



APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS INFORMÁTICAS DE CONTROLO DE PRODUÇÃO NA MAQUINAGEM NUM FORNECEDOR DE PEÇAS FUNDIDAS NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

BRUNO FERREIRA OLIVEIRA MOREIRA

Setembro de 2025

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS INFORMÁTICAS DE
CONTROLO DE PRODUÇÃO DE UMA SECÇÃO DE
MAQUINAGEM E MONTAGEM NUM FORNECEDOR
DE PEÇAS FUNDIDAS NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**

Bruno Ferreira Oliveira Moreira

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em
Gestão Industrial**

Orientador: Eduardo Gil da Costa

Júri:

Presidente:

[Nome do Presidente, Categoria, Escola]

Vogais:

[Nome do Vogal1, Categoria, Escola]

[Nome do Vogal2, Categoria, Escola] (até 4 vogais)

Porto, setembro 2025

Agradecimentos

Agradeço à Tesco – Componentes para Automóveis Lda., pela oportunidade.

Ao Eng. Eduardo Gil da Costa, não só por ter aceitado orientar este trabalho, mas também por todo o apoio prestado ao longo do mesmo.

Aos meus pais, António e Ana, a quem jamais haverá palavras suficientes para agradecer todo o apoio, não apenas nesta etapa, mas em todas as etapas da minha vida.

À minha irmã, Beatriz, cujo olhar se ilumina a cada uma das minhas conquistas.

A todos, a minha eterna gratidão.

Resumo

Sendo a indústria automóvel caracterizada por elevados níveis de exigência, o que obriga os fornecedores a adotar soluções cada vez mais automatizadas, digitalizadas e orientadas por dados, na presente dissertação foi analisado e otimizado o processo de maquinagem da Tesco – Componentes para Automóveis, Lda., através da aplicação de ferramentas informáticas de controlo de produção e com melhorias com foco na digitalização.

A metodologia seguida integrou uma análise detalhada do processo em estudo e a identificação de limitações e a implementação de soluções de melhoria com recurso a tecnologias digitais. Entre estas, destacam-se a integração do software MT-LINKi, permitindo automatizar a recolha de dados diretamente das máquinas CNC, a introdução de painéis interativos eliminando tarefas arcaicas e documentação física, e a digitalização do preenchimento de listas de checagem, promovendo a digitalização, garantindo maior rastreabilidade e organização documental. Os resultados obtidos evidenciam a redução de tarefas manuais, a diminuição de erros de registo e o aumento da fiabilidade da informação, criando condições para uma monitorização mais eficaz para uma gestão de produção mais ágil.

Conclui-se que este projeto contribui para a modernização da Tesco, reforçando a sua competitividade e preparando a empresa para responder aos desafios da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Indústria automóvel, controlo de produção, digitalização, eficiência operacional, otimização de processos, Indústria 4.0

Abstract

As the automotive industry is characterized by high levels of requirements, which forces suppliers to adopt increasingly automated, digitized, and data-driven solutions, this dissertation analyzed and optimized the machining process at Tesco – Componentes para Automóveis, Lda. Machining process was analyzed and optimized through the application of computerized production control tools and improvements focused on digitization.

The methodology followed included a detailed analysis of the process under study, the identification of limitations, and the implementation of improvement solutions using digital technologies. Among these, we highlight the integration of MT-LINKi software, allowing the automation of data collection directly from CNC machines, the introduction of interactive panels eliminating archaic tasks and physical documentation, and the digitization of checklist completion, promoting digitization and ensuring greater traceability and document organization. The results obtained show a reduction in manual tasks, a decrease in recording errors, and an increase in the reliability of information, creating conditions for more effective monitoring and more agile production management.

It can be concluded that this project contributes to the modernization of Tesco, strengthening its competitiveness and preparing the company to respond to the challenges of Industry 4.0.

KEYWORDS: Automotive industry, production control, digitization, operational efficiency, process optimization, Industry 4.0

Índice

| | |
|---|------|
| Lista de Figuras..... | xi |
| Lista de Tabelas..... | xiii |
| Acrónimos e Símbolos..... | xv |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Enquadramento..... | 1 |
| 1.2. Objetivos | 1 |
| 1.3. Metodologia | 2 |
| 1.4. Apresentação da empresa | 3 |
| 1.5. Estrutura do relatório..... | 4 |
| 2. Revisão Bibliográfica | 7 |
| 2.1. Business Process Management (BPM)..... | 7 |
| 2.1.1. História..... | 8 |
| 2.1.2. The BPM Six Core Elements Model..... | 11 |
| 2.1.3. Ciclo de Vida..... | 12 |
| 2.2. Key Performance Indicators (KPI)..... | 18 |
| 2.2.1. Classificação de Indicadores | 19 |
| 2.2.2. Características dos KPI..... | 20 |
| 2.2.3. Princípios de Implementação | 21 |
| 2.3. Manufacturing Execution Systems (MES) | 23 |
| 2.3.1. Funções principais dos MES..... | 24 |
| 2.3.2. Interoperabilidade dos MES | 27 |
| 2.3.3. Tipos de MES..... | 28 |
| 2.3.4. Comparação de MES..... | 31 |
| 3. Análise e Melhoria do Processo..... | 33 |
| 3.1. Apresentação do Produto | 33 |
| 3.2. Descrição do Processo Produtivo da Empresa..... | 35 |
| 3.3. Descrição da Linha de Produção em estudo | 37 |
| 3.4. Controlo de Produção e Armazenamento de Dados | 44 |
| 3.5. Identificação de Problemas/Oportunidades de Melhoria | 48 |
| 3.6. Soluções de Melhoria..... | 49 |
| 3.6.1. Implementação do Software MT-LINKi..... | 49 |
| 3.6.2. Remoção dos Quadros de Parede e de Linha | 59 |
| 3.6.3. Digitalização das Listas de Checagem | 61 |
| 4. Resultados e Discussão | 65 |
| 4.1. Apresentação de Resultados..... | 65 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.1. MT-LINKi..... | 65 |
| 4.1.2. Painéis Interativos..... | 67 |
| 4.1.3. Listas de Checagem..... | 69 |
| 4.2. Discussão de Resultados | 69 |
| 5. Conclusão..... | 71 |
| 5.1. Conclusões finais..... | 71 |
| 5.2. Limitações e Trabalhos Futuros | 72 |
| Referências..... | 73 |
| Declaração de Integridade | 79 |
| Anexo A..... | 81 |
| Anexo B..... | 87 |
| Anexo C..... | 91 |
| Anexo D..... | 95 |
| Anexo E..... | 99 |
| Anexo F..... | 103 |
| Anexo G..... | 107 |
| Anexo H..... | 111 |
| Anexo I..... | 115 |
| Anexo J..... | 119 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Tesco - Componentes para Automóveis, Lda..... | 3 |
| Figura 2 - Exemplo de peça produzida na Tesco | 4 |
| Figura 3 - Composição por camadas dos sistemas de informação atuais. Adaptado de: (<i>Van Der Aalst, 2004</i>) | 8 |
| Figura 4 - As quatro ondas temporais do BPM. Adaptado de: (Smith, 2007) | 9 |
| Figura 5 - Os seis elementos centrais do BPM. Adaptado de: (Rosemann & vom Brocke, 2010) | 11 |
| Figura 6 - Ciclo de vida do BPM. Adaptado de: (Dumas et al., 2013) | 13 |
| Figura 7 - O Quadrilátero do Diabo. Adaptado de: (Dumas et al., 2013)..... | 16 |
| Figura 8 - Sobreposição dos MES aos outros sistemas. Adaptado de: (Qiu & Zhou, 2004)..... | 27 |
| Figura 9 - Posicionamento dos MES dentro da pirâmide de produção. Adaptado de: (Aramja et al., 2021) | 28 |
| Figura 10 - Exemplo de peça <i>Motor Housing</i> | 33 |
| Figura 11 - Veículos da marca Mercedes-Benz equipados com a <i>Motor Housing 800V</i> | 34 |
| Figura 12 - Sub-montagem do compressor com a <i>Motor Housing 800V</i> incluída | 34 |
| Figura 13 - Representação esquemática do processo produtivo da empresa..... | 35 |
| Figura 14 - Armazenamento e identificação dos lingotes de alumínio..... | 35 |
| Figura 15 - Célula robotizada de fundição | 36 |
| Figura 16 - Acabamento primário da peça após sair da célula de fundição | 36 |
| Figura 17 - Representação esquemática da linha MH1 & MH2 | 38 |
| Figura 18 - Exemplo de máquina CNC..... | 38 |
| Figura 19 - Quadro de linha..... | 39 |
| Figura 20 - Contentor com peças <i>Motor Housing 800V</i> após fundição | 40 |
| Figura 21 - Dispositivo de fixação do 1º processo sem peça | 40 |
| Figura 22 - Dispositivo de fixação do 1º processo com peça | 40 |
| Figura 23 - Dispositivo de fixação do 2º processo sem peça | 41 |
| Figura 24 - Dispositivo de fixação do 2º processo com peça | 41 |
| Figura 25 - Lavagem da peça <i>Motor Housing 800V</i> | 41 |
| Figura 26 - Secagem da peça <i>Motor Housing 800V</i> | 41 |
| Figura 27 - Posto de trabalho do operador de inspeção..... | 42 |
| Figura 28 - Máquina de gravação de código QR | 42 |
| Figura 29 - Contentor com <i>Motor Housing 800V</i> embaladas | 43 |
| Figura 30 - Quadro de parede com registos produtivos semanais | 44 |
| Figura 31 - Formulário de entrada - lançamento de produção..... | 44 |
| Figura 32 - Registo de dados de produção de maquinaria..... | 45 |
| Figura 33 - Registo de dados de produção de inspeção | 46 |
| Figura 34 - Excel com registos de controlo de produção | 47 |
| Figura 35 - Gráfico com % de peças rejeitadas do modelo <i>Motor Housing</i> | 48 |
| Figura 36 - Instalação de esteiras armadas e ligação de cabos ao servidor | 50 |
| Figura 37 - Esteiras armadas instaladas com cabos prontos a ligar às máquinas CNC..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 38 - Menu inicial MT-LINKi | 51 |
| Figura 39 - Menu de administrador para a configuração do software | 51 |
| Figura 40 - Configuração do servidor no software..... | 52 |
| Figura 41 - Menu para seleção de adição de máquina | 53 |
| Figura 42 - Menu de adição de máquina | 53 |
| Figura 43 - Exemplo de conexão de máquina | 53 |
| Figura 44 - Menu para definição de estados das máquinas e prioridades de visualização | 54 |
| Figura 45 - Agrupamento de máquinas por linha de produção | 54 |
| Figura 46 - Menu de design de layout..... | 55 |
| Figura 47 - Submenus da monitorização..... | 55 |
| Figura 48 - Submenu de monitorização – <i>Overlook</i> | 56 |
| Figura 49 - Submenu de monitorização - <i>Group Monitoring</i> | 56 |
| Figura 50 - Submenu de monitorização - <i>Signal Monitoring</i> | 57 |
| Figura 51 - Submenus de resultados..... | 57 |
| Figura 52 - Submenu de resultados - <i>Group Results</i> | 57 |
| Figura 53 - Submenu de resultados - <i>Operational Results</i> | 58 |
| Figura 54 - Submenu de Resultados - <i>Production Results</i> | 58 |
| Figura 55 - Painel interativo com informações de produção..... | 60 |
| Figura 56 - Posicionamento da lista de checagem na máquina..... | 61 |
| Figura 57 - Preenchimento da lista de checagem da máquina | 61 |
| Figura 58 - Scan das listas de checagem | 62 |
| Figura 59 - Limpeza das listas de checagem | 62 |
| Figura 60 - Exemplo de suporte com listas de checagem | 62 |
| Figura 61 - Menu inicial do preenchimento de listas de checagem | 63 |
| Figura 62 - Novo formato de preenchimento das listas de checagem | 63 |
| Figura 63 - Assinatura das listas de checagem..... | 64 |
| Figura 64 - Submenu para extração de dados do MT-LINKi..... | 66 |
| Figura 65 - Caminho da hiperligação da documentação..... | 68 |
| Figura 66 - Exemplo de organização de documentação de produção de uma linha | 68 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Horizonte temporal dos Indicadores. Adaptado de: (Parmenter, 2019) | 20 |
| Tabela 2 - Previsão de vendas Motor Housing 800V | 37 |
| Tabela 3 - Antigo horário dos operadores | 67 |
| Tabela 4 - Novo horário dos operadores | 68 |
| Tabela 5 - Trabalhos futuros das soluções de melhoria..... | 72 |

Acrónimos

Lista de Acrónimos

| | |
|---------|---|
| BAM | <i>Business Activity Monitoring</i> |
| BPA | <i>Business Process Analysis</i> |
| BPM | <i>Business Process Management</i> |
| BPMN | <i>Business Process Model and Notation</i> |
| BPR | <i>Business Process Redesign</i> |
| CAE | <i>Computer-Aided Engineering</i> |
| CRM | <i>Customer Relationship Management</i> |
| ERP | <i>Enterprise Resource Planning</i> |
| ISEP | Instituto Superior de Engenharia do Porto |
| KPI | <i>Key Performance Indicators</i> |
| KRI | <i>Key Result Indicators</i> |
| MES | <i>Manufacturing Exchanging Systems</i> |
| MESA | <i>Manufacturing Enterprise Solutions Association</i> |
| OEE | <i>Overall Equipment Effectiveness</i> |
| PDCA | <i>Plan-Do-Check-Act</i> |
| PI | <i>Performance Indicators</i> |
| PLC | <i>Programmable Logic Controller</i> |
| P.Porto | Instituto Politécnico do Porto |
| RI | <i>Result Indicators</i> |
| SCADA | <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> |
| SCM | <i>Supply Chain Management</i> |
| SPC | <i>Statistical Process Control</i> |
| SSM | <i>Sales and Service Management</i> |
| TI | Tecnologias de Informação |
| TQM | <i>Total Quality Management</i> |

1. Introdução

O objetivo deste capítulo é contextualizar o tema da tese apresentando o seu enquadramento, os objetivos e a metodologia utilizada, assim como apresentar a empresa onde o projeto será elaborado e, ainda, apresentar toda a estrutura do relatório.

1.1. Enquadramento

A indústria automóvel caracteriza-se por elevados níveis de exigência em termos de qualidade, prazos de entrega e flexibilidade, fatores que obrigam os fornecedores a adotar sistemas de produção cada vez mais eficientes, rastreáveis e digitalizados. Neste setor altamente competitivo e sujeito a constantes pressões externas, como a globalização dos mercados, a introdução de novas tecnologias e a crescente aposta na Indústria 4.0 e 5.0, as empresas como a Tesco, que atuam na cadeia de fornecimento, são desafiadas a melhorar continuamente os seus processos, assegurando simultaneamente elevados padrões de produtividade, fiabilidade da informação e qualidade.

Neste contexto, as ferramentas informáticas de controlo de produção assumem um papel central, permitindo não apenas otimizar os fluxos operacionais, mas também garantir maior transparência, rastreabilidade e suporte à tomada de decisão em tempo real. A capacidade de recolher, tratar e disponibilizar dados fiáveis constitui, assim, um fator crítico para reduzir desperdícios, antecipar falhas e assegurar a competitividade.

A Tesco, como fornecedor de peças fundidas para várias marcas do setor automóvel, enfrenta diariamente o desafio de conciliar elevados volumes de produção com padrões de qualidade rigorosos e prazos exigentes. A necessidade de modernizar processos e implementar soluções digitais enquadra-se neste cenário de transformação, criando oportunidade para aumentar a eficiência operacional.

1.2. Objetivos

A presente dissertação tem como objetivo implementar ferramentas informáticas para o controlo da produção, de forma a aumentar a eficiência operacional, reduzir desperdícios e melhorar a fiabilidade da informação recolhida no chão de fábrica.

Introdução

De forma mais detalhada, foram definidos objetivos mais específicos:

- Analisar o processo em estudo, identificando limitações, ineficiências e oportunidades de melhoria;
- Implementar soluções digitais, nomeadamente o software MT-LINKi, de forma a centralizar e automatizar a recolha de informação;
- Substituir sistemas manuais e físicos, promovendo maior transparência, acessibilidade e rastreabilidade;
- Contribuir para o alinhamento da empresa com as práticas da Indústria 4.0, criando as bases para futuras integrações digitais.

1.3. Metodologia

A revisão bibliográfica foi conduzida de acordo com a metodologia PRISMA, garantindo uma seleção criteriosa e organizada dos artigos científicos mais relevantes.

Planeamento da pesquisa

O planeamento inicial incluiu a definição clara dos objetivos, a definição dos temas a abordar e os critérios de elegibilidade dos artigos científicos utilizados. Estes elementos foram organizados de forma a garantir que os resultados da pesquisa fossem relevantes, replicáveis e alinhados aos objetivos propostos.

Fontes de pesquisa

Foi utilizado o Web of Science e o Google Scholar para a pesquisa de artigos científicos, e consultados livros sobre os temas abordados.

Metodologia PRISMA

A metodologia PRISMA aborda quatro etapas (López-Sánchez et al., 2023), que foram posteriormente utilizadas para a pesquisa dos temas selecionados:

1. **Identificação:** Pesquisa realizada utilizando palavras-chave como “Business Process Management”, “Key Performance Indicators” e “Manufacturing Execution Systems”;
2. **Triagem:** Remoção de artigos duplicados, artigos que não estivessem escritos em inglês ou português e artigos cujo título e o *abstract* não despertasse interesse para continuar a leitura do mesmo;
3. **Elegibilidade:** Leitura detalhada do artigo para verificar a sua pertinência;
4. **Inclusão:** Seleção dos artigos mais relevantes para a revisão.

A metodologia utilizada garantiu a qualidade e relevância da informação obtida. Esta abordagem permitiu uma compreensão aprofundada dos temas abordados ao longo da revisão bibliográfica.

A análise e melhoria do processo passou por uma abordagem prática, integrando diferentes etapas de análise, implementação e avaliação.

Numa primeira fase, procedeu-se à descrição do processo produtivo da empresa, com foco na etapa mais relevante para a presente dissertação, o processo da linha de maquinaria, cuja análise permitiu identificar as principais limitações associadas.

Posteriormente, procedeu-se à identificação de problemas e oportunidades de melhoria, recorrendo à observação direta no chão de fábrica, à análise documental e ao levantamento de práticas já utilizadas pela empresa. Esta etapa foi fundamental para priorizar as intervenções e definir as soluções mais adequadas às necessidades reais da Tesco.

Seguiu-se o começo da implementação das soluções propostas, que incluiu a instalação e configuração do software MT-LINKi, a substituição dos quadros de parede e de linha por painéis interativos e a digitalização das listas de checagem.

Por fim, foram avaliados os resultados obtidos com base no trabalho de implementação feito até ao momento.

1.4. Apresentação da empresa

A Tesco – Componentes para Automóveis Lda., foi fundada em 1993, na Trofa, e faz parte do grupo Metts Corporation / Honda Foundry, um grupo japonês com mais de 50 anos de experiência no ramo de fundição injetada de alumínio e pioneira na fundição injetada de magnésio.

Em 2008 procedeu ao lançamento de uma nova unidade industrial localizada em Ribeirão, Vila Nova de Famalicão, para dar resposta ao aumento da procura de mercado e é a única base europeia das 11 fábricas desta multinacional japonesa, especializada na produção de componentes para a indústria automóvel por fundição injetada em alumínio. Na Figura 1 é possível observar a empresa exteriormente.



Figura 1 - Tesco - Componentes para Automóveis, Lda.

Introdução

A Tesco produz componentes para o ar condicionado, para head-up displays e para o grupo motopropulsor (Figura 2), para clientes do ramo automóvel, como Volkswagen, Porsche, Lamborghini, Mercedes-Benz, BMW, entre outros.



Figura 2 - Exemplo de peça produzida na Tesco

A Tesco está dividida em duas grandes áreas, a fundição e a maquinagem e montagem. O processo inicia-se na fundição, com um total de 13 máquinas, onde é possível produzir vários modelos de peças, onde a produção atinge os cinco milhões de peças por ano. Posteriormente é removido todo o excesso de alumínio da peça para as mesmas prosseguirem para a área da maquinagem e montagem. Nesta área da maquinagem, a Tesco conta com 122 equipamentos CNC e várias linhas de maquinagem onde são maquinadas as peças dos diversos modelos produzidos na fundição. O processo de fabrico de algumas peças também inclui testes de estanquicidade ar/ar, ar/água ou através de hélio, montagem de componentes através de máquinas especialmente projetadas e, por fim, inspeção visual para garantir que as peças são entregues dentro das especificações do cliente.

1.5. Estrutura do relatório

Este relatório está dividido em cinco capítulos.

O primeiro capítulo incluiu a introdução, abordando o enquadramento do trabalho, os objetivos, a metodologia utilizada e a apresentação da empresa na qual foi desenvolvida a tese.

O segundo capítulo contém toda a revisão bibliográfica, começando por abordar o Business Process Management (BPM), passando para os Key Performance Indicators (KPI), e, por fim, os Manufacturing Exchanging Systems (MES).

No terceiro capítulo encontra-se a análise e melhoria do processo, começando por ser apresentado o produto, seguindo para a descrição do processo produtivo da empresa e posteriormente a descrição da linha de produção em estudo, aborda também o controlo de

produção e armazenamento de dados da empresa, são identificados problemas e oportunidades de melhoria e por fim são apresentadas soluções de melhoria.

O quarto capítulo apresenta resultados e finaliza com uma discussão dos mesmos.

No quinto e último capítulo, são apresentadas as conclusões, abordadas limitações que ocorreram ao longo do trabalho e os trabalhos futuros necessários para a continuidade do projeto.

Introdução

2. Revisão Bibliográfica

O objetivo deste capítulo é sustentar e fundamentar o principal tema da tese com uma base teórica dos conceitos e abordagens aplicadas. Neste capítulo serão abordados conceitos fundamentais para a otimização de processos e para a sua monitorização e controlo. A revisão será estruturada em três secções, que abordam os temas de BPM, KPI e MES.

Na primeira secção, que aborda o BPM, inicialmente é dada uma introdução ao tema, prosseguindo para a sua história, abordando o modelo dos seis elementos centrais do BPM e, por fim, mas não menos importante, o seu ciclo de vida, sendo neste tópico que se consegue perceber em detalhe toda a aplicação de um BPM.

A secção dos KPI, contém também uma breve explicação do tema, aborda a classificação de indicadores, características fundamentais dos KPI, e, por fim, menciona princípios de implementação destes indicadores.

Por fim, a secção dos MES, inicia com uma introdução ao tema, refere funções principais destes softwares, aborda a sua interoperabilidade, e de seguida aborda alguns tipos de MES para posteriormente ser feita uma comparação entre eles.

2.1. Business Process Management (BPM)

O Business Process Management (BPM), é considerado uma ferramenta de otimização de processos e surgiu como um aspeto fundamental dos negócios modernos transformando a forma como as tarefas são simplificadas e executadas com vista do aumento da eficiência operacional (Barrera-Alvarado et al., 2023; Bartlett et al., 2023; Tupa & Steiner, 2019; van der Aalst, 2013).

Além da eficiência operacional, também são encontradas melhorias significativas na qualidade do trabalho (Trkman, 2010; Zur Muehlen & Ho, 2005) devido à redução de erros, simplificação de processos e diminuição de desperdícios. Pode dizer-se também que o BPM apoia a revolução digital (Aysolmaz et al., 2023), fazendo as organizações aceitarem o desafio de repensarem o seu modelo e processo de negócio (Baiyere et al., 2020) usando tecnologias digitais, promove a conformidade regulatória, e permite uma melhor entrega de produtos ou serviços aos consumidores e clientes finais. Com isto, as empresas aumentam a sua competitividade (Bartlett et al., 2023), mas é importante perceber que os benefícios do BPM podem não ser vistos a curto prazo, alguns devem ser vistos como benefícios de longo prazo que a organização alcança à medida que se foca mais no processo (Gabryelczyk et al., 2022).

Uma empresa ou organização tem melhor desempenho quando se foca no seu processo de negócios do início ao fim, do que uma que não o faz (Kissa et al., 2023). Qualquer processo de negócios pode abranger diferentes departamentos, localizações geográficas, especialidades, níveis de gestão e outros limites organizacionais. Com isto, fica explícito que para fazê-lo bem, é necessário ter um grande conhecimento do processo de negócios, bem como as pessoas envolvidas nessas etapas, as informações que estão a ser trocadas e processadas em cada etapa e as tecnologias utilizadas (Reijers, 2021).

O BPM também atrai diversas áreas profissionais. É procurado tanto por engenheiros, como por gestores ou até por especialistas em Tecnologias de Informação (TI). Quanto aos primeiros, pelas técnicas de melhoria de processos e serviços, os segundos por as melhorias do desempenho organizacional e qualidade do serviço, e os últimos pela forma simples e uniforme de comunicação. Todos eles consideram esta ferramenta importante para as empresas e organizações alcançarem os seus objetivos (Dumas et al., 2013).

Pessoas na área da pesquisa, encontraram um sucesso notável em estruturas de trabalho cooperativas que têm como apoio ferramentas básicas como calendários, e-mails ou redes sociais empresariais. No entanto, com a tecnologia a avançar rapidamente nos últimos anos, está a conduzir as empresas a transitarem (Weinzierl et al., 2024) dessas plataformas tradicionais para softwares de BPM mais robustos, que ofereçam recursos como cadeias de fluxo de trabalho, controlo de prazos e recursos de auditoria (Bartlett et al., 2023).

2.1.1. História

Para demonstrar a relevância e importância do BPM é interessante ter uma perspetiva histórica. Observando a Figura 3, consegue-se perceber que os sistemas de informação atuais são compostos por várias camadas (Van Der Aalst, 2004).

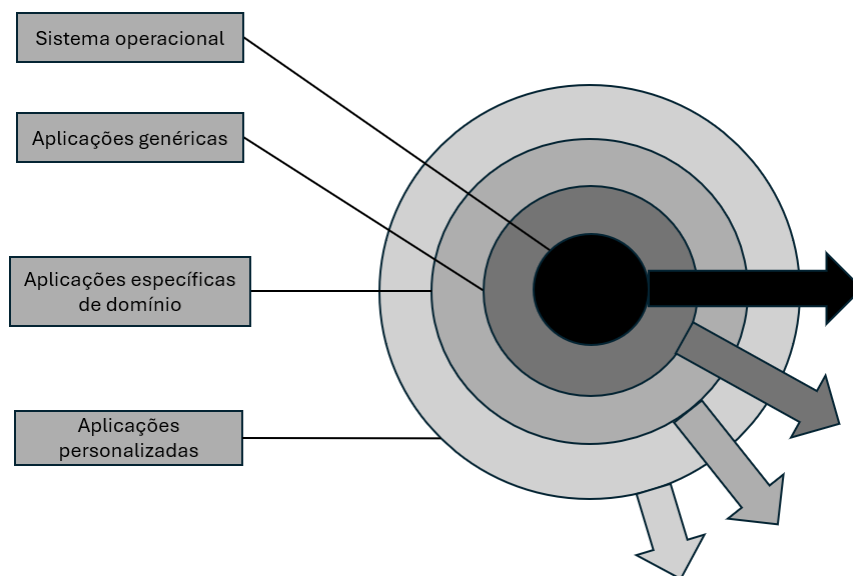


Figura 3 - Composição por camadas dos sistemas de informação atuais. Adaptado de: (Van Der Aalst, 2004)

A primeira camada consiste no sistema operacional, ou seja, o software que faz com que o hardware funcione (Van Der Aalst, 2004).

A segunda camada consiste em aplicações genéricas que podem ser utilizadas por várias empresas ou até mesmo por vários departamentos dentro de uma empresa como por exemplo o Microsoft Excel ou um editor de texto como o Microsoft Word.

A terceira camada abrange aplicações específicas de domínio, aplicações essas que já só são usadas em determinadas empresas e departamentos, como por exemplo, *softwares de call center*, *softwares de gestão de recursos humanos* e sistemas de suporte a decisões de roteamento de veículos.

A quarta camada consiste em aplicações personalizadas, que já são desenvolvidas para organizações específicas (Van Der Aalst et al., 2003).

Antigamente, a segunda e terceira camada estavam a faltar, os sistemas de informação eram feitos em cima de um sistema operacional com funcionalidades muito limitadas. Como a tecnologia também ainda era limitada e ainda não havia softwares genéricos nem específicos, esses sistemas consistiam principalmente em aplicações personalizadas. Com o avanço da tecnologia, consegue perceber-se que agora as quatro camadas estão a expandir-se e a ênfase mudou, o desafio deixou de ser o desenvolvimento de aplicações personalizadas em cima de sistemas operacionais e passou a ser a conjugação das quatro camadas, dependendo do tipo de empresa ou organização a que está a ser aplicado (Van Der Aalst et al., 2003).

Assim consegue perceber-se que o BPM não surgiu tal e qual como se conhece agora, antigamente não era o que é atualmente, até chegar ao estado atual passou por várias fases.

