



INDÚSTRIA 4.0: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

BEBIANA FERREIRA PINTO

novembro de 2020

INDÚSTRIA 4.0 NO CONTEXTO DO CONTROLO DA PRODUÇÃO

Bebiana Ferreira Pinto
1150594

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

INDÚSTRIA 4.0 NO CONTEXTO DO CONTROLO DA PRODUÇÃO

Bebiana Ferreira Pinto
1150594

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes Silva, do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutora Rafaela Carla Barros Casais

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Luís Manuel Cerqueira Barreto

Professor Coordenador da Escola Superior de Ciências Empresariais, Instituto Politécnico de Viana do Castelo

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, um agradecimento a todas as pessoas que me apoiaram durante os meus estudos. Esta tese não seria possível sem a contribuição de várias pessoas, assim um agradecimento especial:

Ao Eng.º Francisco Silva, por toda a orientação dada para a elaboração da presente dissertação e dedicação.

Ao Eng.º Filipe Teixeira, por todo o apoio e disponibilidade para o enriquecimento dos projetos, e todos os conhecimentos passados.

A todos os meus colegas de trabalho, que sempre me ajudaram na implementação.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram e incentivaram durante todo o meu trajeto académico.

A toda à minha família, principalmente aos meus pais, que sempre acreditaram em mim, apoiaram nos momentos mais difíceis e me fizeram a pessoa que sou hoje.

A todos, muito obrigada.

PALAVRAS CHAVE

Indústria 4.0; Controlo da Produção; Automação; Indústria Automóvel; Programação da Produção; Sistema da informação.

RESUMO

Nos últimos anos, houve uma evolução clara nos fornecedores da indústria automotiva, a qual se deve às constantes exigências impostas pelas OEMs (Fabricantes de Equipamentos Originais). É exigido um nível de qualidade bastante elevado, com uma competitividade dos produtos cada vez maior, existindo também um claro aumento da produtividade neste setor. Assim sendo, existe a necessidade de fazer evoluir os processos com a utilização de tecnologia, acompanhada de uma constante monitorização de dados e informações. A evolução dos métodos de trabalho é então um processo chave nas empresas mais tradicionais, sendo esse progresso gradual, para que os trabalhadores possam ter a oportunidade de evoluir as suas capacidades, promovendo uma simbiose entre mudança tecnológica, conhecimento e mudança de mentalidade.

Esta dissertação apresenta uma proposta de implementação de sistemas de controlo da produção segundo requisitos da 4ª Revolução Industrial, na empresa Ficocables, Lda. Estes sistemas recorrem a diferentes tecnologias segmentadas pelas necessidades de cada processo, sendo eles a nível de chão-de-fábrica ou processos não-produtivos. Este projeto tem como objetivo a automatização dos processos, tornando-os mais eficazes, eficientes e fiáveis. Com a implementação de sistemas tecnológicos, foi possível reduzir recursos e aumento o valor do produto, pela diminuição de custos alocados a processos não-produtivos.

KEYWORDS

Industry 4.0; Production control; Automation; Automotive industry; Production Scheduling; Information system.

ABSTRACT

Over the last few years, there has been a clear trend in the automotive industry suppliers, which was due to the requirements imposed by OEMs (Original Equipment Manufacturers). A fairly high level of quality is required, with the competitiveness of products increasing, as well as a clear increased of productivity in this sector. Therefore, there is a need to enhance and evolve the process using technology accompanied by constant monitoring of data and information. The evolution of working methods is then a key process in the most traditional businesses, making gradual progress, so that workers can have the opportunity to develop their skills, promoting a symbiosis between technological change, knowledge and change of mentality.

This dissertation presents a proposal for the implementation of production control systems following the requirements of the 4th Industrial Revolution, into the company Ficocables, Lda. These systems use different targeted technologies for the needs of each process, namely in the level of shop floor, as well as non-productive processes. This project aims at the automation of processes, making them more effective, efficient and reliable. With the implementation of technological systems it was possible to reduce resources and increase the value of the product, by reducing the costs allocated to non-productive processes.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

APQP	<i>Advance Product Quality Planning</i>
aSBO	<i>Adaptive Simulation-Based Optimization</i>
AT	<i>Analytical Technology</i>
BAC	<i>Budget At Completion</i>
BD	Base de Dados
BOM	<i>Bill of Material</i>
BPCS	<i>Business Planning and Control System</i>
CAP	Célula Autónoma de Produção
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
CP	Controlo da Produção
CPPC	<i>Cyber Physical Production Control</i>
CR	<i>Change Request</i>
DAPP	<i>Decentralized Application</i>
DCE	Definição de Caraterísticas do Equipamento
DFMEA	<i>Design Failure Mode and Effects Analysis</i>
DT	<i>Data Technology</i>
EOLT	<i>End Of Line Teste</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EVA	<i>Economic Value Added</i>
FIPS	<i>Ficosa Inproductive Supplier System</i>
FPSS	<i>Ficosa Purchasing Supplier System</i>
FSS	<i>Ficosa Sales System</i>
GAP	Grupo Autónomo de Produção
HMI	<i>Human-Machine Interface</i>
I4.0	Indústria 4.0
IA	Inteligência Artificial
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LM	Linha de Montagem
LPS	<i>Lean Production System</i>

MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OHSE	<i>Occupational Health, Safety and Environment</i>
OPC UA	Arquitetura Unificada OPC
OT	<i>Operation Techonology</i>
PFMEA	<i>Process of Failure Mode and Effects Analysis</i>
PLC	<i>Programmable Logic Control</i>
PT	<i>Platform Technology</i>
QCR	<i>Quality Control Requirements</i>
RFID	Identificação de Radiofrequência
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SE	Sequenciador Eletrónico
UAP	Unidade Autónoma de Produção
WIP	<i>Work-In-Progress</i>

Lista de Símbolos

€	Euro
%	Percentagem
°	Grau <i>Celsius</i>

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Automatização	Estratégia que comporta o uso intensivo de computadores com vista à integração das atividades físicas da empresa e atividades de processamento da informação.
<i>Big Data</i>	Termo que descreve grande volume de dados, estruturados e não estruturados, que podem ser analisados para obter informações que levam a melhorar as decisões.
<i>Blockchain</i>	Conhecido como protocolo de confiança, é uma tecnologia de registo e dados de distribuição e transições que ocorrem num mercado.
Cadeia de Valor	Conjunto de todas as atividades desde o fornecedor até à fase de distribuição do produto ou serviço.
<i>Internet of Things</i>	Sistema de dispositivos inter-relacionados, habilitados a estarem ligados permanentemente à <i>Internet</i> .
<i>Machine Learning</i>	Método de análise de dados com construção de modelos analíticos de forma automatizada.
Manutenção Preditiva	Esta manutenção vaticina o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos, e as condições necessárias para que este tempo seja aproveitado.
Metadados	Os metadados permite oferecer informação sobre outros dados, acrescentando-lhe uma maior organização, entender as relações e evidenciar as suas informações.
Pseudocódigo	Forma abstrata de escrever um algoritmo, utilizando uma linguagem simples, de forma a que qualquer pessoa o entenda. É apresentado normalmente em forma de fluxograma.
Rede Logística	Fluxo que relaciona todos os departamentos de uma empresa.
<i>Stakeholders</i>	Corresponde ao grupo de pessoas que possuem algum tipo de interesse nos processos e resultados de uma empresa.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – METODOLOGIA <i>ACTION-RESEARCH</i> UTILIZADA NO PRESENTE TRABALHO	4
FIGURA 2 – % DA PRODUÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS POR REGIÃO DO MUNDO, EM FUNÇÃO DO TOTAL DE CARROS PRODUZIDOS [3]	10
FIGURA 3 – PRODUÇÃO MUNDIAL DE AUTOMÓVEIS DE PASSAGEIROS [3]	11
FIGURA 4 – PRODUÇÃO MUNDIAL DE VEÍCULOS COMERCIAIS [3]	11
FIGURA 5 – EMPREGO NO SETOR AUTOMOTIVO DA UE [3]	12
FIGURA 6 – VOLUME DE NEGÓCIOS E EXPORTAÇÕES [5]	14
FIGURA 7 – LOCALIZAÇÃO DAS FÁBRICAS DE COMPONENTES AUTOMÓVEIS EM PORTUGAL [5]	15
FIGURA 8 – REQUISITOS DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL [114]	15
FIGURA 9 – PROPOSTA DE ETAPAS DE TRANSFORMAÇÃO PARA EMPRESA DIGITAL	20
FIGURA 10 – (A) ESCALABILIDADE FUNCIONAL; (B) HIERARQUIA DE PROCESSOS. [134]	23
FIGURA 11 – NÍVEIS DE AUTONOMIA DA INDÚSTRIA 4.0 [135]	23
FIGURA 12 – PROCESSO DE RASTREABILIDADE	29
FIGURA 13 – MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO DA PRODUÇÃO	31
FIGURA 14 – PRESENÇA GLOBAL DO GRUPO FICOSA [130]	39
FIGURA 15 – VOLUME DE VENDAS ENTRE 2013 E 2020	40
FIGURA 16 – ORGANIGRAMA DA EMPRESA.	41
FIGURA 17 – FUNCIONAMENTO DE SISTEMAS DE CABOS DE COMANDO.	42
FIGURA 18 – CABOS DE COMANDOS DE UM CARRO [136]	42
FIGURA 19 – PROCESSOS INTRÍNSECOS À PRODUÇÃO DE CABOS DE COMANDO	43
FIGURA 20 – CARATERIZAÇÃO DOS PROCESSOS	44
FIGURA 21 – FLUXO DE LINHAS DE MONTAGEM	51
FIGURA 22 – CONTADORES HORÁRIOS NA CONSOLA DA LINHA DE MONTAGEM	51
FIGURA 23 – QUADRO DE CONTROLO DE PRODUÇÃO	52
FIGURA 24 – CABEÇALHO DO QUADRO DE PRODUÇÃO	52
FIGURA 25 – ANÁLISE SWOT DA SOLUÇÃO	55
FIGURA 26 – TELA DE OPERADOR NO SOFTWARE MAPEX	56
FIGURA 27 – COR DE FUNDO DO PAINEL	58
FIGURA 28 – CONSULTA DE DETALHE	59
FIGURA 29 – MENÚ DE MOTIVOS DE PARAGEM	60
FIGURA 30 – MENÚ DE CAUSAS DE PARAGEM DE PRODUÇÃO	60
FIGURA 31 – EXEMPLO DE TELA APRESENTADA NA TELEVISÃO	62
FIGURA 32 – SCADA	63
FIGURA 33 – SEQUENCIADOR ELETRÓNICO (SE)	66
FIGURA 34 – ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTAÇÃO MAPEX	69
FIGURA 35 – LINHA DE MONTAGEM PSA TRAVÃO; (A) LOCALIZAÇÃO DE COMPUTADOR E (B) LOCALIZAÇÃO DA TELEVISÃO	71
FIGURA 36 – IMPLEMENTAÇÃO DE <i>HARDWARE</i> LM PSA TRAVÃO	71
FIGURA 37 – TAREFAS DE CONFIGURAÇÃO DE TESTE DA LM PSA	72
FIGURA 38 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO: <i>LOGIN</i> NO MAPEX	73

