreas presentes dentro de uma empresa [33].

### 2.4.1.3. As Três Forças do TQM

Existem três principais fatores de excelência no desempenho de funções: alinhamento, interligação e replicação. Par atingir bons resultados, a empresa deve concentrar os seus esforços nas questões mais importantes, isto é, deve possuir uma estratégia correta e os objetivos, recursos e atividades alinhados com esta estratégia. Deve também haver uma perceção das ligações entre os vários níveis de uma organização, uma compreensão geral de como o trabalho é feito e das generalidades do seu processo. Associado com isto, deve haver uma facilidade de replicação de atividades que acrescentem valor a um processo. Uma simples melhoria pode valer poucos milhares de euros, mas quando aplicada em larga escala, tem um contributo substancial no sucesso da empresa.

O **Alinhamento** de uma empresa, isto é, a estratégia, é um dos fatores mais importantes na gestão da organização. Esta deve ser baseada em três pontos chave:

- Uma visão clara da direção que a empresa quer tomar. Esta ideia deve ser corretamente passada a todos os membros da empresa.
- Definição clara dos objetivos chave que devem ser atingidos de forma a realizar a visão acima referida.
- Tradução dos objetivos em funções para que cada funcionário saiba o que fazer para ajudar a empresa. O alinhamento de cada associado com as prioridades da organização é crucial.

Uma das maiores modificações no processo de planeamento estratégico tem sido o envolvimento de vários níveis de funcionários, clientes, fornecedores, e mesmo de empresas rivais. Com estes ajustes, está a surgir todo um novo vocabulário de palavras-chave, incluindo coevolução, ecossistemas empresariais, propósito estratégico, projetos de empresas, competências nucleares, teoria de jogos, e oportunidades de espaço branco. A fim de alcançar novas vantagens competitivas, novos mercados e novas perspetivas, as principais distinções são o desenvolvimento de redes de novos contactos com clientes, fornecedores e concorrentes.

Outra grande diferença é a intensa concentração nos consumidores. É nos clientes que começa o novo planeamento estratégico. A Hewlett-Packard colabora em planos com gestores gerais de várias divisões comerciais diferentes, fornecedores e clientes. Por exemplo, combinaram gestores de departamentos que produziram estações de trabalho para fábricas de automóveis e desenvolveram componentes eletrónicos para a Ford. Os próprios clientes foram uma importante fonte de inspiração para muitas das novas perspetivas.

As empresas têm vindo a redescobrir a importância da **Interligação/gestão de processos** das atividades entre todas as funções e departamentos. É necessário um esforço conjunto de todas as partes envolvidas de uma organização para alcançar os resultados esperados. No chão de fábrica, caso alguma parte da linha falhe ou crie um gargalo, todo o resto da linha sofre. Ao nível administrativo a lógica é a mesma, um erro no processamento de encomendas pode comprometer a entrega do produto ou serviço na data definida.

É de extrema importância encontrar as ligações cruciais numa empresa e melhorá-las ao longo do tempo. Encontrar os processos essenciais da organização é o primeiro passo. Existem várias formas de o fazer, mas todas elas se resumem à seleção de uma pequena lista dos processos mais cruciais e garantir que todos estão cientes das mesmas. Fazer as medições adequadas é o passo seguinte. Por fim, é necessário fazer as mudanças necessárias para que as ligações sejam feitas com sucesso, atribuindo responsabilidade e autoridade aos funcionários designados para cada função.

Outro passo importante para gerir corretamente os processos de uma empresa é determinar corretamente que valor é adicionado ao produto em cada passo do processo. O simples foco na redução de tempos de ciclo pode iluminar vários outros problemas, negligenciados pela gestão, em processos chave, com demasiado tempo e esforço desperdiçado.

O terceiro fator, a **Replicação**, é talvez o método mais eficaz e mal compreendido para acelerar substancialmente os resultados das iniciativas de melhoria da qualidade e da produtividade.

As grandes empresas tornam a replicação obrigatória e não uma escolha, utilizando métodos ativos para a forçar e métodos passivos para a promover. Partilha, recompensas e reconhecimento e apresentações de grupo são alguns exemplos de métodos passivos. Os resultados dos programas de melhoria da qualidade são amplamente divulgados dentro da empresa. Estes sistemas operam

sob a premissa de que pessoas com problemas ou oportunidades comparáveis aprenderão sobre a iniciativa, obterão as informações de que necessitam e tomarão as medidas adequadas [33].

#### 2.4.1.4. Os Três Processos Críticos para a Gestão da Qualidade

Os três processos críticos para a Gestão da Qualidade são o Planeamento da Qualidade, o Controlo da Qualidade e a Melhoria da Qualidade, estando estes intimamente interligados entre si.

Em primeiro lugar, o **Planeamento da Qualidade**. O passo inicial é a criação de um roteiro de planeamento de qualidade. Começa-se por identificar os clientes e as suas necessidades. Depois, são criados produtos (tanto tangíveis como intangíveis) que respondem a essas exigências. São igualmente criados os métodos de produção destes produtos e serviços. Finalmente, é entregue o plano à parte operacional, o chão de fábrica [33]. O processo é resumido na Figura 11.

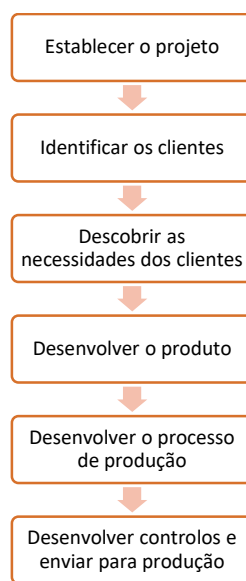


Figura 11 - O Processo de Planeamento da Qualidade Adaptado de [33]

De seguida, o processo de **Controlo da Qualidade**. Por mais que os métodos e ferramentas da qualidade sejam bem aplicados, existe sempre desperdícios associados, atrasos, erros de parâmetros, retrabalho e defeitos são alguns exemplos. De forma a minimizar estes desperdícios, são desenvolvidos e aplicados controlos da qualidade. São necessários cinco elementos fundamentais para um controlo da qualidade: uma definição clara da qualidade, um objetivo específico, um sensor que meça o desempenho real, um mecanismo para compreender a medição e compará-la com o objetivo, e uma forma de agir que modifique o processo conforme necessário.

Por fim, a **Melhoria da Qualidade** consiste na análise do processo inicial e definição de novos objetivos, como por exemplo redução de tempos de ciclo ou até a adição de novas características ao produto, de forma a procurar satisfazer a constante exigência do cliente. O processo de melhoria da qualidade questiona sistematicamente se o produto final é o melhor que a empresa consegue obter [33].

### 2.4.1.5. Infraestrutura do Total Quality Management

A infraestrutura do TQM está assente em cinco blocos chave. O primeiro é o sistema de qualidade apoiado na ISO 9004-1, uma norma que complementa a ISO 9001 e visa a qualidade de uma organização. Em comparação com a ISO 9001, a ISO 9004 fornece orientação sobre uma maior variedade de objetivos do sistema de gestão da qualidade, especialmente para a melhoria contínua do desempenho global, eficiência e eficácia de uma organização [33]. As organizações cuja gestão de topo pretende ir além dos critérios da ISO 9001 na busca da melhoria contínua do desempenho são aconselhadas a utilizar a ISO 9004 como orientação [38]. Um bom sistema de qualidade necessita obrigatoriamente de uma boa relação cliente-fornecedor. Novamente suportado pela ISO 9001, a relação cliente-fornecedor proporciona benefícios mútuos quando ajuda ambas as partes a criar valor e qualidade no produto ou serviço [33]. De forma a obter um bom sistema de qualidade, é igualmente necessário haver um envolvimento de toda a organização. Martin Starr refere que a participação dos trabalhadores em iniciativas para aumentar a produtividade e a qualidade é essencial, e eles também devem poder beneficiar das melhorias [39]. O quarto pilar da infraestrutura é a correta recolha de medições e informações. Uma boa decisão é baseada em dados precisos, que por sua vez são retirados com as medições corretas e apropriadas. A última parte da estrutura TQM é a educação e o treino. Uma organização deve focar-se em ensinar aos seus colaboradores os pressupostos do trabalho em equipa, bem como formas de diagnosticar e resolver problemas. Deve haver formações e treinos sobre como melhorar a qualidade e como mudar o seu comportamento em prol da qualidade [33].

## 2.5. Indicadores Chave de Desempenho – KPI

Indicadores Chave de Desempenho (KPI) são indicadores que representam os resultados de um projeto, isto é, são métricas que avaliam, por exemplo, a produtividade de uma linha de produção, a qualidade dos produtos, o índice de performance de um equipamento ou até índices de manutenção. Estes indicadores não só permitem avaliar o estado de um processo, como também auxiliam a tomada de decisões organizacionais e implementação de metodologias de melhoria contínua [40].

### 2.5.1. OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador que mede a relação entre a quantidade de peças que um equipamento produz sem qualquer tipo de defeitos e a quantidade que seria feita caso o equipamento funcionasse como previsto. Uma máquina ou um processo que possua um OEE de 100% está a funcionar na sua máxima capacidade sem qualquer defeito. Este indicador é constituído por três índices: Disponibilidade, Performance e Qualidade. Estes índices englobam as seis maiores fontes de perdas numa indústria (Tabela 7) [41].

Tabela 7 - Seis maiores fontes de perdas da indústria Adaptado de [42]

Índices	Perdas
Disponibilidade	➤ Paragens/Falhas do equipamento ➤ Setups/Ajustes
Performance	➤ Microparagens ➤ Redução de velocidade da produção
Qualidade	➤ Peças defeituosas ➤ Retrabalho

O cálculo do OEE consiste na multiplicação dos três índices e segue a seguinte Equação 2.1:

$$OEE = D \times P \times Q \quad (2.1)$$

Por sua vez, o cálculo de cada índice tem em conta as várias perdas acima referidas traduzidas no tempo de laboração, como é possível observar na Figura 12 [41].

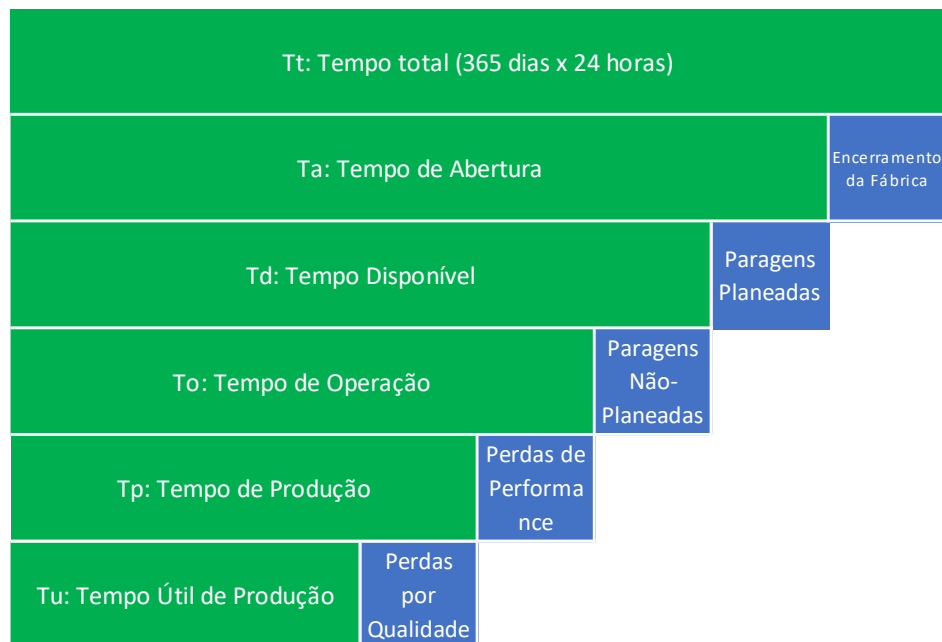


Figura 12 - Perdas traduzidas nos tempos de laboração Adaptado de [42]

Estes tempos são utilizados no cálculo dos índices de disponibilidade, Performance e Qualidade.

- O índice de **Disponibilidade** define a disponibilidade efetiva do equipamento ou processo e é obtido pela divisão do Tempo de Operação pelo Tempo Disponível. Desta forma, são possíveis analisar as perdas por paragens não-planeadas. A disponibilidade de um equipamento traduz-se no tempo em que é praticável a operação do equipamento [41].

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo Disponível}} \quad (2.2)$$

- Por sua vez, a **Performance** de um equipamento traduz uma relação entre a quantidade de produtos que um equipamento produziu e a quantidade de produtos que deveria ter sido produzida no mesmo intervalo de tempo. Este índice é calculado dividindo o Tempo de

Produção pelo Tempo de Operação e são analisadas as perdas devido aos desvios de ritmo de produção [41].