Segundo Smith (2007), é possível dividir o BPM em quatro grandes ondas temporais, como é possível observar na Figura 4. Pode verificar-se em alguns artigos que apresentam apenas três ondas temporais, devido à união da segunda e terceira onda (Lusk et al., 2005).

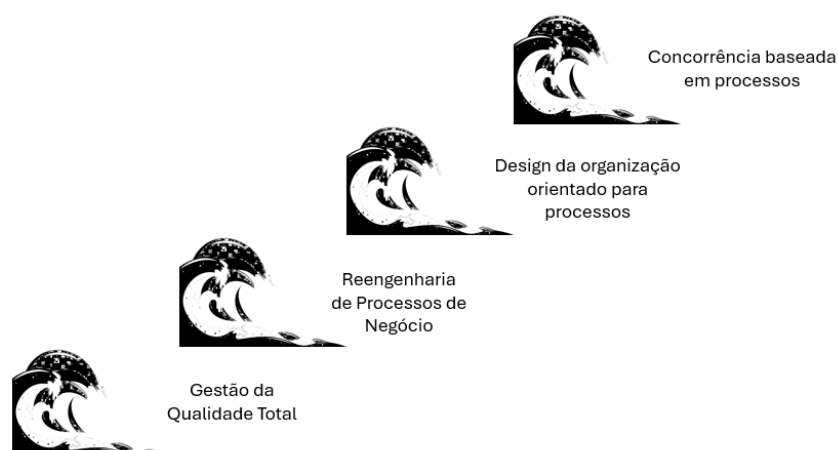


Figura 4 - As quatro ondas temporais do BPM. Adaptado de: (Smith, 2007)

Na primeira onda, *Total Quality Management (TQM)*, foi um termo que se tornou popular na década de 1980 (Alotaibi, 2016). A TQM recorria a técnicas e ferramentas qualitativas e quantitativas envolvendo os conceitos da aplicação de técnicas de melhoria contínua em toda

a organização. Os *Statistical Process Control* (SPC) eram fundamentais neste sistema, assim como diagramas de causa e efeito, fluxogramas, o mapeamento de processos e ferramentas de análise. Tudo isto era usado no contexto do PDCA (Lizano-Mora et al., 2021; Smith, 2007).

Foi uma metodologia popular durante vários anos, mas nem sempre foi bem-sucedida. Houve várias razões para isso, como a estrutura inicial necessária para a aplicação da metodologia ser muito cara, nem todas as pessoas necessárias para a aplicação da ferramenta em determinadas organizações colaborarem para o sucesso da sua aplicação, a falta de conhecimento de processos, entre outros. Tudo isto tornou claro que um tipo mais agressivo de melhoria de processo era necessário (Smith, 2007).

A segunda onda, *Business Process Reengineering*, surgiu no início dos anos 1990 (Alotaibi, 2016; Dumas et al., 2013). O foco da reengenharia era o redesenho radical do processo, era começar com uma folha de papel em branco e desenhar o processo perfeito para a empresa ou organização a aplicar a metodologia sem ter em conta as barreiras da mesma (Sharp & McDermott, 2001; Smith, 2007). Propunha mudanças drásticas, com alto risco e potencial de grande recompensa, principalmente em processos grandes e multifuncionais. O sucesso de um redesenho poderia agregar imenso valor à empresa, mas os desafios eram consideráveis, incluindo resistências internas e a necessidade de mudar as competências da força de trabalho (Lizano-Mora et al., 2021; Smith, 2007).

Estima-se que 80% das falhas de reengenharia foram causadas por problemas sociais, como a gestão do medo da mudança, visto que a abordagem era mais agressiva, sugerindo recomeçar do zero para criar o processo perfeito, sem as limitações das estruturas organizacionais existentes. Posto isto, consegue perceber-se que as dificuldades eram frequentemente comportamentais, como a resistência à mudança, e não técnicas (Smith, 2007).

Soluções como esta eram tão abrangentes que grande parte das organizações começaram a perceber que os ganhos obtidos com o foco no processo eram enormes. Mas, por vezes, a natureza multifuncional das melhorias de reengenharia causava stress na atual estrutura organizacional, o que era uma barreira que forçava as organizações a repensar (Smith, 2007).

Na terceira onda, *Process-Oriented Organizational Design*, que surgiu no final da década de 1990 e início da década de 2000, o foco é o design organizacional que aumenta o foco no processo. Parece simples, mas pode trazer algumas complexidades como, quais são as novas descrições de cargos para as novas funções, a quem é que as pessoas vão reportar, que novos departamentos vão ser criados? A lista de questões é longa, mas o objetivo é claro, aumentar o foco no processo para operar com a máxima eficiência (Smith, 2007).

O desafio ao projetar uma estrutura organizacional focada em processos é encontrar o equilíbrio entre o foco no processo e a competência funcional, senão uma organização excessivamente funcional pode tornar-se ineficiente em termos de processos ou uma organização totalmente focada no processo pode sofrer com falta de competência funcional (Smith, 2007).

Com isto, a terceira onda fez com que as organizações percebessem que o desempenho do processo era um fator-chave nas tomadas de decisão de alto nível. O processo teve de ter sido sempre considerado e integrado para planear o futuro da organização (Smith, 2007).

A quarta e última onda, *Process-Based Competition*, que é a que prevalece nos dias de hoje, é onde o processo é ligado com a estratégia. Isto significa que não se deve só identificar as fraquezas do processo e corrigi-las, mas deve-se também perceber como é que os pontos fortes podem ser bem mais aproveitados (Lizano-Mora et al., 2021; Smith, 2007).

2.1.2. The BPM Six Core Elements Model

The BPM Six Core Elements Model, descreve as áreas de capacidade organizacional que são relevantes para o BPM. Este modelo ajuda as pessoas que são responsáveis pela tomada de decisões numa organização a classificar as ações que são tomadas na aplicação do BPM, estando estas divididas por seis áreas: alinhamento estratégico, governamental, métodos, TI, pessoas e cultura (Figura 5) (Rosemann & vom Brocke, 2010; vom Brocke & Mendling, 2018).

| Alinhamento Estratégico | Governamental | Métodos | TI | Pessoas | Cultura | Fatores |
|---|---|---|---|---|---|---------------------|
| Planeamento da melhoria dos processos | Gestão de processos e tomada de decisões | Conceção e modelação de processos | Conceção e modelação de processos | Competências e conhecimentos especializados em matéria de processos | Capacidade de resposta à mudança de processos | Áreas de capacidade |
| Ligação entre estratégia e capacidade de processo | Funções e responsabilidades do processo | Implementação e execução de processos | Implementação e execução de processos | Conhecimentos de gestão de processos | Valores e crenças do processo | |
| Arquitetura de processos empresariais | Métricas de processos e ligação ao desempenho | Monitorização e controlo de processos | Monitorização e controlo de processos | Educação processual | Atitudes e comportamentos do processo | |
| Medições de processos | Normas relacionadas com os processos | Melhoria e inovação de processos | Melhoria e inovação de processos | Colaboração no processo | Liderança com atenção ao processo | |
| Cientes do processo e partes interessadas | Conformidade da gestão de processos | Gestão de programas e projetos de processos | Gestão de programas e projetos de processos | Líderes de gestão de processos | Redes sociais de gestão de processos | |

Figura 5 - Os seis elementos centrais do BPM. Adaptado de: (Rosemann & vom Brocke, 2010)

- **Alinhamento estratégico:** Contribui para os objetivos estratégicos e superiores da organização. Capacidades relacionadas incluem a avaliação de processos e iniciativas de gestão de processos de acordo com sua adequação à estratégia corporativa global (Armistead et al., 1999; Rosemann & vom Brocke, 2010; vom Brocke & Mendling, 2018);
- **Governamental:** Deve ser implementado na estrutura organizacional. As capacidades relacionadas incluem a atribuição de tarefas relacionadas com o BPM às partes interessadas e a aplicação de princípios e regras específicos para definir as responsabilidades e controlos necessários ao longo de todo o ciclo de vida do processo empresarial (Rosemann & vom Brocke, 2010; vom Brocke & Mendling, 2018);

- **Métodos:** Deve ser apoiado por métodos de concepção, análise, implementação, execução e monitorização de processos. As capacidades relacionadas incluem a seleção dos métodos, ferramentas e técnicas de BPM apropriados e a sua adaptação e combinação de acordo com os requisitos da organização (Adesola & Baines, 2005; Rosemann & vom Brocke, 2010; vom Brocke & Mendling, 2018);
- **TI:** Deve utilizar a tecnologia como base para a concepção e implementação de processos. As capacidades relacionadas incluem a capacidade de selecionar, implementar e utilizar soluções relevantes que abrangem, por exemplo, a gestão do fluxo de trabalho, a gestão adaptativa de processos ou soluções de exploração de processos (Rosemann & vom Brocke, 2010; vom Brocke & Mendling, 2018);
- **Pessoas:** Deve ter em conta as qualificações dos colaboradores e a sua experiência em processos empresariais relevantes. Capacidades relacionadas incluem a avaliação do impacto nos recursos humanos de iniciativas e programas relacionados ao BPM que facilitam o desenvolvimento de habilidades relacionadas a processos em toda a organização (Rosemann & vom Brocke, 2010; vom Brocke & Mendling, 2018);
- **Cultura:** Deve ser acompanhado por um sistema de valores comum que apoie a melhoria e a inovação dos processos. As capacidades relacionadas incluem a capacidade de avaliar os valores da cultura organizacional e a capacidade de derivar medidas para desenvolver esses valores em conformidade (Hernaus, 2011; Rosemann & vom Brocke, 2010; Ubaid & Dweiri, 2020; vom Brocke & Mendling, 2018).

2.1.3. Ciclo de Vida

As fases do BPM estão organizadas dentro do ciclo de vida do BPM, um modelo que sintetiza as etapas e atividades envolvidas nos projetos de BPM. Existem diversos modelos de ciclo de vida (Alotaibi, 2016; de Moraes et al., 2014; Szelągowski, 2018; Van Der Aalst, 2004), nos quais as fases podem variar, mas todas as abordagens seguem os mesmos princípios e objetivos (Houy et al., 2011; Sabri et al., 2018; Weinzierl et al., 2024). Na Figura 6, é possível observar o Ciclo de Vida do BPM que vai ser posteriormente abordado ao longo do capítulo.

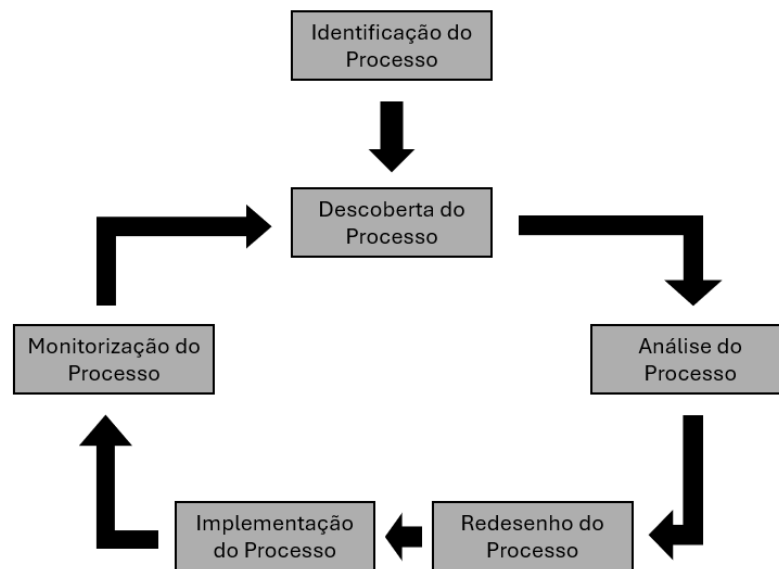


Figura 6 - Ciclo de vida do BPM. Adaptado de: (Dumas et al., 2013)

Conforme apresentado na Figura 6, identificar o processo é o primeiro passo, que nos ajuda posteriormente a descobri-lo. Com isto, é possível analisar o processo para de seguida ser redesenhado em torno do objetivo principal, aumentar a eficiência operacional. Depois do processo estar totalmente redesenhado prossegue-se para a fase da implementação. Estando o processo completamente implementado é necessário fazer a sua monitorização, recorrendo a um conjunto de KPI (Sabri et al., 2018).

Será explicada cada uma destas fases detalhadamente.

Identificação do Processo

Esta é a primeira fase após o problema do negócio ser apresentado. Os processos relevantes para a questão em análise são identificados, definidos e relacionados. O resultado da identificação do processo é uma arquitetura nova ou redesenhada que nos fornece uma visão abrangente dos processos de uma organização. Essa arquitetura é usada para decidir qual processo ou conjunto de processos vão ser analisados nas fases seguintes do ciclo de vida (Dumas et al., 2013).

Para entender a importância da identificação do processo, deve olhar-se para o contexto estratégico de uma organização, pois, são poucas as que possuem recursos necessários para aplicar o BPM em todos os seus processos. Mas mesmo com um cenário perfeito, em que todos os recursos estivessem disponíveis, não seria económico gastá-los dessa forma. Como qualquer outro investimento, o investimento em BPM precisa de render, portanto, todas as organizações que o apliquem devem focar-se apenas num processo ou num subconjunto de processos que seja realmente relevante, visto que alguns processos têm prioridade perante outros devido à sua importância estratégica para a sobrevivência de uma organização (Dumas et al., 2013).

Uma das principais razões para a identificação de processos é mesmo essa, a sua relevância estratégica, mas também devem ser identificados processos que têm problemas substanciais, tornando essa identificação uma tarefa contínua, visto que os processos numa organização

estão sujeitos à dinâmica do tempo e da mudança, e, com isto, entende-se que o que podem ser processos com relevância estratégica em algum momento para uma organização, noutra altura pode tornar-se num processo menos relevante devido a dinâmicas externas, como a procura desse produto no mercado, as regulamentações ou a introdução de novos produtos. Uma vez que os problemas específicos de um processo tenham sido resolvidos, deve mudar-se o foco para outros processos, mas nunca deixando estes no esquecimento (Dumas et al., 2013).

Para isto, uma organização deve ter um mapa de processos, com critérios claramente definidos para determinar a prioridade de cada um, conseguindo-se assim perceber, sempre que necessário, qual é o processo com mais relevância no momento (Dumas et al., 2013).

Descoberta do Processo

Alguns autores unem a identificação do processo com a descoberta do processo (Sabri et al., 2018), no ciclo de vida escolhido abordam-se separadamente, com isto, já se percebe melhor porque é que um ciclo de vida do BPM tem mais ou menos fases do que outro.

Nesta fase, é documentado o estado atual de cada processo relevante, normalmente na forma de um ou vários modelos de processo “as-is”, ou seja, atualmente implementado. É necessário reunir informações sobre o processo existente e organizá-lo como está. Esta fase é bastante demorada e trabalhosa na prática, portanto, deve ser definido um cenário no qual as informações possam ser efetivamente recolhidas. Para isto, podem ser descritas quatro tarefas na descoberta de processos:

- A definição do cenário, que se dedica a estruturar uma equipa para trabalhar no processo;
- A recolha de informações, que se foca em compreender o processo;
- A modelização do processo, que se baseia na criação real do modelo do processo para fornecer orientação para mapear o processo de forma sistemática;
- E, por fim, a garantia da qualidade do modelo do processo, que o objetivo é assegurar que o modelo do processo atenda a diferentes critérios de qualidade, estabelecendo confiança no mesmo (Dumas et al., 2013).

A descoberta do processo tem também três métodos que podem ser utilizados para reunir informações sobre um processo. A descoberta baseada em evidências, a descoberta baseada em entrevistas, e a descoberta baseada em workshops (Dumas et al., 2013).

A descoberta baseada em evidências também pode ser dividida em três métodos. A análise de documentos, que normalmente mostra a documentação disponível relacionada com um processo, e, com isto, num cenário ideal de uma organização que tem toda a documentação corretamente organizada é possível consultar políticas internas, organogramas, relatórios e certificados de qualidade, instruções e perfis de trabalho, manuais, etc., resumidamente, toda a documentação ligada ao processo a analisar. A observação, em que é seguido o processo diretamente, é um método bastante útil quando é interligado com a análise de documentos, sendo assim possível verificar se a documentação está correta face ao que está a ser desempenhado na área de trabalho. Mas neste método é necessário ter em conta que as

peças ligadas ao processo podem estar a agir de forma diferente, porque estão cientes que estão a ser observadas. Por fim, como último método, a descoberta automatizada de processos. Este método utiliza dados de execução de processos armazenados em sistemas empresariais comuns nas organizações, e, com isto, é possível descobrir automaticamente um processo (Dumas et al., 2013).

Com isto, é possível perceber que não há um método correto quando se passa para a descoberta do processo, o ideal é interligar uns métodos com os outros para se conseguir extrair o máximo de informação de um processo e evitar que alguns passos ou informações sejam esquecidas.

Análise do processo

Nesta terceira fase do ciclo de vida, Business Process Analysis (BPA), os problemas associados ao processo atual serão identificados, documentados, e, sempre que possível, quantificados usando dados de desempenho. No fim desta fase tem de ser possível visualizar uma coleção estruturada de problemas, problemas estes que devem estar ordenados por prioridade com base no seu impacto e no esforço estimado necessário para resolvê-los (Dumas et al., 2013).

Pedrinaci et al. (2009), refere que a expressão *"if you can't measure it, you can't manage it"* é frequentemente usada. Pode ser uma afirmação muito direta, mas refere exatamente o conceito da análise do processo, que passa por maximizar os aspetos medidos para avaliar e controlar a evolução do negócio.

Com isto, no BPA, é suposto as pessoas serem capazes de descrever e explicar o que está a acontecer dentro de uma organização. Aliado a isto está o esforço das partes interessadas e dos analistas do processo, de um lado está o conhecimento interno de como a organização funciona, e do outro está a experiência em passar esse conhecimento para linguagens formais associadas à modelagem de processos (Rebuge & Ferreira, 2012).

Redesenho do processo

A quarta fase do ciclo de vida é o Business Process Redesign (BPR), tendo como objetivo identificar alterações no processo que possam resolver os problemas identificados anteriormente e possibilitar que a organização alcance os seus objetivos de desempenho (Mansar & Reijers, 2005). Para isso, diferentes opções de mudança são avaliadas e comparadas com base nas métricas de desempenho definidas. Pode afirmar-se que a análise de processos e o redesenho de processos estão relacionados, à medida que novas alternativas de mudança são sugeridas, são analisadas a partir das técnicas de análise de processos. No final, as opções de mudança mais promissoras são selecionadas e combinadas para formar um processo redesenhado. Assim que concluído o redesenho do processo, o resultado é, normalmente, um modelo do processo futuro a ser implementado (Dumas et al., 2013).

Redesenhar o processo é essencial para as empresas estarem sempre em pé de igualdade com a concorrência, ou até conseguirem estar um passo à frente, e também conseguirem sempre atender às necessidades dos clientes, aumentando a sua diversidade (Ivanišević et al., 2023). Estes projetos de BPR envolvem bastante investimento humano e técnico, sendo assim considerada a fase com maior agregação de valor do ciclo de vida do BPM, mas também

gerando retornos promissores. O BPR refere-se à mudança dos processos de negócios dentro e além dos limites organizacionais, devido às mudanças que vão ocorrendo no mercado global, assim sendo, as organizações devem adaptar-se o mais rápido possível para acompanhar essas mudanças (Fehrer et al., 2022; Ivanišević et al., 2023).

Uma estrutura útil para demonstrar os objetivos do BPR é *The Devil's Quadrangle* (Figura 7). Esta estrutura é baseada em quatro dimensões de desempenho, o tempo, o custo, a qualidade e a flexibilidade. No cenário perfeito do BPR, com este método diminui-se o tempo necessário para tratar de algum problema, diminui-se os custos necessários para executar o processo, melhora-se a qualidade do produto final e aumenta-se a flexibilidade para lidar com variações no processo produtivo. Isto é no cenário perfeito, mas, por vezes melhorando um dos vértices do quadrilátero, está a piorar outro, fazendo com que seja difícil obter os quatro vértices no cenário perfeito, ou seja, no seu máximo de desempenho (Dumas et al., 2013; Reijers & Liman Mansar, 2005).

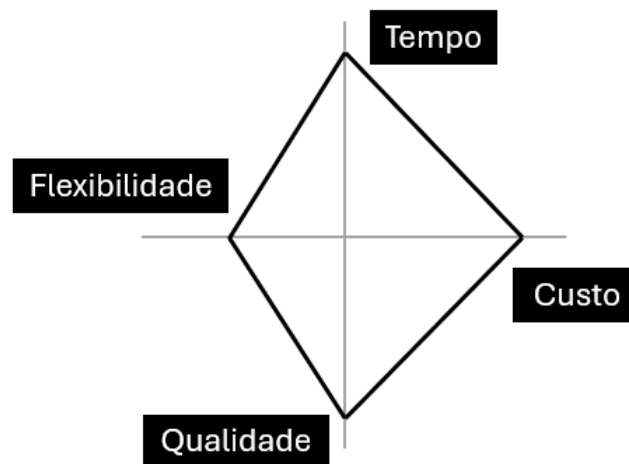


Figura 7 - O Quadrilátero do Diabo. Adaptado de: (Dumas et al., 2013)

Implementação do Processo

Como quinta fase do ciclo de vida vem a implementação do processo. Nesta fase acontece a mudança do processo *as-is*, para o processo *to-be*, ou seja, do processo como estava anteriormente, para o processo como vai estar futuramente. Tudo o que foi feito na fase de redesenho do processo pode agora ser implementado. Esta fase tem como aspetos principais a gestão da mudança organizacional, que se refere ao conjunto de atividades necessárias para mudar a maneira de trabalhar de todas as pessoas envolvidas no processo, e a automação, que se refere ao desenvolvimento e implementação de ferramentas TI que dão suporte ao novo processo (Dumas et al., 2013).

Para haver uma forma expressiva e de fácil interpretação pelos utilizadores finais e não só pelos especialistas no processo é utilizada a linguagem Business Process Model and Notation (BPMN). Esta linguagem é aplicada em praticamente todos os tipos de organização (Chinosi & Trombetta, 2012).

Dumas et al. (2013) propõe um método de cinco etapas para transformar um modelo de processo conceitual num executável, recorrendo à linguagem BPMN, sendo elas:

1. Identificar os limites da automação;
2. Rever as tarefas manuais;
3. Concluir o modelo de processo;
4. Levar o modelo de processo a um nível adequado de pormenor;
5. Especificar as propriedades de execução.

Com estas etapas é possível perceber que o modelo passará agora a ser menos abstrato e mais direcionado a TI, conseguindo-se ter uma perceção melhor de que a implementação está a ser feita.

Monitorização do Processo

Depois do processo redesenhado estar implementado, vem a sexta fase do ciclo de vida, a monitorização do processo. Nesta fase, são recolhidos dados relevantes para posteriormente serem analisados, conseguindo-se assim determinar se o processo está a atingir as suas medidas e objetivos de desempenho (Hammer, 2010). Os erros e desvios do comportamento pretendido devem ser identificados e implementadas ações corretivas (Metzger et al., 2015), verificando-se assim que podem aparecer novamente problemas neste novo processo redesenhado, o que mostra que o ciclo de vida do BPM não deve terminar aqui, deve ser continuamente repetido, como mostra a Figura 6 (Dumas et al., 2013).

Esta monitorização do processo consiste em usar e analisar dados que um determinado processo gerou, para retirar dados sobre o desempenho do processo, verificando também a sua conformidade em relação a regulamentos, políticas e normas (Teinmaa et al., 2016).

Para esta monitorização podem ser usadas duas técnicas. A técnica baseada em estatísticas, que permite analisar um processo através da visualização de dados, que normalmente são agrupados em painéis (Teinmaa et al., 2016), painéis estes que podem ser estratégicos (direcionados à gerência), painéis táticos (direcionados a analistas do processo) e painéis operacionais (direcionados a pessoas a operar no processo). A segunda técnica, é a técnica baseada em modelos, que permite comparar o processo a analisar com um determinado modelo de processo idêntico. Permite analisar o desempenho do processo e analisar certas variantes comparando um com o outro (Dumas et al., 2013).

Um sistema muito usado nesta fase é o Business Activity Monitoring (BAM). Este sistema fornece acesso em tempo real a indicadores críticos de desempenho para melhorar a velocidade e a eficácia das operações. Este sistema foca-se muito nos *Key Performance Indicators* (KPI), em português, Indicadores Chave de Desempenho (Lubinski, 2016), que são muito importantes para esta fase do BPM, nomeadamente a escolha dos KPI corretos para cada tipo de processo a analisar, mas será o tema do próximo capítulo.

2.2. Key Performance Indicators (KPI)

Como referido na última fase do ciclo de vida do BPM, os KPI têm um papel fundamental no processo de monitorização e controlo. Sem eles, seria muito mais difícil monitorizar um processo, tornando o processo de controlo inexecutável, assim, com eles, é possível monitorizar o processo e identificar pontos que sejam necessários melhorar (Spahija et al., 2012). São indicadores que se focam nos aspetos de desempenho de uma organização que são mais críticos para o sucesso atual e futuro da mesma. Para que sejam relevantes, devem estar alinhados com a estratégia da empresa, sendo selecionados para monitorizar as áreas mais críticas e influenciáveis do negócio, e, para isso, devem ser monitorizados continuamente, e sempre que necessário ajustados, para garantir que os KPI escolhidos pela organização ainda são pertinentes (Parmenter, 2019).

Os KPI são uma resposta a um medo organizacional geral de aplicações complexas e folhas de dados enormes que não permitem ter uma rápida visualização do pretendido. Por isso, um dos grandes objetivos dos KPI é apresentar dados técnicos numa linguagem relevante para o negócio e de visualização simples e rápida (Peterson, 2006).

Peterson (2006) refere também que é possível afirmar que os KPI são dados projetados para comunicar o máximo de informação possível relevante, informação que deve ser projetada a partir de percentagens, proporções, taxas e médias, em vez de números brutos. Devem ser usados semáforos, em vez de gráficos de pizza e gráficos de barras, devem fornecer um contexto temporal em vez de apresentar tabelas de dados e devem impulsionar ações críticas para a organização. O mesmo refere que tudo isto é uma maneira educada de dizer *“Any KPI that, when it changes suddenly and unexpectedly does not inspire someone to send an email, pick up the phone or take a quick walk to find help, is not a KPI worth reporting.”*

Peterson (2006) também refere algumas boas práticas de apresentação de KPI:

- **Usar cores:** Verde para “bom”, vermelho para “mau”, amarelo para “está a ficar mau”, são cores tipicamente usadas nos KPI para realçar os mesmos;
- **Mostrar a comparação ao longo do tempo:** Nunca se deve apresentar um indicador de desempenho estaticamente, deve mostrar-se a quem está a visualizar, comparações temporais, como “ontem”, “semana passada”, “mês passado”;
- **Setas representativas:** Apresentar indicadores com tendência de subida com setas para cima, e indicadores com tendência de descida com setas para baixo. Mesmo que os números dos indicadores já estejam com cores, nunca é demais dar ao leitor um contexto adicional;
- **Mostrar a variação percentual:** Como os KPI são projetados para definir expectativas, mostrar a variação percentual de um período para outro é importante, assim, quem está a visualizar consegue entender facilmente onde se encontra em relação ao esperado;

- **Definir limites, metas e mostrar avisos:** É importante definir limites e mostrar avisos em relação aos mesmos quando um KPI desce mais que o expectável, para dar ênfase à gravidade da situação a quem o está a visualizar. O mesmo se aplica às metas, também é importante comunicar avisos quando estão longe de ser alcançadas.

Com isto, consegue-se perceber que os KPI podem ser aplicados em diversas áreas de negócio (Lindberg et al., 2015) e perceber se o mesmo se encontra em direção ao sucesso. Apenas variam os KPI aplicados em cada área de negócio ou até mesmo dentro da mesma área e organização. Cada departamento pode definir os seus KPI visto que variam as métricas e objetivos de uns departamentos para os outros, dependendo do que é que está a ser analisado.

2.2.1. Classificação de Indicadores

Muitas empresas estão a trabalhar com medidas de desempenho erradas, muitas das quais são incorretamente chamadas KPI. Muito poucas monitorizam os seus verdadeiros KPI, e isto acontece porque apenas um número muito pequeno de empresas sabe o que é realmente um KPI (Badawy et al., 2016).

Parmenter (2019) abordou os indicadores minuciosamente e propôs a sua divisão em quatro níveis. *Key Result Indicators (KRI)*, *Result Indicators (RI)*, *Performance Indicators (PI)* e *Key Performance Indicators (KPI)*.

Os KRI, são frequentemente confundidos com os KPI. Têm como características comuns o resultado de muitas ações realizadas pelas equipas de uma organização ao longo de um período. Analisam dados passados, e, assim sendo, devem apenas ser revistos em reuniões trimestrais mostrando como é que a organização está a progredir com a sua estratégia.