FIGURA 39 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO: <i>LOGOUT</i> NO MAPEX	73
FIGURA 40 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO: JUSTIFICAÇÃO DE PARAGENS	74
FIGURA 41 – CICLO DE TAREFAS NUMA IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS	75
FIGURA 42 – <i>CHECKLIST</i> DE ATIVAÇÃO DE MAPEX	76
FIGURA 43 – ETAPAS DE REGISTO DE CONTROLO DA PRODUÇÃO: PROCESSO ANTIGO VS NOVO	77
FIGURA 44 – ETAPAS DE CONTROLO E REGISTO DA PRODUÇÃO: PROCESSO ANTIGO VS NOVO	77
FIGURA 45 – CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES DE MAPEX	84
FIGURA 46 – FLUXO DE EI DE CORTE DE ESPIRAL, CABO, TUBO INTERIOR E EXTERIOR	85
FIGURA 47 – FLUXO DE EI DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO	85
FIGURA 48 – FLUXO DE EI EM FORNO DE TRATAMENTO TÉRMICO	85
FIGURA 49 – EXEMPLO DE DIÁRIO DE BORDO DE EQUIPAMENTO INTEGRADO	86
FIGURA 50 – FLUXOGRAMA DAS TAREFAS DO OPERADOR NA MÁQUINA DE INJEÇÃO	87
FIGURA 51 – EXEMPLO DE <i>DECANTING</i> PARA DUAS REFERÊNCIAS DIFERENTES	88
FIGURA 52 – ETIQUETAS UTILIZADAS PARA ARAME COM E SEM TRATAMENTO TÉRMICO	88
FIGURA 53 – FLUXOGRAMA DAS TAREFAS DO OPERADOR NO FORNO DE TRATAMENTO TÉRMICO	89
FIGURA 54 – FLUXOGRAMA DAS TAREFAS DO OPERADOR DE MÁQUINA DE CORTES	90
FIGURA 55 – EXEMPLO DE MÁQUINA DE INJEÇÃO	95
FIGURA 56 – FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DESENVOLVIDO MÁQUINA DE INJEÇÃO	96
FIGURA 57 – FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DESENVOLVIDO PARA O FORNO	97
FIGURA 58 – EXEMPLO DE UM CONTADOR DE MÁQUINA DE CORTE	97
FIGURA 59 – FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DESENVOLVIDO MÁQUINA DE CORTE	98
FIGURA 60 – ANÁLISE SWOT DA SOLUÇÃO	99
FIGURA 61 – CONTROLO DA APP WIP	100
FIGURA 62 – ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA APP WIP	101
FIGURA 63 – EQUIPAMENTO DISPOSTOS NA BANCADA	103
FIGURA 64 – SISTEMA NA MÁQUINA DE INJEÇÃO	103
FIGURA 65 – CAMPO DE REGISTO DO PESO UNITÁRIO DE CABO INJETADO	104
FIGURA 66 – FLUXOGRAMA DAS TAREFAS ATUAIS DO OPERADOR NA MÁQUINA DE INJEÇÃO	105
FIGURA 67 – VISTA INICIAL DA APP WIP PARA MÁQUINA DE INJEÇÃO	106
FIGURA 68 – ESCOLHA DE REFERÊNCIA EM PRODUÇÃO	106
FIGURA 69 – MENSAGEM DE CONFIRMAÇÃO DE TROCA DE REFERÊNCIA.	107
FIGURA 70 – CONTADORES HORA	107
FIGURA 71 – REPORTE PARCIAL DE MATERIAL INJETADO	107
FIGURA 72 – ALTERAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA CAIXA	108
FIGURA 73 – GESTÃO DE INFORMAÇÃO DAS CAIXAS	108
FIGURA 74 – DADOS RECOLHIDOS DOS SENSORES E MEDIDOR DE CONSUMO INSTALADOS	110
FIGURA 75 – FLUXOGRAMA DAS TAREFAS ATUAIS DO OPERADOR NO FORNO	111
FIGURA 76 – VISTA INICIAL DA APP WIP PARA FORNO	112
FIGURA 77 – MENÚ DE CONTADORES DE PRODUÇÃO POR HORA	112
FIGURA 78 – FLUXOGRAMA DAS TAREFAS ATUAIS DO OPERADOR NA MÁQUINA DE CORTE	115
FIGURA 79 – VISTA INICIAL DA APP WIP PARA MÁQUINA DE CORTE	116
FIGURA 80 – FLUXOGRAMA DE PROCESSO ATUAL DE RESOLUÇÃO DE AVARIAS	125
FIGURA 81 – NÍVEIS 1, 2 E 3 DE EQUIPAMENTOS MAPEX	129

FIGURA 82 – HIERARQUIA COMPLETA DOS NÍVEIS CONFIGURADOS EM MAPEX	129
FIGURA 83 – FLUXOGRAMA DE NOVO PROCESSO NA INTERVENÇÃO DE AVARIAS	130
FIGURA 84 – EXEMPLO DE PREENCHIMENTO DE CHECKLIST DE LOTO	131
FIGURA 85 – EXEMPLO DE PREENCHIMENTO DE CHECKLIST DE PERMISSÃO DE TRABALHOS A QUENTE	131
FIGURA 86 – INSTRUÇÃO DE INTERVENÇÃO NUMA ORDEM DE TRABALHO	132
FIGURA 87 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO: ABERTURA AUTOMÁTICA DE OT	133
FIGURA 88 – MAPA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	134
FIGURA 89 – CUMPRIMENTO DAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	135
FIGURA 90 – ANÁLISE DIÁRIA DE KPI'S DE MANUTENÇÃO	137
FIGURA 91 – EXEMPLO DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS ENTRE REGISTO DE MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO.	138

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – PRODUÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS EM FUNÇÃO DE UNIDADES PRODUZIDAS POR DIFERENTES REGIÕES [3]	10
TABELA 2 – IMPACTO DO COVI-19 NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL NA UE [3]	13
TABELA 3 – CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0	16
TABELA 4 – IMPLICAÇÕES INERENTES A SISTEMAS INTEGRADOS NA INDÚSTRIA 4.0	17
TABELA 5 – DIGITALIZAÇÃO NO AMBIENTE INDUSTRIAL	19
TABELA 6 – ESCALABILIDADE DE SISTEMAS INTEGRADOS NA INDÚSTRIA 4.0	21
TABELA 7 – IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS INTERCONECTÁVEIS	24
TABELA 8 – IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE DECISÃO	26
TABELA 9 – RECENTES IMPLEMENTAÇÕES	27
TABELA 10 – NOVAS TECNOLOGIAS I4.0 [95]	30
TABELA 11 – MODELOS DE CONTROLO DA PRODUÇÃO	31
TABELA 12 – RECENTE EVOLUÇÃO EM CONTROLO DA PRODUÇÃO	33
TABELA 13 – CONTROLO DA PRODUÇÃO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0	34
TABELA 14 – DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA EM CADA PROCESSO	45
TABELA 15 – TIPOLOGIA DE EQUIPAMENTOS	46
TABELA 16 – PROBLEMAS NOS PROCESSOS ENVOLVIDOS	47
TABELA 17 – LEGENDA DA NUMERAÇÃO DO QUADRO DE CONTROLO DA PRODUÇÃO	53
TABELA 18 – PROBLEMAS APRESENTADOS NO CONTROLO DA PRODUÇÃO NAS LINHAS DE MONTAGEM	54
TABELA 19 – CÓDIGO DE ATIVIDADE DE LINHA	57
TABELA 20 – DESCRIÇÃO DE CAMPOS APRESENTADOS NAS ORDENS DE PRODUÇÃO	57
TABELA 21 – DESCRIÇÃO DE BOTÕES DE AÇÕES DE PEÇAS PRODUZIDAS	58
TABELA 22 – INFORMAÇÕES ADICIONAIS DE CONSULTA	59
TABELA 23 – DESCRIÇÃO DOS RESTANTES BOTÕES	61
TABELA 24 – RELATÓRIOS DE HISTÓRICO DE INFORMAÇÃO	64
TABELA 25 – GRÁFICOS	64
TABELA 26 – RELATÓRIOS DINÂMICOS	65
TABELA 27 – NÚMERO DE LINHAS POR UAP ONDE ESTÁ IMPLEMENTADO O SE NO INÍCIO DO PROJETO	66
TABELA 28 – ATRIBUIÇÃO DE PESOS AOS CRITÉRIOS	67
TABELA 29 – ATRIBUIÇÃO DE VALOR AO INTERVALO DE REFERÊNCIAS	67
TABELA 30 – ATRIBUIÇÃO DE VALOR À ANÁLISE QUALITATIVA DA VISIBILIDADE DO PROJETO	68
TABELA 31 – SELEÇÃO DE LINHA DE MONTAGEM	68
TABELA 32 – LISTA DE EQUIPAMENTO PARA IMPLEMENTAR	70
TABELA 33 – MELHORIAS APRESENTADAS NO MAPEX	75
TABELA 34 – MELHORIAS REGISTRADAS PARA APLICAÇÃO MAPEX	78
TABELA 35 – INVESTIMENTO RELATIVO À IMPLEMENTAÇÃO FÍSICA DO MAPEX	79
TABELA 36 – INVESTIMENTO DE LICENÇAS MAPEX	79
TABELA 37 – INVESTIMENTO NA APLICAÇÃO MAPEX	80
TABELA 38 – RECURSOS HUMANOS PARA CONTROLO DE PRODUÇÃO EM LM, POR UAP	80

TABELA 39 – IDENTIFICAÇÃO DOS GANHOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO MAPEX	81
TABELA 40 – IMPLEMENTAÇÃO DE MAPEX EM 2018, 2019 E 2020	82
TABELA 41 – BALANÇO DE IMPLEMENTAÇÃO DE 2018 A 2020	83
TABELA 42 – PROBLEMAS NO PROCESSO ATUAL DA INJEÇÃO DE PLÁSTICO	91
TABELA 43 – PROBLEMAS NO PROCESSOS ATUAL DE TRATAMENTO TÉRMICO	91
TABELA 44 – PROBLEMAS NO PROCESSO ATUAL DO CORTE	92
TABELA 45 – PROBLEMAS COMUNS DOS EQUIPAMENTOS INTEGRADOS	92
TABELA 46 – INFORMAÇÃO NECESSÁRIA PARA CADA EQUIPAMENTO INTEGRADO	94
TABELA 47 – EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE CONTROLO PARA MÁQUINAS DE INJEÇÃO	95
TABELA 48 – PROBLEMA E SOLUÇÃO DO SISTEMA DO FORNO	96
TABELA 49 – EQUIPAMENTOS DO SISTEMA DE CONTROLO PARA MÁQUINAS DE CORTE	98
TABELA 50 – LISTA DE EQUIPAMENTO PARA IMPLEMENTAR	102
TABELA 51 – CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO NA MÁQUINA DE INJEÇÃO	102
TABELA 52 – LISTA DE EQUIPAMENTO PARA IMPLEMENTAR	109
TABELA 53 – CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO NO FORNO	110
TABELA 54 – MÉTODO UTILIZADO PARA VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	110
TABELA 55 – NÚMERO DE MÁQUINAS DE CORTE POR UAP	113
TABELA 56 – LISTA DE EQUIPAMENTO PARA IMPLEMENTAR	113
TABELA 57 – CUSTOS ASSOCIADOS AO EQUIPAMENTO	114
TABELA 58 – CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO NA MÁQUINA DE CORTE.....	115
TABELA 59 – MELHORIAS APP WIP.....	117
TABELA 60 – SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS APRESENTADOS	118
TABELA 61 – INVESTIMENTO EM EQUIPAMENTOS E MÃO-DE-OBRA.....	118
TABELA 62 – INVESTIMENTO TOTAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA	119
TABELA 63 – IDENTIFICAÇÃO DOS GANHOS NA IMPLEMENTAÇÃO DA APP WIP NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO	120
TABELA 64 – IDENTIFICAÇÃO DOS GANHOS NA IMPLEMENTAÇÃO DA APP WIP NOS FORNOS.....	121
TABELA 65 – IDENTIFICAÇÃO DOS GANHOS NA IMPLEMENTAÇÃO DA APP WIP NAS MÁQUINAS DE CORTE	122
TABELA 66 – PLANEAMENTO ANUAL DOS EQUIPAMENTOS A IMPLEMENTAR COM APP WIP.....	123
TABELA 67 – GANHOS PREVISTOS ENTRE 2019 E 2022	123
TABELA 68 – PROBLEMAS IDENTIFICADOS NO PROCESSO ATUAL	126
TABELA 69 – DESCRIÇÃO DAS FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DO MAPEX MM.....	128
TABELA 70 – DESCRIÇÃO DE NÍVEIS DEFINIDOS EM MAPEX	129
TABELA 71 – APRESENTAÇÃO DE MELHORIAS NO MAPEX MM.....	135
TABELA 72 – CONCLUSÕES DOS OBJETIVOS PROPOSTOS	141