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (2.3)$$

- Por último, o índice de **Qualidade** traduz as quantidades de peças boas produzidas em relação ao total de peças. Este índice é obtido de forma distinta aos índices anteriores na medida em que é calculado através de quantidades. Isto é, à quantidade total de peças produzidas são retiradas as peças defeituosas e as peças que precisaram de retrabalho, obtendo a quantidade efetiva de peças boas produzidas. Esta quantidade é então dividida pelo número total de peças produzidas [41].

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Qtd Total} - \text{Peças Defeituosas} - \text{Peças Retrabalhadas}}{\text{Quantidade Total}} \quad (2.4)$$

### 2.5.2. Indicadores de Manutenção

Existem vários tipos de indicadores dentro de uma organização, nomeadamente indicadores operacionais, financeiros, saúde e segurança, entre outros [43]. Ainda assim, muitas indústrias ainda carecem de métodos apropriados para medir e melhorar o seu desempenho [44].

Com a evolução das técnicas de manutenção, surgiu a necessidade de desenvolver e apresentar indicadores de desempenho de manutenção. São indicadores que possibilitam a correta recolha e avaliação de dados para a execução de decisões assertivas. Assim, é importante destacar três tipos de indicadores relativos à manutenção: Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), Tempo Médio para Reparação (MTTR) e Disponibilidade [45].

#### Tempo Médio Entre Falhas – MTBF

MTBF, sigla inglesa de *Mean Time Between Failures*, é tempo médio entre duas falhas consecutivas num equipamento, sendo o indicador que representa a fiabilidade deste [46]. Um equipamento que possua um baixo MTBF, é um ativo que apresenta um elevado número de falhas, possuindo um baixo nível de fiabilidade [27]. Habitualmente, este indicador utiliza a equação (2.5) para efeitos de cálculo [47].

$$\text{MTBF} = \frac{\sum \text{Tempo Útil de Funcionamento}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de Falhas no mesmo período}} \quad (\text{Min}) \quad (2.5)$$

#### Tempo Médio para Reparação – MTTR

O MTTR representa o tempo necessário para reparar uma falha num equipamento [46]. Este indicador caracteriza a capacidade de manutenção de um equipamento. A capacidade de manutenção é um parâmetro relativo à habilidade de um equipamento de restaurar a sua condição de funcionamento quando é realizada manutenção por pessoas com *skills* e recursos para tal [48].

O envolvimento de mais pessoas na equipa de manutenção, ou a melhoria na qualidade dos componentes instalados, ajuda a melhorar o valor de MTTR [49] A equação (2.6) para o cálculo do MTTR engloba o tempo total de reparação da falha, que inclui o diagnóstico, concentração de

recursos necessários, reparação e entrega do equipamento em funcionamento, e a quantidade total de falhas observadas [48].

$$MTTR = \frac{\text{Tempo Total de Reparação}}{\text{Total de Falhas}} \text{ (Min)} \quad (2.6)$$

### 2.5.3. Dashboards Operacionais

Os *Dashboards* são utilizados em larga escala ao nível tático e operacional. Esta ferramenta é utilizada para monitorizar o sucesso de decisões táticas ao nível da gestão. Em ambiente fabril, os *dashboards* são usados habitualmente para ter uma visão geral da produção no chão de fábrica, não só em tempo real, mas também em modo de análise diária e semanal. É igualmente possível incluir, ao nível operacional, dados acerca da qualidade da produção ou até indicadores, como é o exemplo do OEE.

Para o sucesso da implementação de *dashboards*, estes devem fazer parte de uma cultura organizacional que gire em volta de objetivos estratégicos e foco na alta performance. A incorreta seleção de métricas e indicadores de performance a exibir nos *dashboards* compromete o momento da tomada de decisões, na medida em que não fornece os dados necessários para a correta análise do diretor. *Dashboards* operacionais são apenas ferramentas que auxiliam uma organização a alcançar altos níveis de performance.

Existem algumas abordagens que ajudam a desenvolver *dashboards* operacionais com maior facilidade.

1. Começar com pequenos projetos:

Introduzir o conceito na organização utilizando projetos de pequena dimensão, com alta taxa de sucesso e resultados visíveis. O objetivo disto é provar que o conceito é viável e aumentar o interesse em iniciar novos projetos com ajuda dos *dashboards*.

2. Selecionar métricas usando métodos científicos:

As métricas devem seguir a estratégia e os objetivos da organização para um maior impacto e visibilidade. Para escolher estes parâmetros, deve ser construído um modelo dos processos operacionais e perceber o fio condutor.

3. Limitar os *dashboards* para conter apenas os indicadores de performance críticos:

Utilizar apenas os indicadores e as métricas estritamente necessários. O excesso de indicadores pode ser tão prejudicial como ter os indicadores errados, tornando difícil a compreensão da informação dada.

4. Utilizar os *dashboards* como parte da cultura:

Deve ser reforçada a ideia de que os *dashboards* apenas exibem os indicadores de performance. Não existe qualquer crítica ou ameaça à performance pessoal do operador, nem tão pouco é um sinal de prepotência dos superiores. Deve ser desenvolvida uma cultura de alta performance utilizando os *dashboards* como ferramentas para ajudar toda a organização a crescer.

O design de um *dashboard*, por muito simples que possa ser o objetivo final, deve seguir um processo de desenvolvimento apropriado para identificar a métricas ou os indicadores que irão orientar a performance operacional [50].

### 3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

O terceiro capítulo começa com uma introdução à situação inicialmente encontrada na ACWin, começando por uma descrição do processo de produção, seguido da identificação das áreas de melhoria encontradas. Após esta introdução, é exposto todo o trabalho desenvolvido nas áreas de melhoria identificadas anteriormente.

#### 3.1. Análise da situação inicial

Nesta análise da situação inicial da ACWin, são descritos o processo de produção e as áreas de melhoria identificadas neste processo.

##### 3.1.1. Diagrama de fluxo

O fluxo do processo de produção de janelas e portas está representado na Figura 13. Este inicia-se no armazém de matérias-primas, o qual recebe todos os perfis de PVC e componentes utilizados para abastecer as linhas de produção. Os perfis de PVC chegam em racks de barras com 6/6,5m cada. Estas barras são cortadas na Schirmer, para as janelas e portas, e na Rotox para os acessórios.

Na KMW são soldadas as barras, formando-se os chassis. Ainda nesta máquina, são limpos os excessos de PVC provocados pela solda. De seguida, os chassis passam para a InterHM onde são colocadas todas as ferragens, desde cremonas a elementos de fecho. Aqui existem dois armazéns intermédios, um antes da colocação da ferragem e outro depois. Na montagem são encaixados os chassis, através das dobradiças, e colocados os vidros/painéis e os acessórios. Por fim, os produtos seguem para a máquina de embalagem, onde são envolvidos em filme, colocados em paletes e dispostos na zona de expedição, o armazém final.

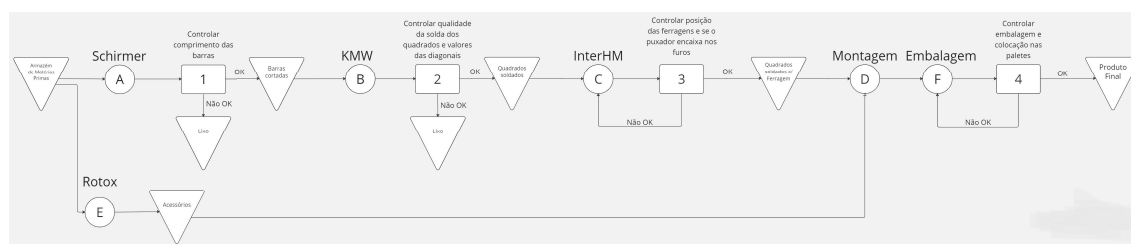


Figura 13 - Diagrama de fluxo das janelas/portas

##### 3.1.2. Descrição do processo de produção

Antes de proceder à descrição do processo de produção das portas e janelas fabricadas na ACWin, é necessário perceber como estas são constituídas. Tanto as portas como as janelas são constituídas por duas peças, o aro, Figura 14 e Figura 15, e a folha, Figura 16 e Figura 17. O aro é a peça que, após a instalação nas casas, fica fixa à parede, enquanto a folha é a peça móvel, onde o vidro/painel e o puxador estão fixados.



Figura 14 - Aro após solda e ferragem



Figura 15 - Perfil de aro



Figura 16 - Folha após solda e ferragem



Figura 17 - Perfil de folha

A ACWin PVC está dividida em cinco principais áreas.

A primeira área da fábrica é o armazém, no qual estão armazenados todos os tipos de perfis de PVC em forma de barras (Figura 18 e Figura 19). Daqui saem todos os perfis necessários para a produção de janelas, portas e acessórios.



Figura 18 - Armazém de perfis PVC

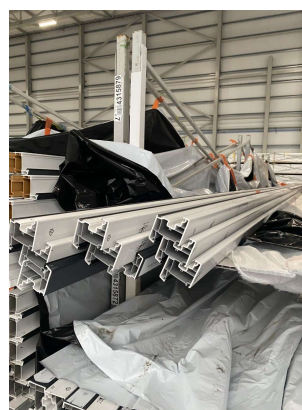


Figura 19 - Barras de PVC

De seguida, existe a área na qual se fazem as primeiras transformações dos perfis em bruto. Esta área é constituída por três máquinas CNC, duas *Schirmer* (Figura 20) e uma *Rotox* (Figura 21), marcas que atuam na indústria do processamento de perfis.



Figura 20 - CNC da Schirmer



Figura 21 - CNC da Rotox

A *Schirmer* está dividida em seis partes principais. Na primeira parte (Figura 22) são efetuadas todas as furações e marcações necessárias para, por exemplo, o encaixe de cremonas e canhões. Na segunda parte da máquina (Figura 23), são cortados os excessos de vedantes e são cortadas as barras às medidas necessárias. Na terceira parte (Figura 24) encontra-se um conjunto de fresas para efetuar acabamentos específicos para encaixes nos perfis. A quarta parte (Figura 25) é o local onde são inseridos os reforços metálicos para tornar alguns perfis mais robustos e onde se efetuam os controlos da qualidade. De seguida, encontra-se a parte onde os reforços são aparafusados (Figura 26). Por fim, existe a zona da gravação dos perfis a laser com extração de fumos (Figura 27). Conforme o tipo de portas ou janelas que são necessárias, são gerados programas de código com o posicionamento de cada furo, corte, fresagem, aparafusamento e gravação a laser.



Figura 22 - Schirmer (Zona 1)



Figura 23 - Schirmer (Zona 2)



Figura 24 - Schirmer (Zona 3)



Figura 25 - Schirmer (Zona 4)



Figura 26 - Schirmer (Zona 5)



Figura 27 - Schirmer (Zona 6)

Este conjunto de máquinas não possui um sistema que controle a produção, isto é, um sistema que reúna informações como a quantidade de peças produzidas, a cadência de produção e a qualidade da produção e traduza estes valores em indicadores-chave como o OEE. Os objetivos de produção estão registados, por turno, em folhas de papel que são entregues aos operadores. Está em falta um indicador dinâmico que demonstre ao longo das horas de trabalho se a produção está no ritmo correto para atingir os objetivos propostos para o dia.

As máquinas não possuem um plano de manutenções preventivas definido para os vários componentes que as constituem, colocando em risco a vida útil dos equipamentos.

Após todo o processamento das barras e respetivos cortes às medidas pretendidas, estas são distribuídas e armazenadas em carrinhos (Figura 28 e Figura 29) com uma capacidade máxima de oitenta barras, enquanto aguardam a passagem para a próxima etapa de produção, a soldadura.



Figura 28 - Carrinho de armazenamento de barras (1)



Figura 29 - Carrinho de armazenamento de barras (2)

O processo de soldadura conta com quatro máquinas de soldar e dois conjuntos de robots de limpeza, formando duas linhas de produção.

A soldadura das barras consiste em três fases: inserção dos perfis (Figura 30), aquecimento das extremidades (Figura 31) e formação do quadro (Figura 32). Na fase de inserção dos perfis, são colocadas as quatro peças constituintes do quadro. De seguida, são aquecidas as extremidades das quatro barras com a ajuda de placas, que se encontram a uma temperatura perto dos 350 °C, durante vinte segundos. Nesta fase, são derretidos cerca de 3mm de PVC. Após o aquecimento, as quatro barras são pressionadas entre si durante trinta segundos, soldando-se e formando o quadro.



Figura 30 - Fase de inserção dos perfis



Figura 31 - Fase de aquecimento das extremidades

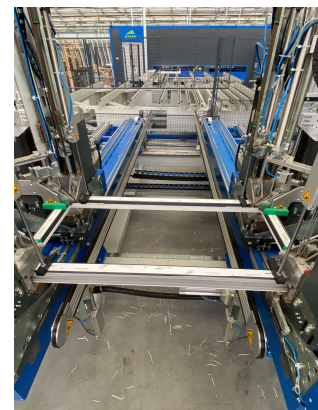


Figura 32 - Fase de soldadura do quadro

No fim deste processo, são deixados excedentes de perfil soldado nos quatro cantos, pelo que é necessária uma limpeza. Desta forma, são utilizados dois conjuntos de dois robots de limpeza (Figura 33 e Figura 34), um para cada linha de produção. Cada robot possui uma fresa para o efeito.