Os KRI têm pouca utilidade para a gestão de topo das empresas visto que só são revistos de trimestre a trimestre, ficando tarde para a organização mudar de direção e também não transmitem o que é necessário para melhorar resultados.

Os RI, resumem o trabalho de várias equipas, são bons para ter uma visão geral do desempenho dessas equipas a trabalhar juntas. Por exemplo, analisando medidas de desempenho financeiro, são um resultado de várias atividades pois envolvem o esforço de várias equipas, desde as equipas de vendas até às equipas de fabricação, despacho, garantia da qualidade, etc. Os KRI permitem analisar dados com mais tempo, os RI para além de permitirem analisar dados com mais tempo também permitem analisar dados diários ou semanais.

Os PI, ao contrário dos RI, são indicadores que não são financeiros. São importantes, mas não são cruciais para o negócio, ajudam as equipas a alinharem-se com a estratégia da organização e complementam os KPI.

Os KPI, são semelhantes aos PI, mas são cruciais para o negócio, são aqueles indicadores que se concentram nos aspetos de desempenho mais críticos para o sucesso atual e futuro da organização. Na Tabela 1, é possível ter uma melhor perceção do horizonte temporal desta classificação de indicadores.

Tabela 1 - Horizonte temporal dos Indicadores. Adaptado de: (Parmenter, 2019)

| Passado | | | | Atual | Futuro | | |
|------------|------------------|------------|---------------|--------------|----------------|-------------|-------------------|
| KRI | | | KPI | | | | |
| PI | | | | PI | PI | | |
| RI | | | | RI | RI | | |
| Último ano | Último trimestre | Último mês | Última semana | Ontem e hoje | Próxima semana | Próximo mês | Próximo trimestre |

2.2.2. Características dos KPI

Os KPI devem-se relacionar a um resultado comercial específico alcançável em termos de desempenho. Responder a perguntas básicas pode ajudar a defini-los corretamente, perguntas como:

- Qual é o resultado pretendido?
- Porque é que este resultado é importante?
- Como é que vai ser medido?
- O que é que vai ser medido?
- Como é que pode ser influenciado?
- Com que frequência é estimado?

Se os KPI forem definidos corretamente numa organização, acabarão por mostrar evidências claras do progresso em direção aos seus objetivos (Vartiak & Garbarova, 2024).

A sigla SMART descreve vários princípios simples e fáceis de lembrar para determinar um KPI (Vartiak & Garbarova, 2024):

- **Específico (*Specific*):** deve ser claro e preciso;
- **Mensurável (*Measurable*):** deve ser especificado em unidades;
- **Atingível (*Achievable*):** a meta deve ser definida de forma a ser atingida;
- **Relevante (*Relevant*):** deve ser aplicado corretamente e relevante para a organização;
- **Limitado no tempo (*Time-bound*):** os KPI só fazem sentido quando são limitados no tempo.

SMART é apenas uma das várias técnicas existentes para se determinar um KPI. Diversos autores apresentam vários fatores determinantes para os KPI (Aithal & Aithal, 2023; Daryakin et al., 2019; Lo Lacono F. et al., 2018), não divergindo muito uns dos outros.

Parmenter (2019) refere que a partir de uma análise abrangente e de discussões com mais de três mil pessoas que participaram nos seus *workshops* de KPI abrangendo a maioria dos tipos de organizações do setor público e privado, concluiu que os KPI têm sete características:

1. **Não financeiro:** Medidas não financeiras. Quando se coloca o símbolo do euro, dólar, libra ou qualquer outra moeda, já se está a converter o indicador num indicador de resultado;
2. **Oportuno:** Medido com frequência. Os KPI devem ser monitorizados 24/7, diariamente ou para alguns, semanalmente. Todos os indicadores que sejam medidos mensalmente, trimestralmente ou anualmente já não podem ser um KPI, pois não pode ser essencial para o negócio algo que esteja a ser monitorizado bem depois do seu acontecimento;
3. **Foco do CEO:** Todos os KPI têm a atenção constante do CEO, normalmente entrando em contacto com as equipas responsáveis por esses KPI para perceber alguma exceção ou até para perguntar sobre algum desempenho excepcional, pois o seu interesse deve ser mostrado nas duas situações;
4. **Simples:** Um KPI deve transmitir que ação precisa de ser tomada. Todos os colaboradores compreendem a medida (Kobushko et al., 2020) e as medidas corretivas são necessárias;
5. **Baseado em equipa:** Um KPI é profundo o suficiente na organização para ser vinculado a uma equipa. A equipa pode ser contactada e aceitará a responsabilidade e pode tomar medidas para melhorar esse indicador;
6. **Impacto significativo:** Um KPI afeta uma série de fatores críticos de sucesso da organização;
7. **Lado escuro limitado:** Todas as medidas têm o seu lado escuro, uma consequência não intencional em que a equipa tomará algumas ações corretivas que são contrárias às intenções desejadas. Portanto, é importante testar as medidas de desempenho para garantir que ajudam as equipas em prol do benefício da organização, antes de se tornar um KPI.

2.2.3. Princípios de Implementação

Parmenter (2019) refere que existem sete pilares fundamentais que precisam de ser estabelecidos antes de desenvolver e utilizar com sucesso um KPI, sendo o sucesso ou fracasso do mesmo, determinado pela presença ou ausência desses sete pilares, sendo eles:

1. **Parceria com funcionários, sindicatos e terceiros:** De forma a alcançar a melhoria de desempenho bem-sucedida é necessário estabelecer uma parceria entre a gerência da organização, representantes locais dos funcionários, sindicatos que representam os funcionários da organização, funcionários, principais fornecedores e principais clientes. Para isto é necessário que todas estas partes envolvidas reconheçam a necessidade da mudança organizacional e estejam dispostas a adquirir o conhecimento sobre como a mudança pode ser implementada;
2. **Transferência de poder para a linha da frente:** A melhoria bem-sucedida do desempenho também requer o empoderamento dos funcionários da organização, particularmente daqueles que estão a operar na linha da frente. Para isso, é necessário

adotar comunicações efetivas e honestas, capacitar os funcionários a tomar medidas para corrigir situações que estejam a ter impacto negativo nos KPI e adotar metodologias *Lean e Kaizen*;

3. **Medir e relatar apenas o que importa:** É essencial a gerência garantir que o desempenho seja medido e relatado de uma forma que promova ações apropriadas. As organizações devem relatar eventos diariamente, semanalmente ou mensalmente, dependendo da sua importância, e esses eventos relatados devem abranger os fatores críticos de sucesso. São estes fatores críticos de sucesso e as suas medidas de desempenho que vinculam as atividades diárias às estratégias da organização;
4. **Obter todos os KPI dos fatores críticos de sucesso da organização:** O principal objetivo das medidas de desempenho é garantir que os funcionários gastem as suas horas de trabalho focados maioritariamente nos fatores críticos de sucesso da organização, então, estes, devem ser a fonte das medidas de desempenho mais importantes, os KPI. Esses fatores críticos de sucesso têm impacto 24/7 no negócio da organização, portanto é importante as atividades diárias da organização estarem alinhadas com estes;
5. **Abandonar processos que não produzem resultados:** Reconhecer o erro é importante, posto isto, o abandono é um sinal de que a gerência está a reconhecer que algumas iniciativas nunca funcionarão como planeado inicialmente, sendo preferível abandonar algo que não produz resultados do que continuar com isso dentro da organização. É mais importante a organização ter abandonado processos que ocupavam tempo desnecessariamente e utilizar esse tempo no projeto dos KPI;
6. **Nomeação de um chefe de equipa de KPI interno:** É necessário nomear uma pessoa interna como líder da equipa do projeto KPI. Alguém que seja bastante respeitado dentro da organização e que tenha tido sucesso na implementação de outros projetos. É mais provável que a equipa que está preocupada com a mudança apoie algum nomeado interno de confiança. Quando é recrutado um novo funcionário ou consultor para realizar um novo trabalho ou projeto, há sempre muita incerteza nas equipas, fazendo os membros perguntarem-se se as suas tarefas favoritas vão desaparecer ou se os seus salários vão sofrer alterações;
7. **Compreensão por toda a organização sobre a definição dos KPI vencedores:** É importante que a equipa de gestão sénior transmita o significado de KPI, e que todas as violações do termo “KPI” sejam rapidamente detetadas e corrigidas pela equipa. Para isto, é importante que as equipas saibam diferenciar os KRI, RI, PI e KPI.

2.3. Manufacturing Execution Systems (MES)

Os Manufacturing Execution Systems (MES), tiveram origem no início dos anos 1980. Hoje, estes sistemas podem oferecer aplicações em tempo real, gerar mapas atuais e até históricos para equipamentos de produção, podendo assim ser usados como base para processos de otimização (Kletti, 2007).

Os MES inicialmente foram implementados em indústrias focadas nas áreas da química e farmacêutica. Foi considerada uma ferramenta útil apenas para grandes indústrias até ao início dos anos 2000, mas a partir daí tudo mudou, entendeu-se que os benefícios dos MES também podem dar suporte a empresas menores (D'Antonio et al., 2017).

Um MES tem dois propósitos principais (Segonds et al., 2017). Primeiro o sistema deve fazer a gestão do fluxo de dados de cima para baixo. As exigências e necessidades definidas pelo nível organizacional precisam de ser transformadas num planeamento sequencial ideal que atenda a esses objetivos. Essa sequência deve ser determinada ao explorar de forma eficaz os recursos disponíveis como funcionários, máquinas, materiais, inventário, e também restrições do processo, como tempos de ciclo, configuração, e capacidade das linhas produtivas (D'Antonio et al., 2017).

O segundo propósito é gerir o fluxo de dados de baixo para cima. Informações sobre o desempenho do processo e a qualidade do produto podem ser obtidas diretamente no chão de fábrica. O sistema MES tem a função de recolher esses dados, processá-los usando técnicas matemáticas adequadas e gerar uma visão consolidada, que será apresentada ao nível estratégico da empresa, fornecendo uma visão clara do estado atual do processo. Em muitos casos, essa análise deve ser feita em tempo real para permitir a tomada de decisões rápidas no controlo do processo. Recentemente, o avanço de sensores compactos, económicos e amplamente acessíveis resultou na popularização de sistemas de monitorização, que são utilizados para avaliar tanto a qualidade do produto quanto o desempenho do processo, além de apoiar a melhoria contínua da produção (D'Antonio et al., 2017).

A curto e médio prazo um MES permite identificar se um processo está estável ou não. Quando sinais de instabilidade aparecem, o software pode prever quando é que o processo ficará fora de controlo e produzirá peças que não correspondem à qualidade esperada, e, assim, intervenções de manutenção podem ser planeadas numa abordagem preventiva tendo em conta outras restrições como o tempo de inatividade já planeado, mas, isto só reforça a ideia de que é sempre melhor aplicar uma manutenção preventiva do que uma corretiva. Esta previsão é muito útil para evitar a produção de peças que não estejam em conformidade, reduzindo assim o desperdício na organização. A longo prazo, as informações fornecidas pelo software podem ser analisadas para se perceber tendências históricas, aspetos críticos e identificar também fontes de problemas e desperdícios (D'Antonio et al., 2017).

A transformação da fábrica clássica de uma unidade de produção para um centro de serviços moderno resultou num avanço que muitas empresas ainda não estavam prontas para enfrentar. A eficiência económica da criação de valor atual não é só uma propriedade dos

produtos, mas passa a ser também do processo, com o constante avanço tecnológico (Kletti, 2007).

Arica & Powell (2000) refere que a Indústria 4.0 ainda é muito importante nas indústrias de manufatura. Devido aos seus altos níveis de automação, produtos e recursos inteligentes equipados com sensores, tecnologias de internet e troca de dados em tempo real criam valores e negócios a partir da digitalização. Os sistemas MES interligam-se perfeitamente com a Indústria 4.0 (Beregi et al., 2021) visto que auxiliam na monitorização da produção e controlam operações no chão de fábrica. Embora os MES já existissem antes de surgir a Indústria 4.0, vários estudos referem que estes são uma tecnologia chave da Indústria 4.0 e afirmam que assim que as organizações pensam em Indústria 4.0 devem também pensar em MES (Wiech et al., 2022).

Kurmanov (2023) refere que a integração de um sistema MES não exige grandes custos, e há muitos pontos positivos na sua implementação, a aceleração das atividades de produção devido à melhoria e otimização de vários processos, o aumento da produtividade de equipamentos tecnológicos e funcionários, a capacidade de melhorar a qualidade de um produto devido à possibilidade de introdução de alterações necessárias ao planeamento do processo e o aumento da velocidade de processamento de dados. Quanto à escolha do sistema MES indicado para a organização, o primeiro passo não deve ser a escolha do sistema, mas sim identificar um processo que tenha várias oportunidades de melhoria dentro da organização para posteriormente poder ser escolhido o sistema MES com base em funções desse sistema que possam ser úteis para a otimização desse processo.

2.3.1. Funções principais dos MES

A Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA), uma organização sem fins lucrativos que agrupa as partes interessadas do ecossistema da manufatura com o objetivo de compartilhar as melhores práticas de gestão relacionadas à aplicação de TI (Aramja et al., 2021), menciona onze funções principais dos MES (Marcelo et al., 2003; Qiu & Zhou, 2004) para um suporte eficaz da gestão de produção:

1. **Planeamento detalhado:** Otimização da sequência e do tempo dos pedidos, ajustados ao desempenho das máquinas, incluindo as suas capacidades com outros recursos. Os MES devem desenvolver o funcionamento sequencial da produção com base nas propriedades, atributos, características e receitas associadas a cada produto, em cada encomenda. Um subconjunto dos objetivos dos MES é a redução do tempo de preparação das máquinas e, para isso, devem gerar as misturas de operações mais eficientes;

2. **Alocação e estado dos recursos:** Orientar o que as pessoas, máquinas, ferramentas e materiais devem fazer ou onde devem estar, e rastrear o que estão a fazer atualmente ou o que acabaram de fazer. Para além disso, os MES devem ser capazes de fornecer informação sobre o histórico de cada um dos elementos referidos, garantir que estes recursos estão devidamente preparados para as atividades de produção e acompanhar o seu estado em tempo real, de forma que os objetivos de produção sejam devidamente atingidos;
3. **Escalonamento de unidades de produção:** Dar a ordem para enviar materiais ou pedidos para certas partes da planta da empresa para iniciar um processo ou etapa. Os MES devem gerir todo o fluxo de produtos na empresa, seja por encomenda, produto final, ou qualquer outro método desejado. A ordem que essas encomendas são processadas deve ser controlada pelos MES, tendo em consideração a cadeia de propriedades e possíveis alterações no plano, mesmo após o início do trabalho. Os MES precisam de ser capazes de ajustar o plano de produção no chão de fábrica e equilibrar as atividades em andamento a qualquer momento;
4. **Controlo de documentos:** Gerir e distribuir informações sobre produtos, processos, projetos ou pedidos, e também reunir declarações de certificação de trabalho e condições. O processo de produção geralmente requer um conjunto de documentos para garantir o seu funcionamento adequado. Os MES devem ser capazes de fornecer aos operadores informações como desenhos, receitas, diagramas, esquemas elétricos, instruções operacionais, orientações de segurança, listas de peças, ordens de produção e outros documentos necessários para o processo produtivo, dependendo do ramo da organização;
5. **Rastreo e Genealogia de Produtos:** Monitorizar o progresso de unidades, lotes, ou lotes de saída para criar um histórico completo do produto. Durante a fabricação de cada encomenda, os MES devem monitorizar os equipamentos e materiais alocados a cada produto, assim como os operadores e supervisores responsáveis por cada fase da produção, eventuais problemas também devem ser monitorizados. Ao concluir cada etapa, as informações devem ser disponibilizadas de maneira que seja possível rastrear cada produto vendido até aos seus componentes e processos;
6. **Análise de desempenho:** Comparar resultados medidos no chão de fábrica com metas e métricas definidas pela organização, clientes ou órgãos reguladores. O sistema deve gerar relatórios analíticos em tempo real sobre os indicadores de desempenho do processo produtivo, como produtividade por máquina e operador, dados sobre parâmetros de qualidade, utilização de recursos e tempo de ciclo de cada peça. Essas informações normalmente são apresentadas em relatórios online, permitindo uma avaliação contínua da produção;

7. **Gestão do trabalho:** Acompanhamento e direcionamento do uso de pessoal de operações durante um turno de trabalho com base em qualificações, padrões de trabalho e necessidades comerciais. As atividades de gestão de trabalho dos MES envolvem o controlo e a alocação de recursos, a manutenção de registos atualizados das competências específicas de todos os trabalhadores no processo de produção, a monitorização de certificações e a análise de produtividade. Os MES devem-se integrar aos sistemas de controlo de frequência dos trabalhadores, permitindo a realocação da mão de obra sempre que necessário;
8. **Gestão da manutenção:** Planear e executar atividades apropriadas para manter o equipamento e outros ativos no chão de fábrica com o seu desempenho conforme o esperado. O sistema deve gerir as atividades de planeamento da manutenção preventiva, além de iniciar as ações de manutenção corretiva ou alertar as equipas de manutenção quando ocorrem alarmes. Também é necessário manter um histórico das atividades de manutenção, juntamente com o estado atual de todas as equipas de manutenção;
9. **Gestão de processos:** Controlo e gestão do fluxo de trabalho de uma unidade de produção de acordo com as cargas e especificações planeadas e atuais. Os MES devem acompanhar as atividades de produção de forma contínua e fornecer aos operadores informações adequadas para que, se necessário, possam adotar medidas corretivas nos processos. É recomendável que os MES identifiquem e tratem os alarmes que ocorrem no chão de fábrica, permitindo que os gestores de produção estejam cientes das situações e tenham os recursos necessários para tomar ações;
10. **Gestão da qualidade:** Registrar, rastrear e analisar as características do produto e do processo em relação aos ideais. As funções dos MES relacionadas à qualidade no processo de produção envolvem a análise em tempo real das características de monitorização dos itens de produção, para identificar tendências anormais na produção e tomar medidas corretivas. A coleta de dados deve ser realizada por meio de interfaces específicas conectadas aos sistemas de produção, além de terminais disponíveis no chão de fábrica, permitindo que os operadores insiram os dados de maneira periódica;
11. **Coleta e aquisição de dados:** Monitorizar, reunir e organizar dados sobre processos, materiais e operações de funcionários ou máquinas. Os MES devem gerar informações de produção relacionadas a cada encomenda e produto, como parâmetros de produção, índices de produtividade, relatórios de problemas e alarmes gerados durante o processo produtivo. É importante que os MES estejam integrados aos equipamentos de produção, garantindo que esses dados sejam acessíveis aos operadores em tempo real, possibilitando uma supervisão eficiente das atividades no chão de fábrica.

Devido a estas variações na função principal do produto, do âmbito e no ambiente de destino da aplicação, muitos deles oferecem diferentes combinações de funções, uns implementam explicitamente uma ou algumas destas onze funções com recursos adicionais incluídos, com o objetivo de fornecer soluções aplicáveis a diferentes tipos de instalações, processos e

organizações. De acordo com a MESA, os MES oferecem às empresas de manufatura os melhores benefícios dos softwares de manufatura, e visam otimizar as atividades de produção (Chen et al., 2020) com melhorias significativas de flexibilidade para corresponder aos pedidos dos clientes, reduções nos tempos de ciclo, e consequentemente o aumento da satisfação do cliente (Qiu & Zhou, 2004).

2.3.2. Interoperabilidade dos MES

Muito semelhante a outros tipos de softwares de fabricação, os MES seguem as tendências das tecnologias de computação e rede. Geralmente garantem o fornecimento de interfaces de programação de aplicações para facilitar a integração com outras aplicações como *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Sales and Service Management* (SSM), *Supply Chain Management* (SCM), *Customer Relationship Management* (CRM) e *Computer-Aided Engineering* (CAE) (Qiu & Zhou, 2004).

Os MES sobrepõem-se a todos esses sistemas, como representa a Figura 8. Por exemplo, tanto os sistemas SCM como os MES podem incluir gestão de stocks e logística. Tanto os sistemas ERP como os MES podem ter algoritmos de gestão de alocação de recursos e controlo de produção. No entanto, quando um MES é aplicado, habitualmente é mais com o foco na produção em tempo real, otimizações de operações e executar instruções detalhadas. São funções projetadas para acesso direto por colaboradores como gestores de produção, gestores de materiais, equipas de manutenção e qualidade, técnicos no chão de fábrica, e por vezes operadores (Qiu & Zhou, 2004).

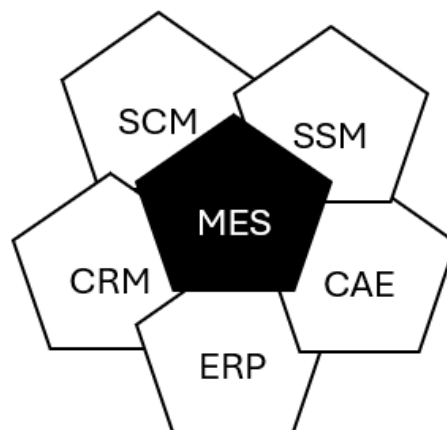


Figura 8 - Sobreposição dos MES aos outros sistemas. Adaptado de: (Qiu & Zhou, 2004)

Aramja et al. (2021) refere que, visto que os MES desempenham um papel central entre o chão de fábrica e alguns níveis de gestão, garantir um alto nível de integração com outros sistemas de informação empresarial é de extrema importância. Por exemplo, os MES devem ser capazes de comunicar e trocar dados com aplicações ERP, que são consideradas para melhorar a gestão da cadeia de suprimentos e ter acesso imediato a informações confiáveis para haver melhores tomadas de decisão por parte dos gestores. Também precisam de se relacionar com sistemas de gestão de produção e processos, como *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA),

Programmable Logic Controller (PLC) (Shojaeinasab et al., 2022) ou, em fábricas menos tecnológicas, maneiras que ligam a produção e os processos a estes programas. Na Figura 9, é possível perceber melhor o posicionamento dos MES dentro da pirâmide de produção.

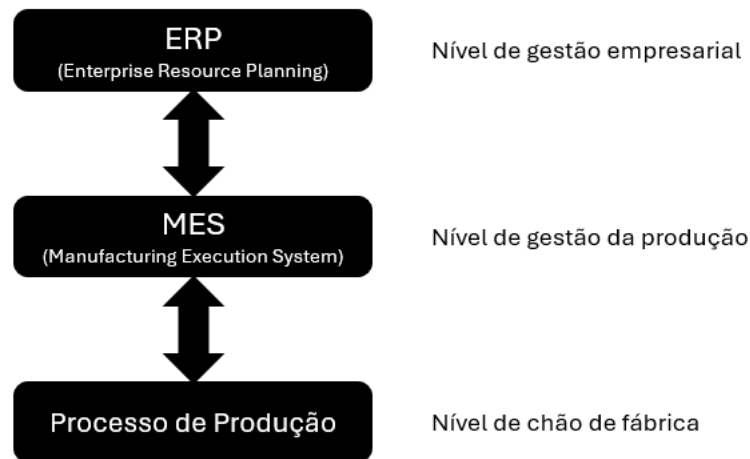


Figura 9 - Posicionamento dos MES dentro da pirâmide de produção. Adaptado de: (Aramja et al., 2021)

Jeon et al. (2017) refere que embora os sistemas ERP suportem o fluxo de informações entre a organização e as partes interessadas externas, usar este sistema sozinho não é tão benéfico como interligá-lo com um MES, pois o sistema ERP foca-se maioritariamente em questões de gestão e não tem foco no chão de fábrica, e visto que as empresas de manufatura da atualidade têm enfrentado vários tipos de encomendas, *stocks* a subir e descer abruptamente devido a produções personalizadas, alterações dos cronogramas de operações, entre outros fatores, já não faz tanto sentido ter um sistema ERP sem um suporte como um MES.

Yang et al. (2016) refere que os MES foram introduzidos para atuar como uma ponte entre os objetos físicos do chão de fábrica e o ERP orientado para a gestão. Estas transferências automáticas de dados entre máquinas e processos no chão de fábrica para os sistemas ERP através dos MES (Cupek et al., 2016), também eliminam uma barreira muito grande que são os erros promovidos pela entrada manual de dados, promovendo assim a digitalização através da substituição de operações manuais repetidas, acelerando relatórios e permitindo o planeamento flexível da produção (Witsch & Vogel-Heuser, 2012).

Com isto, é possível perceber-se que o ideal não é apenas ter um sistema e esperar tudo dele, o ideal será interligar os sistemas e tirar o melhor proveito de cada um, daí a interoperabilidade dos MES ser bastante importante.

2.3.3. Tipos de MES

Para se entender melhor os tipos de MES existentes, Qiu & Zhou (2004) abordam alguns sistemas, que posteriormente podem ser comparados entre eles e com outros, no próximo capítulo.

WorkStream

A Consilium, Inc., que faz parte da Applied Materials, Inc., desenvolveu o WorkStream, um MES integrado para dar aos utilizadores controlo estratégico sobre operações de fabrico complexas, fornecendo funções como monitorização da produção em todas as fases de todas as operações, controlo proativo da qualidade, alertando os operadores de processamentos incorretos, consideração do estado atual do lote e do equipamento ao enviar um lote para produção e fornece uma interface padrão. Como fornece interfaces em tempo real para equipamentos automáticos, informações críticas sobre a produção e do estado do equipamento também podem ser recolhidas rapidamente (Qiu & Zhou, 2004).

PROMIS Encore

A PROMIS System Corporation, que pertence à Brooks-PRI Automation, fornece também um MES abrangente, versátil e integrável, o PROMIS Encore. Este software oferece monitorização em tempo real das várias etapas da fabricação de semicondutores baseada em lotes e uma visão do planeamento e controlo da produção de toda a empresa. Ao colocar o foco em soluções de módulo e soluções de integração, este software usa três camadas principais na sua arquitetura: a camada cliente/servidor, que é visível para os utilizadores e a qual a PROMIS System Corporation oferece melhores aplicações de software para clientes e servidores, a camada de estrutura de integração, a qual é o ponto principal da arquitetura, sendo uma estrutura de objeto, fornecendo a infraestrutura da aplicação fazendo com que as informações fluam, e, por último, a camada de armazenamento e gestão de dados, sendo estes serviços construídos em bases sólidas, oferecem também uma base sólida de armazenamento e gestão de dados de longo prazo para todo o sistema.

Xfactory

O Xfactory é um MES de modelação de objetos visuais desenvolvido pelo USDATA que aproveita o rápido desenvolvimento da tecnologia por parte da Microsoft. Este software oferece mecanismos para permitir compartilhar em toda a empresa eventos e métodos criados por um utilizador em tempo real, tendo como resultado o processo produtivo de um produto e a sua rastreabilidade disponível em tempo real. A visualização de dados com mais ou menos detalhe também é possível, dependendo dos campos que o visualizador selecione, e é possível misturar dados de vários sistemas conforme necessário para, por exemplo, se tomar decisões de produção.

MESA MES

A Camstar desenvolveu um software intitulado de MESA MES, que contém dezoito módulos interativos e integrados. É um sistema que otimiza as atividades de produção para melhorar continuamente a produtividade em ambientes de fabricação críticos, sendo essencial para o sucesso de um fabricante de semicondutores. Fornece dados em tempo real e controla as operações de produção, oferecendo maior visibilidade e controlo dos processos. Permite que os utilizadores definam procedimentos e processos de fabricação, controlando cada etapa do ciclo de produção. Além disso, monitoriza os processos, reúne dados importantes e fornece informações sobre diversos aspetos da produção, como materiais, equipamentos, operadores,

ferramentas e consumíveis. Também regista e consolida dados históricos e informações de desempenho essenciais para a gestão de recursos, controlo de qualidade, melhoria de processos e satisfação do cliente.

SiView

A IBM desenvolveu um software líder também implementado por muitos fabricantes de semicondutores, o SiView. Usando a arquitetura cliente/servidor, este MES, na ótica do cliente permite: obter informações sobre lotes, consumíveis, ferramentas e especificações e permite registar dados sobre o processo, consumíveis consumidos e dados sobre a qualidade do produto ao longo do processo. No lado do servidor, inclui cenários lógicos e de aplicação que vão desde um gerente de MES até um gerente de materiais para relatórios.

É de salientar que estes softwares foram abordados pelo autor no ano do artigo em questão, muitas atualizações e mudanças já podem ter acontecido posteriormente, portanto, visto que os artigos científicos são escassos em relação à abordagem específica de softwares MES, foi feita uma pesquisa de softwares:

SAP Digital Manufacturing

A SAP, marca muito conhecida atualmente por a grande maioria das empresas devido ao seu sistema ERP, também detém um software MES, o SAP Digital Manufacturing. Este software apoia operações de fabrico sustentáveis e resistentes ao risco através de uma abordagem de Indústria 4.0. A empresa refere vantagens como:

- Acompanhamento e melhoria de desempenho;
- Melhoria da visibilidade e consistência dos relatórios;
- *Insights* mais rápidos e mais consistentes;
- Melhoria da visibilidade dos processos;
- Adaptação a requisitos de individualização;
- Utilização dos ativos da empresa de forma mais eficaz (SAP, 2025).