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	7
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XIII
GLOSSÁRIO DE TERMOS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XXI
ÍNDICE.....	XXIII
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Contextualização	3
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologias utilizadas	3
1.4 Empresa de acolhimento.....	4
1.5 Estrutura da dissertação.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Indústria Automóvel.....	9
2.1.1 Importância no contexto mundial	9
2.1.2 Importância no contexto nacional	14
2.1.3 Principais requisitos da indústria automóvel	15
2.2 Indústria 4.0	16
2.2.1 Conceito	16
2.2.2 Implicações da Indústria 4.0.....	17
2.2.3 Digitalização	19
2.2.4 Escalabilidade	21
2.2.5 Interconectividade	23

2.2.6	Sistemas de decisão	25
2.2.7	Evolução recentes e implementações da Indústria 4.0.....	27
2.3	Controlo da Produção	31
2.3.1	Modelos de Controlo da Produção.....	31
2.3.2	Recente Evolução em Controlo da Produção.....	32
2.3.3	Controlo da Produção no contexto da Indústria 4.0.....	34
3	CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DO PROBLEMA	39
3.1	Caraterização da empresa.....	39
3.1.1	Grupo FICOSA	39
3.1.2	A FICOCABLES	40
3.2	Processo de fabrico de cabos de comando para automóveis.....	42
3.2.1	Processos de fabrico.....	43
3.3	Apresentação da situação inicial.....	43
3.4	Caraterização do problema	46
4	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....	51
4.1	Controlo da produção	51
4.1.1	Linhas de montagem	51
4.1.2	Equipamentos integrados	85
4.2	Controlo de processos auxiliares à produção	125
4.2.1	Apresentação do processo atual	125
4.2.2	Apresentação da solução	127
4.2.3	Implementação	128
4.2.4	Análise crítica dos resultados.....	136
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	141
5.1	Principais contributos deste trabalho	142
5.2	Aprendizagem pessoal	142
5.3	Trabalhos futuros	142
6	BIBLIOGRAFIA.....	145
7	ANEXOS.....	159

7.1 ANEXO 1	159
7.2 ANEXO 2	160
7.3 ANEXO 3	162
7.4 ANEXO 4	163
7.5 ANEXO 5	164

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Objetivos

1.3 Metodologias utilizadas

1.4 Empresa de acolhimento

1.5 Estrutura da dissertação

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Ao longo dos últimos anos, têm-se vindo a assistir a uma clara evolução do setor industrial na modernização tecnológica e competitiva. Por sua vez, as indústrias de componentes de automóveis vão acompanhando esse avanço.

A produção de componentes para a indústria automóvel tem sido um dos maiores setores de crescimento nos últimos anos. A venda desses mesmos componentes é feita a partir de preços muito baixos, o que torna esse mercado bastante competitivo. A evolução e melhoramento de métodos e acompanhamento da tecnologia tem de ser uma constante, de forma a conseguirem obter o máximo lucro na sua produção.

A exigência contínua de aumentar a produtividade neste setor torna necessário melhorar os processos envolventes, torná-los mais fiáveis, possíveis de monitorizar e gerir, desde o pedido do cliente até à expedição do produto, passando pelas várias fases do produto.

Esta dissertação tem como objetivo apresentar métodos de melhoria de processos arcaicos, - com base na Indústria 4.0 e controlo da produção - com vista ao aumento do lucro na concessão de produtos, pela redução de processos não-produtivos, e evolução da capacidade cognitiva dos trabalhadores. Com base em análises de investimento, *feedback* de utilização, e evolução dos processos, é avaliada a aplicabilidade e fiabilidade de toda os dados e informação trocada nos diferentes processos da organização.

1.2 Objetivos

O projeto de dissertação teve como objetivos principais melhorar a comunicação e fluxo de informação das encomendas, produção e o seu seguimento, desde o pedido feito pelo cliente até à sua expedição. Adicionalmente, foi pretendido um aumento da fiabilidade dos dados, redução dos tempos de comunicação e extravasamento de informação.

1.3 Metodologias utilizadas

A elaboração do presente trabalho seguiu a metodologia presente na Figura 1 que se encontra de seguida.

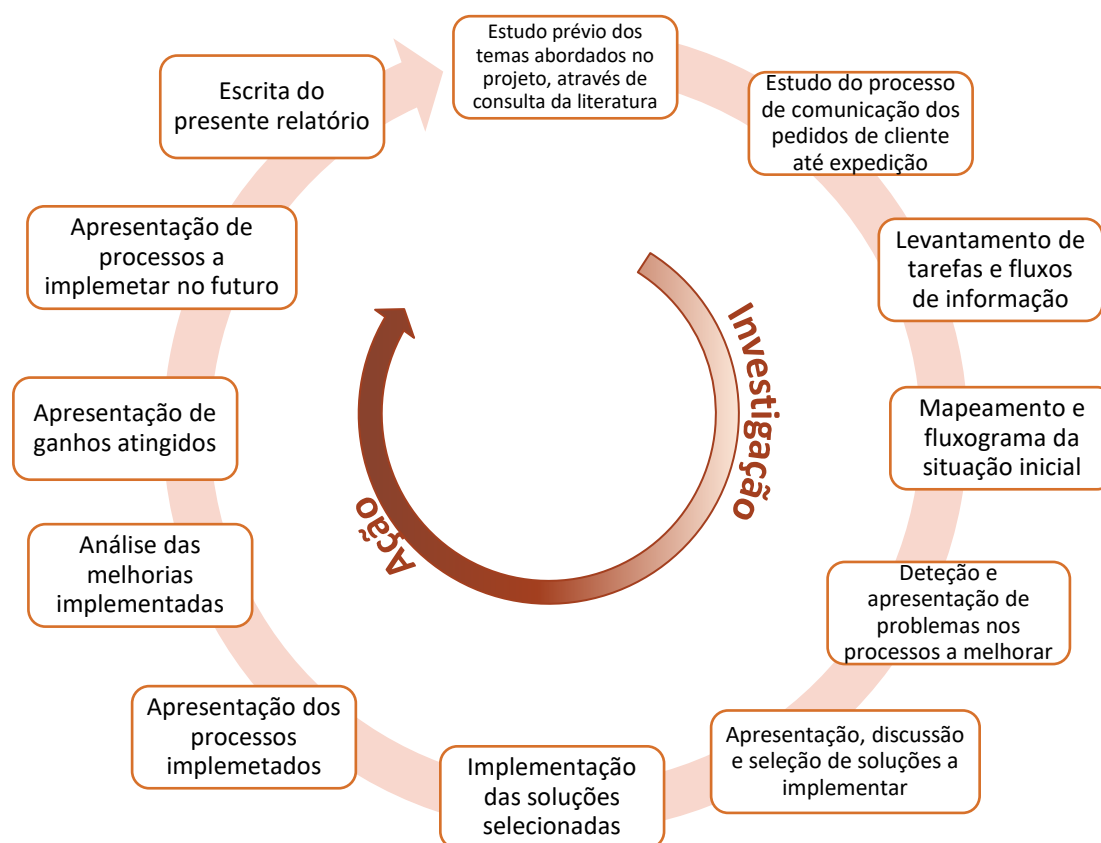


Figura 1 – Metodologia Action-Research utilizada no presente trabalho

1.4 Empresa de acolhimento

A Ficocables, Lda. pertence ao grupo Ficosa *International*, S.A., sediado em Barcelona. A empresa da Maia é a líder na conceção e fabrico de componentes de automóveis, tendo como objetivo obter produtos com a máxima qualidade.

A execução do projeto teve um tempo determinado de cerca de 9 meses, em tempo parcial. O projeto de estágio advém da necessidade da redução de processos arcaicos na organização. O projeto contou com a supervisão interna do Eng^o Filipe Teixeira.

1.5 Estrutura da dissertação

A estrutura deste trabalho divide-se essencialmente em cinco capítulos. No capítulo 2 é apresentada a importância da indústria automóvel e realizado um enquadramento teórico dos desenvolvimentos técnicos e científicos nas matérias versadas neste relatório. No capítulo 3 é apresentada a empresa, processos e problemas. No quarto capítulo, é desenvolvido o tema, bem como o trabalho prático e correspondentes resultados, e por último, são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Automóvel

2.2 Indústria 4.0

2.3 Controlo da Produção

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Automóvel

A economia move os recursos de forma a gerar bens com valor, e a sua distribuição entre os indivíduos de uma comunidade. No século XX, ocorreu um forte crescimento industrial impulsionado pela indústria automóvel. A indústria de produção de componentes tem um forte impacto na economia tanto a nível mundial como nacional, continuando a ser um dos principais pilares da economia com níveis elevados de inovação e organização [1].

A indústria está envolvida em todos os aspetos do carro, o que inclui design, fabricação, manutenção e vendas. Existem muitos métodos diferentes usados pelos principais fabricantes na produção de automóveis, mas alguns princípios básicos ainda são os mesmos. Um exemplo é a implementação do *fordismo*, - Henry Ford foi o primeiro a implementar uma linha de montagem rápida com produtos padronizados. No tempo, isso também se tornou possível através da combinação de *robots* e trabalho manual [2].

2.1.1 Importância no contexto mundial

O crescimento da indústria automóvel permitiu que os fabricantes de componentes para automóveis fossem atualmente considerados uma importante fonte de riqueza e emprego nos países desenvolvidos. Em 2018, havia mais de 98,1 milhões de veículos automóveis produzidos em todo o mundo, existindo uma quebra para os 92,8 milhões no ano de 2019, sendo possível ver a sua contribuição por diferentes regiões do mundo na Figura 2.

É possível ver que há uma mudança dos maiores fabricantes de veículos da Europa para Grande China nos últimos anos. A produção da Grande China foi de cerca de 26 milhões de unidades em comparação com a Europa, que produziu cerca de 22 milhões de unidades. De 2018 a 2019, é possível observar na Tabela 1 uma diminuição de 9% e 4% para a Grande China e Europa, respetivamente.