Figura 33 - Robots de limpeza (Linha 1)



Figura 34 - Limpeza de um quadro (Linha 1)

Semelhante à Schirmer, estes equipamentos não estão ligados a nenhum sistema informático que controle a sua produção. Todos os registos, tanto da produção como das paragens, são feitos manualmente em papel. Desta forma, não é possível medir a eficiência desta da área de produção. Não existe qualquer instrução de manutenção preventiva para as máquinas de solda e para os robots de limpeza.

Terminada a limpeza, os quadros seguem para a secção da fábrica onde são colocadas todas as ferragens que os constituem. Esta secção é composta por duas linhas, a linha do aro e a linha da folha. Enquanto a linha do aro, Figura 35, é totalmente automatizada, a linha da folha, Figura 36, apenas usa o robot para colocar as dobradiças.



Figura 35 - Robot da linha da folha



Figura 36 - Robot da linha do aro

Estas linhas possuem, cada uma, dois armazéns (Figura 37 e Figura 38), sendo um antes da colocação das ferragens, e o outro após este procedimento.



Figura 37 - Armazém da linha de folha



Figura 38 - Armazém da linha de aro

Colocadas todas as ferragens, os quadros são passados para a zona da montagem, onde as folhas são encaixadas nos aros (Figura 39), são colocados os vidros/painéis (Figura 40) e são montados os acessórios finais (Figura 41).



Figura 39 - Folha encaixada no aro



Figura 40 - Montagem do painel na porta



Figura 41 - Vidro já fixado com os acessórios (bites)

Por fim, as portas/janelas seguem para a embalagem, o último processo da linha de produção. Aqui, após serem colocadas as etiquetas de identificação, as portas/janelas são envolvidas em filme e submetidas a uma temperatura de cerca de 165 °C para que o plástico retraia (Figura 42 e Figura 43).



Figura 42 - Porta a ser envolvida em filme antes de ir ao forno



Figura 43 - Janela embalada depois do forno

A máquina de embalagem não possui qualquer sistema que registre e controle a quantidade de janelas/portas embaladas, esta que conta para o objetivo de produção final diário. Esta contagem é realizada manualmente, palete a palete.

A mesa de transporte e embalagem e o forno não possuem plano de manutenções preventivas, nem qualquer tipo de instrução definida.

### 3.1.3. Áreas de Melhoria

No processo de produção da ACWin PVC, foram identificadas algumas áreas passíveis de melhoria.

Ao analisar o processo de produção, observou-se que não existe um sistema informático que recolha os dados de produção dos equipamentos e os disponibilize em forma de indicadores e gráficos, de forma a facilitar a sua análise e a identificar possíveis ações de melhoria. Assim, foi implementado, do zero, um *Manufacturing Execution System*, que recolhe e regista a quantidade, o desempenho e a qualidade de produção em todas as máquinas do chão de fábrica. Estes dados são disponibilizados sob a forma de indicadores e gráficos de barras/gráficos circulares através de um *dashboard* intuitivo. Este sistema foi aproveitado para introduzir a realização de controlos de qualidade e para introduzir a digitalização de documentos relativos à produção.

Por outro lado, não foram encontrados quaisquer registos de manutenções preventivas, tanto instruções como planos de realização. Isto verificou-se ao longo de todo o chão de fábrica, podendo colocar em causa a vida útil de todas as máquinas. Desta forma, foram identificadas as ações de manutenção preventiva necessárias para cada máquina, criadas fichas de instrução para cada ação e desenvolvido um plano de manutenções preventivas de acordo com a frequência de realização de cada ação.

## 3.2. Trabalho desenvolvido

Neste subcapítulo vai ser descrito todo o trabalho desenvolvido à volta das áreas de melhoria identificadas no capítulo anterior.

### 3.2.1. Implementação do *Manufacturing Execution System* no chão de fábrica

O MES foi criado e fornecido pela empresa Astrée Software, uma empresa francesa especialista em desenvolver sistemas de supervisão de produção. O sistema tem a designação de *AquiWEB*, e será assim mencionado posteriormente.

O *AquiWEB* funciona de forma bastante intuitiva. Os operadores têm à sua disposição um *dashboard* no qual consta uma tabela com os indicadores de quantidades de peças produzidas, disponibilidade, performance e qualidade da máquina, o OEE do equipamento e a identificação do operador. O *dashboard* (Figura 44) inclui também um histograma com a cadência de produção ao longo das horas de trabalho do turno, um gráfico circular para a distribuição de razões de paragens e um gráfico circular para a distribuição de razões de sucata produzida.

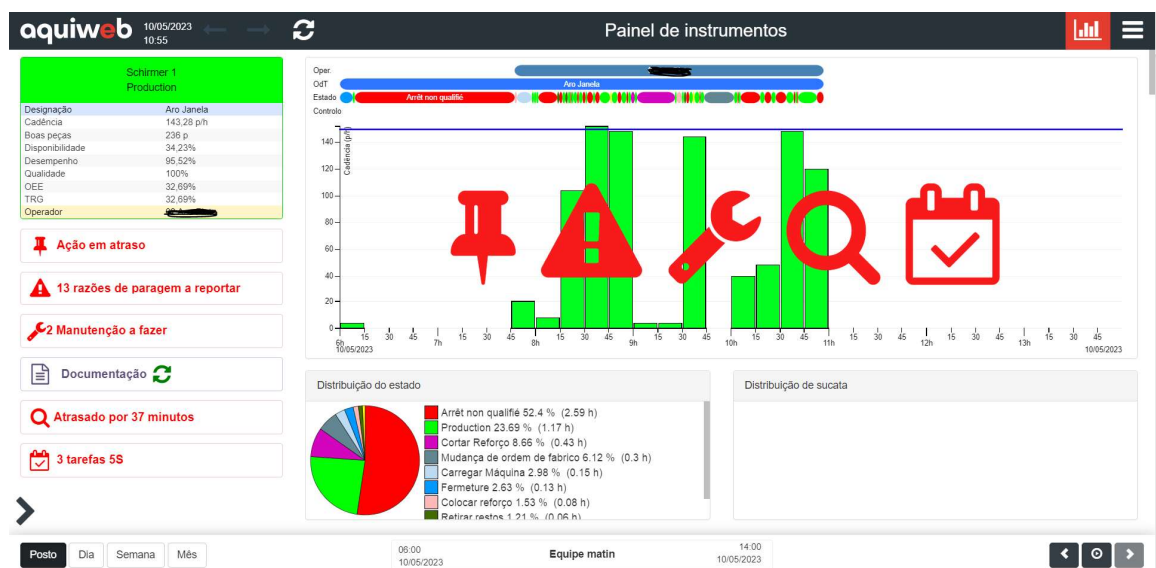


Figura 44 - Dashboard do operador para a Schirmer 1

O *dashboard* possui ainda avisos para manutenções, controlos de qualidade e tarefas 5S a realizar, paragens que o operador não justificou e documentos disponíveis para consulta.

O primeiro passo para a implementação do sistema passou pela instalação de todos os equipamentos necessários para o seu funcionamento em cada máquina da fábrica. Para o efeito, cada máquina precisou de um computador com ecrã tátil (Figura 45), um conversor de sinal (Figura 46) e um sensor (Figura 47). Os sensores escolhidos foram os Sick GL6-P4111, cuja ficha técnica consta no Anexo A, e estes servem para detetar a passagem de peças e enviar o sinal para o conversor de sinais para que este envie a contagem para o sistema MES.

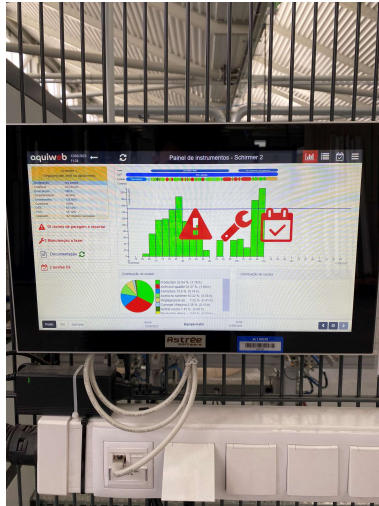


Figura 45 - Computador com ecrã tátil com AquiWEB



Figura 46 - Conversor de sinal (WISE)



Figura 47 - Sensor Sick GL6-P4111

Findada a instalação dos equipamentos, o passo seguinte consistiu em configurar o *AquiWEB* de forma a adaptar-se às necessidades da ACWIN. Desta forma, esta etapa dividiu-se em cinco principais temas:

- Definição de motivos de paragens de cada máquina;
- Definição de controlos de qualidade;
- Design de *dashboards* com objetivos de produção;
- Introdução à digitalização e organização de documentos por pastas.

#### Definição de motivos de paragens para cada máquina

Uma das principais funcionalidades do *AquiWEB* é a classificação e a justificação de paragens em cada equipamento. Conforme o tipo de paragem, seja planeada ou não planeada, o tempo que esta demora vai impactar o indicador de disponibilidade do equipamento. Para que seja declarada uma paragem no sistema, é necessário que, durante três tempos de ciclo de produção de determinada peça, não seja detetado nenhum objeto no sensor, como ilustrado na Figura 48.

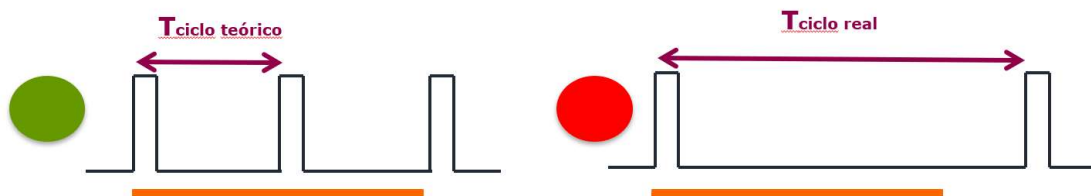


Figura 48 - Tempo de ciclo para ser declarada uma paragem no *AquiWEB*

Após este tempo, surge um *pop-up* no *dashboard* do operador. Neste *pop-up* constam as razões de paragens divididas em pequenos grupos, para que o operador possa justificar o tempo que a máquina não produziu.

O objetivo é, no menor número possível de toques, o operador conseguir a correta identificação da causa de paragem. Para o efeito, é essencial conhecer o máximo de razões de paragens possível

para cada equipamento. Assim, foi criada uma tabela, como na Figura 49, na qual constam a encomenda, o lote, o código interno, a designação e a dimensão de cada porta/janela a ser produzida. Na mesma tabela, as portas/janelas foram divididas nos seus constituintes, aro e folha, por coluna. Estas tabelas foram distribuídas pelas máquinas com o propósito de, no fim de cada lote, os operadores assinalarem com OK, caso a máquina tenha produzido o lote sem qualquer tipo de problema, ou KO, caso tenha surgido alguma paragem não planeada. Nesta última eventualidade, os operadores deviam descrever da melhor forma o motivo da paragem.

TP	Lote	Código EAN	Tipo	Comprimento	Largura	Folha		Aro		Travessa		Reforço		Terminado
						OK	KO	OK	KO	OK	KO	OK	KO	
TP22066	993	8660863054113	PE ELEGANCE PD	2150	900									
TP22066	994	8660863054120	PE ELEGANCE PIG	2150	900									
TP22066	997	8660863054137	PE MANHATTAN	2150	800									
TP22066	998	8660863054144	PE MANHATTAN	2150	800									
TP22066	978	8660863054106	PE ELEGANCE PIG	2150	800									
TP22066	979	8660863054137	PE MANHATTAN	2150	800									
TP22066	980	8660863054144	PE MANHATTAN	2150	800									
TP22066	981	8660863054151	PE MANHATTAN	2150	900									
TP22066	982	8660863054168	PE MANHATTAN	2150	900									
TP22066	983	8660863054090	PE ELEGANCE PD	2150	800									
TP22066	984	8660863054106	PE ELEGANCE PIG	2150	800									
TP22066	985	8660863054113	PE ELEGANCE PD	2150	900									
TP22066	986	8660863054120	PE ELEGANCE PIG	2150	900									
TP22066	987	8660863054137	PE MANHATTAN	2150	800									
TP22066	988	8660863054144	PE MANHATTAN	2150	800									
TP22066	989	8660863054151	PE MANHATTAN	2150	900									
TP22066	990	8660863054168	PE MANHATTAN	2150	900									
TP22068	991	8660863068332	PS 1/3 Vitree PIG	2000	800									
TP22068	992	8660863068356	PS 1/3 Vitree PD	2000	900									
TP22068	993	8660863068387	PS Manhattan PD	2000	900									
TP22068	994	8660863068301	PS 1/2 Vitree PD	2000	800									
TP22068	995	8660863068394	PS Manhattan PD	2000	900									
TP22068	996	8660863068349	PS 1/3 Vitree PD	2000	800									
TP22068	997	8660863068363	PS Manhattan PD	2000	800									

**Lote OK**  
Identificar a **Máquina** no campo OK quando o lote está em conformidade  
Ex.: KMW 1 -> OK

**Lote NÃO OK**  
Identificar a **Máquina** no campo KO quando o lote não está em conformidade  
+  
Identificar o problema na ficha técnica do respetivo lote

Figura 49 - Folha de registo de paragens (Schirmer 1)

Esta folha de registo foi utilizada durante cerca de um mês, para obter o maior número de causas de paragens. De seguida, estas foram distribuídas por grupos de causas gerais, como por exemplo causas mecânicas, elétricas e organizacionais. Deste modo, torna-se mais fácil para o operador a localização e correta identificação do problema. Na Figura 50 consta um exemplo de um *pop-up* na máquina Schirmer com as causas gerais, enquanto na Figura 51 é possível encontrar as causas específicas dentro do grupo de paragens elétricas.