WinTool

A interface MES do WinTool conecta o seu sistema de planeamento de tarefas aos dados de operação CNC do WinTool (Módulo de Arquivo CNC), oferecendo informações sobre a disponibilidade de programas, além de recursos e ferramentas de produção. Além disso, o WinTool facilita a otimização do uso das suas ferramentas, identificando a maneira mais eficiente e rápida de preparar as suas máquinas. Contribui para reduzir atividades que não agregam valor e minimizar desperdícios durante a produção, proporcionando mais tempo de usinagem para fabricar peças (Wintool, 2025).

MT-LINKi

O MT-LINKi é um software da marca FANUC que conecta máquinas, robôs e dispositivos periféricos dentro da fábrica. Permite a recolha e visualização de dados, oferecendo informações detalhadas sobre os processos de produção e dados históricos. O software pode

ser utilizado para integrar não apenas máquinas CNC FANUC ou robôs FANUC, mas também equipamentos de outros fabricantes, como PLCs e sensores. Com os dados de produção fornecidos pelo MT-LINKi, é possível tomar decisões comerciais fundamentadas para melhorar a eficiência das operações. O fabricante refere vantagens do software como:

- Melhoria da produtividade graças aos dados pormenorizados da máquina;
- Detecção de ineficiências na utilização da máquina;
- Melhoria do tempo de atividade através de funções de diagnóstico;
- Poupança de tempo através de relatórios regulares personalizados automáticos;
- Armazenamento de cópias de segurança do sistema e dos programas CNC.

Todas estas informações constituem um resumo do Anexo A, onde é possível observar mais pormenores do MT-LINKi.

2.3.4. Comparação de MES

Como se pode observar, na Secção 2.3.3. foram apresentados vários tipos de softwares MES. Havendo muitos mais no mercado, não seria exequível estar a abordar muitos mais softwares. O objetivo desta apresentação de vários MES na Secção anterior é perceber que o ideal é uma empresa que queira implementar um software deste tipo, deva procurar uma solução que se enquadre no seu tipo de produto e processo, e no mercado que está integrada.

Por exemplo, será interessante uma empresa ligada aos semicondutores procurar algo como o PROMIS Encore, o SiView ou o MESA MES, já uma empresa mais ligada à área das CNC, deverá procurar algo como o MT-LINKi ou o WinTool. Estes softwares, de raiz, já se focam mais num tipo de mercado, mas também existem softwares mais gerais que funcionam com bastantes módulos que podem ser adquiridos, que podem acabar por se encaixar no processo ou produto que será trabalhado pela empresa a implementar o software. Um bom exemplo disto é o sistema ERP da SAP, vários tipos de organizações possuem este software, mesmo o seu ramo de aplicação não tendo nada a haver de umas empresas para as outras.

Exemplo disso é também obviamente o seu sistema MES abordado anteriormente, o SAP Digital Manufacturing, ao consultar o *site* da empresa é perceptível que não focam o seu software em nenhuma área em específico, com isto, é possível abrangerem um público muito maior, e consequentemente vários tipos de público e organizações ao apresentarem o seu software.

Após analisar e comparar vários sistemas MES, como refere (Qiu & Zhou, 2004), acaba por ser imprescindível para todos eles ter dados disponíveis em tempo real, monitorizar e rastrear as atividades que estão a decorrer, sendo capaz de responder rapidamente aos eventos à medida que ocorrem no chão de fábrica. A melhoria de produtividade e desempenho também são bastante abordadas.

Revisão Bibliográfica

3. Análise e Melhoria do Processo

O objetivo deste capítulo é realizar a análise do processo atual da linha em estudo, para consequentemente apresentar a melhoria a implementar, que define o tema da dissertação. O capítulo segue a seguinte ordem: inicia com a apresentação do produto, e posteriormente é feita a descrição do processo produtivo da empresa, de carácter mais geral e introdutório, que tem como objetivo apresentar uma visão abrangente de todo o processo produtivo, proporcionando uma contextualização e familiarização com as diversas etapas e operações às quais o produto é submetido, e, de seguida, é feita uma descrição da linha de produção em estudo, concentrando-se detalhadamente no segmento do processo onde será desenvolvido e fundamentado o tema da dissertação. Posteriormente é também mostrado como é feito o controlo de produção e armazenamento de dados e por fim é feita uma identificação de problemas e oportunidades de melhoria onde é possível visualizar as principais lacunas no processo atual que originam as soluções de melhoria aplicadas e apresentadas no final do capítulo.

3.1. Apresentação do Produto

A peça produzida na linha em estudo, denominada como *Motor Housing 800V* (Figura 10), é uma das peças que equipa compressores de ar-condicionado da marca Hanon Systems. Esta peça possui diversos modelos, derivadas dos vários modelos de compressores lançados pela marca, mas, na Tesco, ainda é o único modelo em produção.



Figura 10 - Exemplo de peça *Motor Housing*

Posteriormente a Hanon Systems fornece estes compressores para automóveis da marca Mercedes-Benz (Figura 11).

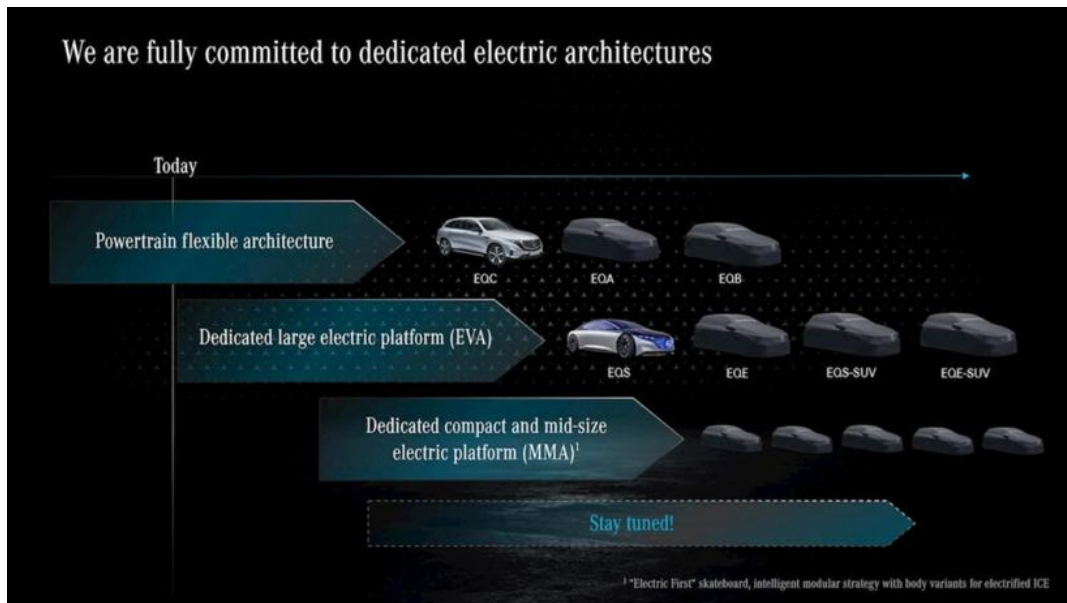


Figura 11 - Veículos da marca Mercedes-Benz equipados com a *Motor Housing 800V*

Na Figura 12, é possível observar uma sub-montagem do compressor.

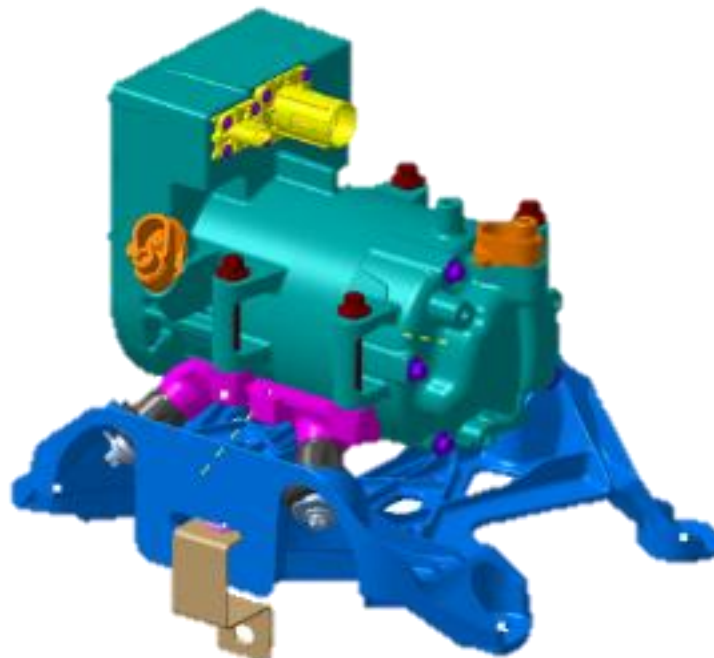


Figura 12 - Sub-montagem do compressor com a *Motor Housing 800V* incluída

3.2. Descrição do Processo Produtivo da Empresa

O processo produtivo da Tesco pode ser visto de forma esquemática na Figura 13.

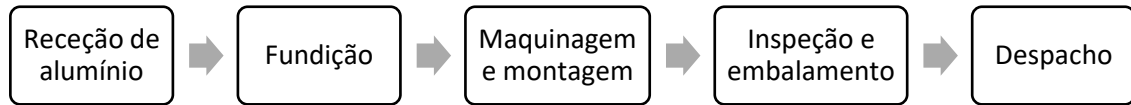


Figura 13 - Representação esquemática do processo produtivo da empresa

O processo inicia-se com a receção dos lingotes de alumínio, que são devidamente armazenados e identificados de acordo com a sua liga específica. Esta separação é fundamental para evitar misturas indesejadas, uma vez que diferentes peças exigem diferentes tipos de liga. Cada liga possui um local de armazenamento e uma cor atribuída, utilizada para marcar os lingotes com riscas de spray, facilitando assim a sua identificação visual de forma rápida e eficiente (Figura 14).

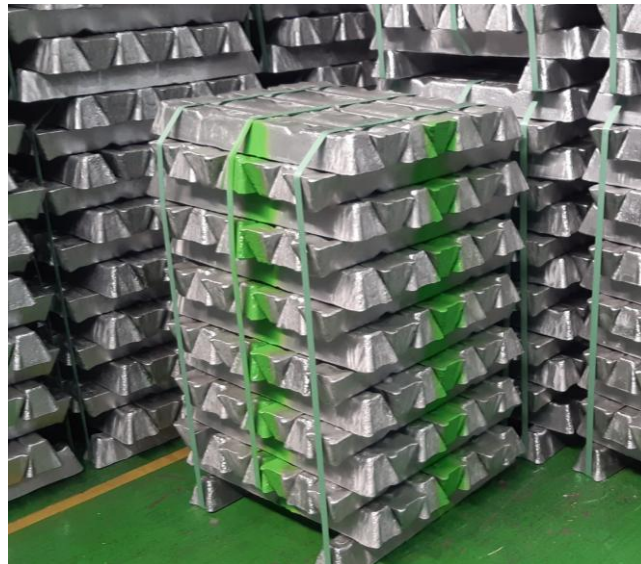


Figura 14 - Armazenamento e identificação dos lingotes de alumínio

Posteriormente, no departamento de fundição, existem 13 máquinas de injeção por pressão, das quais 11 têm forno fusor dedicado e 2 são alimentadas por um forno fusor externo.

Após a introdução e fusão dos lingotes no forno, o alumínio em estado líquido é transferido para o molde, onde ocorre a solidificação da peça. Ao término deste processo, com a peça ainda a alta temperatura, um robô realiza a extração da mesma do molde, removendo simultaneamente a maior parte da gixagem residual (Figura 15).



Figura 15 - Célula robotizada de fundição

Na sequência, antes de ser encaminhada ao departamento de maquinagem e montagem, a peça passa por uma etapa de acabamento primário (Figura 16), cujo objetivo é eliminar os excedentes de material que não foram retirados pelo robô. Esta operação é inicialmente realizada por operadores especializados, através do uso de limas manuais e pneumáticas.



Figura 16 - Acabamento primário da peça após sair da célula de fundição

Por fim, as peças são submetidas a um processo de granalhagem, com a finalidade de proporcionar um acabamento superficial mais uniforme e estético, bem como remover os últimos resíduos e imperfeições remanescentes, garantindo maior qualidade e preparação da superfície para processos posteriores. Assim sendo, de seguida, as peças são transportadas para o departamento de maquinagem e montagem.

Durante o processo de maquinagem e montagem, as peças são submetidas a operações em máquinas CNC, onde ocorre a execução de furos, roscas, bases maquinadas, entre outros. Estas operações são fundamentais para garantir que as peças estejam preparadas para a fase de montagem com outros componentes e subconjuntos, como é o caso da *Motor Housing 800V*.

No caso específico desta peça, a montagem final do compressor não é realizada nas instalações da Tesco, sendo a peça enviada para o cliente, onde o processo de montagem é concluído.

Todo o processo desenvolvido por este departamento será abordado com maior detalhe na secção seguinte, uma vez que, conforme mencionado anteriormente, constitui o foco principal de desenvolvimento e fundamentação do tema desta dissertação.

Segue-se um processo de inspeção visual a todas as peças, conduzido de acordo com os critérios definidos nas normas de inspeção (cada modelo de peças possui a sua norma). Esta norma orienta o operador de inspeção na verificação de diversas superfícies da peça, especificando, para cada zona, os tipos de defeitos permitidos e não permitidos, consoante o seu tipo e localização. Concluída a inspeção visual pelo operador, a peça é devidamente embalada no respetivo contentor. O processo de inspeção terá mais detalhe também na secção seguinte, visto que na linha de produção em estudo o processo é sequencial.

Já na área de despacho, cada modelo de peças tem a sua zona específica, devidamente identificada, para posteriormente serem carregados os camiões e serem enviadas para o cliente.

3.3. Descrição da Linha de Produção em estudo

A linha de produção em estudo, foi escolhida para iniciar este passo da digitalização na empresa pois a peça *Motor Housing 800V* além de ser um projeto relativamente recente na Tesco, é um projeto com grandes volumes de vendas para os próximos anos. Na Tabela 2 é possível observar as quantidades previstas de vendas de 2025 até 2030.

Tabela 2 - Previsão de vendas Motor Housing 800V

| Ano | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Previsão de Vendas (unidades) | 55837 | 268000 | 441211 | 505056 | 563922 | 587153 |

Esta, é uma junção de duas anteriores linhas, denominadas como MH1 e MH2 (*Motor Housing 1* e *Motor Housing 2*, respetivamente), linhas estas, do departamento de maquinagem e montagem. Na Figura 17 é possível observar a sua representação esquemática.

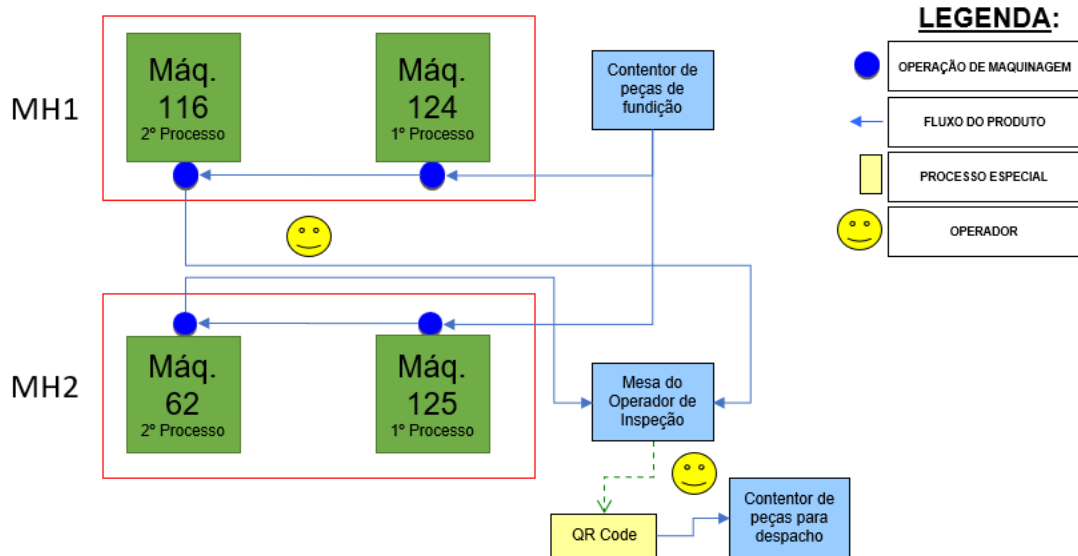


Figura 17 - Representação esquemática da linha MH1 & MH2

Como é possível observar, a linha de produção conta com quatro máquinas CNC (Figura 18) em que cada uma delas é acompanhada por uma lista de checagem (checklist) com parâmetros a serem verificados pelo operador no início de cada turno, e outros parâmetros a serem verificados pelo líder responsável da linha de produção. Todas estes dados recolhidos são revistos semanalmente pelo departamento de engenharia, garantindo a conformidade dos parâmetros verificados. No Anexo B é possível observar um exemplo de lista de checagem das máquinas.



Figura 18 - Exemplo de máquina CNC

Existe um quadro de linha que reúne diversa documentação relevante para o funcionamento e gestão da mesma. Esta documentação encontra-se organizada em diferentes categorias:

- **Documentação de ambiente e segurança:** inclui regras de segurança, procedimentos para separação de resíduos, instruções de atuação em caso de derrames, entre outros;

- **Documentação de produção:** abrange o fluxo do produto na linha, tempos de ciclo e de produção, informações de rastreabilidade das peças, gamas de embalagem, entre outros elementos relacionados com a operação produtiva;
- **Documentação de qualidade:** contempla avisos e reclamações de clientes, de modo a garantir que todos os colaboradores têm conhecimento dos mesmos, bem como procedimentos de maquinagem que descrevem detalhadamente várias tarefas executadas pelos operadores, regras e rotas de comunicação em caso de anomalias, entre outros.

Esta organização permite garantir que a informação essencial se encontra facilmente acessível, promovendo a padronização de processos e a melhoria contínua da linha de produção. Na Figura 19 é possível observar o quadro de linha.



Figura 19 - Quadro de linha

Posto isto, para a linha estar em produção, é necessário haver sempre pelo menos um contentor de peças fundidas (Figura 20), prontas para serem maquinadas. Para tal, existe um responsável a assegurar que não há interrupções no fornecimento das peças á linha.

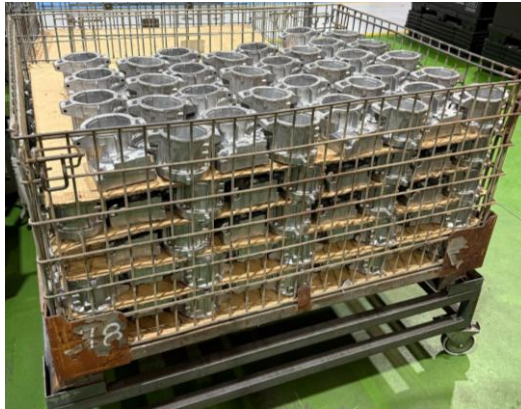


Figura 20 - Contentor com peças *Motor Housing* 800V após fundição

O operador responsável pela maquinação das peças tem como função garantir o funcionamento contínuo das quatro máquinas CNC sob sua supervisão ao longo do turno. A peça tem de ser maquiada em dois processos, pois não é possível maquinar todas as áreas requeridas pelo cliente apenas em um processo.

Conforme ilustrado na representação esquemática (Figura 17), o operador retira manualmente as peças de fundição do contentor indicado na Figura 20 e procede ao abastecimento das máquinas nº124 e nº125, pertencentes, respetivamente, às linhas MH1 e MH2 (esta última sendo uma réplica da primeira). Ambas as máquinas estão equipadas com dispositivos de fixação para o primeiro processo (Figura 21 e Figura 22), que permitem o correto aperto das peças para serem maquiadas. Posto isto, inicia-se automaticamente o primeiro processo de maquinação.

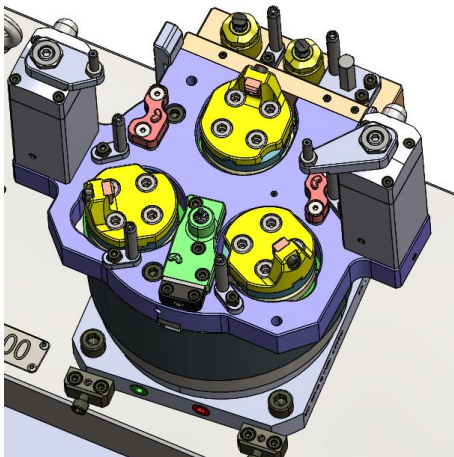


Figura 21 - Dispositivo de fixação do 1º processo sem peça

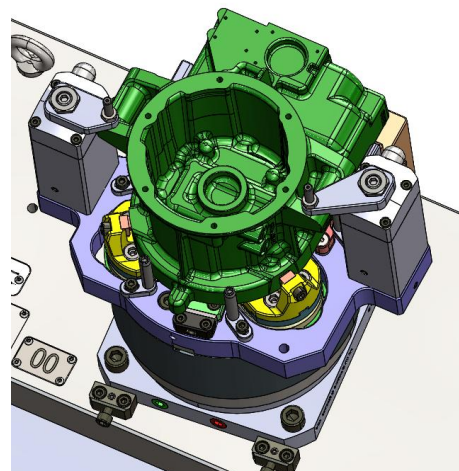


Figura 22 - Dispositivo de fixação do 1º processo com peça

Após concluído o primeiro processo de maquinação, o operador retira as peças das máquinas do primeiro processo e coloca-as nos dispositivos de fixação das máquinas do segundo processo (Figura 23 e Figura 24), as máquinas nº62 e nº116.

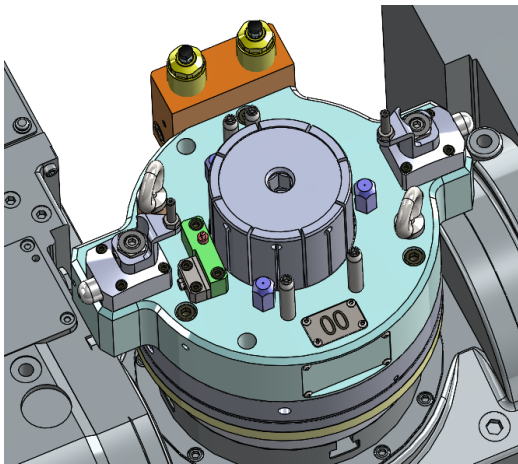


Figura 23 - Dispositivo de fixação do 2º processo sem peça

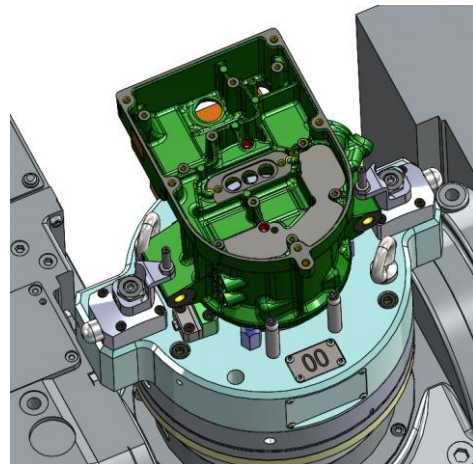


Figura 24 - Dispositivo de fixação do 2º processo com peça

Após concluído o segundo processo de maquinagem, o operador lava as peças num balde com água quente (Figura 25) para retirar todo o óleo de corte e posteriormente seca-a com uma pistola de ar comprimido (Figura 26).



Figura 25 - Lavagem da peça Motor Housing 800V



Figura 26 - Secagem da peça Motor Housing 800V

Em seguida, o operador de maquinagem coloca as peças na mesa de inspeção, onde o inspetor inicia o seu trabalho (Figura 27). Nas linhas mais recentes implementadas na empresa, optou-se por integrar a etapa de inspeção imediatamente após a maquinagem, uma vez que se concluiu que essa abordagem oferece maiores benefícios operacionais. Essa estratégia permite a deteção imediata de eventuais não conformidades, evitando a acumulação de stock

intermédio e reduzindo retrabalho, desperdícios e custos associados à inspeção posterior de grandes volumes.



Figura 27 - Posto de trabalho do operador de inspeção

Esta peça apresenta ainda uma característica adicional, a gravação de um código QR (Figura 28). Este processo foi implementado pela primeira vez na empresa especificamente nesta linha de produção, tendo sido, por esse motivo, incorporado no posto de trabalho do inspetor. Compete-lhe, assim, abastecer e remover as peças da máquina responsável pela gravação.



Figura 28 - Máquina de gravação de código QR

Conforme referido anteriormente, o inspetor segue uma norma específica. No caso da peça Motor Housing 800V, esta encontra-se detalhada no Anexo C.

Após a peça estar com o código QR gravado e inspecionada, o inspetor embala a peça e coloca-a no contentor (Figura 29) que depois segue para a área de despacho.



Figura 29 - Contentor com Motor Housing 800V embaladas

No final de cada turno, o inspetor deve proceder ao registo de diversas informações, nomeadamente: o modelo da peça, o número do lote, a data, a quantidade total de peças inspecionadas, a quantidade e tipologia dos defeitos detetados, entre outros dados relevantes. O modelo de registo utilizado para este efeito pode ser consultado no Anexo D.

O mesmo se aplica ao operador das máquinas, que, após finalizado o turno, deve preencher a sua folha de produção, em que regista informações como a quantidade de peças produzidas, os tempos de paragem que teve ao longo de turno e os seus motivos, entre outros. A folha de produção a preencher encontra-se no Anexo E.

Após preenchidas as folhas de produção, ambos registam também a sua produção num quadro de parede em que ao longo da semana vão construindo um gráfico onde é possível visualizar a produtividade da linha (Figura 30). Cada um tem também um tipo de folha de registo no quadro de parede. No Anexo F é possível observar a folha do operador, e no Anexo G a folha do inspetor.

Todas estas folhas de registo são digitalizadas semanalmente e armazenadas no servidor da empresa, ou guardadas fisicamente no arquivo de documentação.

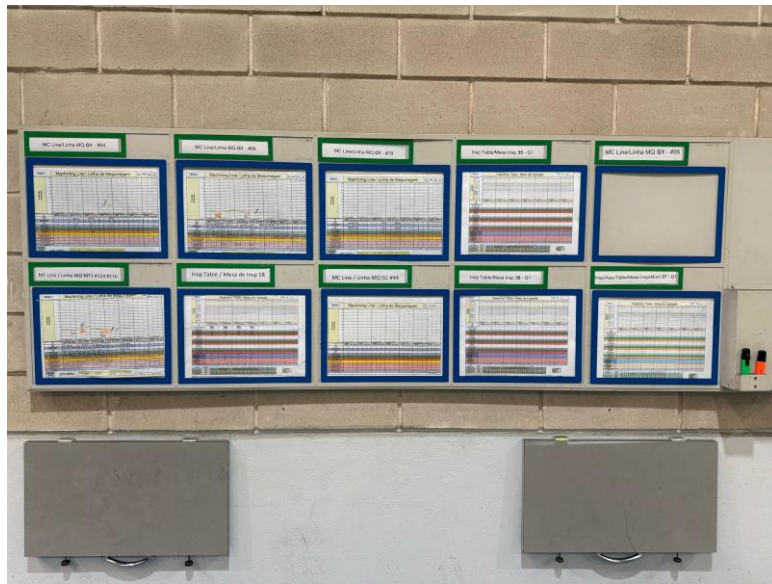


Figura 30 - Quadro de parede com registos produtivos semanais

3.4. Controlo de Produção e Armazenamento de Dados

Após a conclusão de todas as etapas por parte do operador e do inspetor, estes colocam as folhas no respetivo local designado para recolha. Em seguida, procede-se ao registo da produção através de um ficheiro Excel que inicia com um formulário de entrada (Figura 31), onde o responsável pelo lançamento insere informações básicas como o nome, a data e o modelo da peça.

A screenshot of a production entry form titled "TESCO DEP. PRODUÇÃO -- MAQUINAGEM". The form includes a section for "Dados de Maquinagem" with a dropdown menu for "Selecione o seu nome:" and a "NOME" field. Below this are fields for "Dia:", "Turno:", "Mês:", "Ano:", "Modelo:", and "Nº Torno". The "Dia:" field is set to 17, "Turno:" to 3, "Mês:" to 7, "Ano:" to 2025, "Modelo:" to "MOTOR HOUSING MMA", and "Nº Torno" to 0. There are "Entrar" and "Encerrar" buttons. Below the form, there is a section for "Atenção:*HEAT SINK V2 - 58/62/121" with a list of instructions: "* Dados de fundição;", "* Identificar os tipos de rejeitos;", "* N° da máquina nos tempos de paragem.", "* Erro 'Invalid property value.' - Modelo mal escrito.", "* Quando inserir retrabalho não coloque número de máquina (torno).", and "* Não coloque o 'T' das cavidades.". At the bottom, there is a box that says "Pode usar a tecla 'Tab' para mudar de campo." with a "Tab" key icon and the text "BOM TRABALHO!".