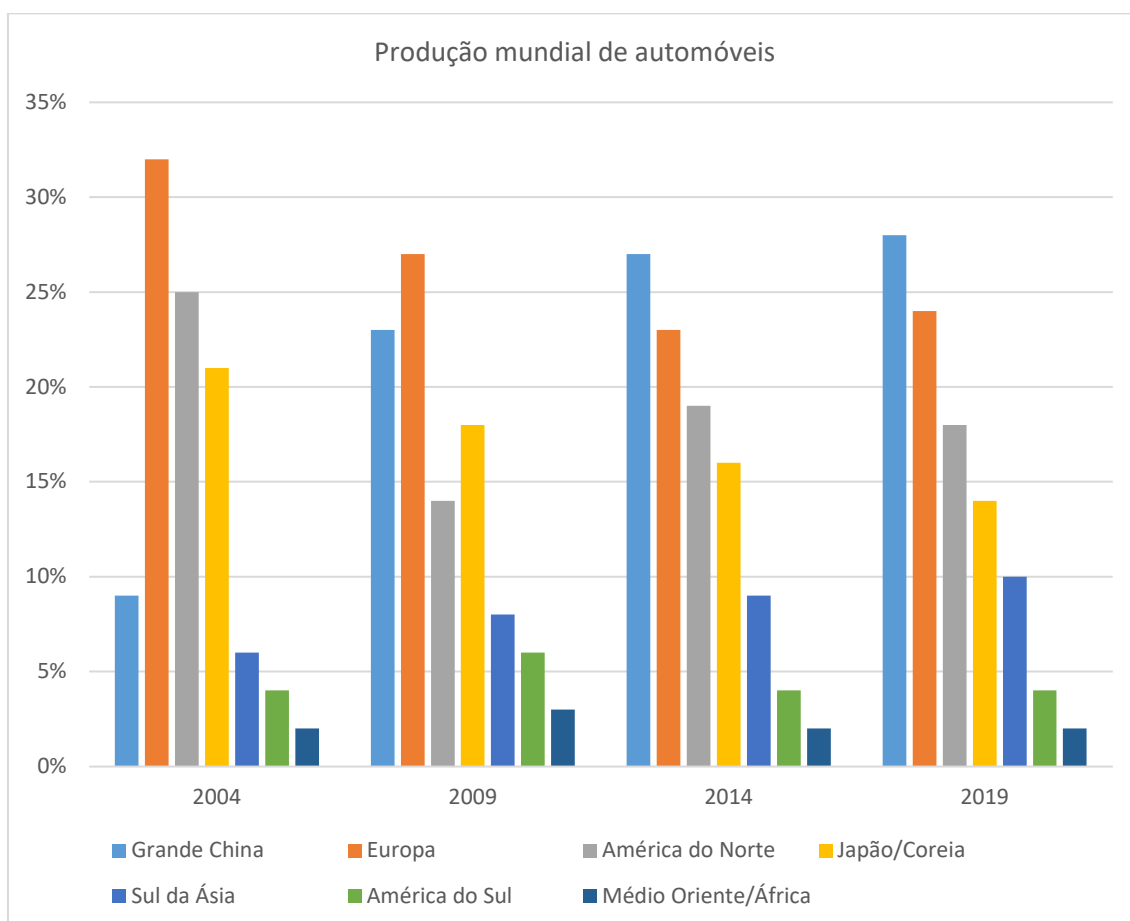


Figura 2 – % da produção de veículos automóveis por região do mundo, em função do total de carros produzidos [3]

Tabela 1 – Produção de veículos automóveis em função de unidades produzidas por diferentes regiões [3]

Produção mundial de automóveis	2019	2018	% mudança 19/18	% de participação 2019
Europa	22,060	23,049	-4,3	23,8
Grande China	26,149	28,297	-7,6	28,2
Japão/Coreia	13.323	13,423	-0,8	14,4
Médio Oriente/África	1,998	2,556	-21,8	2,2
América do Norte	16,902	17,535	-3,6	18,2
América do Sul	3,421	3,574	-4,3	3,7
Sul da Ásia	8,933	9,883	-9,6	9,6
Mundial	92,786	98,316	-5,6	100,0

As informações acima são baseadas em dois tipos de veículos: comerciais e de passageiros. É possível ver os milhões de unidades produzidas e a variação em relação ao ano passado para ambos na Figura 3 e Figura 4.

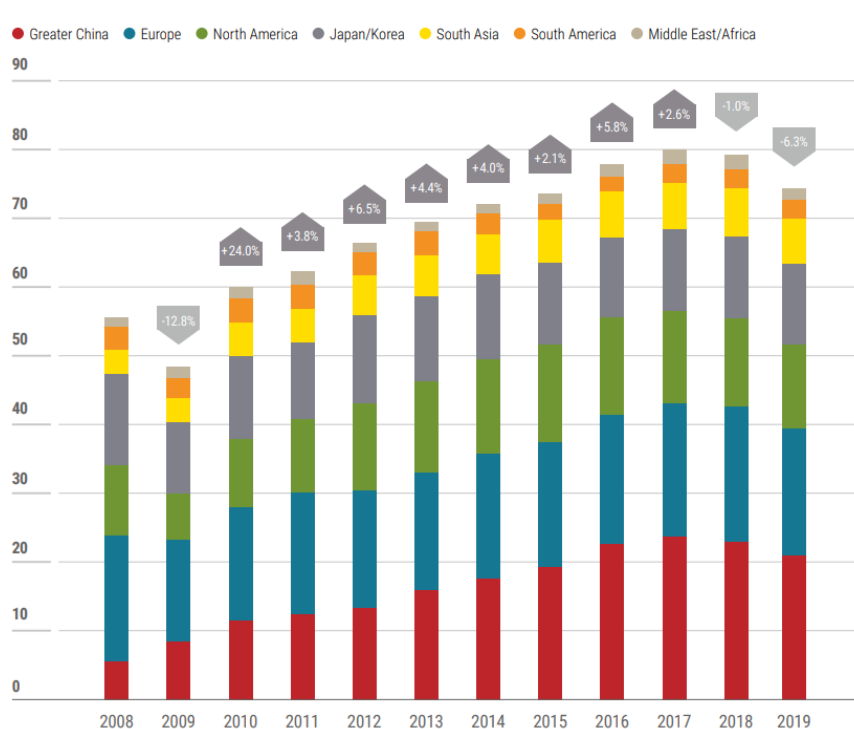


Figura 3 – Produção mundial de automóveis de passageiros [3]

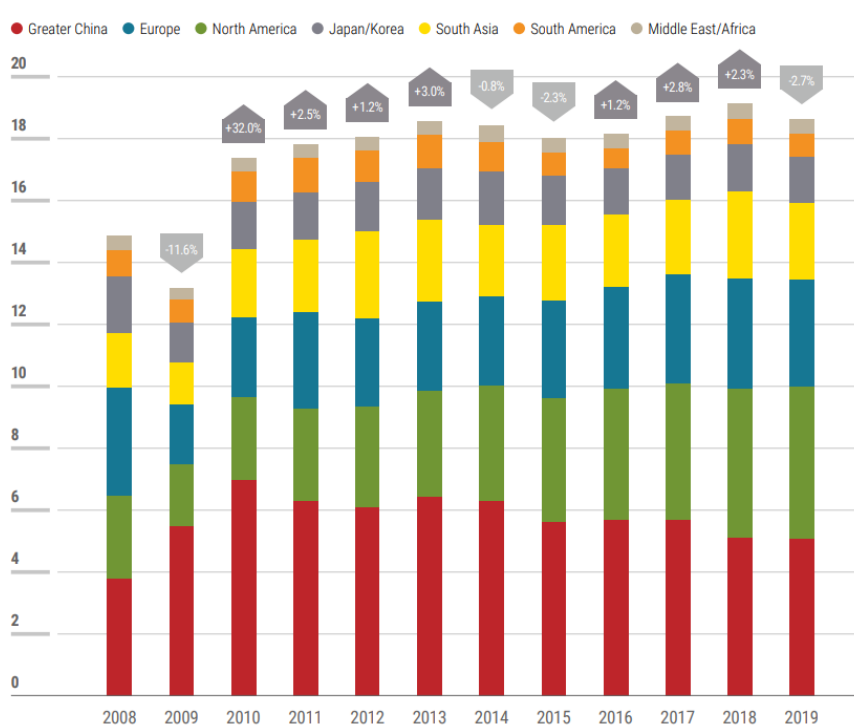


Figura 4 – Produção mundial de veículos comerciais [3]

Depois de analisar os números, é perceptível que a produção mundial de automóveis de passageiros é muito maior do que a produção mundial de veículos comerciais. Existem cerca de 74 milhões de automóveis de passageiros produzidos, em comparação com cerca de 19 milhões de veículos comerciais.

O setor automotivo é um grande empregador na UE. Da Figura 5, é possível concluir que em 2018, o setor automotivo foi responsável por cerca de 14,7 milhões de empregos. Este total inclui fabricação direta, fabricação indireta, uso de automóveis, transporte e construção. Isto representa 6,1% de todos os empregos da UE [3].

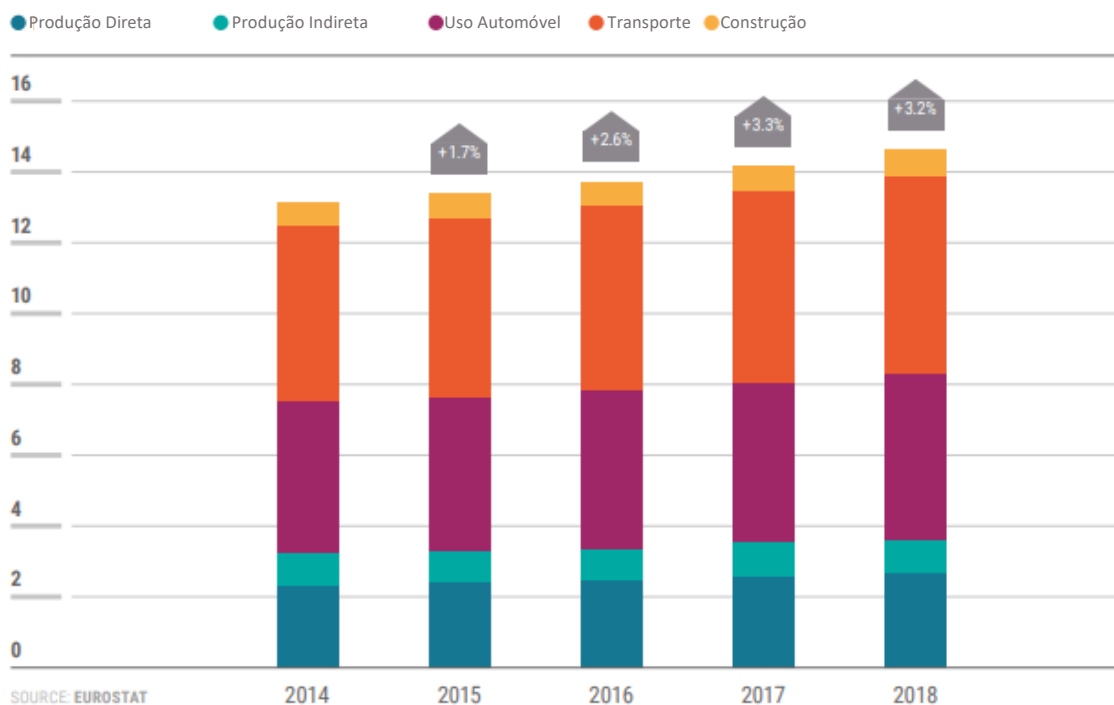


Figura 5 – Emprego no setor automotivo da UE [3]

A indústria é um setor-chave da economia de todos os grandes países do mundo. Isto não oferece apenas emprego direto na produção de automóveis. A indústria automóvel tem muitos fornecedores relativos à fabricação de automóveis.

Assim, é seguro dizer que a indústria de fabricação de automóveis exige muito emprego direto e indireto por sua conta. Cada emprego direto cria cinco empregos indiretos [4]. Portanto, no total, isso faz com que mais de 50 milhões de pessoas, nos 39 países investigados, tenham um trabalho relacionado com a indústria automobilística.

Impacto do coronavírus na indústria automóvel

O impacto na indústria automóvel devido ao COVID-19 (coronavírus) não tem precedentes. A maioria dos fabricantes de veículos tiveram de encerrar o desenvolvimento e produção por várias semanas, ou até meses no ano corrente.

Apesar dos resultados de todo o ano de 2020 ainda serem desconhecidos, é possível identificar o impacto que teve na produção de automóveis e no emprego:

- 1,1 milhões de europeus que trabalham no setor foram diretamente afetados;
- as perdas de produção em toda a UE são superiores a mais de 2,4 milhões de veículos motorizados durante os meses de pico da crise de março, abril e maio de 2020, representando cerca de 13% da produção total relativamente a 2019.

Na Tabela 2, é possível analisar o impacto da pandemia em cada país da UE.

Tabela 2 – Impacto do COVI-19 na indústria automóvel na UE [3]

Produção mundial de automóveis	Empregos afetados	Perdas estimadas de produção (número de veículos)	Duração média de suspensão (em dias de trabalho)
Áustria	14 307	26 480	34
Bélgica	30 000	33 360	25
Croácia	700	-	29
Republica Checa	45 000	155 060	29
Finlândia	4 500	11 604	25
França	90 000	278 425	34
Alemanha	568 518	616 591	30
Hungria	30 000	51 552	22
Itália	69 382	157 933	41
Países Baixos	13 500	30 819	25
Polónia	17 284	101 957	36
Portugal	20 000	41 525	35
Roménia	20 000	68 673	31
Eslováquia	20 000	114 632	24
Eslovénia	2 890	19 399	27
Espanha	60 000	452 155	34
Suécia	67 000	23 464	15
Reino Unido	65 455	262 715	41
TOTAL (UE+Reino Unido)	1 138 536	2 446 344	30

2.1.2 Importância no contexto nacional

A nível nacional, o desenvolvimento do setor automóvel deu-se por investidores externos. O desenvolvimento e conceção de automóveis, a nível nacional é muito reduzida, mas a fabricação de componentes em território português torna-se estratégico, com o objetivo de expandir negócios e intensificar o conhecimento das marcas, serviços e produtos, contando com 240 empresas espalhadas por todo o país [5].