Figura 50 - Pop-up com causas gerais (AquiWEB)



Figura 51 - Pop-up com causas específicas dentro do grupo de paragens de origem elétrica (AquiWEB)

### Definição de controlos de qualidade

No percurso para uma fábrica mais sustentável, um dos objetivos da implementação do MES no chão de fábrica consiste na digitalização do maior número de tarefas possível. Neste sentido, o AquiWEB oferece a possibilidade de realizar e manter os registos de todos os controlos de qualidade de cada máquina.

Juntamente com o departamento de qualidade, foram analisados todos os controlos de qualidade já existentes para cada etapa do processo de produção. Desta forma, tentou-se reproduzi-los de forma idêntica, dentro das configurações do AquiWEB.

Dentro do AquiWEB é possível definir o tipo de valor a inserir pelo operador, isto é, se é um valor numérico, booleano, em texto, entre outras opções e, de igual forma, é possível indicar que tipo de instrumento de medição deve ser usado para o controlo (Figura 52).

Editar um critério - PS Porta 2133

Figura 52 - Definição do tipo de CQ

De seguida é necessário definir o valor alvo da medição, bem como o limite inferior e superior de controlo e o tamanho da amostra. No exemplo da Figura 53, o controlo de qualidade visa controlar a altura de uma porta, sendo este valor 2133 +/- 1 milímetros.

Editar um critério - PS Porta 2133

Identificação

**Alvo**

Condições de execução

Documentação

Sim  Não

Mostrar alvo  Sim  Não

Tamanho da amostra:  Unidade:

Alvo

Origem:  Valor:

Limite inferior de controlo

Atributo:  Origem:  Valor:

Limite superior de controlo

Atributo:  Origem:  Valor:

Cancelar Anterior A seguir **OK**

Figura 53 - Atribuição de valores alvo e limites de controlo

Terminada a atribuição do valor alvo e dos limites de controlo, é necessário definir a frequência com que este CQ deve ser realizado. Para garantir que cada lote passa para a próxima etapa do processo de produção com as dimensões corretas, ficou definido que o CQ seria realizado nas cinco primeiras peças de folha de cada lote de portas com 2133 milímetros de altura. Desta forma, aparecerá um alerta no dashboard do operador (Figura 54), para evitar que este processo de controlo seja esquecido.

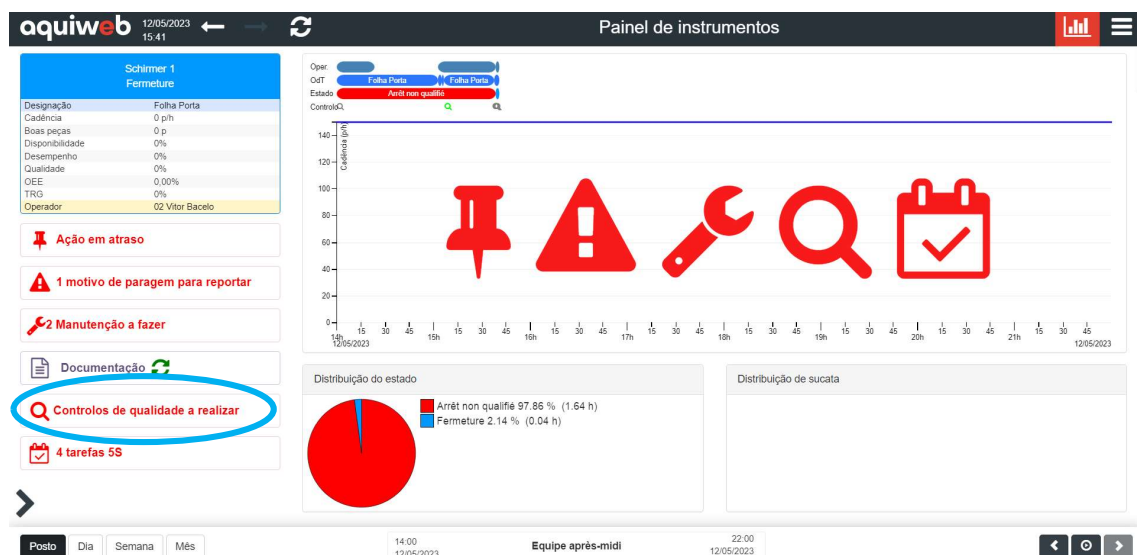


Figura 54 - Alerta do controlo de qualidade a realizar

Selecionando o alerta, o AquiWEB apresenta a página na qual o operador deve inserir as medições efetuadas (Figura 55). Nesta página, o operador dispõe de informação acerca do valor alvo da medição e dos limites de controlo.



Figura 55 - Dashboard do CQ

Ao inserir os cinco valores da amostra, é criada uma carta de controlo com cada ponto registado, como na Figura 56. Desta forma, é possível verificar o padrão de distribuição de medições de forma dinâmica e visual.

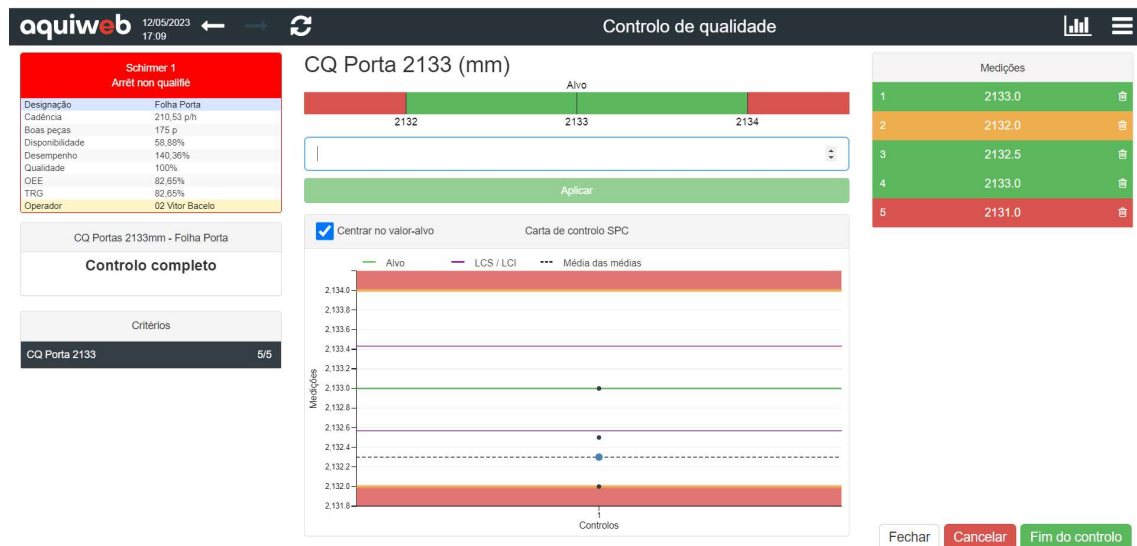


Figura 56 - Carta de controlo com registo de medições

Caso haja algum valor fora dos limites de controlo, é criada automaticamente uma ficha de não conformidade, Figura 57, para que o operador identifique e fique o material, o defeito, a quantidade e, caso tenha conhecimento, as causas da não conformidade. Esta FNC pode posteriormente ser editada e alterada pelo responsável da qualidade.

Relatório de não-conformidade

Operador  
01 Bernardo Roiz

Equipamento  
Schimer 1

Material

Defeito

Quantidade


Causa

Causa Geral

Observações

Identificação

Medições não-conformes

Critério	Medição	Photo
CO Porta 2133	2131	 (0)

Identificação:  Crítico  Não crítico

Aplicar

Figura 57 - Ficha de Não Conformidade acionada por um valor fora dos limites de controlo

### Design de *dashboards* com objetivos de produção

A concretização da monitorização da produção dá-se na definição e divulgação dos objetivos, quer sejam diários, semanais ou mensais. Desta forma, é necessário definir o design da página que irá apresentar os objetivos de produção e o meio pelo qual estes serão exibidos por toda a fábrica.

Começando pelo design da página que irá apresentar os objetivos, é aqui que entram os princípios da gestão visual. O objetivo é apresentar da forma mais simples e perceptível as informações mais relevantes para a organização da produção. Deste modo, foi definido que deveriam ser exibidos nos ecrãs os números da produção atual, a quantidade de peças que deveriam estar produzidas até ao momento, o objetivo de produção diário e semanal e um gráfico *gauge*. O objetivo do gráfico *gauge* é a representação mais visual do estado da produção atual em relação ao objetivo (Figura 58 e Figura 59).

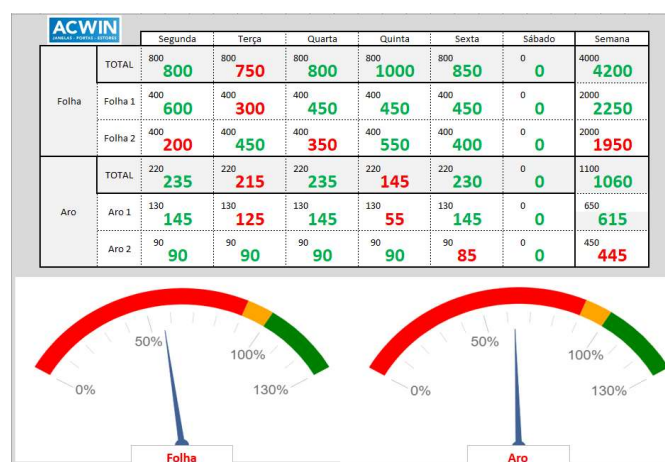




Figura 58 - Design do ecrã de objetivos no Excel

	Semana -1	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Semana						
TOTAL	1420	1210	286	196	286	137	240	90	60	286	0	1224	633
Folha 1	1420	1210	286	196	286	137	240	90	60	286	0	1224	633
Folha 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1100	1247	220	215	220	181	276	89	60	220	0	949	732
Aro 1	1100	1247	220	215	220	181	276	89	60	220	0	949	732
Aro 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**66.7%**  
Folha



**87%**  
Aro

Figura 59 - Resultado do ecrã de objetivos

No caso representado na Figura 59, o ecrã de objetivos corresponde às linhas InterHM da folha e do aro.

Na parte inferior dos ecrãs, estão representados os gráficos gauges correspondentes a cada linha de produção. Acima dos gráficos, encontra-se a tabela com a coluna da semana -1, as colunas dos cinco dias da semana atual e a coluna do resumo da semana atual. Cada coluna possui, a preto, o objetivo de produção da respetiva linha de produção, bem como a quantidade realmente produzida. Caso a produção esteja abaixo do objetivo, o número fica a vermelho, caso esta iguale ou exceda o objetivo, o número fica a verde.

De seguida, é necessário um meio de divulgação dos objetivos de produção por toda a fábrica, de forma a ficar visível para todos os colaboradores. Para o efeito, foram instaladas seis televisões de sessenta e cinco polegadas, uma na sala de reuniões (Figura 60) e cinco no chão de fábrica (Figura 61).

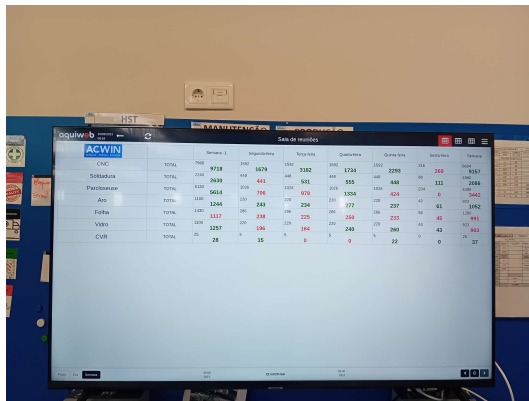


Figura 60 - Televisão com objetivos de produção na sala de reuniões



Figura 61 - Televisão com objetivos de produção no chão de fábrica

### Introdução à digitalização e organização de documentos por pastas

Aludindo, mais uma vez, à redução de papel no rumo a uma fábrica mais sustentável, é de extrema importância a digitalização da documentação. O MES foi uma forma de concretizar esta ideia, havendo a possibilidade e armazenar, sem limite, documentos na base de dados. Desde vídeos, PDF e imagens a ficheiros 3D, todos os tipos de documentos podem ser acedidos por todo o chão de fábrica.