Figura 31 - Formulário de entrada - lançamento de produção

De seguida, o responsável prossegue com o preenchimento do formulário de lançamento (Figura 32), o qual apresenta uma estrutura bastante semelhante à folha de registo de produção utilizada pelo operador (Anexo E), agora transposta para formato digital. Esta correspondência entre as versões física e digital foi intencionalmente planeada para simplificar o trabalho da pessoa responsável pelo lançamento de dados, que apenas transpõe os dados da folha impressa para o sistema informático, facilitando assim o seu trabalho.

Maquinagem - Tela de dados

Data: 17/07/2025 Colaborador: NOME

Obs: 7 2025

TESCO
Componentes para automóveis, Lda

DEP. PRODUÇÃO -- MAQUINAGEM

MOTOR HOUSING MMA

TURNO: 3 DATA: 17 MÃO.: #0 MODELO:

| A M O S T R A | Rugas | Belhas | Falta de Alumínio | Fendas | Manchas | Teste de Maquinagem | Marcas de Operação | Marcas de Pressão | Poros | Medida de Maquinagem | Medida de Fundição | Riscos | Partidas | Sujidade no Alumínio | Teste de Qualidade | Alumínio Levantado | Marca Op. Fundição | Outros | TOTAL NG | TOTAL OK | TOTAL PROD. OK-NG | Rejeitos antes de maquilar |
|---------------------------------|-------|--------|-------------------|--------|---------|---------------------|--------------------|-------------------|-------|----------------------|--------------------|--------|----------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|----------|----------|-------------------|----------------------------|
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |
| Data | 0 | 0 | 2025 | Turno: | 0 | Cav# | 0 | Maq. | 0 | | | | | | | | | | | | | |

| # | # | # | # | # | # | # | # | # | # | # | # |
|----|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Avária / Reparação / Alarme | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Manutenção Planeada / TPM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Troca de Modelo / Dispositivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Troca de Ferramenta | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Acerto de Medida Geral | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Falta de Peças | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Acerto por Troca de Modelo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Acerto por Troca de Ferramenta | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Limpeza de Máquina | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Reunião Diária | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Refeição / Intervalos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | Teste de Maquinagem | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Falta de Operador | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | Falha de Energia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | Outro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | Paragem Planeada | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Sair Guardar Soma Tempos: [][][][][][]

Figura 32 - Registo de dados de produção de maquinagem

O mesmo acontece no lançamento de produção do inspetor, cujo processo segue uma lógica muito semelhante. Inicia-se com o preenchimento de um formulário de entrada e, posteriormente, procede-se ao formulário de lançamento (Figura 33), que corresponde também à versão digital da folha física utilizada pelo inspetor, conforme apresentado no Anexo D.

Existem também ficheiros onde é possível visualizar graficamente as taxas de rejeições (Figura 35).

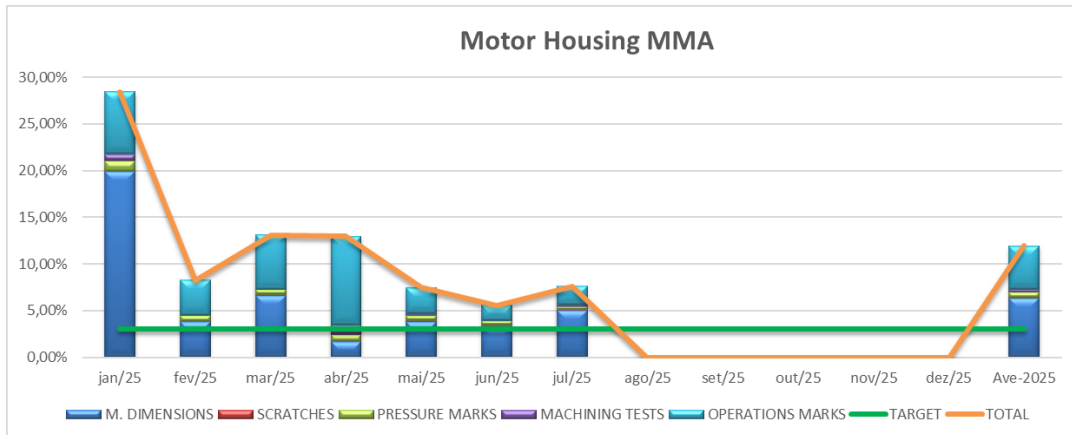


Figura 35 - Gráfico com % de peças rejeitadas do modelo Motor Housing

Importa salientar que este projeto teve início no presente ano e tem demonstrado melhorias significativas na redução da percentagem de peças rejeitadas, aproximando-se progressivamente do objetivo previamente definido. Por sua vez, projetos mais antigos e já consolidados na empresa tendem a apresentar taxas de rejeição bastante reduzidas, em alguns casos, praticamente nulas, reflexo de um processo de melhoria contínua.

Além dos ficheiros dedicados à monitorização dos indicadores de qualidade, existem também documentos específicos para recolha de dados relativos à disponibilidade e performance das linhas. A partir dessas informações, torna-se possível calcular o OEE noutros ficheiros de análise, permitindo uma avaliação abrangente da eficiência produtiva.

3.5. Identificação de Problemas/Oportunidades de Melhoria

Após analisar todo o processo produtivo é possível identificar alguns problemas/oportunidades de melhoria que são possíveis implementar com foco na digitalização:

1. **Implementação do software MT-LINKi:** Este primeiro tópico vai de encontro ao problema proposto inicialmente para o desenvolvimento da dissertação, sendo o objetivo principal a implementação de ferramentas informáticas para o controlo da produção do shop floor, onde o core do desenvolvimento da mesma é a implementação deste software, focando-se na digitalização;
2. **Remoção dos quadros de parede:** A remoção dos quadros de parede foi considerada uma oportunidade de melhoria, permitindo eliminar o preenchimento desta folha de registo em papel, reduzir o risco de erros, agilizar o acesso às informações e contribuir para a sustentabilidade através da diminuição do uso de recursos físicos;

3. **Remoção dos quadros de linha:** A remoção dos quadros de linha surge no contexto da digitalização e otimização da gestão documental. A utilização de documentação impressa apresenta diversas limitações, como o risco de desatualização da informação, a dificuldade de garantir a uniformidade dos conteúdos e a necessidade de constante substituição de documentos. A criação e manutenção de suportes físicos também implica um consumo acrescido de recursos. Ao migrar para um sistema digital, torna-se possível centralizar e padronizar a informação, assegurando maior fiabilidade, melhor rastreabilidade e maior sustentabilidade ambiental.
4. **Passagem das listas de checagem das máquinas para formato digital:** A migração das listas de checagem para formato digital foi considerada uma oportunidade de melhoria, uma vez que permite eliminar o preenchimento manual dessas folhas, bem como todas as tarefas associadas à sua gestão física.

3.6. Soluções de Melhoria

Nesta secção todos os problemas/oportunidades de melhoria identificados na secção anterior são abordados e explicados com mais detalhe.

3.6.1. Implementação do Software MT-LINKi

Como já referido anteriormente o MT-LINKi é um software da marca FANUC que conecta as máquinas CNC e permite a recolha e visualização de dados, oferecendo informações detalhadas sobre os processos de produção e dados históricos. A Tesco planeou a implementação deste software para automatizar e melhorar o processo de registo e controlo da produção e eliminar erros derivados de processamentos manuais com recurso a folhas de cálculo.

Para iniciar a implementação, teve de ser feita a conexão em rede das 122 máquinas CNC incluídas nas várias linhas de produção de maquinaria para posteriormente ser possível passar para a parte do software. Esta conexão foi feita por uma empresa externa, onde inicialmente foi pedido orçamento para o trabalho (Anexo H), que foi aprovado pela chefia da Tesco.

Para a conexão ser feita, foi necessária a instalação de esteiras armadas por cima das linhas de produção para os cabos circularem (Figura 36 e Figura 37).

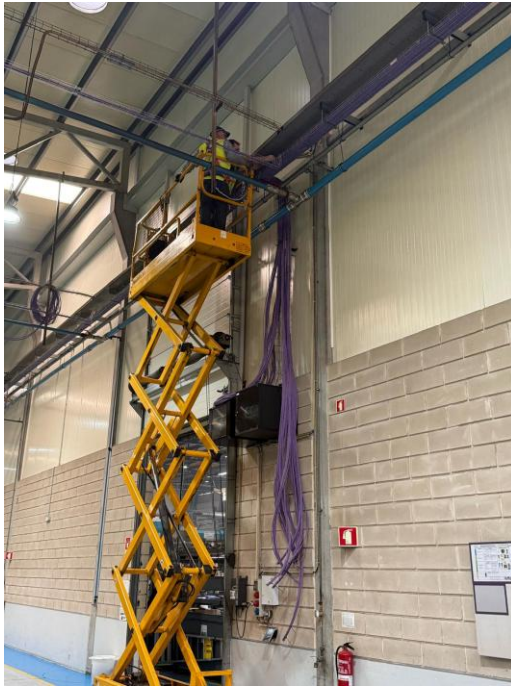


Figura 36 - Instalação de esteiras armadas e ligação de cabos ao servidor

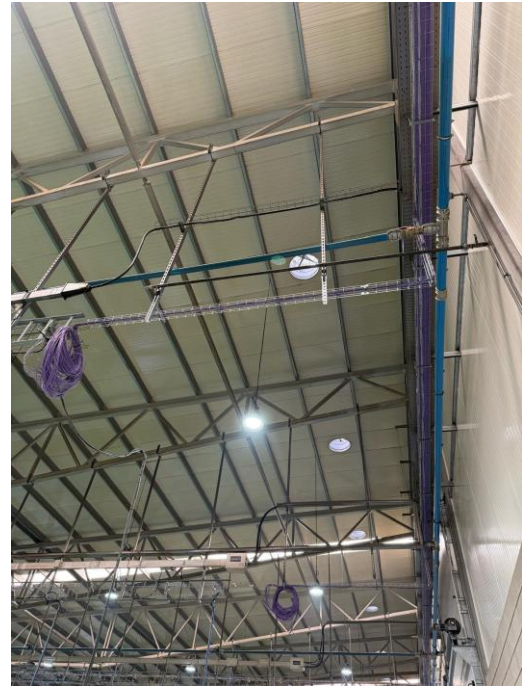


Figura 37 - Esteiras armadas instaladas com cabos prontos a ligar às máquinas CNC

Após a instalação estar concluída, para ser possível começar a trabalhar com o software foram ligadas as quatro máquinas da linha em estudo (MH1 & MH2), tendo sido então considerada a linha piloto, para posteriormente tudo ser transversalizado para as restantes linhas de produção da Tesco.

Introdução ao software

O software apresenta um menu inicial bastante simples que está dividido em quatro submenus. Monitorização, resultados, diagnóstico e utilitários (Figura 38). Nesta fase inicial de implementação a Tesco está focada em explorar os primeiros dois submenus, a monitorização e os resultados.

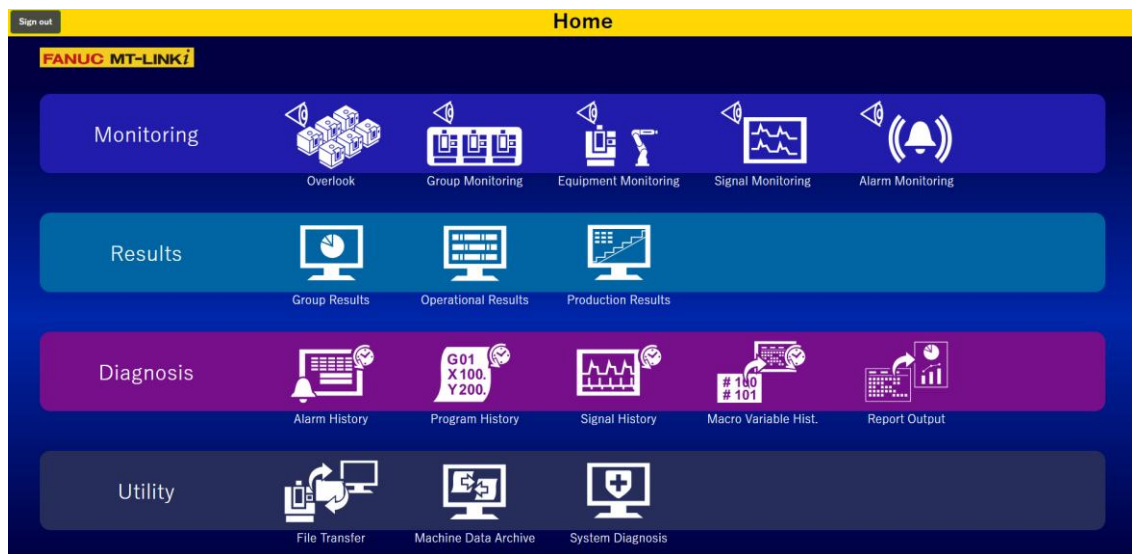


Figura 38 - Menu inicial MT-LINKi

Para ser possível visualizar os campos abrangidos por estes menus foi ainda necessário fazer a conexão das máquinas com o software através do menu de administrador, menu esse que foi explorado para ser possível configurar o software como a Tesco pretende. Como é possível observar na Figura 39, foi neste menu que foi feita a configuração das máquinas, desenhado o layout da fábrica para posteriormente ser de fácil visualização cada linha de produção, entre outras funcionalidades que permitem a total configuração do software consoante as necessidades da Tesco.

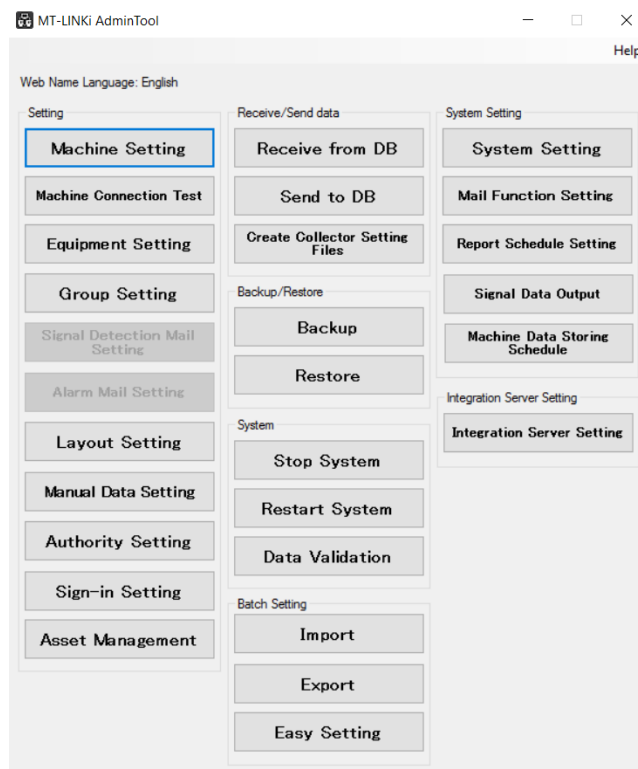


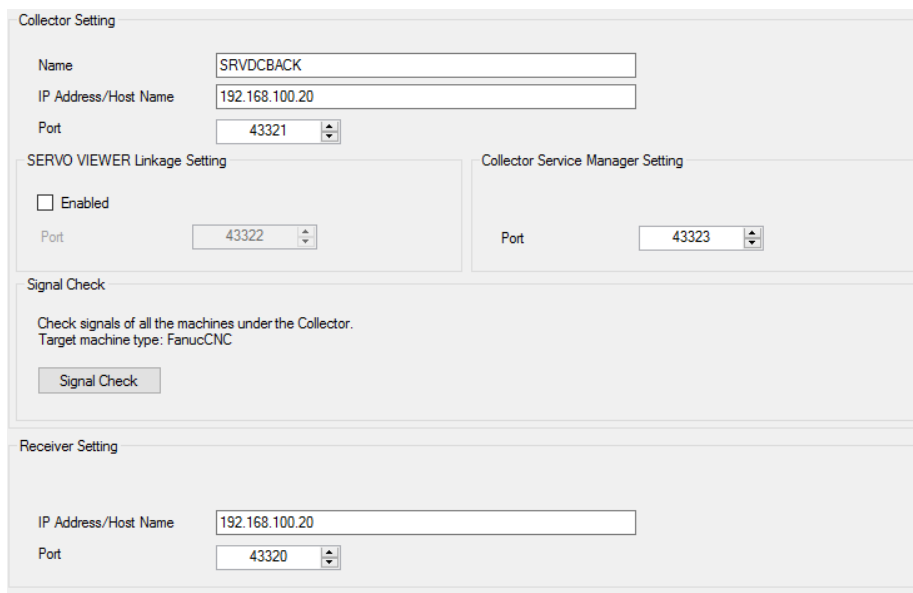
Figura 39 - Menu de administrador para a configuração do software

Após a correta configuração da linha piloto no software foi possível começar a utilizar o menu inicial do MT-LINKi, apresentado na Figura 38. Na próxima secção será apresentada a configuração da mesma.

Configuração da linha de produção no software

Como demonstrado na secção anterior, para iniciar a configuração da linha foi necessário utilizar o menu de administrador apresentado na Figura 39.

Começando pela adição das quatro máquinas da linha piloto ao software, foi necessário aceder ao menu *Machine Setting*, onde se inicia pela configuração do servidor. Neste menu coloca-se o nome do servidor, o seu endereço IP e a porta (Figura 40).



The image shows a software configuration window titled "Collector Setting". It is divided into several sections:

- Name:** SRVDCBACK
- IP Address/Host Name:** 192.168.100.20
- Port:** 43321
- SERVO VIEWER Linkage Setting:** Includes an unchecked "Enabled" checkbox and a "Port" dropdown set to 43322.
- Collector Service Manager Setting:** Includes a "Port" dropdown set to 43323.
- Signal Check:** Includes a checked checkbox "Check signals of all the machines under the Collector.", "Target machine type: FanucCNC", and a "Signal Check" button.
- Receiver Setting:** Includes "IP Address/Host Name" (192.168.100.20) and "Port" (43320).

Figura 40 - Configuração do servidor no software

De seguida acedeu-se ao campo *Add machine*, que é visível clicando com o botão direito do rato no nome do servidor, para iniciar a adição das máquinas (Figura 41). Posteriormente foi aberto o menu para adicionar a máquina (Figura 42). Neste menu foi possível dar nome à máquina, que neste caso na Tesco cada uma tem a sua numeração, então são identificadas pelo seu número, seleccionar o tipo de máquina, sendo todas elas CNC, e identificar o número de eixos e spindles que a máquina possui.

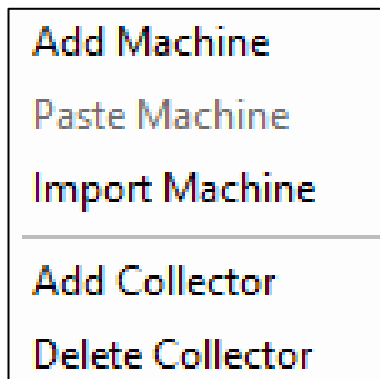


Figura 41 - Menu para seleção de adição de máquina

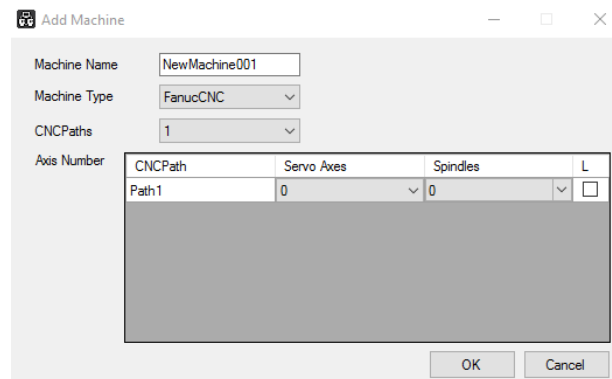


Figura 42 - Menu de adição de máquina

Após as máquinas estarem adicionadas, foi possível aceder à configuração de cada uma (Figura 43). Nesta configuração é definido um endereço IP para cada máquina, no qual termina sempre pelo número da máquina para ser facilmente identificado.

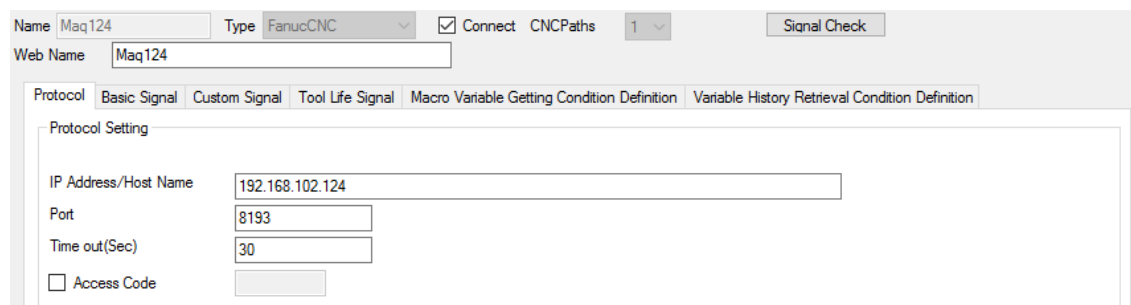


Figura 43 - Exemplo de conexão de máquina

Os menus localizados ao lado do menu demonstrado, como o menu *Basic Signal*, são configurados automaticamente, sendo responsáveis por enviar sinais básicos, tais como o número de peças produzidas e o tempo de produção. Nesta fase inicial de implementação e exploração do software ainda não se está a aprofundar a utilização destes menus. Optou-se, por isso, por manter a configuração automática para a linha piloto, ficando os ajustes mais detalhados reservados para uma fase posterior, de acordo com as necessidades específicas da Tesco.

Relativamente ao menu *Equipment Setting*, também acessível através do menu de administrador apresentado na Figura 39, o principal foco recai sobre a configuração dos estados das máquinas. Neste menu foi possível associar cores a diferentes estados, bem como selecionar, editar e definir novos estados conforme as necessidades. O programa, por predefinição já disponibiliza alguns estados básicos predefinidos, por exemplo, quando a máquina está a operar surge representada a verde no layout de visualização em tempo real, em caso de alarme, a vermelho, e quando desconectada, a cinzento, entre outros (Figura 44).

Análise e Melhoria do Processo

Basic Setting

Equipment Name: cancel monitoring.

Web Name:

Icon Setting:

Status Setting

Simple assign status area

| No | Priority/View | Status | Machine Name | Web Name |
|----|--------------------------|------------------------|--------------|---------------------------------|
| 1 | <input type="checkbox"/> | Disconnect_Maq124 | Maq124 | Disconnect Maq124 |
| 2 | <input type="checkbox"/> | Mode_path1_Maq124 | Maq124 | Mode Maq124 P1 |
| 3 | <input type="checkbox"/> | MainProgram_path1_M... | Maq124 | Main program Maq124 P1 |
| 4 | <input type="checkbox"/> | ActProgram_path1_Ma... | Maq124 | Executing program Maq124 P1 |
| 5 | <input type="checkbox"/> | MainComment_path1_L... | Maq124 | Program comment (main progr... |
| 6 | <input type="checkbox"/> | ActComment_path1_Ma... | Maq124 | Program comment (executing ... |
| 7 | <input type="checkbox"/> | PartsNum_path1_Maq1... | Maq124 | The number of machined part... |
| 8 | <input type="checkbox"/> | SigCUT_path1_Maq124 | Maq124 | Cutting feed signal Maq124 P1 |
| 9 | <input type="checkbox"/> | SigSBK_path1_Maq124 | Maq124 | Single block check signal Ma... |

Multiple assign status area

| No | Priority/View | Status | Signal Definition | Web Name |
|----|--------------------------|------------|-------------------------|------------|
| 1 | <input type="checkbox"/> | OPERATE | (! Disconnect_Maq124... | OPERATE |
| 2 | <input type="checkbox"/> | DISCONNECT | Disconnect_Maq124 | DISCONNECT |
| 3 | <input type="checkbox"/> | ALARM | (! Disconnect_Maq124... | ALARM |
| 4 | <input type="checkbox"/> | EMERGENCY | (! Disconnect_Maq124... | EMERGENCY |
| 5 | <input type="checkbox"/> | SUSPEND | (! Disconnect_Maq124... | SUSPEND |
| 6 | <input type="checkbox"/> | STOP | (! Disconnect_Maq124... | STOP |
| 7 | <input type="checkbox"/> | MANUAL | | MANUAL |
| 8 | <input type="checkbox"/> | WARMUP | | WARMUP |
| 9 | <input type="checkbox"/> | WARNING | (! Disconnect_Maq124... | WARNING |

Figura 44 - Menu para definição de estados das máquinas e prioridades de visualização

Posteriormente, no menu *Group Setting*, foi necessário agrupar as máquinas por linha de produção para que seja possível visualizar, de forma consolidada, os resultados da linha completa no menu de resultados apresentado na Figura 38, que, contudo, será detalhado mais à frente numa secção específica. No processo de criação do grupo foi necessário atribuir-lhe um nome e adicionar as máquinas associadas a esse grupo, neste caso, a essa linha de produção (Figura 45).

Basic Setting

Group Name:

Web Name:

NORMAL Image:

TROUBLE Image:

Regist Group

Equipment assigned to Group:

Equipment List:

Figura 45 - Agrupamento de máquinas por linha de produção

Após o grupo estar criado, passou-se para o menu *Layout Setting*, onde foi possível desenhar o layout da linha de produção de acordo com a sua disposição real na fábrica. Foi possível escolher o design de fundo da fábrica, entre diversas opções na base de dados de layouts do software, e após escolher as máquinas a inserir em cada linha de produção foi possível definir o seu tamanho e respetiva posição de visualização, garantindo uma representação fiel da disposição física dos equipamentos (Figura 46).

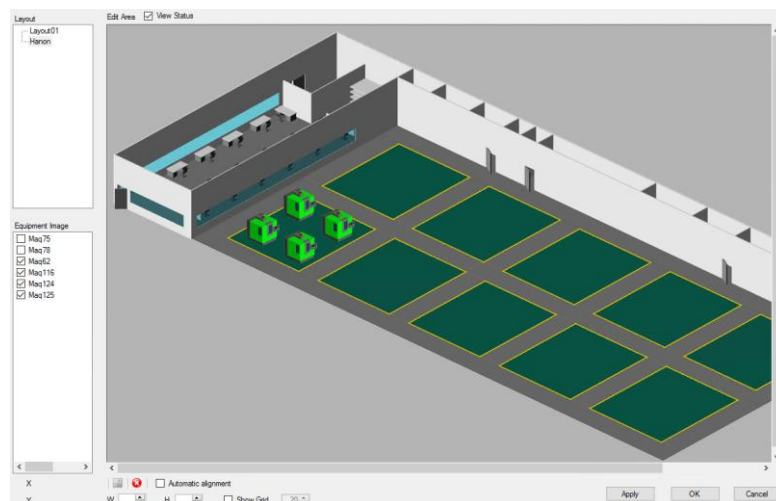


Figura 46 - Menu de design de layout

Com toda a linha de produção configurada e as máquinas devidamente associadas, é agora possível avançar para a análise dos menus de monitorização e resultados acessíveis a partir do menu inicial e apresentados na Figura 38, que serão detalhados na próxima secção.

Monitorização e Resultados

Após ser tudo configurado foi possível passar para a parte de monitorização e resultados, onde se começa a retirar dados do software.

Abordando o menu de monitorização, este está dividido em cinco submenus: *Overlook*, *Group Monitoring*, *Equipment Monitoring*, *Signal Monitoring* e *Alarm Monitoring* (Figura 47).

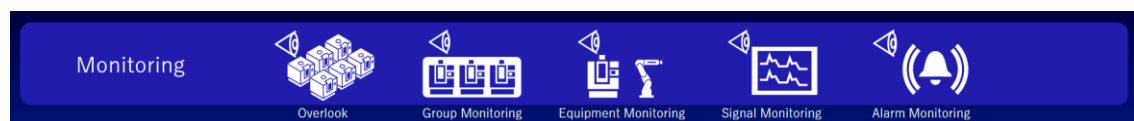


Figura 47 - Submenus da monitorização

No menu *Overlook* é possível acompanhar, em tempo real, o estado operacional das máquinas de cada linha de produção. Como ilustrado na Figura 48, quando a captura foi realizada, as quatro máquinas encontravam-se a operar. Conforme mencionado anteriormente, caso alguma máquina altere o seu estado, a cor correspondente será atualizada automaticamente, permitindo uma identificação visual imediata.

Dessa forma, o software possibilita uma visão centralizada de todas as máquinas da fábrica, oferecendo uma análise rápida e precisa do estado das linhas de produção, sem a necessidade

de deslocar-se fisicamente por todo o espaço fabril para realizar essa verificação.