A produção automóvel em Portugal tentou acompanhar o crescimento mundial, apresentando em 2019, segundo dados disponibilizados pela AFIA (Associação de Fabricantes para Indústria Automóvel), 6% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional e 16% das exportações de bens transacionáveis [5].

A AFIA, apresenta a metalúrgica e metalomecânica como o setor com a fatia de bolo maior do volume de negócios de 2019, com um peso de 33%. Entre os anos de 2010 e 2019, esta indústria aumentou o seu peso em 43,3%, como se verifica no gráfico da Figura 6.



Figura 6 – Volume de negócios e exportações [5]

A nível geral de produção de componentes de automóveis, conta com uma descida de 11% no último semestre de 2019, devido à estagnação da produção de automóveis em toda a Europa, segundo declarações feitas no 9º Encontro da Indústria Automóvel pela AFIA.

Estas indústrias estão espalhadas por Portugal. As três cidades com mais fábricas são Aveiro (60), Porto (48) e Braga (36). Um mapa de Portugal com as diferentes localizações de locais de fabricação pode ser visto na Figura 7.



Figura 7 – Localização das fábricas de componentes automóveis em Portugal [5]

2.1.3 Principais requisitos da indústria automóvel

Na indústria automóvel, a existência de critérios diferenciadores é crucial, relativamente à qualidade, custos e prazos. O elevado desempenho permite inovar, criar soluções, aumentar o valor acrescentado, dar resposta aos requisitos específicos de clientes e *stakeholders* [6]. Baseado nos requisitos habituais e naturais apresentados por PME's (Pequenas e Médias Empresas) de fabricação de componentes para a indústria automóvel, são apresentados na Figura 8 as exigências que devem ser cumpridas.

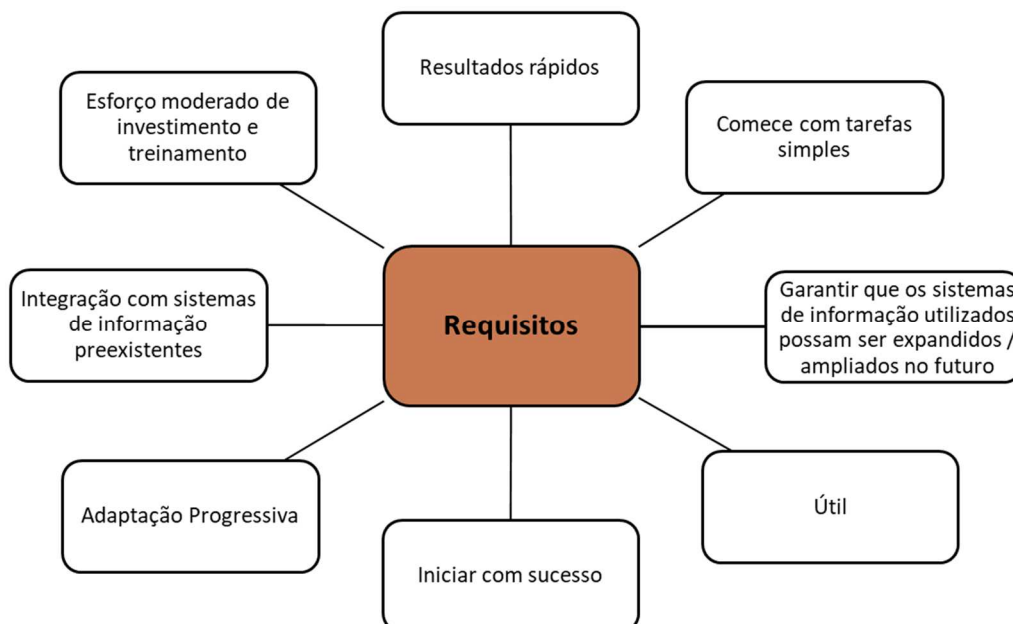


Figura 8 – Requisitos da indústria automóvel [114]

2.2 Indústria 4.0

2.2.1 Conceito

O termo Indústria 4.0 (I4.0) ou 4ª Revolução Industrial, foi abordado, - pela primeira vez - pelo governo alemão em 2011. A visão era de uma completa digitalização de processos, pela automatização de máquinas conectadas e cada vez mais customizadas [7], pela estrutura tecnológica usada para integração intra e interorganizacional [8]. Na Tabela 3 são apresentados os diferentes conceitos de Indústria 4.0 ao longo dos anos.

Tabela 3 – Conceitos da Indústria 4.0

Referência	Descrição do conceito
[9], [10]	É incentivada a adoção de tecnologias digitais avançadas, com o objetivo de ajudar as pessoas a interagir com os produtos e máquinas, melhorando o trabalho e aumentando a eficiência. Estes sistemas de produção homem-máquina, podem assim, potenciar a auto reconfiguração, tendo por base os dados obtidos, usando representações virtuais e reais. Isto implica que a maioria dos empregos menos qualificados tenham dado lugar a trabalhos mais complexos e com maior importância de interatividade.
[11]	Segundo <i>Hermann et al.</i> , no contexto de fábricas inteligentes, os trabalhadores são vistos como espectadores e não como participantes ativos, perante estas máquinas com recolha de dados e funcionalidades direcionadas às necessidades do nível da fábrica.
[12]	A 4ª Revolução Industrial abrange três características: <ul style="list-style-type: none"> • <u>Integração horizontal em toda a rede de valor</u> – implementada em toda a cadeia de valor, desde o fornecedor, de forma a todos os atores estarem conectados entre si, com vista a suprir todas as necessidades, criando assim, um ciclo mais dinâmico. • <u>Engenharia de ponta-a-ponta, em todo o ciclo de vida do produto</u> – pela integração e digitalização, é possível recolher, armazenar e analisar todos os dados de forma a gerar conhecimento durante todo o ciclo de vida do produto. O produto pode ser melhorado, não só no processo de produção como também <i>design</i> e materiais. • <u>Integração vertical e sistemas de manufatura em rede</u> – pela implementação de sistemas ciberfísicos, no chão-de-fábrica, é feita a integração entre todos os seus subsistemas.
[13]–[15]	Pode-se considerar que até 2017, data apontada por <i>Aaron e Lane</i> , as pesquisas eram focadas nas máquinas, não considerando o papel do ser humano. Mas com a evolução do tema e aquisição de conhecimento, foi introduzido o operador como integrante do sistema. Os seres humanos continuam a ter um papel importante no controlo dos processos de produção e execução de tarefas dedicadas e estratégicas. Os operadores podem gerar dados de forma a programar máquinas e otimizar fluxos do processo, além da informação que podem captar de forma a ajudar o trabalho e cooperar com os sistemas inteligentes.
[16]	A 4ª Revolução Industrial pode ser definida como um novo nível de organização e controlo sobre toda a cadeia de valor do produto, que é impulsionado por necessidades dos clientes.

Referência	Descrição do conceito
[17]	Segundo <i>Ahuett-Garza e Thomas</i> , a I4.0 utiliza sistemas capazes de reunir e organizar dados recolhidos a partir de sensores nos equipamentos, incluindo sistemas de alimentação e de cadeia de abastecimento. É possível gerar decisões inteligentes de forma automática, melhorando a eficiência, flexibilidade e capacidade de resposta de um sistema.
[18], [19]	É apresentado como maior desafio a integração e coordenação das ferramentas utilizadas na Indústria 4.0: IoT (<i>Internet of Things</i>), Robótica, <i>Big Data</i> , <i>Machine Learning</i> e <i>Cyber Physical Systems</i> . Cada uma das ferramentas mencionadas anteriormente são utilizadas consoante os objetivos desejados.

A 4ª Revolução Industrial, apresenta-se como a revolução com maior impacto e com expansão exponencial, caracterizando-se pela fusão do mundo físico, biológico e digital. Numa fase inicial, a Indústria 4.0 era apontada como a revolução das máquinas, onde os equipamentos estavam no centro de todo o controlo e automatização. Atualmente, o conceito tem evoluído para a cooperação entre o ser humano e a máquina, e iniciam-se análises das pessoas na integração desses sistemas, tendo cada vez mais foco neste tema, chegando a falar-se da Sociedade 5.0 [20]. Impulsionado pelo Japão, devido ao envelhecimento da sua população, este conceito foi apresentado pelo posicionamento do ser humano no centro da transformação tecnológica e inovação [21].

2.2.2 Implicações da Indústria 4.0

Os princípios base para uma implementação bem-sucedida são: virtualização, descentralização, interoperatividade, capacidade em tempo real, orientação a serviços e modularidade [11][22].

Vallhagen et al. [23] assumem a necessidade da preparação da programação da produção e a recolha de informações através de algoritmos matemáticos que podem preparar os sistemas produtivos, de forma a, mais tarde, ser possível aplicar conceitos da Indústria 4.0, aquisição correta de dados, e agregação e sincronização de dados num único sistema de informação capaz de gerir de forma inteligente toda a informação.

Assim, é necessário perceber as implicações – presentes na Tabela 4 – que são acarretadas pelos sistemas integrantes da 4ª Revolução Industrial, de forma a antecipar futuras necessidades.

Tabela 4 – Implicações inerentes a sistemas integrados na Indústria 4.0

Implicações	Descrição
Recolha e Análise de <i>Big Data</i>	Pelas conexões de todos os recursos em chão-de-fábrica, que compartilham informação e comportamentos ente si, a recolha de dados é cada vez maior – pelos avanços da <i>IoT</i> – e os algoritmos tradicionais deixam de ser suficientes para processar esse volume de dados [18][24][25]. O <i>Big Data</i> tem sido caracterizado na literatura pelos 5V's: volume, variedade, velocidade, veracidade e valor [26].

Implicações	Descrição
MES / SCADA	Monitorização do chão-de-fábrica com recolha de dados em tempo real, com a utilização de sistemas SCADA e controlo remoto da produção, transformando os pedidos de longo prazo em curto prazo, considerando as restrições do sistema MES [27], [28].
Serviços em nuvem (<i>Cloud</i>)	A computação em nuvem é uma tecnologia que oferece alto desempenho e baixo custo [29], [30]. A <i>Cloud</i> tornou-se necessária para aumentar a capacidade de armazenamento e serviços relacionados [31], e pelo aumento do tratamento de dados. Todos os dados são armazenados em servidores em <i>Cloud</i> pública ou privada. Dessa forma, tarefas complexas de tomada de decisão são facilmente suportadas.
Flexibilidade	Segundo <i>Ricardo Peres et al.</i> [32], programação em I4.0 deve ser genérica o suficiente para poder ser aplicada em diferentes cenários, não dependendo de um único protocolo, de forma a ser mais fácil a integração no chão-de-fábrica. Necessita ainda de ser flexível, para ser facilmente adaptada às mudanças no processo ou nos ativos aquando da sua execução.
Sistemas ciber-físicos (CPS)	Segundo <i>Nayak et al.</i> [33] os sistemas cibernético e físico têm-se tornado cada vez mais interconectados. A interligação entre os componentes físicos e o <i>software</i> são o nível mais alto de integração [34], que permite a execução em diferentes escalas espaciais e temporais, com interações contantes de inúmeras maneiras, que se adaptam ao contexto [35], [36].
IoT e tecnologias relacionadas	A integração de serviços digitais é baseada em plataformas IoT que pode ser consideradas uma infraestrutura de rede global [31], composta por vários dispositivos conectados, que dependem de tecnologias sensoriais, de comunicação, de rede e de processamento de informações [37]–[39]. As redes de sensores sem fio (WSN) e RFID são vistas como os dois dispositivos mais importantes que requerem a rede IoT [40], [41]. Os RFID permitem que seja transmitida informação de identificação através dos <i>microchips</i> por comunicação sem fios [42]. O WSN permite por outro lado a aplicação de sensores inteligentes interconectados para a deteção e monitorização [43] [44].
Segurança da informação e proteção da privacidade	Com a integração entre o mundo físico e o espaço virtual, os problemas de segurança da informação tornam-se cada vez mais graves [45], [46]. Com o uso de serviços e tecnologias IoT, utilização da <i>Cloud</i> , entre outros, a segurança da informação e proteção de privacidade de dados são aspectos críticos que as pesquisas futuras devem considerar. Neste momento, proteger a privacidade num ambiente de IoT torna-se mais complicado que os ambientes tradicionais, visto que nos primeiros existe uma quantidade enorme de informações pessoais e privadas, e o número de vetores de ataque em entidades de IoT é muito maior [47], [48].