Inicialmente, o sistema não permitia a organização dos diferentes tipos de documentos pelas respetivas categorias. Por exemplo, documentos referentes a instruções de trabalho estavam misturados com fichas técnicas e documentos referentes a controlos de qualidade. Isto tornava difícil, confusa e demorada a tarefa de localizar o documento correto no posto de trabalho.

De modo a contornar a dificuldade acima descrita, foi feito um pedido de desenvolvimento específico à empresa Astrée, pelo que o módulo de documentação do AquiWEB para a ACWin é único. Para o efeito, a ideia foi criar um *pop-up*, semelhante à identificação de paragens não planeadas, com as diferentes categorias de documentos existentes na ACWin, como ilustrado na Figura 62. As categorias estão distribuídas da seguinte forma:

- Biblioteca de qualidade – onde constam as instruções referentes aos controlos de qualidade em cada posto.
- Instrução – onde constam instruções de trabalho de cada posto, como por exemplo, o modo de colocar os perfis na máquina de soldar (KMW).
- Segurança – onde constam documentos referentes à segurança no posto de trabalho.
- Ficha técnica – onde constam as fichas técnicas de cada janela e porta produzidas na ACWin.
- TPM – onde constam instruções para realizar as diferentes manutenções nos postos de trabalho.
- Qualidade PC – onde constam os controlos de qualidade efetuados em cada posto.
- 5S – onde constam todos documentos referentes a tarefas 5S de cada posto.



Figura 62 - Pop-up do módulo de documentação

Desta forma, torna mais intuitivo e eficiente o modo de organização e procura de documentos no sistema MES. Escolhendo a categoria de documento que é pretendido, aparecerão todos os ficheiros disponibilizados (Figura 63).

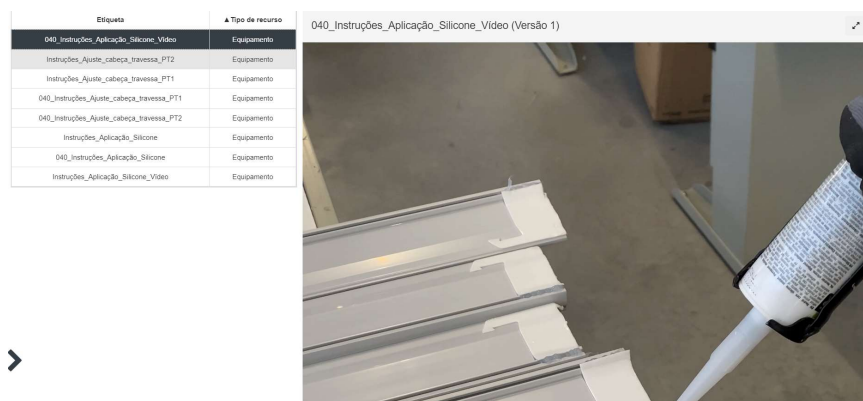


Figura 63 - Lista de documentos de instrução de trabalho na KMW 1

### 3.3. Criação de instruções de manutenção preventivas

As manutenções preventivas desempenham um papel fundamental no chão de fábrica de uma fábrica de produção, pois são essenciais para garantir o funcionamento seguro, eficiente e contínuo dos equipamentos e máquinas. Desta forma, o objetivo é desenvolver um plano de manutenções preventivas para todos os equipamentos do chão de fábrica e, com isto, diminuir a frequência de paragens não planeadas associadas à falta de manutenção.

Inicialmente, apenas foi criado o plano de manutenções preventivas para a máquina de embalagem FARBAL, cujos desenhos de planta constam no Anexo B, sendo que futuramente o plano se vai estender ao resto do chão de fábrica. A criação deste plano visa a transferência de competências, isto é, permite que qualquer operador, no caso de a operação ser de nível 1, e qualquer técnico de manutenção, no caso de a operação ser de nível 2, possa realizar o plano sem constrangimentos, seguindo as devidas instruções. Para o efeito, foi criado um *template* de um documento de instruções de cada operação a realizar em cada máquina. Este documento deve ser de fácil perceção e deve conter todas as informações relevantes para a realização da tarefa, nomeadamente a identificação da tarefa e do equipamento, a frequência de realização, o tempo estimado para a realização, o nível da manutenção, instruções de segurança a ter em conta, ferramentas ou peças de substituição a serem utilizadas na tarefa, e a descrição clara e objetiva da tarefa de manutenção. Assim, foi criado o *template* que consta no Apêndice A como folha de instruções para cada tarefa.

O cabeçalho contém as informações que caracterizam a tarefa e o material utilizado nesta, como ilustrado na Figura 64


		<b>Título</b>		<b>Tipo de máquina:</b>
<b>Frequência:</b>		<b>Tempo estimado:</b>		<b>Nível:</b>
<b>Esquemas ou instruções de segurança</b>			<b>Ferramentas - peças de substituição</b>	

Figura 64 - Cabeçalho do template da ficha de instruções

De seguida, surge um espaço para descrever a tarefa com o máximo de simplicidade e objetividade possível (Figura 65). O objetivo é utilizar imagens que ilustrem o processo e explicá-las com recurso a legendas, evidenciando os aspetos mais importantes.

<b>Descrição do modo de funcionamento</b>

Figura 65 - Corpo do template da ficha de instruções

Por fim, o *template* conta com um rodapé onde constam as informações de quando e quem criou, aprovou e validou a tarefa de manutenção, como na Figura 66.

<b>Atualizado por:</b>	<b>Data:</b>	<b>Aprovado:</b>	<b>Validado:</b>

Figura 66 - Rodapé do template da ficha de instruções

Todas as tarefas de manutenção para a máquina *Farbal* constam no Apêndice B.

Terminada a criação das tarefas de manutenção, foi necessário criar uma rotina que incluía a frequência de realização de cada uma destas. Para o efeito, recorrendo à ferramenta Excel, foi criado um livro onde cada folha corresponde ao planeamento de tarefas de manutenção preventiva de cada equipamento.

O *template* inicial é igual para todos os equipamentos. A folha relativa à máquina *Farbal* divide-se em duas partes. A primeira parte é relativa à caracterização de cada tarefa. Conta com a localização das tarefas, dentro do equipamento, e depois subdivide-se em oito colunas. Nestas constam: o que é a tarefa, o nome do ficheiro da ficha de instrução, o detalhe do que é a tarefa, quem realiza a tarefa, a sua frequência, o número do ficheiro Excel e da ficha, caso um ficheiro contenha mais que uma instrução, e o tempo estimado para a realização da tarefa, como ilustrado na Figura 67.

Embalagem	2023	O quê?	Nome do Ficheiro	Detalhe do quê	Quem?	Freq.	Caderno Ref.	Ficha	Tps (min)
			<a href="#">Vribeir01\ACWIN usine PVC\1</a>						
Mesa de transporte + Forno		Lubrificação	601_MNT-Lubrificação-das-rodas-dentadas-EMB.xlsx	Rodas dentadas	MNT	1/mês	601	1	20
			602_MNT-Medição-do-nível-do-copo-de-lubrificação-EMB.xlsx	Copo de lubrificação	MNT	1/T	602	1	5
		Sensores	603_MNT-Controlo-visual-dos-sensores-EMB.xlsx	Fotocélula	OPE	1/sem	603	1	5
			603_MNT-Controlo-visual-dos-sensores-EMB.xlsx	Sensor de proximidade	OPE	1/sem	603	2	5
		Medições elétricas	604_MNT-Medição-do-consumo-dos-ventiladores-EMB.xlsx	Consumos dos ventiladores	MNT	1/mês	604	1	5
			605_MNT-Medição-das-resistências-do-forno-EMB.xlsx	Resistências	MNT	1/mês	605	1	5
Limpeza	606_MNT-Limpeza-Barras-de-Corte-e-Selagem-EMB.xlsx	Barras de corte e selagem	OPE	1/dia	606	1	5		

Figura 67 – Organização e descrição das tarefas de manutenção

A segunda parte da folha consiste no planeamento das tarefas ao longo das cinquenta e duas semanas de trabalho do ano. Dependendo da frequência de realização que cada tarefa de manutenção exige, são marcadas as semanas na qual esta deve ser realizada. De forma a distinguir quem faz as tarefas, a célula fica pintada a verde caso seja de nível dois e vermelha caso seja de nível um. No fim do planeamento, existe a contagem de quantas tarefas de manutenção preventiva estão previstas para cada semana, bem como a quem estão destinadas. Recorrendo à Figura 68, para a máquina de embalagem, é possível observar que, por exemplo, para as semanas dois, quinze, vinte e oito e quarenta e um, estão previstas um total de cinco tarefas de manutenção, sendo que três delas serão efetuadas pelo operador e duas delas serão efetuadas pelo técnico de manutenção. Desta forma, torna-se mais simples no final de cada semana planear em que dias serão efetuadas as tarefas de manutenção previstas para a semana seguinte, facilitando a gestão de paragens dos equipamentos, caso seja necessário.





## 4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão elaboradas as conclusões obtidas com todo o trabalho desenvolvido ao longo do estágio, e serão, de igual forma, apresentadas propostas de trabalho futuros no âmbito do trabalho realizado na empresa ACWin.

### 4.1. Conclusões

Na Tabela 8 estão representadas as oportunidades de melhoria inicialmente identificadas, a sua proposta de resolução e o resultado observado. Desta forma, é possível concluir que os objetivos inicialmente propostos para este estágio foram cumpridos com sucesso.

Tabela 8 - Resumo de objetivos e resultados

Oportunidades de Melhoria	Propostas de Resolução	Resultado
Necessidade de um software que transparecesse o estado da produção, das máquinas e os objetivos de produção. De igual forma, que permitisse digitalizar processos de controlo de qualidade e documentos do processo.	Implementação de um <i>Manufacturing Execution System</i> no chão de fábrica, configurando a versão <i>standard</i> de modo a satisfazer as necessidades da ACWin.	Transparência imediata da quantidade de peças produzidas até ao momento. Noção da distribuição de tempo em produção ou em paragem de cada equipamento. Transparência dos objetivos de produção geral e para cada equipamento. Redução do uso de papel ao implementar os controlos de qualidade dos equipamentos e ao inserir documentação do processo no software MES.
Necessidade de um plano de manutenções preventivas.	Criação de um plano de manutenções preventivas acompanhado de fichas de instrução de cada tarefa associada, visando a transferência de competências para operadores e técnicos de manutenção.	Criação de um ficheiro Excel com o planeamento anual de cada tarefa de manutenção preventiva associada à máquina de embalagem Farbal. Criação de fichas de instrução com a explicação sucinta da tarefa em questão, assim como toda a informação de material usado, frequência e tempo de execução e cuidados de segurança a ter.

O objetivo inicialmente proposto de implementação de um software MES foi integralmente concluído com sucesso. Esta implementação permite à ACWin um maior controlo sob o estado em que a produção no chão de fábrica se encontra. Com a classificação das paragens não planeadas, não só permite conhecer o motivo pelo qual determinado equipamento esteve parado e o tempo que esteve parado, como facilita a proposta de melhorias corretamente direcionada. Com o desenvolvimento de ecrãs com objetivos de produção, promove-se a transparência entre a gestão

e o chão de fábrica, transformando o número de portas/janelas exigidas por dia em números de peças por equipamento. Através da introdução dos controlos de qualidade no software, facilitou-se a análise da qualidade de produção, utilizando as cartas de controlo geradas para prever se um determinado equipamento está a produzir dentro dos limites de controlo, ou se se espera que este equipamento inicie uma produção defeituosa. Aliado a isto, a digitalização de documentos referentes ao processo reduziu o consumo de papel na fábrica.

O objetivo inicialmente proposto de criar um plano de manutenções preventivas foi iniciado na máquina de embalagem Farbal. Depois de criado o *template*, o desafio consistia em explicar cada tarefa de manutenção da forma mais simples e esclarecedora possível, acompanhado de toda a informação imprescindível para a correta execução da tarefa. O ficheiro Excel criado com o resumo de todas as tarefas de manutenção permite ter uma visão geral do planeamento, de acordo com a frequência de execução de cada tarefa. Isto permite que haja uma organização clara e antecipada das manutenções sem que haja constrangimentos com as paragens dos equipamentos, caso seja necessário.

## 4.2. Propostas de trabalhos futuros

Existe ainda espaço para evoluir nos projetos realizados na ACWin. Começando pelo MES, seria do maior interesse inserir todos os controlos de qualidade existentes no processo de produção. Com isto, não só contribuiria para a redução de papel na fábrica, uma vez que os controlos são registados em papel, como também centralizava os registos e as análises de qualidade dos produtos no MES. De uma forma organizada, o departamento de qualidade da ACWin teria ao seu dispor os registos de cada controlo de qualidade realizado em todo o chão de fábrica, acompanhado de fichas de não conformidade em caso de defeito.