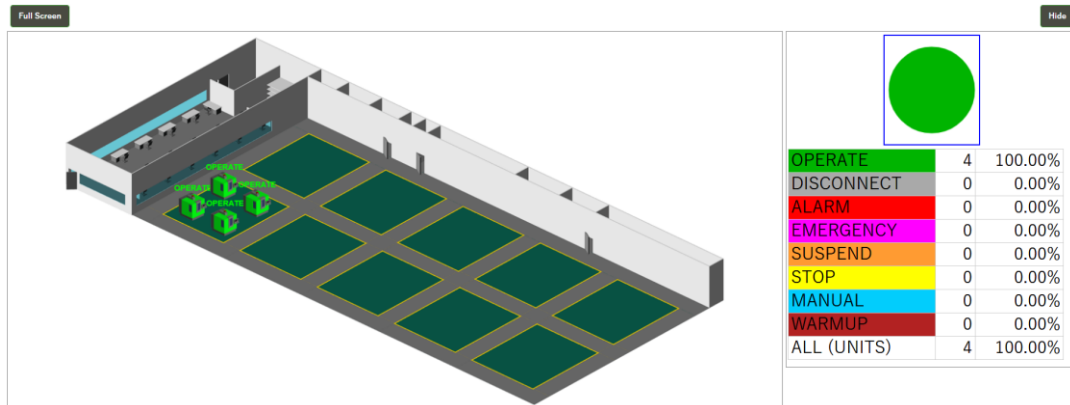


Figura 48 - Submenu de monitorização – *Overlook*

Ao aceder ao menu *Group Monitoring*, é possível seleccionar o grupo de máquinas, neste caso, a linha de produção que se deseja monitorizar. Na interface, são exibidos os campos previamente configurados conforme ilustrado na Figura 44, organizados por ordem de prioridade. Nesta fase inicial do projeto, foram definidos três parâmetros principais para visualização: estado operacional da máquina, programa em execução e número de peças maquinadas (Figura 49).

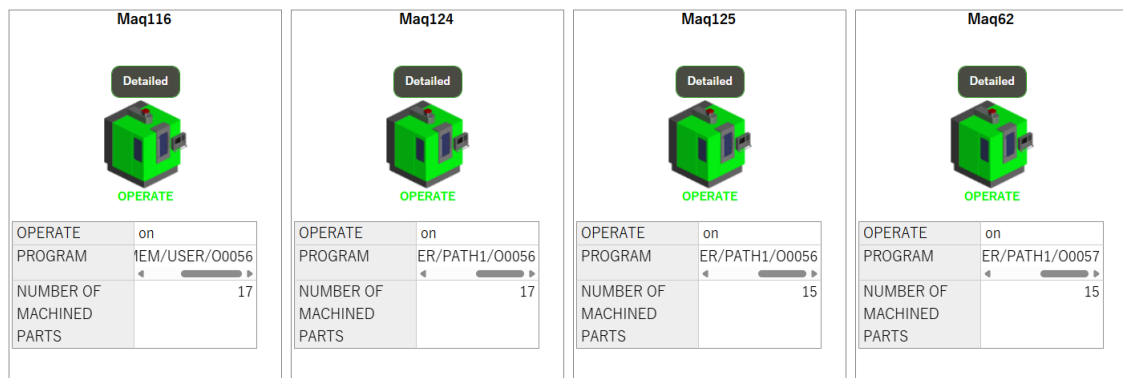


Figura 49 - Submenu de monitorização - *Group Monitoring*

O menu *Equipment Monitoring*, apresenta, de forma detalhada, todos os sinais disponíveis para seleção, conforme ilustrado na Figura 44. No entanto, nesta fase do projeto, a sua utilização oferece benefício limitado, uma vez que atualmente estão a ser monitorizados apenas os sinais previamente seleccionados no menu *Group Monitoring* (Figura 49).

No menu *Signal Monitoring*, é possível seleccionar os sinais desejados para obter uma visualização gráfica do seu comportamento ao longo do tempo. Por exemplo, na Figura 50 são apresentados os gráficos referentes ao estado operacional da máquina e ao número de peças maquinadas. Esta funcionalidade será especialmente útil futuramente para monitorizar sinais cuja análise gráfica forneça perspectivas relevantes sobre o desempenho das máquinas e da linha de produção.



Figura 50 - Submenu de monitorização - *Signal Monitoring*

O menu *Alarm Monitoring* exibe a lista de alarmes, incluindo informações detalhadas como data e hora, a máquina em que o alarme ocorreu e o tipo de alarme.

Abordando agora o menu de resultados, este está dividido em três submenus: *Group Results*, *Operational Results* e *Production Results*.



Figura 51 - Submenus de resultados

No menu *Group Results* é possível selecionar um intervalo de tempo específico para análise e, em seguida, visualizar o estado geral das linhas nesse período. Este recurso é particularmente útil para identificar quais linhas geram maior tempo de produção, quais apresentam maior tempo improdutivo, entre outros sinais e indicadores disponíveis. Além disso, o menu permite comparar linhas de produção idênticas de forma prática e eficiente. Na Figura 52, é apresentado o resultado geral do grupo, no período selecionado, referente à linha analisada neste exemplo.

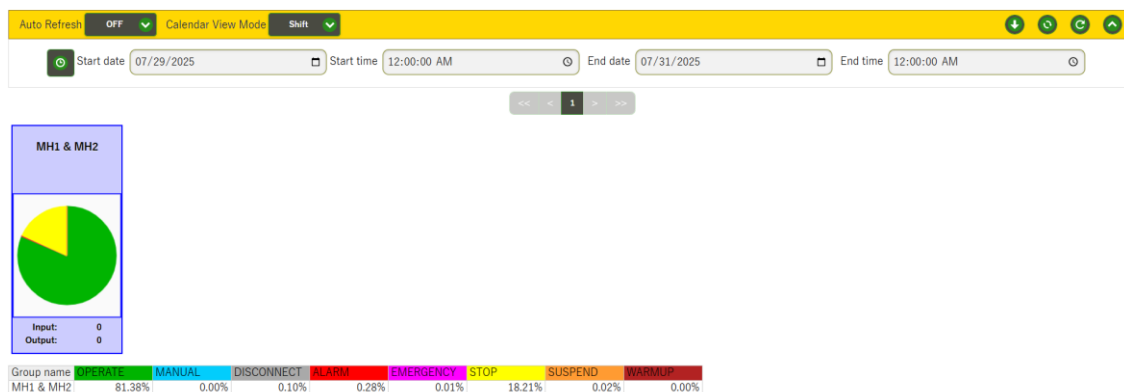


Figura 52 - Submenu de resultados - *Group Results*

O menu *Operational Results* também permite selecionar um intervalo de tempo específico para análise e visualizar, de forma gráfica, a distribuição do estado operacional das máquinas da linha de produção nesse período. Através desta funcionalidade, é possível identificar quando as

Análise e Melhoria do Processo

máquinas estiveram em produção, paradas ou em alarme, apresentando, assim, os mesmos sinais já mencionados anteriormente, porém com uma representação visual distinta (Figura 53).

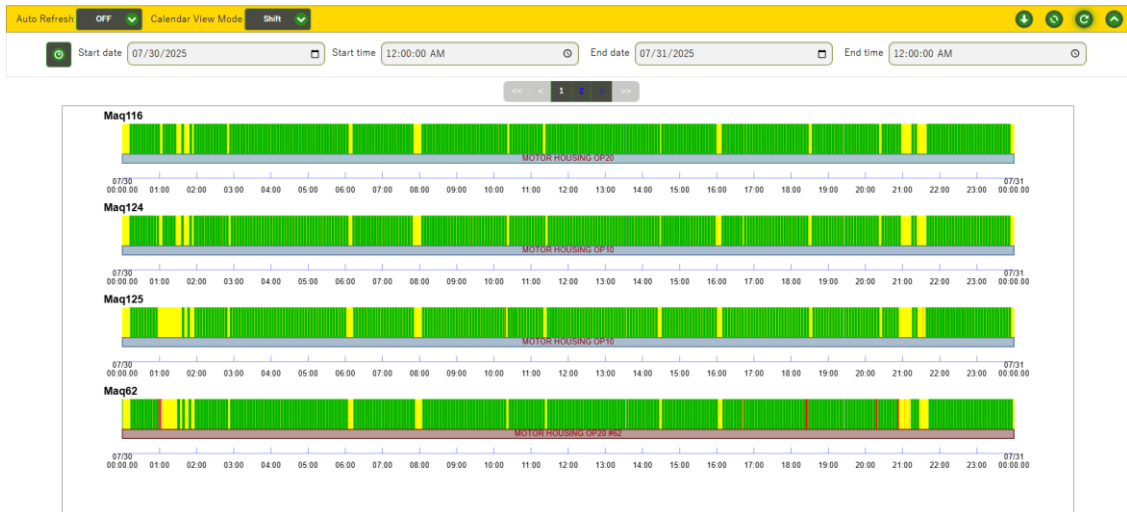


Figura 53 - Submenu de resultados - *Operational Results*

Finalizando o menu de resultados, encontra-se o submenu *Production Results*, que também possibilita a seleção de um intervalo de tempo específico para análise. Após definir o período desejado, é possível selecionar o equipamento cuja quantidade de peças produzidas se pretende visualizar. Este submenu permite, de forma rápida e prática, consultar o total de peças produzidas por cada equipamento e, adicionalmente, apresenta uma representação gráfica que relaciona a quantidade de peças produzidas com o intervalo temporal correspondente (Figura 54).

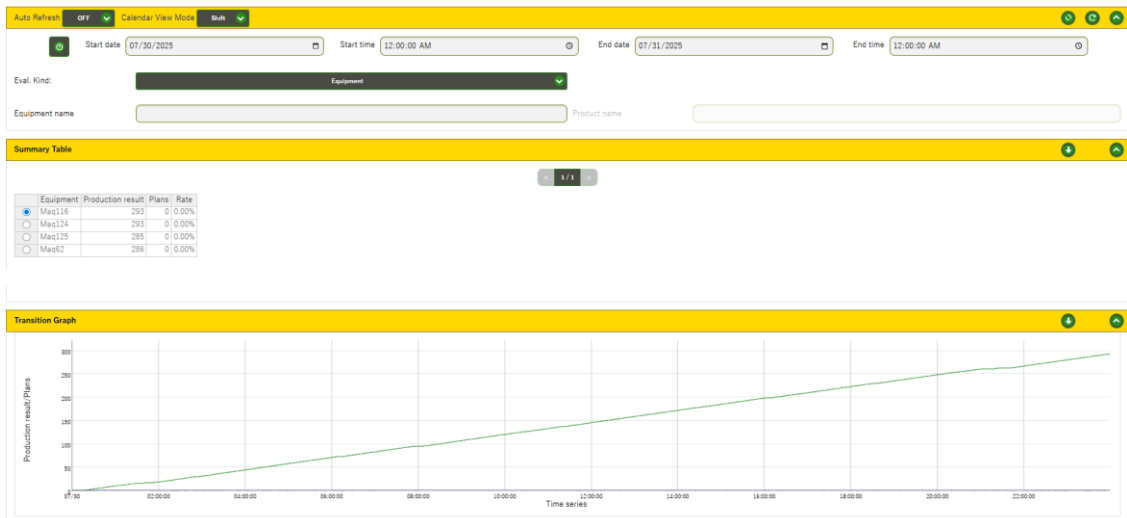


Figura 54 - Submenu de Resultados - *Production Results*

3.6.2. Remoção dos Quadros de Parede e de Linha

Começando por abordar os quadros de parede apresentados na Figura 30, estes originavam tarefas semanais e diárias que, com a integração do processo de digitalização, puderam ser eliminadas. A sua remoção resultou na dispensa do preenchimento diário das folhas de registo no quadro de parede, anteriormente realizado pelo operador e pelo inspetor no final de cada turno.

Esta remoção consistiu na substituição dos quadros de parede por painéis interativos, permitindo a visualização dos mesmos dados em formato digital. O processo teve início com a escolha dos painéis interativos e a solicitação do respetivo orçamento, apresentado no Anexo I, o qual foi posteriormente aprovado pela chefia da Tesco.

Existiam quatro quadros de parede posicionados em locais estratégicos, próximos às respetivas linhas de produção a que cada um estava associado. A disposição dos quadros encontrava-se segmentada em função dos clientes e/ou do tipo de peça, sendo designados como: Honda/J. Deus, Hanon, Front Housing e Cylinder Head. Após a sua remoção e substituição pelos painéis interativos, esta segmentação foi mantida.

Passando para os quadros de linha, apresentados na Figura 19, a sua remoção permitirá eliminar 20 quadros atualmente distribuídos ao longo da fábrica, o que representa uma redução significativa na utilização de recursos físicos.

Com esta alteração, deixa de ser necessária a constante impressão de documentação sempre que ocorre a atualização ou inclusão de novos conteúdos, contribuindo assim para uma gestão documental mais eficiente e ambientalmente sustentável. Toda a informação anteriormente disponibilizada nestes quadros passará a ser apresentada em formato digital, também acessível nos painéis interativos, integrando-se no processo de digitalização e promovendo maior agilidade, organização e acessibilidade aos dados.

Na Figura 55, é possível observar o painel interativo da Hanon, a que pertence a peça Motor Housing da linha piloto abordada ao longo da dissertação.

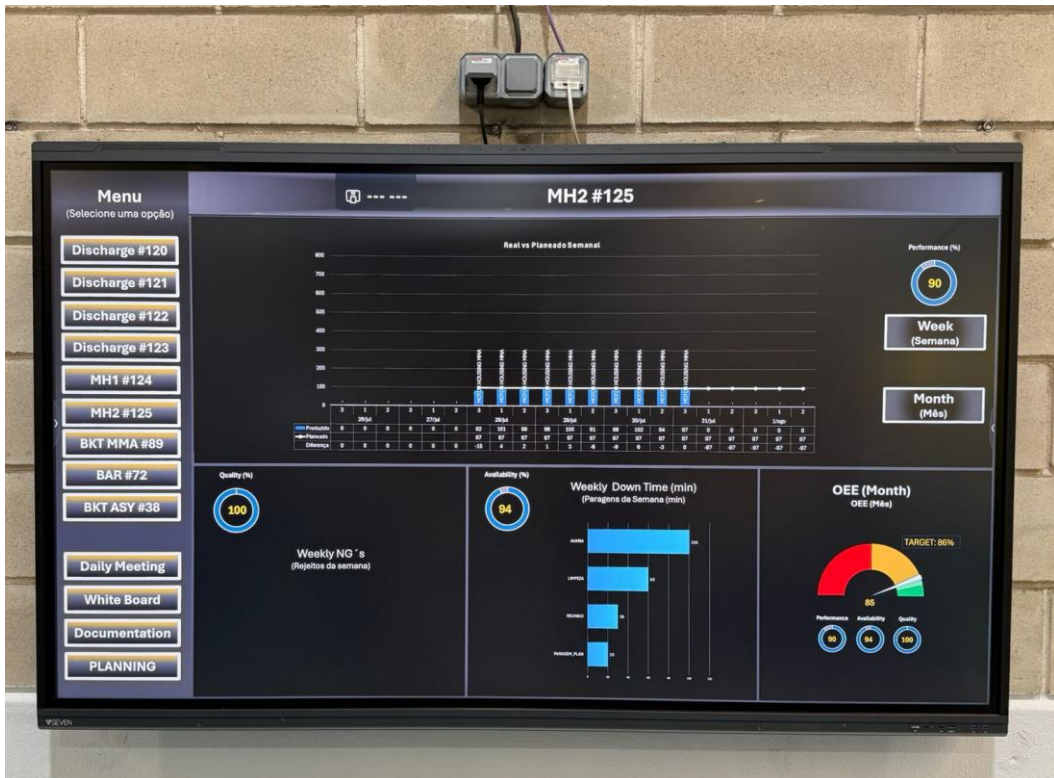


Figura 55 - Painel interativo com informações de produção

Este painel apresenta informações essenciais relacionadas com o desempenho da linha de produção, incluindo a quantidade de peças planeadas por turno e a quantidade efetivamente produzida, que permite obter o indicador de performance, a quantidade de peças rejeitadas, que origina o indicador de qualidade, e o registo das paragens da linha, associado ao indicador de disponibilidade. A partir destes dados, torna-se possível determinar e apresentar o OEE da linha.

Para além da possibilidade de seleccionar a linha de produção a analisar, é também possível aceder a diversas funcionalidades complementares que apoiam a gestão e monitorização das operações. Entre estas, o acesso ao relatório diário elaborado pelos responsáveis de linha, no qual são registadas as principais informações de cada turno. Existe ainda a possibilidade de utilizar um quadro branco digital, que pode ser empregue para explicações adicionais recorrendo a desenhos, esquemas ou anotações. Adicionalmente, é disponibilizada toda a documentação específica de cada linha, anteriormente presente nos quadros de linha físicos, e, por fim, o plano de produção detalhado de cada linha. Este último recurso permite consultar janelas temporais mais amplas ou mesmo analisar o planeamento de outras linhas, superando a limitação do planeamento semanal referido anteriormente.

Para o desenvolvimento do dashboard que integra todas as informações e conteúdos mencionados, recorreu-se à utilização do Microsoft Excel e do Microsoft PowerPoint. O ficheiro em Excel foi estruturado de forma a consolidar e tratar os dados necessários, estabelecendo ligações com outros ficheiros previamente existentes, de modo a garantir a atualização das informações. Posteriormente, os dados processados são integrados no PowerPoint, onde são

apresentados através de gráficos e representações visuais interativas, compondo o dashboard final e facilitando a interpretação e análise dos indicadores.

3.6.3. Digitalização das Listas de Checagem

Como mencionado anteriormente, o preenchimento das listas de checagem das máquinas é uma responsabilidade atribuída ao operador, fazendo parte das suas tarefas do turno. Essas listas encontram-se afixadas na parte traseira da máquina, conforme ilustrado na Figura 56, permitindo um fácil acesso sempre que necessário. No início de cada turno, o operador dirige-se à máquina, retira as listas de checagem e procede ao preenchimento das informações necessárias, garantindo que todos os parâmetros e condições da máquina são devidamente verificados e registrados (Figura 57).



Figura 56 - Posicionamento da lista de checagem na máquina



Figura 57 - Preenchimento da lista de checagem da máquina

No início de cada semana, as listas de checagem são retiradas de todas as máquinas e substituídas por novas listas em branco, de forma a iniciar o preenchimento referente à nova semana. As listas retiradas são, em seguida, verificadas e assinadas pelo departamento de engenharia, assegurando a sua conformidade e validade. Após essa etapa, os documentos são digitalizados através de scanner (Figura 58) e armazenados no disco do servidor da empresa, garantindo a sua preservação e facilidade de consulta futura. Por fim, todas as listas plastificadas são limpas com álcool (Figura 59), uma vez que o seu preenchimento é realizado com marcador, permitindo que sejam reutilizadas nas semanas seguintes.

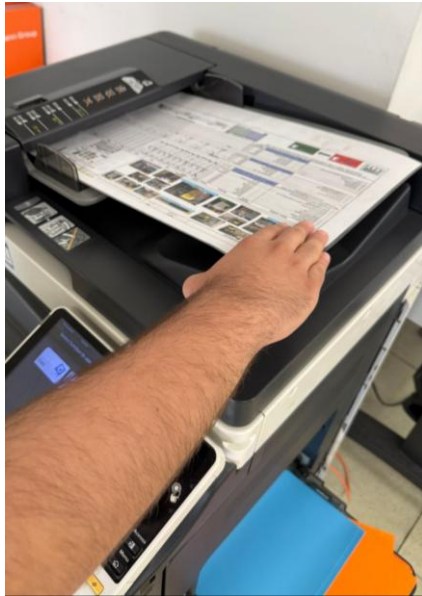


Figura 58 - Scan das listas de checagem



Figura 59 - Limpeza das listas de checagem

Após ser feito o scan e a limpeza às mais de 100 listas de checagem existentes, estas são colocadas nos respectivos suportes organizados por linhas de produção (Figura 60).



Figura 60 - Exemplo de suporte com listas de checagem

Posto isto, o objetivo da Tesco é eliminar o atual método manual de preenchimento das listas de checagem, migrando todo o processo para um formato digital. Para tal, está a ser desenvolvido um sistema que permitirá, através de um navegador de internet e por meio de um link específico disponibilizado pelo servidor da empresa, aceder ao novo formato de preenchimento (Figura 61). O acesso será efetuado através de tablets colocados em pontos estratégicos perto das linhas de produção. Este sistema está a ser desenvolvido pelo departamento de TI, com base nas necessidades e requisitos definidos em reuniões previamente realizadas. Nessas sessões, são transmitidas as especificações e objetivos

pretendidos, de forma que a equipa de TI possa desenvolver uma solução alinhada com o que foi idealizado.

Figura 61 - Menu inicial do preenchimento de listas de checagem

No menu inicial, após o operador fazer o seu login no canto superior direito, é possível selecionar a linha e a máquina desejadas para o preenchimento da lista de checagem. Após a seleção, será exibida uma tabela contendo os mesmos campos de verificação que anteriormente estavam presentes na lista em formato físico (Figura 62).

Atualmente, o processo encontra-se numa fase inicial de desenvolvimento, apresentando apenas a estrutura da tabela, ainda sem os respetivos campos de verificação implementados.

Figura 62 - Novo formato de preenchimento das listas de checagem

Posteriormente, no menu “Ver Checklists”, será possível consultar o estado atual de preenchimento de cada uma ao longo da semana.

Após o término da semana, o responsável pela verificação das listas de checagem deverá aceder ao menu “Assinar”, onde poderá pesquisar pelo ID do registo correspondente à lista que pretende validar e, em seguida, proceder com a sua assinatura (Figura 63).

The image shows a web interface for signing checklists. At the top, there is a search form with two input fields: 'ID do Registro:' containing the number '7', and 'Ou Data:' with a date format 'mm/dd/yyyy' and a calendar icon. A blue 'Pesquisar' button is below these fields. Below the search form is a card displaying search results: 'ID: 7', 'Relatório: Tesco', and 'Maquina:' and 'Data:' fields which are empty. A large handwritten signature 'TESCO' is visible in red ink. Below the card is a signature area labeled 'Assinar' with a large empty box for the signature. At the bottom of this area are two small buttons: 'Limpar Assinatura' and 'Salvar Assinatura'.

Figura 63 - Assinatura das listas de checagem

Após a gravação da assinatura, a lista de checagem será automaticamente armazenada no sistema, permitindo que a semana seguinte seja iniciada com uma nova lista em branco.

É importante salientar que todo o sistema ainda está numa fase muito precoce e continua em desenvolvimento e, por isso, ainda não se encontra em funcionamento. O objetivo é iniciar o ano de 2026 com a plataforma totalmente operacional.

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo, são apresentados e analisados os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento deste trabalho. A análise dos resultados visa validar os objetivos definidos e demonstrar o impacto das melhorias implementadas no contexto do estudo.

4.1. Apresentação de Resultados

Nesta Secção são apresentados os resultados obtidos ao longo do projeto, evidenciando o impacto das soluções implementadas e permitindo avaliar a sua contribuição para a melhoria do processo produtivo.

4.1.1. MT-LINKi

A implementação do MT-LINKi já apresenta um progresso considerável, embora ainda não esteja totalmente concluída. Até ao momento, já é possível visualizar algumas informações no software, conforme demonstrado no capítulo anterior. No entanto, ainda não se atingiu a fase considerada mais crítica do projeto: a extração dos dados gerados pelo sistema, que serão posteriormente tratados e analisados pela plataforma MV Reports.

Esta plataforma foi a solução escolhida pela Tesco para a gestão e monitorização da produção, proporcionando uma abordagem mais robusta e eficiente no acompanhamento dos indicadores de desempenho. A integração entre o MT-LINKi e o MV Reports permitirá não só centralizar as informações de produção num único ambiente, mas também disponibilizar relatórios detalhados e personalizáveis, fundamentais para a tomada de decisões estratégicas e para a otimização dos processos produtivos.

A extração de dados do software é feita através do menu de administrador (Figura 39), através do submenu “*Report Schedule Setting*” (Figura 64).

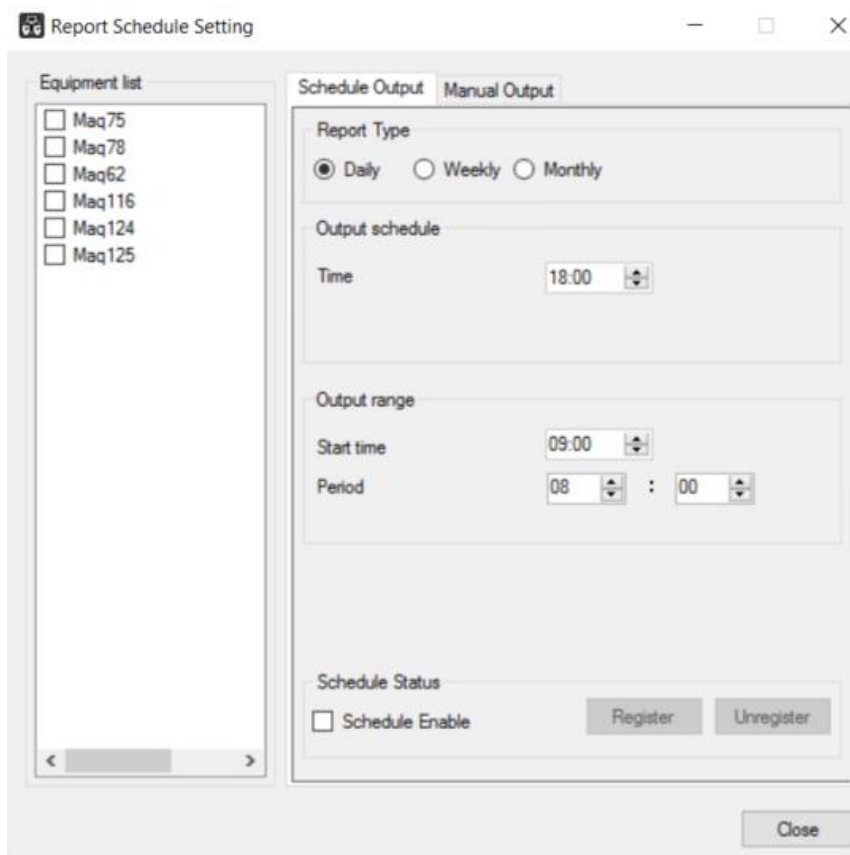


Figura 64 - Submenu para extração de dados do MT-LINKi

Neste submenu, é possível selecionar as máquinas das quais se pretende extrair os dados, bem como agendar a frequência com que os relatórios serão emitidos, definindo as horas de início e os intervalos desejados.

Para exemplificar os relatórios atualmente emitidos, no Anexo J é apresentado um relatório referente à máquina nº 116, correspondente a um único dia de produção. Atualmente, o relatório encontra-se no formato standard, contudo, posteriormente será necessário configurar o seu template, de forma a apresentar apenas os dados relevantes, que serão processados e analisados pela plataforma MV Reports.

Posto isto, apesar de o software ainda se encontrar em fase de desenvolvimento, o progresso alcançado até ao momento já permite ter uma visão clara do seu potencial e do conjunto de funcionalidades que serão disponibilizadas na versão final. Mesmo não estando concluído, é possível antever o impacto positivo da sua implementação, nomeadamente:

- **Otimização dos processos internos** - através da centralização e automatização da recolha de dados;
- **Melhoria na gestão da informação** - garantindo maior precisão, consistência e rastreabilidade dos dados;
- **Aumento da eficiência operacional** - com acesso rápido e detalhado a métricas de desempenho;

- **Suporte à tomada de decisões estratégicas** - com relatórios dinâmicos e personalizados;
- **Capacidade de monitorização em tempo real** - permitindo identificar problemas e oportunidades de melhoria de forma proativa.

Com a conclusão do projeto, prevista para o início de 2026, a Tesco passará a contar com uma ferramenta integrada e inteligente para monitorizar, analisar e otimizar a produção, elevando significativamente a eficiência e a competitividade da empresa.

4.1.2. Painéis Interativos

Conforme demonstrado na Tabela 3, ao analisar o antigo horário dos operadores de máquinas, verifica-se que estes dispunham de 10 minutos por turno destinados ao preenchimento manual dos quadros de produção de parede, especificamente entre as 16:20h e as 16:30h.

Tabela 3 - Antigo horário dos operadores

| Tempo | Descrição |
|-----------------|---|
| 08:00h ~ 08:10h | Ginástica laboral |
| 08:10h ~ 08:20h | Preenchimento das listas de checagem das máquinas |
| 08:20h | Início de produção do 1º turno |
| 10:20h ~ 10:30h | Intervalo da manhã |
| 12:30h ~ 13:00h | Intervalo de almoço |
| 15:20h ~ 15:30h | Intervalo da tarde |
| 15:50h | Fim de produção do 1º turno |
| 15:50h ~ 16:10h | Limpeza da linha de produção |
| 16:10h ~ 16:20h | Registos de produção e entrega de documentação aos responsáveis |
| 16:20h ~ 16:30h | Preenchimento dos quadros de produção de parede |
| 16:30h | Saída do turno |

Com a implementação dos painéis interativos, o preenchimento manual dos quadros de produção de parede deixou de ser necessário. Como consequência, e conforme apresentado na Tabela 4, foi eliminada uma tarefa com foco na digitalização e os operadores passaram a dispor de mais 10 minutos por turno para se dedicarem exclusivamente às atividades produtivas.