No desenvolvimento do projeto, será importante reter a importância de sistemas flexíveis, devido à variedade de processos existentes na unidade fabril, e pelo manuseamento de projetos em ambiente de indústria automóvel, a segurança e proteção da privacidade.

Além das implicações associadas à I4.0, o autor da presente dissertação critica a não apresentação do conhecimento das pessoas que interferem com os sistemas. Além das pessoas devidamente capazes de desenvolver sistemas tecnológicos, é necessário analisar e identificar as capacidades/atributos dos operadores que irão manusear os sistemas. É ainda importante a leitura do artigo de Guzmán et al. [49] para compreender a construção de uma equipa de

sucesso na implementação do conceito na indústria, e a necessidade da qualificação de pessoas na I4.0 [50].

2.2.3 Digitalização

A digitalização do setor da manufatura é uma ação inerente a sistemas de I4.0, melhorando a produtividade, a qualidade, gestão de recursos e uma fácil comunicação com os clientes [51], [52]. A digitalização tem sido impulsionada pelo (1) aumento surpreendente de dados, (2) poder computacional, (3) conectividade e (4) novas formas de interação homem-máquina [53], permitindo uma redução significativa dos custos operacionais.

Sjödín et al. [54] apresentam a evolução de processo num grupo de empresas com vista à implementação de fábricas inteligentes. Esse processo possui quatro níveis, sendo o primeiro nomeado como “Tecnologias conectadas”, onde afirmam que esta fase está altamente correlacionada com a compreensão dos requisitos tecnológicos, tendo início pela digitalização dos processos. No artigo apresentado, concluiu-se que a digitalização em todo o processo de produção acaba por revolucionar a fabricação, sustentado por culturas digitais, processos ágeis e tecnologias modulares.

Na Tabela 5, são apresentadas algumas implementações que visam atingir os objetivos apresentados anteriormente.

Tabela 5 – Digitalização no Ambiente Industrial

Referência	Implementações
[55]	<i>Mahmoud et al.</i> apresentam uma melhoria do desempenho do processo industrial com o objetivo de comparar um sistema de gestão de dados e a debilidade do trabalho em papel. A implementação iniciou-se por <i>brainstormings</i> , o que permitiu: (i) estudo e análise do sistema atual, (ii) fluxos de dados do atual sistema, (iii) análise de lacunas e desvantagens do sistema atual e (iv) metodologia de projeto e implantação do novo sistema. No final, os processos foram digitalizados, permitindo a exportação automática de dados da máquina, o sistema informatizado de gestão de operações e recolha de dados, sendo a gestão compartilhada pela qualidade, produção, manutenção e logística.
[56]	<i>Miriam et al.</i> apresentam um sistema, baseado na Arquitetura Unificada OPC (OPC UA), com o objetivo de substituir o rastreamento manual dos defeitos, propício a erros e análise de uma extensa lista de códigos. O sistema implementado consiste numa aplicação desenvolvida, numa base de dados, com painéis de gestão e centros de informação. O sistema baseado em OPC UA mostrou-se muito mais flexível em comparação com uma simples BD. Foi possível apresentar diferentes cenários, mostrando diferentes partes das informações para diferentes utilizadores (operador e gerentes) e aplicações possíveis (recolha e análise de dados).

Referência	Implementações
[57]	<p>O artigo, aqui referenciado, teve como objetivo apresentar diferentes aplicações de suporte digital integrado no ciclo de vida completo do produto, desde o desenvolvimento até à entrega ao cliente. Foram desenvolvidos entre os diferentes parceiros industriais, métodos e ferramentas para configurar aplicações de digitalização inteligente e automação de processos industriais, como por exemplo o iBin, que permite (i) monitorizar as peças, (ii) tempo e determinação específica do <i>stock</i> e (iii) pedidos automáticos, com um controlo em tempo real. Assim, é possível digitalizar a informação de todos os movimentos, aumentando a fiabilidade da mesma e diminuindo os recursos alocados a essas tarefas.</p>
[58]	<p><i>Fusko et al.</i> apresentam um modelo de implementação de digitalização numa PME (Pequena e média empresa) convencional. A metodologia apresentada inicia por enquadrar a organização nas perguntas (i) “Porque?”, (ii) “O que?” e (iii) “Como?” transformar. A partir das respostas, é possível desenvolver um modelo de digitalização, como por exemplo, para o caso de estudo apresentado, criação de um sistema único de gestão de veículos que permite inserir documentação, manuais, instruções de troca e outros documentos, e ainda fotos e vídeos correspondente a um <i>QR Code</i>, admitindo que qualquer operário tem acesso à informação de forma rápida. Este artigo consegue provar que nem todos os sistemas são fáceis de automatizar e, para tal, é utilizada a digitalização, para melhorar os processos.</p>
[59]	<p>O objetivo deste artigo é identificar como e onde iniciar a digitalização da organização. São analisadas questões previamente compostas permitindo a maturidade de cada empresa em relação ao tema da I4.0 e a digitalização. A metodologia proposta passa pelas etapas seguintes: (i) análise do estado atual, (ii) gestão de projeto, (iii) identificar sugestões da área fabril, (iv) seleção de soluções, (v) implementação de ferramentas digitais e (vi) analisar possíveis melhorias. A metodologia tem como objetivo ser cíclica, permitindo uma melhoria contínua dos processos. A implementação deste modelo permite a integração da digitalização em qualquer área da organização.</p>
	<p>O artigo apresenta uma implementação de digitalização segundo uma metodologia bem estruturada por etapas. Depois de alguns estudos os autores admitem que a metodologia presente na Figura 9 é a mais adequada.</p>

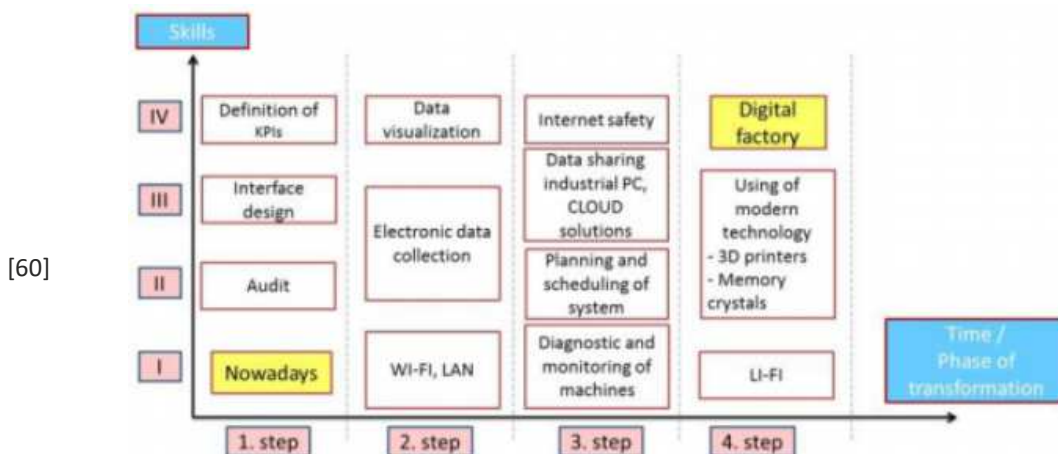


Figura 9 – Proposta de etapas de transformação para empresa digital

Os autores aconselham a integrar na digitalização ferramentas tecnológicas, como Pick-by-Light, Pick-by-Voice, Pick-by-Vision e AGV (Automated Guided Vehicle), aumentando a inteligência, autonomia e complexidade dos processos envolvidos.

Para o autor da presente dissertação, a digitalização trata-se de um armazenamento e gestão digital da informação digitalmente, fazendo com que esteja disponível em qualquer lugar, a qualquer hora, em qualquer contexto e para qualquer um utilizar, usando qualquer dispositivo. Além da melhoria clara dos processos, é conveniente referenciar o facto de que quando se atinge o nível de maturidade de digitalização numa empresa, é melhorada a sustentabilidade nas suas três dimensões: economia, meio ambiente e sociedade [61]. Através da indústria integrada, é possível aumentar a competição internacional, no caso particular, a indústria automóvel.

2.2.4 Escalabilidade

A escalabilidade tem-se apresentado como um grande desafio em ambientes da Indústria 4.0 [62]. Com o aumento de objetos físicos que são conectados à rede, surgem problemas de escalabilidade, pela grande variedade de dados e informações transacionais de grande volume e alta velocidade [63]–[65]. Assim, existe a necessidade de conectar, harmonizar e transformar dados heterogêneos recebidos de fontes diferentes, em sistemas funcionais, alguns dos exemplos dessas implementações estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Escalabilidade de Sistemas Integrados na Indústria 4.0

Referência	Implementações
[66]	O artigo propõe uma arquitetura multicamada numa organização de renting de equipamentos, com o objetivo de monitorizar as máquinas em produção. Para a implementação do projeto, foi utilizada a plataforma <i>Kafka</i> , que além de permitir código aberto, é escalável e admite um grande fluxo de dados. Para realizar a implementação, seguiram-se as seguintes etapas: (i) registo do parque de máquinas, (ii) informação de cada uma das máquinas, (iii) parâmetros e conjuntos por gama operacional, (iv) tecnologia de informação e (v) apresentação de dados de clientes e ferramentas. Os testes realizados mostram a escalabilidade da plataforma, confirmando a sua viabilidade em diferentes instalações.
[67]	<i>Mourtzis</i> e <i>Vlachou</i> apresentam um sistema ciberfísico baseado em nuvem para agendamento adaptável do chão-de-fábrica e manutenção baseada em condições. Com a constante alteração das condições do chão-de-fábrica, foi necessário integrar um sistema de monitorização que permite a constante análise do <i>status</i> da máquina e o progresso das tarefas planeadas. Se ocorrem distúrbios na produção, serão detetados e enviada a informação de forma a reprogramar a produção. Com a escalabilidade do sistema, foi possível tomar decisões com base no <i>feedback</i> das máquinas, tomando mais consciência das condições do chão-de-fábrica, manutenção eficaz e decisões precisas.