O AquiWeb oferece a possibilidade de inserir o planeamento de todas as tarefas 5S para cada equipamento. Desta forma, ao inserir cada tarefa 5S num planeamento semanal, apareceria um alerta no *Dashboard* do operador, acompanhado do calendário semanal com todas as tarefas. Assim, seria mais fácil a organização de tempo despendido para cada tarefa.

No campo das manutenções preventivas, a metodologia implementada para a máquina de embalagem Farbal poderá ser implementada, não só para os equipamentos do chão de fábrica, mas também para a área do escritório. Sendo de máxima importância a criação prioritária de manutenções preventivas para os equipamentos do chão de fábrica, uma vez que impactam de forma direta a produção. Acompanhado de instruções claras, deve ser criado o planeamento semanal de cada equipamento, para o interesse da organização da produção. Ao estender esta metodologia para os escritórios, recria a uma escala mais reduzida a importância da verificação periódica de todos os equipamentos utilizados nesta área.

Ainda referente às manutenções preventivas, existe a oportunidade de automatizar o Excel do planeamento de forma que, ao selecionar uma determinada semana de trabalho do ano, sejam resumidas numa tabela todas as tarefas de manutenção a fazer, associadas a cada equipamento.

Por fim, existe a oportunidade de, findada a criação do plano de manutenções preventivas em todo o chão de fábrica, introduzir este no sistema MES. Assim, utilizando o sistema de alertas do AquiWEB, torna-se mais dinâmico o sistema de planeamento de intervenções preventivas.

Seguindo o mesmo princípio dos controlos de qualidade, seria possível definir as periodicidades dos alertas de realização de cada tarefa de manutenção, fazendo com que não sejam esquecidas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. Long, "Development of MES based on component and driven by ontology," in *Proceedings - 2008 International Seminar on Future Information Technology and Management Engineering, FITME 2008*, 2008, pp. 648–651. doi: 10.1109/FITME.2008.99.
- [2] A. Shojaeinasab *et al.*, "Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 62. Elsevier B.V., pp. 503–522, Jan. 01, 2022. doi: 10.1016/j.jmsy.2022.01.004.
- [3] L. Naciri, Z. Mouhib, M. Gallab, M. Nali, R. Abbou, and A. Kebe, "Lean and industry 4.0: A leading harmony," in *Procedia Computer Science*, 2022, vol. 200, pp. 394–406. doi: 10.1016/j.procs.2022.01.238.
- [4] "Why use it? Heijunka (Load Leveling) HEIJUNKA BOARD." [Online]. Available: <https://www.ebsco.com/terms-of-use>
- [5] A. Hüttmeir, S. de Treville, A. van Ackere, L. Monnier, and J. Prenninger, "Trading off between heijunka and just-in-sequence," *Int J Prod Econ*, vol. 118, no. 2, pp. 501–507, Apr. 2009, doi: 10.1016/j.ijpe.2008.12.014.
- [6] N. D. Minh and N. T. H. Quyen, "Human resources quality improvement from the perspective of Kaizen practices," *Management*, vol. 26, no. 1, pp. 144–163, Jan. 2022, doi: 10.2478/manment-2019-0088.
- [7] A. O. Paraschivescu and P. Claudiu, "Quality Continuous Improvement Strategies Kaizen Strategy-Comparative Analysis." [Online]. Available: [www.ugb.ro/etc](http://www.ugb.ro/etc)
- [8] J. Villalba-Diez, M. Gutierrez, M. Grijalvo Martín, T. Sterkenburgh, J. Carlos Losada, and R. María Benito, "Quantum jidoka. Integration of quantum simulation on a cnc machine for in-process control visualization," *Sensors*, vol. 21, no. 15, Aug. 2021, doi: 10.3390/s21155031.
- [9] C. Ouz and C. Dinner, "Incorporating Just-In-Time into a Decision Support System environment," 1991.
- [10] M. C. Bonney, Z. Zhang, M. A. Head, C. C. Tien, and R. J. Barson, "Are push and pull systems really so different?"
- [11] R. Germs and J. Riezebos, "Workload balancing capability of pull systems in MTO production," *Int J Prod Res*, vol. 48, no. 8, pp. 2345–2360, Jan. 2010, doi: 10.1080/00207540902814314.
- [12] "The Eight Wastes: A Lexicon for Lean NPD."
- [13] T. Melton, "The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries," *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 83, no. 6 A, pp. 662–673, 2005, doi: 10.1205/cherd.04351.
- [14] P. João, P. Pinto, and J. P. Pinto, "Lean Thinking Introdução ao pensamento magro COMUNIDADE LEAN THINKING ©," 2008. [Online]. Available: [www.lean.org](http://www.lean.org)
- [15] K. A. El-Namrouty, "Seven Wastes Elimination Targeted by Lean Manufacturing Case Study "Gaza Strip Manufacturing Firms"," *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, vol. 1, no. 2, p. 68, 2013, doi: 10.11648/j.ijefm.20130102.12.
- [16] Peter. Hines and Cardiff. University of Wales, *Staying lean : thriving, not just surviving*. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff University, 2008.
- [17] M. Campo, "Lean thinking fiorella coloma Related papers Guía Lean Management MEJORAR LOS PROCESOS PARA SER MÁS COMPETITIVOS Mat ias Aravena PROYECTO FINAL DE CARRERA."
- [18] G. Chryssolouris, N. Papakostas, and D. Mavrikios, "A perspective on manufacturing strategy: Produce more with less," *CIRP J Manuf Sci Technol*, vol. 1, no. 1, pp. 45–52, 2008, doi: 10.1016/j.cirpj.2008.06.008.

- [19] J. Tjell and P. M. Bosch-Sijtsema, "Visual Management in Mid-sized Construction Design Projects," *Procedia Economics and Finance*, vol. 21, pp. 193–200, 2015, doi: 10.1016/s2212-5671(15)00167-7.
- [20] Chris A. Ortiz and Murry R. Park, *Visual Controls: Applying Visual Management to the Factory*. CRC Press, 2011.
- [21] Z. K. Wani, J. F. Chin, and N. A. Muhammad, "Common Mistakes in Running PDCA: A Survey on University Student PDCA Projects," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 530, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/530/1/012042.
- [22] P. Muchiri, L. Pintelon, L. Gelders, and H. Martin, "Development of maintenance function performance measurement framework and indicators," *Int J Prod Econ*, vol. 131, no. 1, pp. 295–302, May 2011, doi: 10.1016/j.ijpe.2010.04.039.
- [23] R. K. Mobley, *An introduction to predictive maintenance*. Butterworth-Heinemann, 2002.
- [24] J. Moubrey, *Reliability-Centered Maintenance*. 1997.
- [25] S. Mostafa, J. Dumrak, and H. Soltan, "Lean Maintenance Roadmap," *Procedia Manuf*, vol. 2, pp. 434–444, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.076.
- [26] Tiago Luís Branco dos Santos, "RESTRUTURAÇÃO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO EM EMPRESA DO RAMO ALIMENTAR," ISEP, 2018.
- [27] Adolfo Crespo Márquez, *The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Systems Maintenance*. Springer London, 2007.
- [28] L. R. Higgins *et al.*, "MAINTENANCE ENGINEERING HANDBOOK R. Keith Mobley Editor in Chief Seventh Edition," 2008, doi: 10.1036/0071546464.
- [29] A. Margarida and C. Vieira, "GESTÃO E ANÁLISE DA CRITICIDADE DO PROCESSO DE EMBUTIDURA DE TUBO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL," ISEP, 2019.
- [30] P. Guariente, I. Antonioli, L. P. Ferreira, T. Pereira, and F. J. G. Silva, "Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer," *Procedia Manuf*, vol. 13, pp. 1128–1134, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.174.
- [31] Terry Wireman, *Benchmarking Best Practice in Maintenance Management*, 1st ed., vol. 19. 2003.
- [32] Mário Brito, *Manutenção: Manual Pedagógico PRONACI*. Associação Empresarial de Portugal, 2003.
- [33] Joseph M. Juran and A. Blanton Godfrey, *Juran's Quality Handbook*, 5th Edition. McGraw-Hill, 1998.
- [34] Kenneth H. Rose, *Project Quality Management: Why, What and How*, 3rd Edition. J. Ross Publishing, 2022.
- [35] A. Weckenmann, G. Akkasoglu, and T. Werner, "Quality management - History and trends," *TQM Journal*, vol. 27, no. 3, pp. 281–293, Apr. 2015, doi: 10.1108/TQM-11-2013-0125.
- [36] G. J. Yu, M. Park, and K. H. Hong, "A strategy perspective on total quality management," *Total Quality Management and Business Excellence*, vol. 31, no. 1–2, pp. 68–81, Jan. 2020, doi: 10.1080/14783363.2017.1412256.
- [37] Vincent K. Omachonu and Joel E. Ross, *Principles of Total Quality*, 3rd Edition. CRC Press, 2005.
- [38] International Organization for Standardization, "ISO 9004:2018," 2018.
- [39] Martin K. Starr, *Global Competitiveness: Getting the U.S. back on track*. W. W. Norton, 1988.
- [40] K. Murata and H. Katayama, "AN EVALUATION OF FACTORY PERFORMANCE UTILIZED KPI/KAI WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS," 2009.
- [41] E. J. Clements, V. Sonwaney, and R. K. Singh, "Measurement of overall equipment effectiveness to improve operational efficiency," *International Journal of Process Management and Benchmarking*, vol. 8, no. 2, p. 246, 2018, doi: 10.1504/ijpmb.2018.10010267.

- [42] A. J. de Ron and J. E. Rooda, "OEE and equipment effectiveness: An evaluation," *Int J Prod Res*, vol. 44, no. 23, pp. 4987–5003, Dec. 2006, doi: 10.1080/00207540600573402.
- [43] Khairy A.H. Kobacy and D.N. Prabhakar Murthy, *Complex System Maintenance Handbook*. Springer London, 2008.
- [44] C. F. Lindberg, S. Tan, J. Yan, and F. Starfelt, "Key Performance Indicators Improve Industrial Performance," in *Energy Procedia*, 2015, vol. 75, pp. 1785–1790. doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.474.
- [45] Ana Marta Viseu da Conceição, "Manutenção Baseada na Condição na Tabaqueira, E.I.T.," Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [46] A. Moreira, F. J. G. Silva, A. I. Correia, T. Pereira, L. P. Ferreira, and F. de Almeida, "Cost reduction and quality improvements in the printing industry," in *Procedia Manufacturing*, 2018, vol. 17, pp. 623–630. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.107.
- [47] António Moreira, "Otimização das Condições de Operação de uma Indústria Gráfica," ISEP, 2017.
- [48] Ramesh Gulati and Christopher Mears, *Workbook to accompany Maintenance and Reliability Best Practices*. Industrial Press Inc., 2009.
- [49] T. Enderle and A. Kirstadter, "Reducing Network Operators' Expenses by Adjusting the MTTR," in *2021 31st International Telecommunication Networks and Applications Conference, ITNAC 2021*, 2021, pp. 134–139. doi: 10.1109/ITNAC53136.2021.9652138.
- [50] Ron Person, *Balanced Scorecards & Operational Dashboards with Microsoft Excel*. Wiley Publishing, 2009.