Tabela 4 - Novo horário dos operadores

| Tempo | Descrição |
|-----------------|---|
| 08:00h ~ 08:10h | Ginástica laboral |
| 08:10h ~ 08:20h | Preenchimento das listas de checagem das máquinas |
| 08:20h | Início de produção do 1º turno |
| 10:20h ~ 10:30h | Intervalo da manhã |
| 12:30h ~ 13:00h | Intervalo de almoço |
| 15:20h ~ 15:30h | Intervalo da tarde |
| 16:00h | Fim de produção do 1º turno |
| 16:00h ~ 16:20h | Limpeza da linha de produção |
| 16:20h ~ 16:30h | Registos de produção e entrega de documentação aos responsáveis |
| 16:30h | Saída do turno |

Desta forma, o tempo produtivo dos operadores aumentou de 400 minutos para 410 minutos por turno, refletindo uma melhoria direta na eficiência operacional.

Analisando com dados da linha abordada ao longo da dissertação (MH1 & MH2), esta possui um tempo de ciclo de 4 minutos e 28 segundos, o que resulta em aproximadamente mais 2 peças por turno produzidas.

Outro resultado relevante da implementação dos painéis interativos é a remoção dos quadros de linha, estando, por isso, os quadros de parede e de linha agrupados na mesma secção do capítulo anterior. Embora esta melhoria ainda não esteja plenamente implementada, já se encontra definido no *dashboard* o local destinado à documentação. Contudo, ainda é necessário organizar toda a documentação das linhas de produção, de modo que possa ser posteriormente acedida de forma simples e eficiente através da hiperligação no *dashboard*. Essa hiperligação abrirá um caminho no disco do servidor da empresa onde estará toda a documentação das respetivas linhas organizada por pastas.

Na Figura 65 é possível observar o caminho no disco da empresa para o qual a hiperligação da documentação redireciona. Já na Figura 66 apresenta-se um exemplo de documentação de produção referente a uma linha específica, ilustrando o tipo de informação disponibilizada e a sua organização.

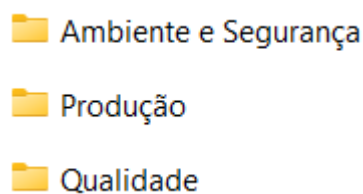


Figura 65 - Caminho da hiperligação da documentação

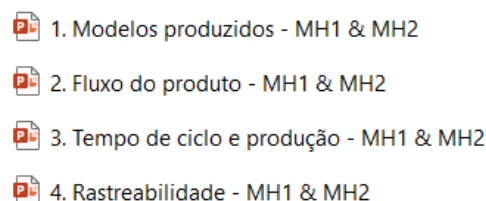


Figura 66 - Exemplo de organização de documentação de produção de uma linha

Os ficheiros apresentados na Figura 66 abrem um slide em PowerPoint com a respetiva folha da documentação afixada no antigo quadro de linha. Os quadros de linha não serão removidos enquanto toda a documentação de todas as linhas não estiver organizada. Após a organização completa da documentação, a remoção dos quadros poderá ser efetuada.

4.1.3. Listas de Checagem

Apesar do sistema de preenchimento digital das listas de checagem ainda se encontrar em fase de desenvolvimento, já é possível observar alguns resultados preliminares e benefícios potenciais:

- **Redução de erros** - ao centralizar os dados digitalmente, espera-se reduzir a ocorrência de listas em branco ou preenchimentos incorretos, que podem ocorrer no método manual;
- **Facilidade na supervisão e auditoria** - o menu “Ver Checklists” permitirá aos responsáveis acompanhar em tempo real o estado de preenchimento, tornando o processo de verificação mais ágil e menos dependente do armazenamento físico;
- **Otimização do armazenamento de dados** - a digitalização e assinatura eletrónica garantem que todos os registos fiquem automaticamente armazenados e organizados, eliminando a necessidade de manipulação manual de mais de 100 listas por semana;
- **Preparação para a transição digital** – mesmo numa fase muito prematura desta melhoria, já é um grande passo para a transição digital que se pretende que ocorra na empresa.

Em suma, embora o sistema ainda não esteja em pleno funcionamento, o progresso observado demonstrou o potencial de modernização do processo, com benefícios claros para eficiência, organização e rastreabilidade das listas de checagem, antecipando a melhoria significativa dos fluxos de trabalho na produção.

4.2. Discussão de Resultados

A análise dos resultados obtidos com a implementação do MT-LINKi, dos painéis interativos e das listas de checagem digitais evidencia um impacto positivo significativo sobre a operação da Tesco, mesmo considerando que alguns sistemas ainda se encontram em fase de desenvolvimento.

O MT-LINKi, que será integrado com a plataforma MV Reports, demonstra o potencial de centralizar e automatizar a recolha de dados de produção, permitindo gerar relatórios detalhados e personalizados que apoiam a tomada de decisão baseada em dados. Ainda que a extração de dados não esteja totalmente concluída, já se antevê uma melhoria na precisão, consistência e rastreabilidade da informação, bem como na capacidade de monitorização em tempo real, possibilitando identificar problemas e oportunidades de melhoria de forma proativa.

Resultados e Discussão

A introdução dos painéis interativos trouxe ganhos imediatos na eficiência operacional, eliminando tarefas manuais, como o preenchimento dos quadros de produção de parede. Esta mudança resultou num aumento do tempo produtivo dos operadores e numa melhoria direta da produtividade da linha, enquanto simplifica o acesso à documentação, consolidando a informação num único dashboard.

O desenvolvimento das listas de checagem digitais evidencia benefícios preliminares como a redução de erros, a facilidade de supervisão e auditoria e a otimização do armazenamento de dados, preparando a empresa para uma transição digital completa e para futuras melhorias tecnológicas.

De forma geral, a modernização dos processos apresenta impactos tangíveis e estratégicos: maior eficiência produtiva, melhor organização e gestão da informação, redução do tempo desperdiçado com tarefas administrativas e base sólida para futuras implementações digitais e analíticas.

Em síntese, os resultados indicam que a transformação tecnológica em curso possui um impacto mensurável e promissor, criando bases para uma produção mais eficiente, organizada e orientada por dados, suportando decisões estratégicas e sustentáveis para a Tesco.

5. Conclusão

Neste capítulo, apresentam-se as conclusões finais, são discutidas as principais limitações identificadas, bem como trabalhos futuros a serem realizados.

5.1. Conclusões finais

O presente trabalho permitiu analisar em detalhe o processo de maquinagem da Tesco, identificando pontos críticos que condicionavam a produtividade e a qualidade da informação recolhida no chão de fábrica. Desde o início foi evidente que a empresa necessitava de soluções que eliminassem redundâncias, reduzissem erros de registo e aumentassem a visibilidade em tempo real sobre o estado da produção.

A implementação do MT-LINKi revelou-se fundamental ao possibilitar a ligação direta entre as máquinas CNC e o sistema de monitorização. Com esta solução reduz-se significativamente o tempo despendido em registos manuais, aumenta-se a fiabilidade da informação e abre-se caminho para um controlo de produção mais rigoroso e centralizado. Em paralelo, a introdução de painéis interativos substituiu os quadros físicos e impressões dispersas, garantindo uma comunicação mais eficaz entre operadores, supervisores e gestores. A atualização em tempo real dos indicadores promoveu maior transparência, rapidez na identificação de desvios e maior agilidade na tomada de decisão. Por sua vez, a digitalização das listas de checagem contribuirá para a redução do consumo de papel, eliminará falhas associadas ao preenchimento manual e criará condições para um arquivo digital organizado e acessível. Para além de ganhos ambientais, esta medida fortaleceu a rastreabilidade e a conformidade com requisitos de auditoria.

Globalmente, estas iniciativas contribuirão para otimizar o fluxo de informação, aumentar a eficiência operacional e fortalecer a cultura de melhoria contínua na empresa. Verificar-se-á uma redução de desperdícios, uma maior fiabilidade dos dados recolhidos e uma utilização mais racional dos recursos disponíveis. Este projeto também criou as bases para futuras integrações digitais, nomeadamente com sistemas MES e ERP mais avançados, consolidando a visão de uma fábrica cada vez mais inteligente e conectada.

Em síntese, pode afirmar-se que os objetivos delineados foram atingidos, tendo este trabalho contribuído de forma relevante para a modernização e competitividade da Tesco, com benefícios que se estendem tanto à operação diária como à estratégia de longo prazo da organização.

5.2. Limitações e Trabalhos Futuros

Apesar dos resultados alcançados, este trabalho apresenta algumas limitações que importa destacar. A primeira prende-se com o tempo de execução do projeto, que se revelou superior ao inicialmente previsto. Esta situação condicionou a calendarização das fases de implementação e, conseqüentemente, limitou a análise aprofundada dos impactos das soluções propostas.

Outra limitação está associada ao facto de a implementação do MT-LINKi e da digitalização das listas de checagem ainda não se encontrar totalmente concluída. Embora já seja possível observar benefícios preliminares, a ausência de um ciclo de utilização completo dificultou a obtenção de resultados mais consistentes e comparáveis. Assim, a avaliação do impacto destas melhorias permanece numa fase inicial, não permitindo ainda retirar conclusões tão objetivas como as alcançadas com os painéis interativos, cuja eficácia já se revelou mais evidente, mesmo também não estando totalmente concluído.

No que se refere a trabalhos futuros, torna-se essencial estabelecer os próximos passos para a implementação de cada melhoria. A Tabela 5 apresenta o direcionamento necessário para o avanço de cada uma delas.

Tabela 5 - Trabalhos futuros das soluções de melhoria

| Melhorias | Trabalhos futuros |
|---------------------|---|
| MT-LINKi | Proceder à ligação das restantes máquinas CNC de todas as linhas de produção. |
| | Configurar todas as linhas de produção no software. |
| | Definir em conjunto com todos os departamentos envolvidos, quais informações serão mais benéficas retirar do software. |
| Painéis Interativos | Agilizar o processo de integração entre o MT-LINKi e o MV Reports com as pessoas envolvidas. |
| | Organizar toda a documentação das respetivas linhas de produção para posterior remoção dos quadros de linha. |
| Listas de checagem | Acompanhar o trabalho do departamento de TI e prestar auxílio no que for necessário até o sistema estar operacional para posteriormente ser dada formação aos operadores e ser implementado no chão de fábrica. |

Uma vez concluídos os trabalhos futuros, será possível proceder a uma análise mais aprofundada dos resultados decorrentes destas melhorias, cuja conclusão está projetada para o início de 2026.

Referências

- Adesola, S., & Baines, T. (2005). Developing and evaluating a methodology for business process improvement. *Business Process Management Journal*, 11(1), 37–46. <https://doi.org/10.1108/14637150510578719>
- Aithal, P. S., & Aithal, S. (2023). *Key Performance Indicators (KPI) for Researchers at Different Levels & Strategies to Achieve it*. <https://ssrn.com/abstract=4715312>
- Alotaibi, Y. (2016). Business process modelling challenges and solutions: a literature review. In *Journal of Intelligent Manufacturing* (Vol. 27, Issue 4, pp. 701–723). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s10845-014-0917-4>
- Aramja, A., Kamach, O., & Elmeziane, R. (2021). Companies' perception toward manufacturing execution systems. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(4), 3347–3355. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i4.pp3347-3355>
- Arica, E., & Powell, D. (2000). *Status and Future of Manufacturing Execution Systems*.
- Armistead, C., Pritchard, J.-P., & Machin, S. (1999). *Strategic Business Process Management for Organisational Effectiveness*.
- Aysolmaz, B., Joshi, A., & Stubhan, M. (2023). Examining and Comparing the Critical Success Factors Between Business Process Management and Business Process Automation. *Journal of Global Information Management*, 31(1). <https://doi.org/10.4018/JGIM.318476>
- Badawy, M., El-Aziz, A. A. A., Idress, A. M., Hefny, H., & Hossam, S. (2016). A survey on exploring key performance indicators. *Future Computing and Informatics Journal*, 1(1–2), 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.fcij.2016.04.001>
- Baiyere, A., Salmela, H., & Tapanainen, T. (2020). Digital transformation and the new logics of business process management. *European Journal of Information Systems*, 29(3), 238–259. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1718007>
- Barrera-Alvarado, J.-G., González-Sanabria, J.-S., & Sarmiento-Rojas, J.-A. (2023). BPM Methodology Applied in Construction Projects: A Reflection. *Revista Facultad de Ingeniería*, 32(65), e16729. <https://doi.org/10.19053/01211129.v32.n65.2023.16729>
- Bartlett, L., Kabir, M. A., & Han, J. (2023). A Review on Business Process Management System Design: The Role of Virtualization and Work Design. In *IEEE Access* (Vol. 11, pp. 116786–116819). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3323445>
- Beregi, R., Pedone, G., Háý, B., & Váncza, J. (2021). Manufacturing execution system integration through the standardization of a common service model for cyber-physical production systems. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(16). <https://doi.org/10.3390/app11167581>
- Chen, X., Nophut, C., & Voigt, T. (2020). Manufacturing execution systems for the food and beverage industry: A model-driven approach. *Electronics (Switzerland)*, 9(12), 1–21. <https://doi.org/10.3390/electronics9122040>
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards and Interfaces*, 34(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>

Referências

- Cupek, R., Ziebinski, A., Huczala, L., & Erdogan, H. (2016). Agent-based manufacturing execution systems for short-series production scheduling. *Computers in Industry, 82*, 245–258. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.07.009>
- D'Antonio, G., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017). A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach. *Procedia Manufacturing, 11*, 2243–2251. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.372>
- Daryakin, A. A., Sklyarov, A. A., & Khasanov, K. A. (2019). *THE ROLE OF KEY PERFORMANCE INDICATORS (KPI) IN BANKING ACTIVITIES*. <http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ged/index>
- de Moraes, R. M., Kazan, S., de Pádua, S. I. D., & Costa, A. L. (2014). An analysis of BPM lifecycles: From a literature review to a framework proposal. *Business Process Management Journal, 20*(3), 412–432. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2013-0035>
- Dumas, M., Marcello, , Rosa, L., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). *Fundamentals of Business Process Management*.
- Fehrer, T., Fischer, D. A., Leemans, S. J. J., Röglinger, M., & Wynn, M. T. (2022). An assisted approach to business process redesign. *Decision Support Systems, 156*. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2022.113749>
- Gabryelczyk, R., Sipior, J. C., & Biernikowicz, A. (2022). Motivations to Adopt BPM in View of Digital Transformation. *Information Systems Management*. <https://doi.org/10.1080/10580530.2022.2163324>
- Hammer, M. (2010). What is Business Process Management? In *Handbook on Business Process Management 1* (pp. 3–16). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00416-2_1
- Hernaus, T. (2011). *The Process-Based Face of Organizations*.
- Houy, C., Fettke, P., Loos, P., Van Der Aalst, W. M. P., & Krogstie, J. (2011). Business process management in the large. *Business and Information Systems Engineering, 3*(6), 385–388. <https://doi.org/10.1007/s12599-011-0181-5>
- Ivanišević, R., Horvat, D., & Matić, M. (2023). Business process redesign as a basic aspect of digital business transformation. *Strategic Management, 00*, 40–40. <https://doi.org/10.5937/straman2300040i>
- Jeon, B. W., Um, J., Yoon, S. C., & Suk-Hwan, S. (2017). An architecture design for smart manufacturing execution system. *Computer-Aided Design and Applications, 14*(4), 472–485. <https://doi.org/10.1080/16864360.2016.1257189>
- Kissa, B., Gounopoulos, E., Kamariotou, M., & Kitsios, F. (2023). Business Process Management Analysis with Cost Information in Public Organizations: A Case Study at an Academic Library. *Modelling, 4*(2), 251–263. <https://doi.org/10.3390/modelling4020014>
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing Execution Systems - MES*.
- Kobushko, I., Kobushko, I., Starinskyi, M., & Zavalna, Z. (2020). MANAGING TEAM EFFECTIVENESS BASED ON KEY PERFORMANCE INDICATORS OF ITS MEMBERS. *International Journal for Quality Research, 14*(4), 1245–1260. <https://doi.org/10.24874/IJQR14.04-17>
- Kurmanov, S. (2023). Various production planning models for manufacturing execution systems. *Scientific Horizons, 26*(1), 111–120. [https://doi.org/10.48077/scihor.26\(1\).2023.111-120](https://doi.org/10.48077/scihor.26(1).2023.111-120)
- Lindberg, C. F., Tan, S., Yan, J., & Starfelt, F. (2015). Key Performance Indicators Improve Industrial Performance. *Energy Procedia, 75*, 1785–1790. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474>
- Lizano-Mora, H., Palos-Sanchez, P. R., & Aguayo-Camacho, M. (2021). The evolution of business process management: A bibliometric analysis. *IEEE Access, 9*, 51088–51105. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3066340>

Referências

- Lo L. Ferreira, C.-R. S. F., & Torregrosa-López, J. I. (2018). Key Performance Indicators to optimize the environmental performance of Higher Education Institutions with environmental management system – A case study of Universitat Politècnica de València. *Journal of Cleaner Production*, 178, 846–865.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.184>
- Lo Lacono F., V. G., Capuz-Rizo, S. F., & Torregrosa-López, J. I. (2018). Key Performance Indicators to optimize the environmental performance of Higher Education Institutions with environmental management system – A case study of Universitat Politècnica de València. *Journal of Cleaner Production*, 178, 846–865.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.184>
- Lubinski, T. (2016). *Business Activity Monitoring: Process Control For the Enterprise*.
<https://www.researchgate.net/publication/242741490>
- Lusk, S., Paley, S., & Spanyi, A. (2005). *Evolution of BPM as a Professional Discipline The Evolution of Business Process Management as a Professional Discipline*.
- Mansar, S. L., & Reijers, H. A. (2005). Best practices in business process redesign: Validation of a redesign framework. *Computers in Industry*, 56(5), 457–471.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2005.01.001>
- Marcelo, P., Blanco, P. A., Poli, M. A., & Pereira Barretto, M. R. (2003). *OPC and CORBA in Manufacturing Execution Systems: A Review*.
- Metzger, A., Leitner, P., Ivanovic, D., Schmieders, E., Franklin, R., Carro, M., Dustdar, S., & Pohl, K. (2015). Comparing and combining predictive business process monitoring techniques. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 45(2), 276–290. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2014.2347265>
- Parmenter, D. (2019). *Key Performance Indicators Developing, Implementing, and Using Winning. 4th Edition*.
- Pedrinaci, C., Markovic, I., Hasibether, F., & Domingue, J. (2009). *Strategy-Driven Business Process Analysis*. <http://www.ip-super.org>
- Peterson, E. T. (2006). *The Big Book of Key Performance Indicators Book Two in the Web Analytics Demystified Series First Edition*. <http://www.webanalyticsdemystified.com>
- Qiu, R., & Zhou, M. (2004). *State of the Art and Future Manufacturing Execution Systems*.
- Rebuge, M. M., & Ferreira, D. R. (2012). *Business Process Analysis in Healthcare Environments: a Methodology based on Process Mining* Alvaro.
- Reijers, H. A. (2021). Business Process Management: The evolution of a discipline. *Computers in Industry*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103404>
- Reijers, H. A., & Liman Mansar, S. (2005). Best practices in business process redesign: An overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. *Omega*, 33(4), 283–306. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.04.012>
- Rosemann, M., & vom Brocke, J. (2010). The Six Core Elements of Business Process Management. In *Handbook on Business Process Management 1* (pp. 107–122). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00416-2_5
- Sabri, M. Abdelouahed., Yahyaouy, Ali., Tairi, Hamid., El Beqqali, Omar., & Benali, Habib. (2018). *2018 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV) : April 2-4, 2018, Faculty of Sciences Dhar El Mahraz (FSDM), Fez, Morocco*. IEEE.
- SAP. (2025, January 6). *SAP Digital Manufacturing*.
<https://www.sap.com/portugal/products/scm/digital-manufacturing-cloud.html>
- Segonds, F., Laverne, F., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017). A framework for manufacturing execution system deployment in an advanced additive manufacturing process. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 10(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1504/IJPLM.2017.082996>

Referências

- Sharp, Alec., & McDermott, Patrick. (2001). *Workflow modeling : tools for process improvement and application development*. Artech House.
- Shojaeinasab, A., Charter, T., Jalayer, M., Khadivi, M., Ogunfowora, O., Raiyani, N., Yaghoubi, M., & Najjaran, H. (2022). Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review. In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 62, pp. 503–522). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.01.004>
- Smith, R. F. (2007). *Business Process Management and the Balanced Scorecard Using Processes as Strategic Drivers*. <http://www.wiley.com/go/permissions>.
- Spahija, S., Shehi, E., & Guxho, G. (2012). Evaluation of production effectiveness in garment companies through key performance indicators. *Autex Research Journal*, 12(2), 62–66. <https://doi.org/10.2478/v10304-012-0012-x>
- Szelągowski, M. (2018). Evolution of the BPM Lifecycle. *Communication Papers of the 2018 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, 17, 205–211. <https://doi.org/10.15439/2018f46>
- Teinemaa, I., Dumas, M., Maria Maggi, F., & Di Francescomarino, C. (2016). *Predictive Business Process Monitoring with Structured and Unstructured Data*.
- Trkman, P. (2010). The critical success factors of business process management. *International Journal of Information Management*, 30(2), 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.07.003>
- Tupa, J., & Steiner, F. (2019). Industry 4.0 and business process management. *Tehnički Glasnik*, 13(4), 349–355. <https://doi.org/10.31803/tg-20181008155243>
- Ubaid, A. M., & Dweiri, F. T. (2020). Business process management (BPM): terminologies and methodologies unified. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 11(6), 1046–1064. <https://doi.org/10.1007/s13198-020-00959-y>
- Van Der Aalst, W. M. P. (2004). *LNCS 3098 - Business Process Management Demystified: A Tutorial on Models, Systems and Standards for Workflow Management*.
- van der Aalst, W. M. P. (2013). Business Process Management: A Comprehensive Survey. *ISRN Software Engineering*, 2013, 1–37. <https://doi.org/10.1155/2013/507984>
- Van Der Aalst, W. M. P., Ter Hofstede, A. H. M., & Weske, M. (2003). *Business Process Management: A Survey*.
- Vartiak, Ing. L., & Garbarova, Ing. M. (2024). KEY PERFORMANCE INDICATORS FOR THE CREATIVE INDUSTRY. *Baltic Journal of Economic Studies*, 10(2), 14–23. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-14-23>
- vom Brocke, J., & Mendling, J. (2018). Frameworks for Business Process Management: A Taxonomy for Business Process Management Cases. In *Management for Professionals: Vol. Part F612* (pp. 1–17). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58307-5_1
- Weinzierl, S., Zilker, S., Dunzer, S., & Matzner, M. (2024). Machine learning in business process management: A systematic literature review. In *Expert Systems with Applications* (Vol. 253). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124181>
- Wiech, M., Boffelli, A., Elbe, C., Carminati, P., Friedli, T., & Kalchschmidt, M. (2022). Implementation of big data analytics and Manufacturing Execution Systems: an empirical analysis in German-speaking countries. *Production Planning and Control*, 33(2–3), 261–276. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810766>
- Wintool. (2025, January 6). *Wintool MES Integration*. <https://www.wintool.com/en/tool-management-software/cnc-process-manager/mes-integration>
- Witsch, M., & Vogel-Heuser, B. (2012). Towards a formal specification framework for manufacturing execution systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 8(2), 311–320. <https://doi.org/10.1109/TII.2012.2186585>

Referências

- Yang, Z., Zhang, P., & Chen, L. (2016). RFID-enabled indoor positioning method for a real-time manufacturing execution system using OS-ELM. *Neurocomputing*, *174*, 121–133.
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.05.120>
- Zur Muehlen, M., & Ho, D. T. Y. (2005). Risk management in the BPM lifecycle. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *3812 LNCS*, 454–466.
https://doi.org/10.1007/11678564_42

Referências

Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: Bruno Ferreira Oliveira Moreira

ISEP, Porto, 15 de setembro de 2025

Anexo A

MT-LINK*i* The Easy Way to Monitor Your Production

MT-LINK*i* is a PC software that connects machines, robots and peripheral devices in the factory. Data can be collected and visualized to provide more information about manufacturing processes as well as historical data. Not only machines equipped with FANUC CNC or FANUC robots can be connected, but also machines or robots from other manufacturers as well as PLCs or sensors. MT-LINK*i* software is one of the first steps to utilized IIoT functions of manufacturing machines and devices. Using production information presented via MT-Link *i*, data-driven business decisions can be made to optimize operations.

MT-LINK*i* benefits:

- Improve productivity due to detailed machine data
- Detect inefficiencies in machine utilization
- Improve uptime by diagnostic functions
- Save time by automatic custom regular reports
- Have a backup for CNC system and programs



Easy connectivity

MT-LINK*i* makes it easy to access and transfer data from factory equipment such as machine tools with CNCs, robots and PLCs over a network. MT-LINK*i* allows you to also connect third-party equipment via OPC UA and MTConnect.

Quick and easy setup and configuration

MT-LINK*i* is easy to set up and has a scalable system architecture. The data acquisition is managed by a dedicated Collector PC software, whereas the data is stored on a Server PC software. The Server PC also provides a web-based user interface for data access and visualization that can be accessed from any PC or tablet on the network with a browser. For small systems with only few devices, Collector PC software and Server PC software can run on a single standard personal computer. Up to 100 devices can be handled by one MT-LINK*i* server. The production results of large systems with more than 100 devices can be combined with the MT-LINK*i* Integration Server.

Production monitoring

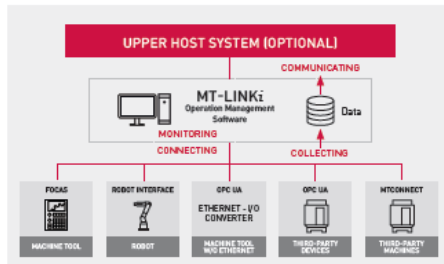
MT-LINK*i* enables you to monitor live the state of the whole factory at a glance. Recognize abnormal states of the equipment such as alarms quickly, allowing you to start countermeasures immediately.

Performance overview

MT-LINK*i* allows you to review the machine's operational results. You can review the production results and compare them against the production plan. You also can check machine utilization and find machines that are underutilized. This enables you to optimize the factory's resource planning.

Diagnostics

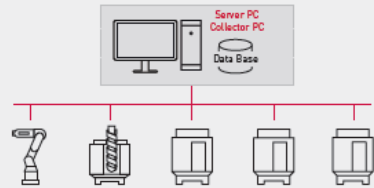
With MT-LINK*i*, it is possible to view various diagnostic data such as alarm history, program history, signal history and macro value history. With this, you are able to identify bottlenecks and optimize the production process. MT-LINK*i* also enables you to schedule automatically generated reports in CSV file format. The report templates can be customized to suit your needs.