Referência	Implementações
[68]	<p><i>Holom et al.</i> apresentam uma gestão de dados, definindo uma estrutura e relação entre várias fontes de dados fornecidos por sensores e sistemas de informação. Numa fase inicial, foram identificados todos os problemas relacionados com <i>big data</i>, e após pesquisa de soluções, foi definido o uso de metadados. Os autores do artigo dividiram o projeto em duas grandes partes: (i) recolha de toda a informação numa grande arquitetura e (ii) apresentação das primeiras ideias de representação de metadados e, no final, a gestão de todos os dados. Com o projeto, foi possível a criação da modelagem de ontologias para gestão de metadados e a sua representação, juntos com exploração e análise de dados para <i>big data</i>.</p>
[69]	<p>O artigo apresenta um sistema escalonável, permitindo lidar com fatores de mudança, como KPI's flutuantes, custos de mão de obra ou requisitos de qualidade, possibilitando a programação de uma linha manual, com base nessas mudanças. Os cenários apresentados demonstram como o grau de automação pode ser continuamente adaptado para mudar os <i>drivers</i>, permitindo a escalabilidade do sistema nos diferentes postos de trabalho. Os autores descrevem o sistema como escalável, permitindo ajustar uma linha 100% manual para outra totalmente automática, pela troca de módulos padronizados, transporte, alimentação e processo.</p>
[70]	<p>Os autores apresentam um sistema piloto do conceito de arquitetura escalonável no planeamento e controlo da produção, o iPPC (<i>Intelligent Production Planning and Control</i>). O sistema desenvolvido é orientado ao processo multinível, de forma a que este permita definir a sequência e programação da produção, descrevendo fluxos de atividade, materiais e informações. A arquitetura desenvolvida permite a integração do sistema para qualquer tipo de produto, indústria e organização, uma vez que o sistema é adaptável ao nível do planeamento e controlo da produção (rede, organização, fatores, centro de trabalho, máquina).</p>
[71]	<p><i>Moghaddam et al.</i> apresentam um sistema de produção baseado no conceito RMS (<i>Reconfigurable Manufacturing Systems</i>), tema bastante abordado na escalabilidade dos sistemas. As duas características que são identificadas para uma implementação de sucesso são a escalabilidade e convertibilidade dos sistemas apresentados na indústria. São apresentadas duas abordagens: (i) sistema desenhado para cálculo constante do pedido durante todas as etapas do produto, considerando o <i>mix</i> e o volume das peças em cada período e (ii) sistema configurado para período anterior ao início da produção. Assim, é possível aumentar a informação disponível, e reação a alterações à produção, dependendo do ciclo de vida das peças fabricadas.</p>

Pela tabela apresentada anteriormente, é perceptível como a criação de um sistema escalonável permite que este abranja um maior número de processos dentro de uma organização, e segundo o autor desta dissertação, é uma mais valia no avanço para uma empresa mais funcional, dinâmica e eficiente. Ainda assim, são raros os sistemas criados que interliguem diferentes áreas de uma organização, pois os sistemas escaláveis são essencialmente aplicados dentro da mesma área. Assim, é de elevada importância o desenvolvimento de sistema mais robustos [70] e que sejam escalonáveis por toda a organização. Pela literatura seleccionada, é perceptível os dois tipos de investigação que podem ser seguidas na escalabilidade dos sistemas: escalabilidade funcional e a hierarquia de processos, sendo ilustrados pela Figura 10.

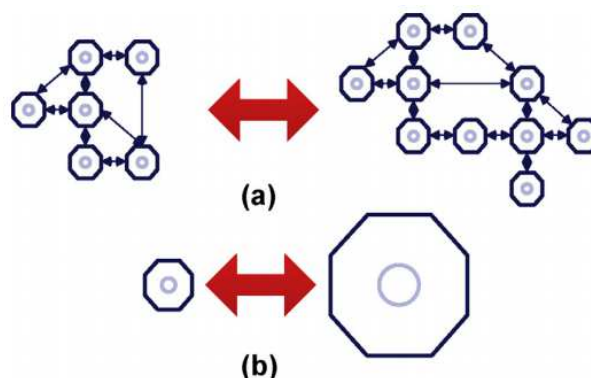


Figura 10 – (a) escalabilidade funcional; (b) hierarquia de processos [134].

Devido à complexidade da unidade fabril em que o presente estágio decorreu, os sistemas desenvolvidos devem ter presente a hierarquia dos processos, sendo a implementação feita por processos mais simples, e aumentado a sua complexidade com o avanço cultural da organização (Figura 11).

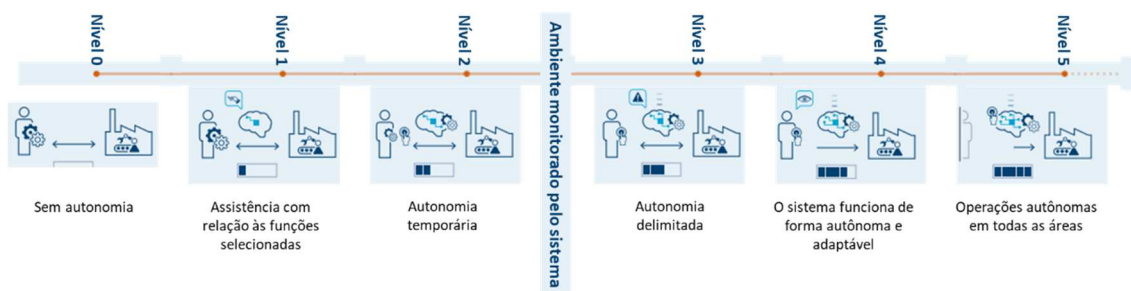


Figura 11 – Níveis de autonomia da Indústria 4.0 [135]

2.2.5 Interconectividade

Conexão é a capacidade de máquinas, dispositivos, sensores e pessoas de se conectar e se comunicar através da *Internet das Coisas* (IoT) ou da *Internet das Pessoas* (IoP). Esse princípio requer colaboração, segurança e padrões [72].

A interconectividade de sistemas apoiará o desenvolvimento de novos sistemas inteligentes em todas as camadas. Com a evolução da I4.0, a interconectividade nos sistemas tem ganho cada vez mais expressão, pelo facto de permitir estender e convergir recursos analíticos em todos os

setores. Como aborda *Robison et al.* [73] locais de tratamentos de água integram e correlacionam dados de sistemas ambientais, energéticos, infraestruturas, sistemas de telecomunicações e movimento humano. A interconectividade é uma visão de todas as indústrias, sejam elas, metalúrgica, metalomecânica, cosméticos ou energias, pois todos os setores se sentem afetados positivamente por esta implicação da 4ª Revolução Industrial, como exemplos apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Implementação de Sistemas Interconectáveis

Referência	Implementações
[74]	Com a implementação de PLC's (<i>Programmable Logic Controller</i>) nos equipamentos das fábricas, é categórico o reaproveitamento desses dispositivos. Assim é apresentado um caso de estudo com o desenvolvimento de um formulário para estabelecer a comunicação e técnica <i>web</i> AJAX que permite a criação de páginas da <i>web</i> interativas. Numa primeira fase, é testada a conexão e troca de informação entre os diferentes componentes, seguida do desenvolvimento de uma interface com barra de controlo de todos os equipamentos que permitem ser interativos e alterar as suas propriedades. O desenvolvimento da plataforma pode ser usada como meio de interconexão comum para um número crescente de dispositivos, através dos quais o controlo do processo será permitido com dispositivos como sensores, atuadores, cartões eletrónicos, entre muitos outros.
[75]	O artigo apresenta um sistema baseado na arquitetura ciberfísica, com a grande vantagem de as máquinas estarem interconectadas. A implementação seguiu as diretrizes seguintes: (i) conexão inteligente, (ii) conversão de dados em informação, (iii) nível cibernético, (iv) conhecimento completo do sistema e (v) configuração das máquinas. A implementação dos 5C's é categorizada em três estágios: (i) componentes (informação recolhida por sensores), (ii) máquinas e (iii) sistemas de produção (agregação de conhecimentos dos estágios anteriores). Este nível de Interconectividade, não só garante todo o controlo, como o planeamento da produção e gestão de inventários otimizados no chão-de-fábrica.
[76]	<i>Wolfgang Kuhn</i> apresenta o conceito de fábrica digital, tendo como abordagem a interconectividade dos vários processos de planeamento e simulação. Nas fases de engenharia de produto, projeto e otimização de chão-de-fábrica, sendo que numa quarta secção entra a tomada de decisões com os parâmetros seguintes: otimização de parâmetros, estratégias de controlo e <i>layout</i> . No conceito de otimização integrada, estes três níveis devem estar interconectados e as alterações num deles tem quase sempre um impacto nos restantes. Assim, é possível perceber a necessidade de ter sistemas conectáveis para uma otimização, melhoria e maior controlo e fiabilidade dos processos envolventes.
[77]	<i>Coronado et al.</i> apresenta a implementação de sistema de conectividade entre dados de máquina-ferramenta e a produção dos operadores, sendo que os dados descrevem o estado operacional do equipamento. O sistema permitiu registar todo o uso de materiais, ferramentas de corte e produtos em toda a fábrica, usando entidades completas de ferramenta, materiais, máquinas, produtos e operadores. Os resultados obtidos, sugerem que o uso do sistema tem impacto positivo na recolha de dados e da sua utilização no ambiente de chão-de-fábrica, pois com a conectividade da informação, dá indicação sobre o processo, produtividade do operador e uso de ferramentas.
[78]	Neste artigo, é apresentado um sistema de simulação da conectividade entre dispositivos de automação no chão-de-fábrica (nível Tecnologia Operativa) e sistemas

Referência	Implementações
	de gestão (nível Tecnologia da Informação). O sistema de produção engloba as áreas seguintes: (i) entrada e saída de produtos, (ii) sistema ERP e (iii) base de dados. A programação do sistema e conectividade dos módulos permite prever eventos futuros, habilitar previsões e dados históricos. Prevê-se que seja realizada uma implementação real, futuramente, para permitir o aumento do rendimento da produção e a diminuição dos tempos de inatividade da produção, devido a trabalhos de manutenção programados ou falhas no sistema.
[79]	A quantidade de dispositivos conectados e a troca de informação entre si fez disparar a aplicabilidade da <i>big data</i> . Os autores fazem um estudo das tecnologias utilizadas com base no <i>big data</i> e conceito de fábrica inteligente. Numa ótica de conservação dos dados, é necessário o armazenamento e processamento, de forma a que o <i>feedback</i> chegue à linha de produção quando são requisitados. Os algoritmos apresentados permitem: (i) definir a relevância de cada etapa, (ii) definição dos métodos de agregação dos dados e (iii) classificar as tecnologias avaliadas. No final, foi possível obter a seleção de duas tecnologias.
[80]	<i>Barbosa et al.</i> apresentam uma solução para aumentar a autonomia dos centros de máquinas CNC (<i>Computer Numeric Control</i>). Para atingir o objetivo proposto, é realizado um levantamento de requisitos a considerar, tendo sido apontada a necessidade de tornar a alimentação da máquina automática. Assim, é proposta a integração de um <i>robot</i> , sensores e atuadores automáticos, nos equipamentos de forma reduzir a mão-de-obra humana para as tarefas de carga e descarga de materiais, o que permite extrair informações de controlo de processo mais úteis, segundo conceitos da Indústria 4.0.

É imperativa a implementação de sistemas conectáveis nas organizações, - tal como demonstra as referências anteriores, - possibilitando o controlo em tempo real, e avançar no processo de uma fábrica inteligente. Um exemplo a seguir pela literatura apresentada, é iniciar o projeto por dispositivos mais simples e presentes em chão-de-fábrica, e avançar para processos mais complexos. Uma das críticas aos diferentes projetos implementados é que a maioria deles propõe a conexão de sistemas via Wi-Fi presente nas instalações da organização, mas com a quantidade de dispositivos conectados, dimensão dos equipamentos e certificação da comunicação, é imperativa a utilização de ligação de rede ethernet.

2.2.6 Sistemas de decisão

Os sistemas de decisão exigem que as mesmas sejam descentralizadas, para que seja aumentada a capacidade de os sistemas ciber-físicos tomarem decisões e executá-las da forma mais autónoma possível [72]. Nos sistemas e modelos desenvolvidos deve ser considerado que existirão tarefas delegadas a um nível superior sempre que ocorram exceções, interferências ou conflitos, como demonstram as aplicações inúmeradas na Tabela 8.