## **5. APÊNDICES**


- 5.1 Apêndice A – Template de ficha de instruções de tarefas de manutenções
- 5.2 Apêndice B – Fichas de instruções de tarefas de manutenções da Farbal



# Apêndice A

Template de ficha de instruções de tarefas de manutenções



		<b>Título</b>		<b>Tipo de máquina:</b>	
<b>Frequência:</b>		<b>Tempo estimado:</b>		<b>Nível:</b>	
<b>Esquemas ou instruções de segurança</b>			<b>Ferramentas - peças de substituição</b>		
<b>Descrição do modo de funcionamento</b>					
<b>Actualizado por:</b>	<b>Data:</b>	<b>Aprovado:</b>	<b>Validado:</b>		



# Apêndice B

Fichas de instruções de tarefas de manutenções da Farbal



**Frequência:** Semanal | **Tempo estimado:** 5 min | **Nível:** 1

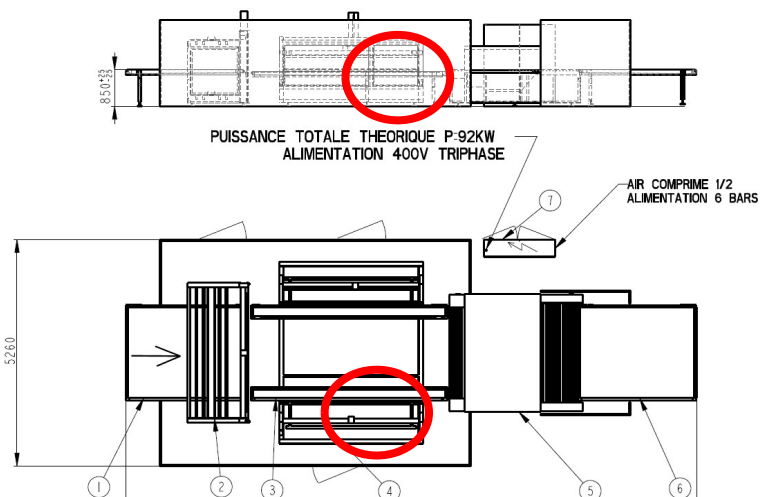
Esquemas ou instruções de segurança

Ferramentas - peças de substituição

**Descrição do modo de funcionamento**

**Controlo visual dos sensores - Fotocélulas**

1 - Localizar os sensores FARBAL - Fotocélulas



2 - Verificar a sua posição, fixação e a sujidade

3 - Em caso de sujidade, limpar com um pano de algodão



**Actualizado por:**

**Data:**

**Aprovado:**

**Validado:**

B. Roriz

**Frequência:** Semanal | **Tempo estimado:** 5 min | **Nível:** 1

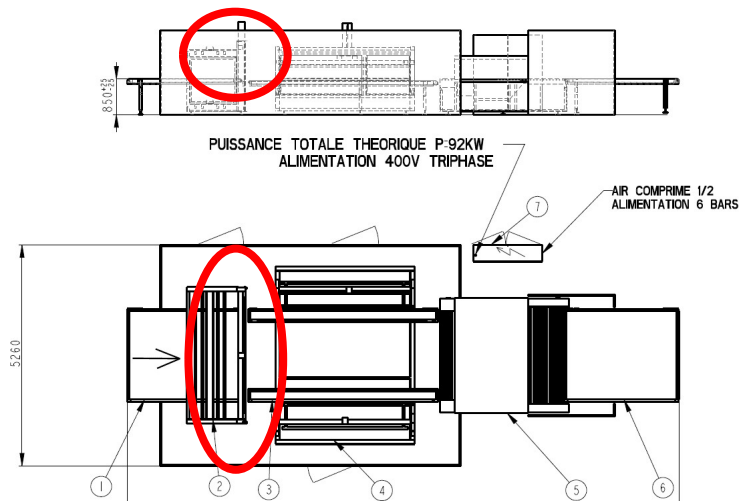
Esquemas ou instruções de segurança

Ferramentas - peças de substituição

**Descrição do modo de funcionamento**

**Controlo visual dos sensores - Sensor de Proximidade**

1 - Localizar os sensores FARBAL



2 - Verificar a sua posição, fixação e a sujidade

3 - Em caso de sujidade, limpar com um pano de algodão



**Actualizado por:**

**Data:**

**Aprovado:**

**Validado:**

B. Roriz

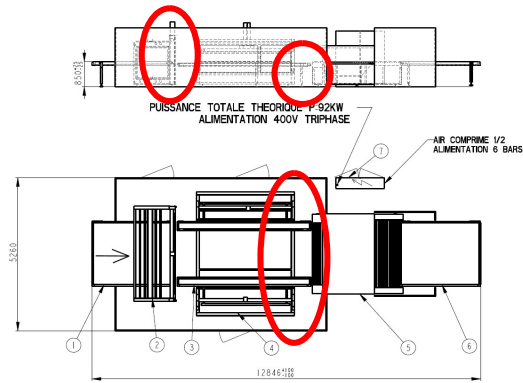
**Frequência:** Mensal      **Tempo estimado:** 20 min      **Nível:** 2

<b>Esquemas ou instruções de segurança</b>	<b>Ferramentas - peças de substituição</b>
Máquina parada	Massa consistente - Tectane WG 171

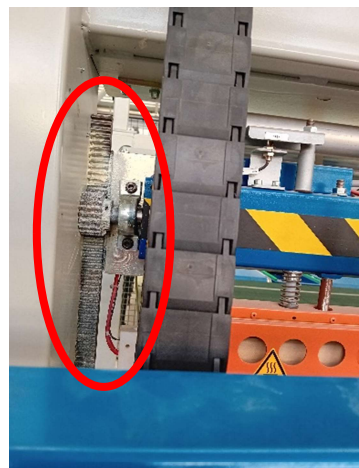
**Descrição do modo de funcionamento**

**Lubrificação das rodas dentadas**

1 - Localizar rodas dentadas da mesa de embalagem



2 - Aplicar massa consistente nas guias e nas rodas dentadas.



<b>Actualizado por:</b>	<b>Data:</b>	<b>Aprovado:</b>	<b>Validado:</b>
B. Roriz			



## Folha de instruções de limpeza das barras de corte e selagem

Tipo de máquina:

Embalagem - FARBAL

Frequência: Diário      Tempo estimado: 5 min      Nível: 1

Esquemas ou instruções de segurança

Ferramentas - peças de substituição

Pano de algodão

### Descrição do modo de funcionamento

#### Limpeza das barras de corte e selagem

- 1- Efetuar a tarefa antes de iniciar a produção, com a máquina desligada.
- 2- Passar um pano de algodão ao longo das barras de corte e selagem.



- 3- Verificar que não fique sujidade nas barras.



Actualizado por:

Data:

Aprovado:

Validado:

B. Roriz

Frequência: Mensal Tempo estimado: 20 min Nível: 2

Esquemas ou instruções de segurança

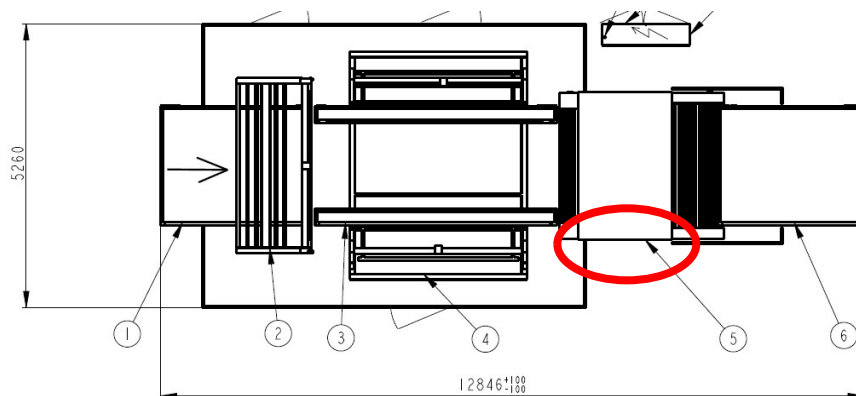
Ferramentas - peças de substituição

Voltímetro

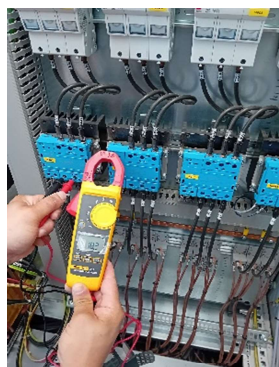
Descrição do modo de funcionamento

Medição das resistências do fono

1 - Localizar e abrir o quadro elétrico da máquina (Mapa da máquina)



2 - Medir os 4 conjuntos de resistências



3 - As medições devem estar equilibradas.

Actualizado por:	Data:	Aprovado:	Validado:
B. Roriz			

**Frequência:** Mensal | **Tempo estimado:** 20 min | **Nível:** 2

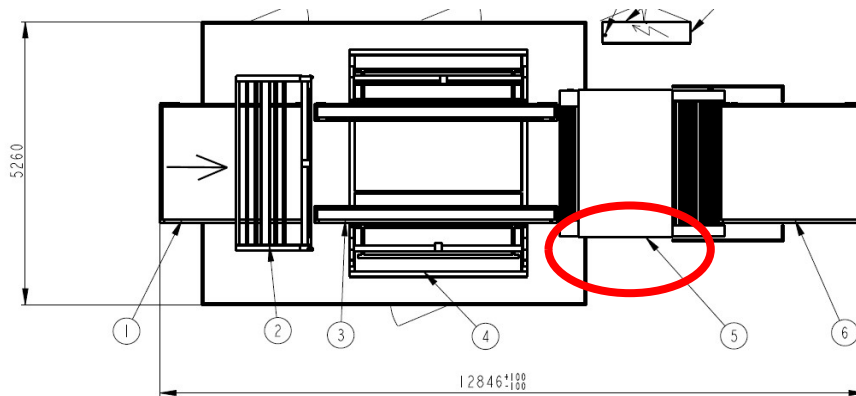
Esquemas ou instruções de segurança

Ferramentas - peças de substituição

**Descrição do modo de funcionamento**

**Medição do consumo dos ventiladores**

1 - Localizar e abrir o quadro elétrico da máquina



2 - Medir os valores de consumo dos ventiladores



3 - Registrar os valores medidos

Actualizado por:	Data:	Aprovado:	Validado:
B. Roriz			



## Folha de instruções de medição do nível do copo de lubrificação

Tipo de máquina:

Embalagem - FARBAL

Frequência: Trimestral Tempo estimado: 5 min Nível: 2

Esquemas ou instruções de segurança

Ferramentas - peças de substituição

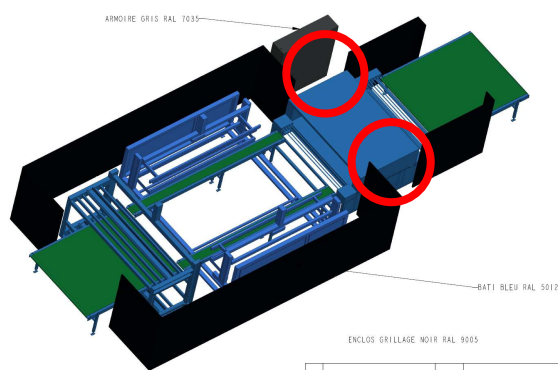
Equipamento desligado

Óleo Perma

### Descrição do modo de funcionamento

#### Controlo do nível do copo de lubrificação

1 - Localizar copos de lubrificação



2 - Controlar o nível do copo de lubrificação da máquina

3 - Caso esteja abaixo do nível de referência, encher o copo com óleo ref. PERMA

Actualizado por:

Data:

Aprovado:

Validado:

B. Roriz



# Anexo A

Ficha Técnica do sensor Sick GL6-P4111



# GL6-P4111

G6

BARREIRAS DE LUZ MINIATURA

**SICK**  
Sensor Intelligence.



## Informações do pedido

Tipo	Nº de artigo
GL6-P4111	1050706

Outras versões do aparelho e acessórios → [www.sick.com/G6](http://www.sick.com/G6)

Figura pode ser diferente



## Dados técnicos em detalhe

### Características

<b>Princípio de funcionamento</b>	Barreira de luz de reflexão
<b>Princípio de funcionamento, detalhe</b>	Lente dupla
<b>Distância de comutação máx.</b>	0,03 m ... 6 m <sup>1)</sup>
<b>Distância de comutação</b>	0,07 m ... 5 m <sup>1)</sup>
<b>Filtro de polarização</b>	✓
<b>Emissor de luz</b>	LED PinPoint
<b>Tipo de luz</b>	Luz vermelha visível
<b>Dados característicos do LED</b>	
Comprimento de onda	650 nm
<b>Tamanho do ponto de luz (distância)</b>	Ø 8 mm (350 mm)
<b>Ajuste</b>	Nenhuma

<sup>1)</sup> Refletor PL80A.

### Características de segurança

<b>MTTF<sub>D</sub></b>	2.526 anos
<b>DC<sub>avg</sub></b>	0%

## Dados elétricos

<b>Tensão de alimentação <math>U_B</math></b>	10 V DC ... 30 V DC <sup>1)</sup>
<b>Ondulação residual</b>	$\pm 10\%$ <sup>2)</sup>
<b>Consumo de corrente</b>	30 mA <sup>3)</sup>
<b>Classe de proteção</b>	III
<b>Saídas de comutação</b>	
Saída de comutação	PNP
Tensão de sinal PNP HIGH/LOW	$U_V - (\leq 3\text{ V})/\text{aprox. } 0\text{ V}$
Corrente de saída $I_{\text{max}}$	$\leq 100\text{ mA}$ <sup>4)</sup>
Tempo de resposta	$< 625\ \mu\text{s}$ <sup>5)</sup>
Frequência de comutação	1.000 Hz <sup>6)</sup>
<b>Tipo de ligação</b>	Comutação por sombra/luz
<b>Tipo de comutação selecionável</b>	Selecionável, com comutação por sombra/luz
<b>Circuitos de proteção</b>	A <sup>7)</sup> B <sup>8)</sup> D <sup>9)</sup>
<b>Nº arquivo UL</b>	NRKH.E348498 & NRKH7.E348498

<sup>1)</sup> Valores-limite na operação em rede protegida contra curto-circuitos máx. 8 A.

<sup>2)</sup> Não pode estar acima ou abaixo das tolerâncias  $U_V$ .

<sup>3)</sup> Sem carga.

<sup>4)</sup> Em caso de  $U_V > 24\text{ V}$ ,  $I_A$  máx = 50 mA.