Connecting MT-LINKi

- connect machine tools with FANUC CNC via FOCAS
- connect FANUC robots via Robot Interface
- connect machines without Ethernet via Ethernet I/O converter
- connect third-party devices via OPC UA protocol
- connect third-party machines via MTConnect protocol

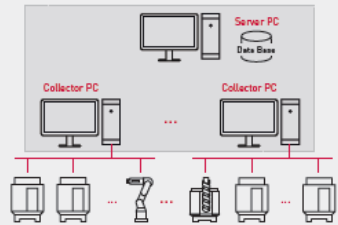
Small system with few devices



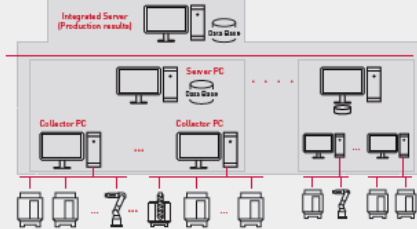
Scalable system architecture

- for small systems with less than 25 devices only one PC is required.
- in MT-LINKi up to 100 devices are considered as a medium system where multiple collector PCs provide all machine data to one central server PC.
- large systems with more than 100 connected devices can be centralized using the MT-LINKi Integration Server

Medium system with up to 100 devices



Large system with more than 100 devices



Using MT-LINKi

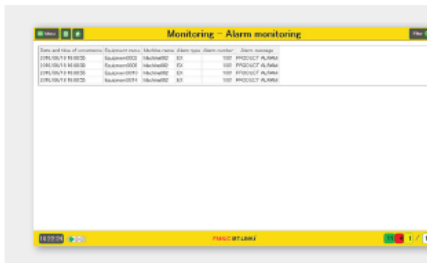
- Web-based user interface
- Supports PCs and tablets



MT-LINKi FUNCTIONALITY

Overlook

- Enables you to recognize abnormal states of your machines quickly
- Detailed information available by just clicking on a machine
- Reduce down time by starting countermeasures immediately



MT-LINKi FUNCTIONALITY

Alarm Monitoring

- Enables you to monitor alarm information occurring on your machines live
- Helps you to identify the alarm's cause quickly



MT-LINKi FUNCTIONALITY

Signal Monitoring

- Enables you to monitor signals such as feed rates, spindle/servo load and temperature, override and so on live



MT-LINKI FUNCTIONALITY
Operational Results

- Provides you with graphs displaying the machines' operational states such as OPERATE, ALARM or STOP
- Data can be output to CSV file
- Helps you to check machine utilization and detect unused production capacity



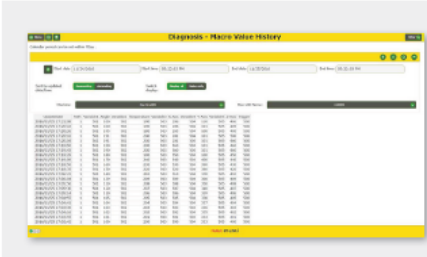
MT-LINKI FUNCTIONALITY
Signal History

- Shows you the signal history of various machine signals
- Data can be output to CSV file
- Allows you to identify correlations between machine signals
- Enables you to check the condition of batteries, fans and motors' leakage resistances based on their signals and replace worn-out components in time



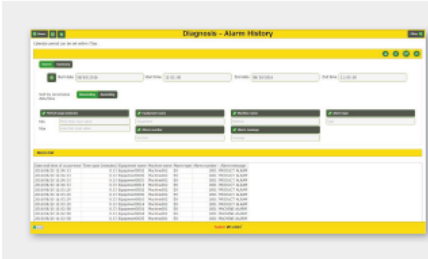
MT-LINKI FUNCTIONALITY
Production Results

- Shows you the production results and production plans of your machines
- Data can be output to CSV file
- Allows you to easily identify deviations from the production plans



MT-LINKI FUNCTIONALITY
Macro Value History

- Shows you stored values of given macro variables from the past
- Data can be output to CSV file
- Can be used to collect and store various kinds of data, e.g. measurement data of tools and workpieces



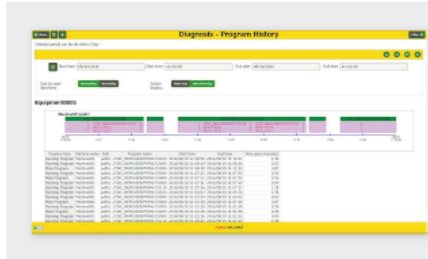
MT-LINKI FUNCTIONALITY
Alarm History

- Shows you information on alarms that occurred in the past
- Data can be output to CSV file
- Helps you to easily identify common alarms, analyze alarm causes and eliminate them



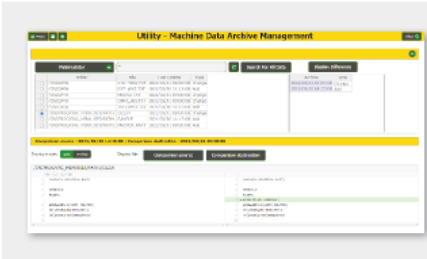
MT-LINKI FUNCTIONALITY
Report Output

- Enables you to schedule automatically generated daily, weekly and monthly reports in Excel file format
- Report templates can be customized
- Allows you to save time with automatic reports



MT-LINKI FUNCTIONALITY
Program History

- Shows you information on programs that ran in the past
- Checks the cycle time of your programs
- Data can be output to CSV file
- Helps you to check machine utilization and machine productivity



MT-LINKI FUNCTIONALITY
File Transfer

- Download/upload NC data (NC programs, parameter files etc.) between CNC and MT-LINKI Server PC
- Manage your NC programs efficiently
- Enables you to create backups easily and store the backup data in a central place
- Manages your archived files and shows differences between archived backup versions

Anexo B

Lista de regras

Na ajuda visual em baixo existe a explicação de como proceder em caso de changing point:

| Modelo | Data | Controlo | Assinado por | Verificado por | Interventor |
|--------|------------|--------------|--------------|----------------|-------------|
| 1 | 18/03/2010 | Auto Control | Luís | A. Lopes | Luís |
| 2 | 18/03/2010 | Auto Control | Luís | A. Lopes | Luís |
| 3 | 18/03/2010 | Auto Control | Luís | A. Lopes | Luís |

| Local | Itens a verificar | Características especiais | Standard | Método | OPERADOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------|----------------------------------|-----------------|----------|---------|---|-------|----|--------|----|--------|----|-------|----|--------|----|---------|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|
| | | | | | Período | Segunda | | Terça | | Quarta | | Quinta | | Sexta | | Sábado | | Domingo | | | | | | | | | | |
| | | | | | T | D | S | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | | | | |
| 1 | Pressão de Entrada de Ar | + | 0,5-0,6 Mpa | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Pressão da Bomba Hidráulica | + | 40-60 Bar | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Nível Óleo Hidráulico | + | Acima do "mm" | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Nível Óleo/Massa Lubrificante | + | Acima do "mm" | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Pressão de Neutral Lock | + | 20-30 Bar | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Pressão de Pre-Clamp | + | 20-30 Bar | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Pressão da bucha | + | 4,50-5,50 Mpa | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Sistema de remoção de limpa | + | Luz Power ligada | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Limpeza do interior da máquina, estações derrames e limpeza do chão | + | Interior limpo | Visual/Manual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Baldes de água para limpeza | + | Água limpa prumo seguinte | Manual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Verificar ruídos ou vibrações anormais nos equipamentos | + | Sem ruídos | Auditivo/Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nota: Todas as operações de manutenção autónoma de leitura em dispositivos da máquina devem estar devidamente identificados com uma placa amarela acompanhada com o respetivo número. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Legenda: V-Normal/Realizado X-Anormal/Não Realizado A-Nível Alto M-Nível Médio B-Nível Baixo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MANUTENÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Concentração do óleo de corte | + | Concentração de 6% - 10% | Refratometro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.1 | Nível do óleo de corte | + | Méio - Alto | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.2 | Quantidade de óleo adicionado | + | Litros adicionados | Manual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.3 | Limpeza dos filtros do tanque de limpa | + | Sem limpas nos filtros | Manual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13.4 | Verificar estado de filtro de tambor | + | Sem danos visíveis | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Legenda: A-Nível Alto M-Nível Médio B-Nível Baixo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LÍDER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Sensores de ar | + | Não ativa com 0.1mm | Visual/Manual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.1 | Condições Pinos | + | Sem danos visíveis | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.2 | Condições Grampos | + | Sem danos visíveis | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15.3 | Condições dos Pokayokes | + | Sem danos visíveis | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Verificar o direcionamento das maguelas de óleo de cortar | + | Verificar no interior da máquina | Visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Legenda: V-Normal/Realizado X-Anormal/Não Realizado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

No caso de iconformidades na linha é necessário indicar na "Tabela de identificação de inconformidades" no quadro de linha, colocar o cartão no lado vermelho. Quando resolvido colocar cartão no lado verde.

EXEMPLO DE PREENCHIMENTO:

| Local | Itens a verificar | Características especiais | Standard | Método | Período | Resultado | | |
|-------|-----------------------------|---------------------------|---------------|--------|---------|-----------|---|-----|
| | | | | | | T | D | S |
| 1 | Pressão de ar na rede | + | 0,5 - 0,6 MPa | Visual | - | - | - | 0,3 |
| 2 | Pressão da bomba hidráulica | + | 40 - 60 bar | Visual | - | - | - | 50 |

Anexo C

| | | |
|---------------|--|--------------------------|
| TESCOO | Norma de Inspeção Visual: MOTOR HOUSING | Página 1 |
| Designação: | Motor Housing 800V | Cliente: |
| Referências: | CF 6 2 MMA 1 A - 0 3 | hanson SYSTEMS |
| Operação: | Maquinagem/Inspeção | |

PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO

1ª SUPERFÍCIES DE VEDAÇÃO

- Tamanho máximo permitido de porosidade é de Ø0,3mm;
- Permitidos, no máximo, 2 poros de tamanho Ø0,3 mm num diâmetro de 10 mm;
- Não são permitidas porosidades unidas (*web porosity*);
- Verificar se não existem degraus, vibrados, riscos, rebarbas e arestas vivas;

2ª SUPERFÍCIES DE FUROS ROSCADOS E OUTROS

- Tamanho máximo permitido de porosidade é de Ø1 mm;
- Permitidos, no máximo, 2 poros de tamanho Ø1 mm num diâmetro de 10 mm, desde que não estejam unidos;
- São permitidas mais porosidades com tamanho máximo de Ø0,3 mm, mas restrita a 3 porosidades se não estiverem unidas;
- Verificar se existe chanfro para o interior do furo.

3ª SUPERFÍCIES FUNCIONAIS NÃO VEDANTES

- Tamanho máximo permitido de porosidade é de Ø2 mm;
- Permitidos, no máximo, 3 poros de tamanho Ø2 mm num diâmetro de 10 mm, desde que não estejam unidos;
- São permitidas mais porosidades com tamanho máximo de Ø0,3 mm, mas restrita a 3 porosidades se não estiverem unidas;
- Verificar se não existem degraus, vibrados, riscos, rebarbas e arestas vivas;

4ª OUTRAS SUPERFÍCIES MAQUINADAS

- Tamanho máximo permitido de porosidade é de Ø3 mm;
- Permitidos, no máximo, 3 poros de tamanho Ø3 mm num diâmetro de 10 mm, desde que não estejam unidos;
- São permitidas mais porosidades com tamanho máximo de Ø0,3 mm, mas restrita a 10 porosidades se não estiverem unidas;
- Verificar se não existem degraus, vibrados, riscos, rebarbas e arestas vivas;
- Verificar se existe chanfro para o interior do furo.

PROBLEMAS DETETADOS/POTENCIAIS PROBLEMAS

| | |
|---|--|
| ⚠ | |
|---|--|

NOTA: Em caso de dúvidas, as peças devem ser separadas e deve ser comunicada ao superior ou à Qualidade!

| | | | |
|-------|--|-------|------------|
| Rev.0 | Edição inicial da NV do modelo Motor Housing 800V. | Data: | 24/11/2022 |
| Rev.1 | Redução da tolerância nas zonas dos tubos e Base D. Acrescentado campo para a verificação da zona em fundição. | Data: | 10/01/2023 |
| Rev.2 | Correção da especificação de várias zonas, segundo a norma da HANSON. | Data: | 19/06/2024 |

| | |
|-----------------|-----------------|
| Elaborado por: | Tiago Faria |
| Verificado por: | José Freitas |
| Aprovado por: | César Rodrigues |
| Data: | 19/06/2024 |

Anexo D

Anexo E



DEP. PRODUÇÃO -- MAQUINAGEM

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|-------|-------------------------------|-------------------|---|---------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|-------|---|--------------------|--------|----------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|----------|----------|-------------------|------------------------------|
| TURNO: _____ DATA: ____/____/____ | | MODELO: _____ | | MÁQ.: _____ | | LINHA: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OPERADOR: _____ OBS.: _____ _____ _____ _____ | | A | Rugas | Bolhas | Falta de Alumínio | Fendas (Crack) | Teste de Maquinagem | Manchas | Marcas de Operação | Marcas de Pressão | Poros | Medida de Maquinagem | Medida de Fundição | Riscos | Partidas | Sujidade no Alumínio | Teste de Qualidade | Alumínio Levantado | Marca Op. Fundição | Outros _____ | TOTAL NG | TOTAL OK | TOTAL PROD. OK+NG | Rejeitadas antes de maquinar |
| | | M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | O | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D A D O S F U N D I Ç Ã O | DATA: ____/____/____ | CAV. # _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TURNO: _____ | MÁQ.: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DATA: ____/____/____ | CAV. # _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TURNO: _____ | MÁQ.: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DATA: ____/____/____ | CAV. # _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TURNO: _____ | MÁQ.: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DATA: ____/____/____ | CAV. # _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TURNO: _____ | MÁQ.: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Registo de Contadores - Os NG Incompletos são peças não conformes rejeitadas durante processos intermédios, sem nunca completarem o último processo; - As peças de alarmes, apenas do primeiro processo, não podem ser contabilizadas | | Primeiro processo Máquina _____ Contador _____ | | = Máq. _____ + Cont. _____ | | Último processo Máq. _____ + Cont. _____ | | + Máq. _____ + Cont. _____ | | + NG Incompletos | | Validação (Responsável) <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG | | | | | | | | | | | | |

| TEMPOS DE PARAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----|-----------------------|----|-------------------|----|----|----|----|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|---------|
| 1 | Avaria / Reparação / Alarme | 5 | Acerto de Medida Geral | 9 | Limpeza de Máquina | 13 | Falta de Operador | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Manutenção Planeada / TPM | 6 | Falta de Peças | 10 | Reunião Diária | 14 | Falha de Energia | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Troca de Modelo / Dispositivo | 7 | Acerto por Troca de Modelo | 11 | Refeição / Intervalos | 15 | Outro _____ | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Troca de Ferramenta | 8 | Acerto por Troca de Ferramenta | 12 | Teste de Maquinagem | 16 | Paragem Planeada | | | | | | | | | | | | | |
| # Máq | Nº paragem | MINUTOS --- assinalar com X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | |
| APROVAÇÃO RESPONSÁVEL MAQUINAGEM: | | | | | | | | | | | | TOTAL PARAGEM LINHA: | | | | | | | | minutos |

Anexo F

| TESCOO | | Inspection Table / Mesa de Inspeção | | | | | | | | | | | | | | Insp. Table / Mesa Insp. | Week / Semana | | | | | | | |
|--|--|--|-------|---------------------------------|---------|-----------------------|----------------|------|-----|---------------------------------|---------------|------------------|----------------|-----------------------|-----|---------------------------------|---------------|-----------------------|----------------|--|--|---------------------------------|--|--|
| Production / Produção | NL FH SD(800) NF FH SD(808) | 900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IC (800) | 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | NF CH SD(884) | 700 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Casting(836) Bar 0 T/2(888) | 600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | NL FH PX (416) NF FH PX (808) | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | NL CH PX (401) NF CH PX (888) | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | BH (827) | 300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bracket MMA (287) Bracket Assy (242) Tank CSRS (281) | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Case Oil seal (284) Plate Oil Cooler | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lower Case (240) | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Motor Housing (188) | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ↑ Comments/Observed ↑ | ↑ Comments/Observed ↑ | | | | ↑ Comments/Observed ↑ | | | | ↑ Comments/Observed ↑ | | | | ↑ Comments/Observed ↑ | | | | ↑ Comments/Observed ↑ | | | | | | |
| Date | Segunda | | | Terça | | | Quarta | | | Quinta | | | Sexta | | | Sabado | | | Domingo | | | | | |
| Inspector / Inspetor | 3 ^a | | | 1 ^a / 2 ^a | | | 3 ^a | | | 1 ^a / 2 ^a | | | 3 ^a | | | 1 ^a / 2 ^a | | | 3 ^a | | | 1 ^a / 2 ^a | | |
| Modelo inspecionado / Tipo de Inspeção / Model inspected / Inspection Type | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tempo de inspeção por modelo / Time of inspection per model | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total peças inspecionadas / Total parts inspected | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças OK maquiadas / Parts OK machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças NO maquiadas / Parts NO machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modelo inspecionado / Model inspected | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tempo de inspeção por modelo / Time of inspection per model | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total peças inspecionadas / Total parts inspected | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças OK maquiadas / Parts OK machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças NO maquiadas / Parts NO machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modelo inspecionado / Model inspected | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tempo de inspeção por modelo / Time of inspection per model | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total peças inspecionadas / Total parts inspected | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças OK maquiadas / Parts OK machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças NO maquiadas / Parts NO machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes / Parts | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes w/ porosity / Peças de alumínio | PO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes w/ Missing aluminum / Marcas Operação de fundição | FA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes w/ CM from casting / Peças com crack | MCP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes w/ CR / Marcas de operação | CR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes w/ CM from machining / Marcas de pressão | MO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes w/ Pequena marca / Marcas de Maquiagem | MP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes w/ Missing Dimensions / Marcas de Raioes | MM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Partes w/ Scratches / | SI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Machining Manager signature Assinatura Diretor de Maquiagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tipos de Inspeção / Types of Inspection | | Familia de modelos / Family model name | FH PX | FH SD | Casting | CH SD | CH PX | BH | IC | Tank CSRS | Case Oil seal | Plate Oil Cooler | Lower Case | Motor Housing | | | | | | | | | | |
| Normal Inspeção Linha | | Peças/turno | 415 | 900 | | 491 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Peças/hora | 82 | 90 | | 74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Tempo de ciclo por peça (s) | 52 | 36 | | 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Normal Inspeção Final | | Peças/turno | 500 | 939 | 635 | 864 | 563 | 827 | 930 | 251 | 254 | 254 | 240 | 166 | | | | | | | | | | |
| | | Peças/hora | 90 | 141 | 95 | 130 | 85 | 79 | 135 | 38 | 38 | 38 | 36 | 25 | | | | | | | | | | |
| | | Tempo de ciclo por peça (s) | 36 | 23 | 34 | 29 | 38 | 41 | 24 | 86 | 55 | 55 | 65 | 90 | 130 | | | | | | | | | |
| Crack ou re-inspeção | | Peças/turno | 1200 | 1878 | 1271 | 1728 | 1830 | 508 | 508 | 508 | 508 | 508 | 489 | | | | | | | | | | | |
| | | Peças/hora | 240 | 246 | 246 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 | | | | | | | | | | |
| | | Tempo de ciclo por peça (s) | 18 | 11,5 | 17 | 12,5 | 10 | 20,5 | 12 | 43 | 42,5 | 42,5 | 45 | | | | | | | | | | | |

| Tipos de Inspeção | |
|-------------------|-----------------------|
| NL | Inspeção normal linha |
| NF | Inspeção normal final |
| CR | Inspeção crack |
| SI | Inspeção Arranha |

Note: "No tipo de inspeção, o inspetor deve colocar "N" caso seja inspeção normal, "C" caso seja inspeção de crack, "A" caso seja inspeção de arranha, "F" caso seja uma re-inspeção. Nas observações, por favor colocar informação importante que influencia o número de peças inspecionadas, utilização de lima, rebabas, operação em formação). O target de inspeção tem de mudar conforme o tipo de inspeção.

IMP-TSC-PRD080

Anexo G

| TESCOO | | Machining Line / Linha de Maquinagem | | | | | | | | | | | | | | | Line/ Linha | --- | Week/ Semana | --- | | | | | | | |
|--|-------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------|--------------------------|--|------------------------|--------------------------|--|------------------------|--------------------------|--|-----------------------|--------------------------|--|------------------------|--------------------------|-----|-------------------------|--------------------------|--|--|--------------------------|--|--|--|--|
| Produção Production | 900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 700 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ↑ Comments/Observações ↑ | | | ↑ Comments/Observações ↑ | | | ↑ Comments/Observações ↑ | | | ↑ Comments/Observações ↑ | | | ↑ Comments/Observações ↑ | | | ↑ Comments/Observações ↑ | | | ↑ Comments/Observações ↑ | | | ↑ Comments/Observações ↑ | | | | |
| Data Date | Segunda 3º / 1º / 2º | | | Terça 3º / 1º / 2º | | | Quarta 3º / 1º / 2º | | | Quinta 3º / 1º / 2º | | | Sexta 3º / 1º / 2º | | | Sábado 3º / 1º / 2º | | | Domingo 3º / 1º / 2º | | | | | | | | |
| Operador Operator | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planeado Maquinagem Machining planned | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modelo Model | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total peças maquinadas Total parts machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças OK maquinadas Parts OK machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças NG maquinadas Parts NG machined | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peças Incompletas / Sem Processo Parts Incomplete / Without Process | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantidade Marcas de pressão Quantity parts with PM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantidade Medidas de Maquinagem Quantity parts with MM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantidade Marcas de operação Quantity parts with OM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Machining Manager signature Assinatura Diretor de Maquinagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

IMP-TSC-PRD080

Anexo H



| |
|------------------------|
| TESCO |
| |
| |
| Rede Maquinas Internet |
| email: |

Orçamento Nº 005/2025

Trofa, 24 de janeiro de 2025

Nosso melhor preço para fornecimento e instalação do material abaixo descrito:

| Item | DESCRIÇÃO | QTD. | UN | UNITARIO | TOTAL |
|----------|-----------------------------------|-------|----|--------------|--------------------|
| 1 | MATERIAL | | | | |
| 1.1 | Cabo UTP Cat 6 Roxo - Barpa | 15048 | mt | 0,45 € | 6 727,34 € |
| 1.2 | Esteira Aramada Zincada 300 x 60 | 150 | mt | 9,19 € | 1 378,24 € |
| 1.3 | Esteira Aramada Zincada 100 x 60 | 315 | mt | 5,13 € | 1 615,76 € |
| 1.4 | Chapa Zincada U 300 x 250 x 30 | 21 | un | 14,71 € | 308,82 € |
| 1.5 | Suportes em L 100 x 300 | 125 | un | 3,47 € | 433,82 € |
| 1.6 | Buchas / parafusos / abraçadeiras | 1 | vg | 200,00 € | 200,00 € |
| 2 | MEIOS DE ELEVAÇÃO | | | | |
| 2.1 | Meios de elevação | 1 | vg | 450,00 € | 450,00 € |
| 3 | MÃO DE OBRA | | | | |
| 3.1 | Mão de Obra | 1 | vg | 4 000,00 € | 4 000,00 € |
| | | | | TOTAL | 15 113,99 € |

Preços a serem acrescidos do IVA taxa legal em vigor

Validade da proposta - 30 Dias

Anexo I



Wingsys - Interactive Technology, Lda.
Rua do Progresso, Pavilhão 380
Vilarinho das Cambas
4760-841 Vila Nova de Famalicão
Portugal

Proposta **N.º** **120**

TESCO - COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS,

RUA DA TESCO Nº 43
4760-708 RIBEIRÃO
VILA NOVA DE FAMALICÃO
N.º Telefone: 252 490 660 N.º Telemóvel:
E-mail:

| Referência | Designação | Quant. | Preço Unt. | Preço Total | I.V.A. | Desc. |
|----------------|--|--------|------------|-------------|--------|-------|
| IFP7503-V7PROM | WIP V7 ANDROID 13 (EDLA) 16G/256G 8xMIC-ARRAY 75" PROM | 5,0 | 2 784,15 | 13 920,75 | 23,00 | |
| | Suporte de Parede | 4,0 | | | 23,00 | |
| | Suporte Móvel Chão | 1,0 | | | 23,00 | |
| | | | | | 23,00 | |
| RNUC12WSH50Z00 | ASUS NUC GEN13 Arena Canyon i5 M.2 256GB 8GB W11PRO | 5,0 | | | 23,00 | |
| | | | | | 23,00 | |
| | | | | | 23,00 | |
| | Entrega e Instalação | 1,0 | 461,55 | 461,55 | 23,00 | |
| | | | | | 23,00 | |
| | Proposta válida por 10 dias | | | | 23,00 | |

Linha de Apoio ao cliente : (+351) 252 316 808
www.wingsys.pt

Software PHC - Emitido por programa certificado nº 0006/AT (20250108.35350)-Este documento não serve de fatura

Condições Financeiras: A 30 dias
Data da Proposta: 14.05.2025
Elaborado por: Joao Araujo

Esta Proposta é Válida por um Período de 10 dias
IBAN PT50003300004525875208205

| | |
|------------------------------|------------------|
| Base de Incidência de I.V.A. | 14 382,30 |
| Total de I.V.A. | 3 307,93 |
| Total do Desconto: | |
| TOTAL do DOCUMENTO | 17 690,23 |

Informações Complementares a Proposta

Validação do Cliente

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Aceito Este Orçamento |
| <input type="checkbox"/> | Não Aceito Este Orçamento |

P' Cliente

Data: ___ / ___ / 202__

(Assinatura e Carimbo)

Anexo J

Today's State of Operation
 Equipment Name : Maq116
 Collection Period : 2025/09/04~2025/09/05
 Processing Time : 00:00~00:00

Table1. Each Hour's Status Occurrence Time Unit [H]

| Index | 1day | 0to1 | 1to2 | 2to3 | 3to4 | 4to5 | 5to6 | 6to7 | 7to8 | 8to9 | 9to10 | 10to11 | 11to12 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|--------|
| OPERATE Time | 21,1 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| MANUAL Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| STOP Time | 2,9 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| ALARM Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| EMERGENCY Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SUSPEND Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DISCONNECT Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Number of parts (hour) | - | 12 | 13 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 | 11 | 11 | 13 | 14 | 13 |
| Number of parts (total) | 294 | 12 | 25 | 25 | 38 | 51 | 64 | 77 | 88 | 99 | 112 | 126 | 139 |

| Index | - | 12to13 | 13to14 | 14to15 | 15to16 | 16to17 | 17to18 | 18to19 | 19to20 | 20to21 | 21to22 | 22to23 | 23to24 |
|-------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| OPERATE Time | - | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,6 |
| MANUAL Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| STOP Time | - | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,4 |
| ALARM Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| EMERGENCY Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SUSPEND Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DISCONNECT Time | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Number of parts (hour) | - | 13 | 14 | 13 | 13 | 14 | 13 | 13 | 14 | 13 | 13 | 13 | 9 |
| Number of parts (total) | - | 152 | 166 | 179 | 192 | 206 | 219 | 232 | 246 | 259 | 272 | 285 | 294 |

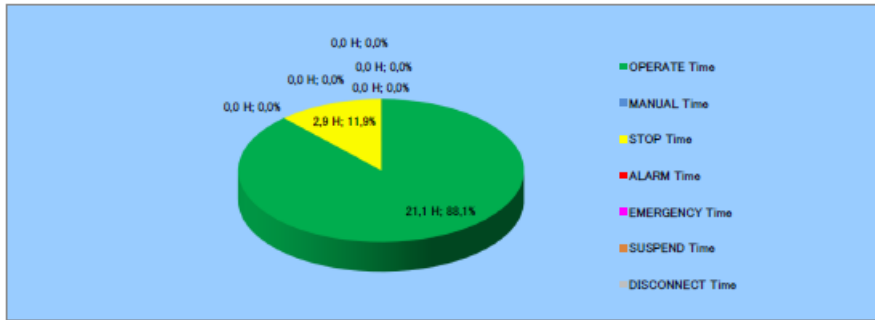


Fig1.1 Today's Status Occurrence Time and Ratio

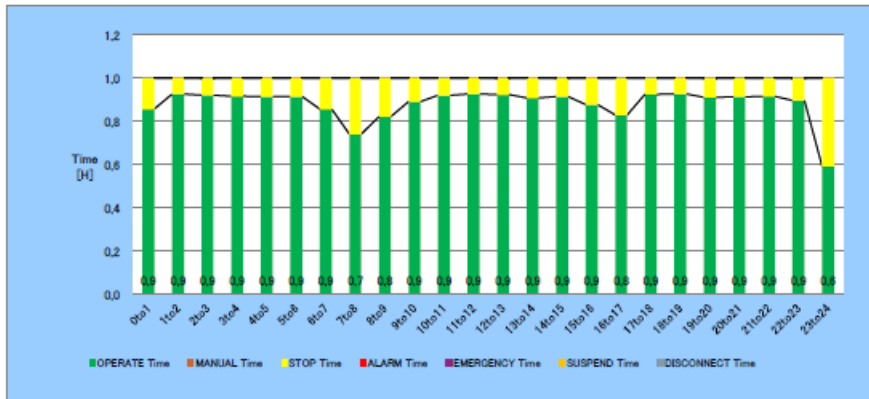


Fig1.2 Hourly Status Occurrence Time

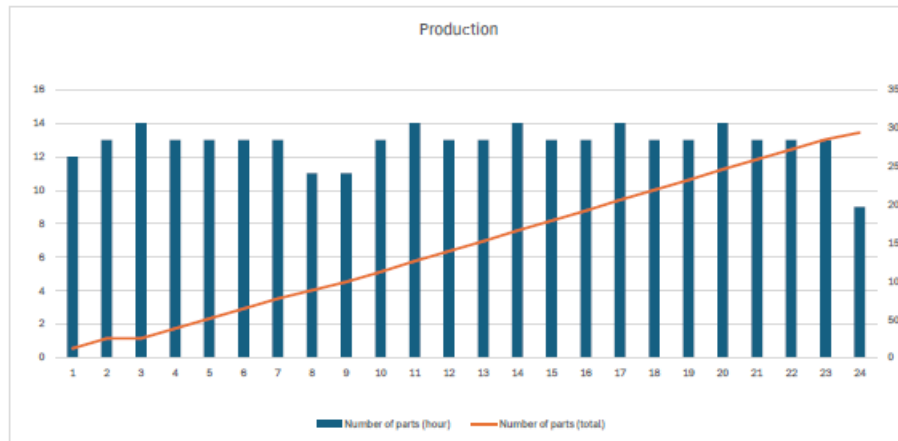


Fig1.3 Hourly Parts Production