<sup>5)</sup> Tempo de funcionamento do sinal com carga ôhmica.

<sup>6)</sup> Com proporção sombra/luz 1:1.

<sup>7)</sup> A = conexões protegidas contra inversão de pólos  $U_V$ .

<sup>8)</sup> B = Entradas e saídas protegidas contra polaridade inversa.

<sup>9)</sup> D = Saídas protegidas contra sobrecorrente e curto-circuito.

## Dados mecânicos

<b>Construção</b>	Retangular
<b>Dimensões (L x A x P)</b>	12 mm x 31,5 mm x 21 mm
<b>Conexão</b>	Conector macho M8, 4 pinos
<b>Material</b>	
Carcaça	Plástico, ABS/PC
Vidro frontal	Plástico, PMMA
<b>Peso</b>	20 g

## Dados ambientais

<b>Grau de proteção</b>	IP67
<b>Temperatura ambiente, operação</b>	$-25\text{ °C} \dots +55\text{ °C}$ <sup>1)</sup>
<b>Temperatura ambiente, depósito</b>	$-40\text{ °C} \dots +70\text{ °C}$

<sup>1)</sup> Estabilidade de temperatura após ajuste +/-10 °C.

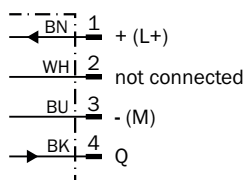
## Classificações

<b>ECl@ss 5.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 5.1.4</b>	27270902

<b>ECl@ss 6.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 6.2</b>	27270902
<b>ECl@ss 7.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 8.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 8.1</b>	27270902
<b>ECl@ss 9.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 10.0</b>	27270902
<b>ECl@ss 11.0</b>	27270902
<b>ETIM 5.0</b>	EC002717
<b>ETIM 6.0</b>	EC002717
<b>ETIM 7.0</b>	EC002717
<b>UNSPSC 16.0901</b>	39121528

### Esquema de conexão

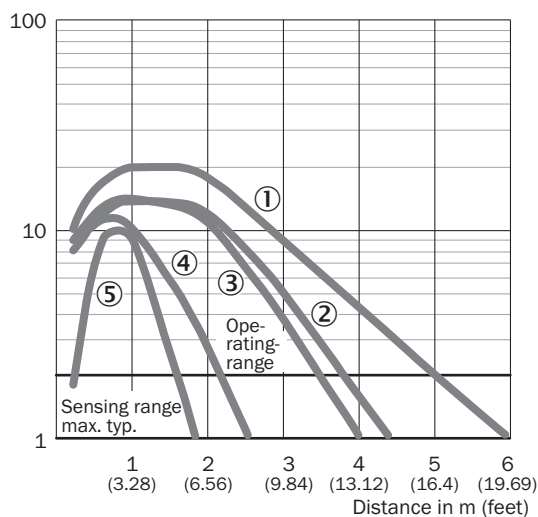
Cd-066



### Curva característica

GL6

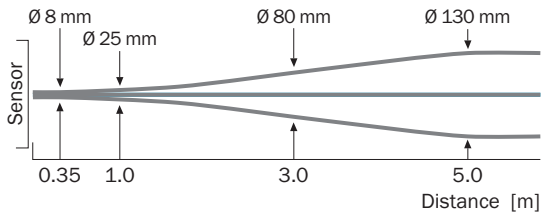
Operating reserve



- ① Refletor PL80A
- ② Refletor PL40A
- ③ Refletor P250
- ④ Refletor PL20A
- ⑤ Fita reflexiva REF-IRF-56

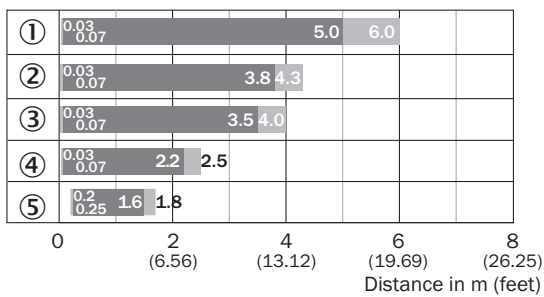
## Tamanho do ponto de luz

GL6, GL6G



## Gráfico de distância de comutação

GL6, GL6G

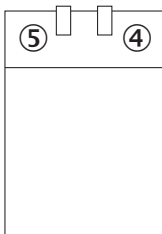


■ Sensing range                      ■ Sensing range max.

- ① Refletor PL80A
- ② Refletor PL40A
- ③ Refletor P250
- ④ Refletor PL20A
- ⑤ Fita reflexiva REF-IRF-56

## Opções de configuração






Sem possibilidade de ajuste



- ④ LED indicador, verde: tensão de alimentação ativa
- ⑤ LED indicador amarelo: status recepção luminosa

### Acessório recomendado

Outras versões do aparelho e acessórios → [www.sick.com/G6](http://www.sick.com/G6)

	Descrição resumida	Tipo	Nº de artigo
<b>Cantoneiras e placas de fixação</b>			
	Aço inoxidável (1.4301)	BEF-WN-G6	2062909
	Cantoneira de fixação universal para refletores, Aço, galvanizado	BEF-WN-REFX	2064574
<b>Refletores</b>			
	Retangular, aparafusável, 51 mm x 61 mm, PMMA/ABS, aparafusável, fixação de 2 orifícios	P250	5304812
<b>Conectores encaixáveis e cabos</b>			
	Cabeçote A: Conector fêmea, M8, 4 pinos, reto, Codificado A Cabeçote B: extremidade do cabo aberta Cabo: Cabo do sensor/atuador, PVC, não blindado, 5 m	YF8U14-050VA3XLEAX	2095889
	Cabeçote A: Conector macho, M8, 4 pinos, reto Cabeçote B: - Cabo: não blindado	STE-0804-G	6037323

## SOBRE A SICK

A SICK é um dos principais fabricantes de sensores e soluções inteligentes para aplicações industriais. Uma gama de serviços e produtos exclusiva forma a base perfeita para controlar de forma segura e eficiente os processos para proteger as pessoas contra acidentes e evitar danos ao meio ambiente.

Nós temos uma grande experiência nas mais diversas áreas. É por isso que podemos fornecer, com os nossos sensores inteligentes, o que os nossos clientes precisam. Em centros de aplicação na Europa, Ásia e América do Norte, as soluções de sistema são testadas e otimizadas especialmente para os nossos clientes. Isto tudo nos torna um fornecedor confiável e um parceiro de desenvolvimento de projetos.

Inúmeros serviços completam a nossa oferta: o SICK LifeTime Services oferece suporte durante toda a vida útil da máquina e garante a segurança e a produtividade.

**Isto para nós significa "Sensor Intelligence."**

## NO MUNDO INTEIRO, PERTO DE VOCÊ:

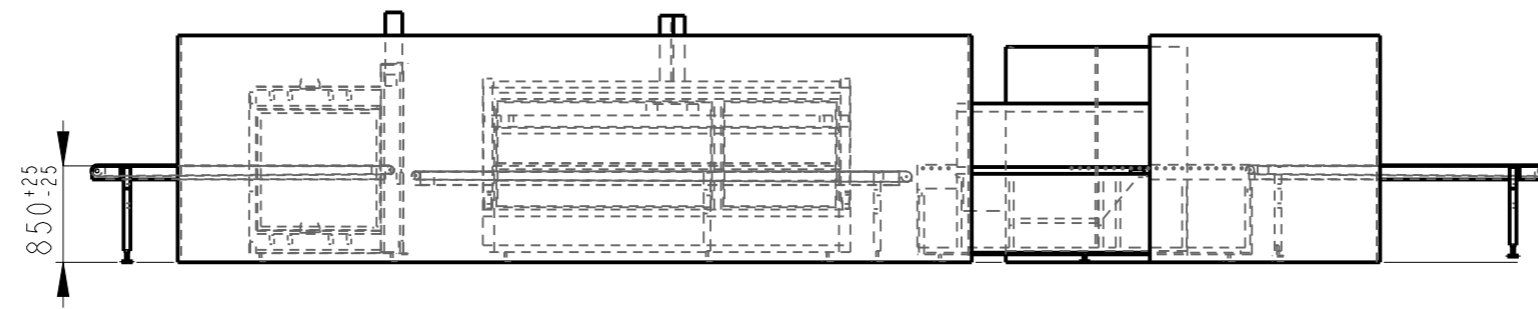
Pessoas de contato e outros locais de produção → [www.sick.com](http://www.sick.com)



# Anexo B

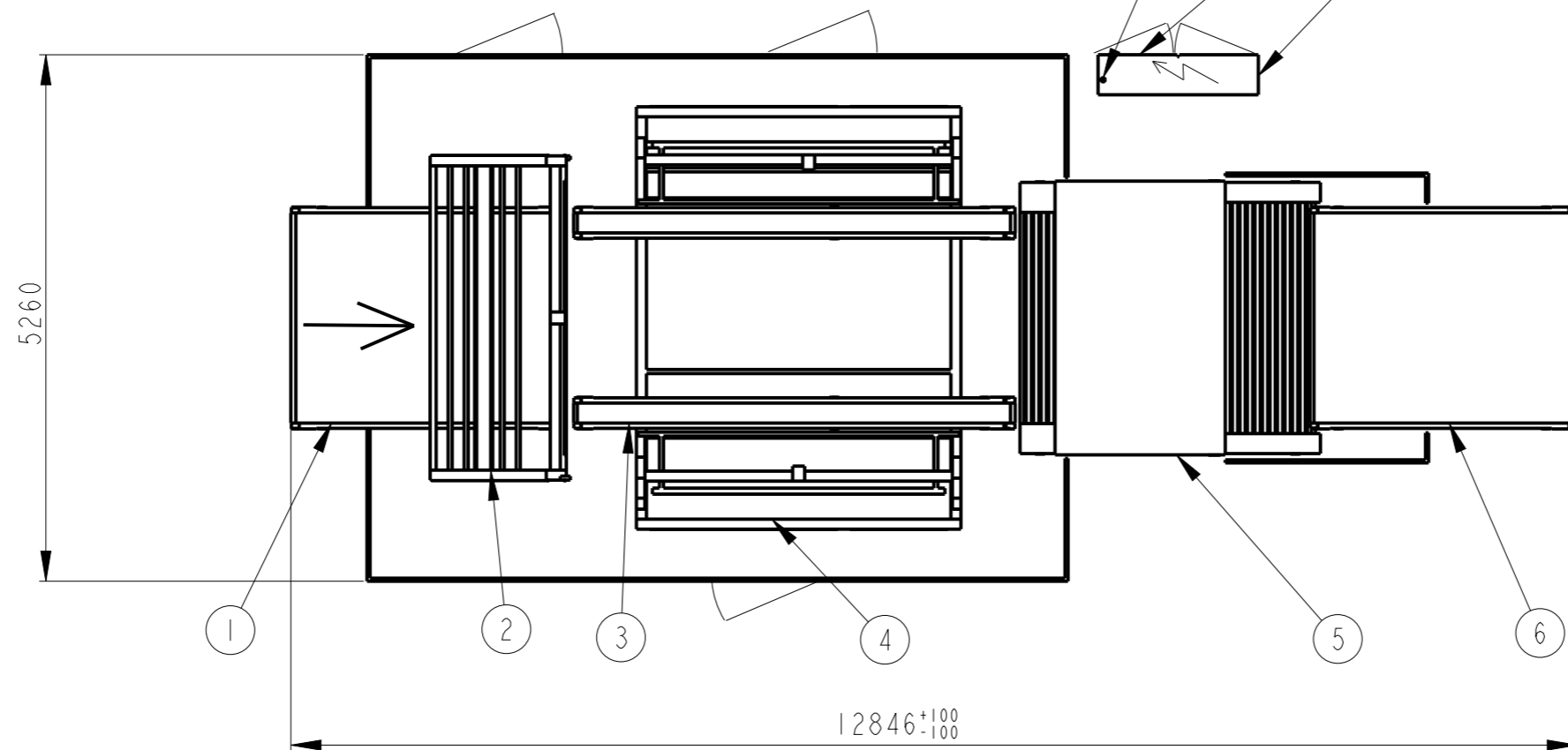
Desenho técnico da máquina Farbal





PUISSANCE TOTALE THEORIQUE P=92KW  
ALIMENTATION 400V TRIPHASE

AIR COMPRISE 1/2  
ALIMENTATION 6 BARS



- 1 - EB 2500 X 2100
- 2 - FPC 275/40
- 3 - ZB 4200 X 200
- 4 - SLM 275/300/40
- 5 - STA 240/40/250
- 6 - AB 2500 x 2100
- 7 - ARMOIRE ELECTRIQUE


INSTALLATION A EMBALLER  
SOUS FILM

Societe: AT PARTNER

**Farbal**  
machines d'emballage sous film

41000 BLOIS FRANCE  
REPRODUCTION INTERDITE

ECHELLE: 3/200

NOM: DM

DATE: 18/3/2021

N BL: 1210006\_A

N PLAN: 210319