Tabela 8 – Implementação de Sistemas de Decisão

Referência	Implementações
[81]	<p><i>Okongwu et al.</i> propõe uma ferramenta multifuncional de tomada de decisão, com medição de desempenho das deliberações, incluindo também diferentes estratégias disponíveis. No caso da falta de <i>stock</i> após a aceitação de pedidos de clientes e data de entregas, o modelo de tomada de decisão pretende aplicar três estratégias diferentes: (i) possibilidade de substituir o produto, (ii) identificação de vários locais de entrega e (iii) entrega parcial do pedido. As diferentes estratégias podem ser combinadas em qualquer sequência possível, ou de forma que todas as soluções viáveis sejam determinadas e avaliadas simultaneamente. Para entender o desempenho destes modelos, os autores propõem uma análise analítica com os seguintes elementos: eficiência, eficácia e capacidade de resposta, permitindo gerir <i>stocks</i> de mais de 11 mil pedidos por dia.</p>
[82]	<p><i>Maheut et al.</i> apresentam um sistema de suporte à decisão para solucionar problemas de configuração da rede logística, e gestão de operações para o setor de máquinas-ferramentas. Pela complexidade do produto fabricado, foi necessário implementar o <i>REMPPLANET DSS</i> – uma ferramenta para tomada de decisão colaborativas. A ferramenta contém cinco componentes básicos: (i) base de dados relacional, capaz de considerar operações alternativas, (ii) processo colaborativo, (iii) algoritmo para enumeração completa, (iv) um modelo de simulação baseado em agente com as definições de agente e (v) uma interface gráfica com o utilizador. Foram tidos em consideração no estudo diferentes condições e cenários, para ser possível atingir uma solução adequada para satisfazer todos os membros da cadeia.</p>
[83]	<p><i>Hamed et al.</i> apresentam um modelo de decisão para seleção de fornecedores, permitindo a diminuição de recursos humanos e financeiros. Os autores apresentam pesquisa de diferentes modelos, criando um modelo híbrido de 25 critérios de avaliação qualitativa e quantitativa. A implementação do sistema permite reduzir os riscos de compra, aumentar o valor do comprador, e aumentar a proximidade e relacionamentos de longo prazo com fornecedores. É ainda abordada a possibilidade de introduzir método de Inteligência Artificial, como Raciocínio Baseado em Casos e Rede Neural Artificial, o qual permite tomar decisões baseado em experiências anteriores.</p>
[84]	<p><i>Khuntia et al.</i> apresentam um sistema de atendimento hospitalar com diversos sistemas de apoio à decisão, iniciando por (i) observação, (ii) entrevista e (iii) discussões focadas. Iniciou-se assim uma análise intensiva, por mais de 100 h, nos cuidados dos partos, permitindo descrever fluxos nos quartos dos pacientes, das enfermarias e outros profissionais de saúde. Com a informação, foi então possível traçar diferentes cenários a que os técnicos de saúde podem estar expostos, permitindo através desta ferramenta tomar decisões com base nos alarmes disparados. São ainda abordados para trabalhos futuros, o uso de camas inteligentes, a monitorização de doentes após alta, controlos glicêmicos, entre outros.</p>
[85]	<p>Os autores apresentam um sistema de apoio à decisão considerado no inventário, custos de transporte, escassez e pedidos. São descritos algoritmos, que, quando programáveis, a cada iteração analisam as quantidades e itens solicitados, custos envolvidos na alocação, custo da retenção do material, entre outros parâmetros. Foram elaboradas 200 simulações que permitiram reduzir os custos alocados ao processo manual, e apresentaram resultados mais estáveis, indicando os cenários mais adequados.</p>

Referência	Implementações
[86]	É apresentado um sistema que tem como objetivo definir as tecnologias a serem utilizadas num determinado <i>software</i> , com base num produto específico. Cada critério, alternativas e relações, são identificadas nas etapas (i) metamodelo de decisão, (ii) modelo de qualidade de <i>software</i> , (iii) descrição do domínio e (iv) mapeamento de recursos. Devido ao elevado número de soluções potenciais e fatores de decisão, é necessário no futuro introduzir modelos de avaliação para medir os valores dos critérios não booleanos, e usar aspetos de qualidade ISO/ IEC para indicar a relação entre os critérios, de acordo com o conhecimento dos especialistas do domínio.

A introdução de sistemas de decisão nas indústrias, permitiu a diminuição de erros cometidos pelo Homem e os recursos alocados. Um aspeto relevante nos sistemas de decisão são o seu estudo prévio, que permite não só analisar todos os fatores variáveis, assim como a identificar melhorias aos processos noutros contextos. Os sistemas de decisão estão fortemente ligados à escalabilidade e interconectividade dos processos, apresentado anteriormente.

2.2.7 Evolução recentes e implementações da Indústria 4.0

Devido ao rápido avanço tecnológico é imperativo ter consciência da evolução da evolução dos temas abordados no âmbito da Indústria 4.0, além de novos temas e soluções que surgem na literatura.

Segundo *Andreja Rojko* [87], além do passo para a digitalização, é também potenciada a produção de novas tecnologias. A partir de sistemas inteligentes, é possível garantir sistemas de produção mais flexíveis e direcionados ao produto. Assim, na Tabela 9, são apresentadas implementações recentes no contexto do tema abordado.

Tabela 9 – Recentes Implementações

Referência	Implementações
[32]	O trabalho desenvolvido neste artigo tem como objetivo implementar sistemas de análise de dados flexíveis, escaláveis e conectáveis, com supervisão em tempo real, com foco na manutenção preditiva e controlo da qualidade. Foi desenvolvido um módulo de aquisição de dados do CPSS (Sistema de Produção Ciber Físico), com módulo RDA (Análise de Dados em Tempo Real) baseado nas três características I4.0 apresentada em 2.3.1. A implementação foi feita dividindo o sistema em subsistemas e escalando sucessivamente cada um deles. Em conclusão, este <i>software</i> permitiu verificar a eficácia em termos de escalabilidade, flexibilidade e conectividade, sendo que depende do volume, disponibilidade e quantidade de dados do sistema. A solução mostrou-se escalável e possível de responder à mudança, integrando assim no futuro outros módulos, como decisão em tempo real.

Referência	Implementações
[88]	<p>É neste artigo desenvolvido um ecossistema que incorpora a Inteligência Artificial (IA) no tema da Indústria 4.0. Esta necessidade advém da importância da IA se tornar um tema industrial, e a elevada necessidade de plano de implementação e investimentos estratégicos [89]. É apresentado um diagrama (em ANEXO 1) que apresenta as 4 tecnologias DT, AT, PT e OT (<i>Data, Analytical, Platform and Operation Technology</i>) sendo os facilitadores de alcance de sucesso, os 5C's (Conexão, Conversão, Cyber, Cognição e Configuração). A arquitetura IA industrial foi aplicada a um eixo-ferramenta de uma máquina CNC, conseguindo minimizar os custos da manutenção e otimizar a qualidade dos produtos.</p>
[90]	<p>O trabalho desenvolvido pretende apresentar uma estrutura de introdução de fatores humanos na I4.0, testando a viabilidade e impacto desta estrutura nas empresas. A proposta baseia-se na recolha de dados sobre o desempenho, reações e ações dos operadores, tendo como objetivo melhorar o desempenho e organização da fábrica. A estrutura organizacional foi nomeada como Operador 4.0 e colocada em teste numa empresa de montagem de veículos agrícolas, adotando um sistema de rastreamento ocular e uma tecnologia de monitorização de dados fisiológicos humanos. Foi possível criar um "gêmeo digital", de forma a criar protótipos virtuais, onde são simuladas áreas e trabalho, melhorando os processos e espaços envolventes.</p>
[91]	<p>Os autores apresentam o conceito de Logística 4.0, com o objetivo de combinar o uso da logística com inovações e aplicações adicionadas pelos sistemas ciber-físicos, permitindo executar tarefas que normalmente são realizadas por pessoas. Um sistema eficiente e robusto permite aplicações em: (i) planeamento de recursos, (ii) sistemas de gestão de armazém, (iii) sistemas de gestão de transporte e (iv) sistemas inteligentes de transporte, sendo discutidas as suas implementações no artigo citado. Assim, foram abordadas reflexões sobre as dimensões mais importantes para a implementação da Logística 4.0.</p> <p>Com vista a trabalhos futuros, foi proposta a construção de uma estrutura multicamada, com identificação de fases, processos, requisitos técnicos e níveis de integração.</p>
[92]	<p>O artigo aborda a implementação de logística 4.0 na indústria do aço, com o objetivo de otimizar o armazenamento e movimentação de material <i>WIP (Work In Progress)</i>. Pela implementação de veículos autónomos e identificação de pilhas, foi possível obter a localização, passagens feitas, posição e temperatura de cada lingote. Com os valores, é possível medir a utilização, número de veículos usados, números de lingotes transportados e custos, que preenchem um quadro de desempenho geral de tempos produtivos e não-produtivos. A recolha de informação da temperatura em cada movimentação e posição de armazenamento permite obter informação sobre a variação da qualidade do material, empírica ao manuseamento do material.</p> <p>Com o sistema desenvolvido, foi possível ultrapassar problemas com a identificação do material e monitorização da qualidade, e ainda a planificação em tempo real de material de acordo com a existência de localização para depósito dos lingotes.</p>

Referência	Implementações
------------	----------------

[93] *Dilberoglu et al.* apresentam a integração de sistemas de produção inteligentes e tecnologia avançada na manufatura aditiva, com o objetivo de apoiar os avanços na ciência dos materiais, processos associados e considerações do projeto. Além de estudo de novos materiais com aplicabilidade industrial, os autores, utilizam processos híbridos, onde adicionam ao processo de fabricação subtrativo e aditivo, modo sequencial ou integrado, incluindo fixação e controlo de orientação adequados para formar as peças. São ainda desenvolvidas ferramentas computacionais de simulação, visualização e análise instantânea, diretamente relacionados com a produção moderna. A integração da Indústria 4.0 na produção dos materiais, segundo os autores, permite custo favorável, velocidade de produção, melhor comportamento à tração/fadiga/dureza, melhor qualidade da superfície e microestrutura homogénea.

Os autores, com o objetivo de prevenir a fraude de medicamentos falsificados, apresentam uma tecnologia inovadora, na indústria farmacêutica, a serialização, pela implementação de uma Aplicação Descentralizada (DAPP). Como demonstra a Figura 12, as embalagens têm incorporadas um QR Code que guarda toda a informação sobre o mesmo, e durante o envio e a informação é atualizada.

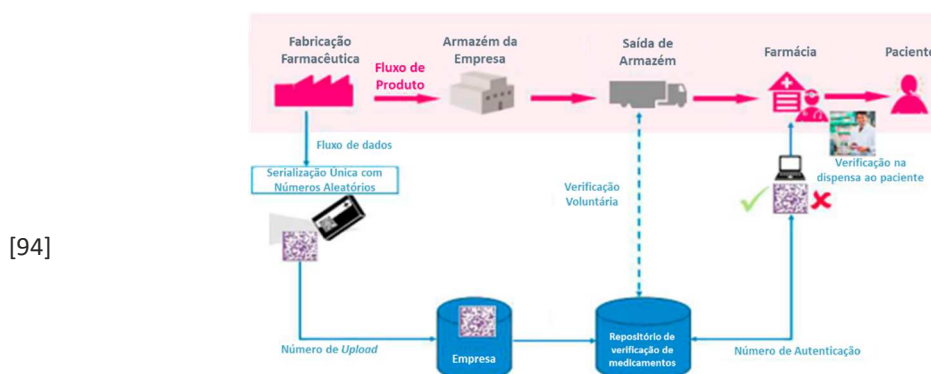


Figura 12 – Processo de rastreabilidade

Em cada etapa do processo de rastreabilidade, é possível identificar o nome do produto, o seu responsável e o endereço, garantindo: (i) confiabilidade da rede, (ii) disponibilidade da base de dados (BD), (iii) imutabilidade dos dados e (iv) consistência e integridade dos dados. Esta implementação permitiu reduzir os gastos com medicação falsificada, cerca de 200 biliões de dólares de perdas e mais de 100 mil mortes anualmente. O DAPP foi codificado de forma a ser implementado em qualquer tipo de indústria.

Com o avanço da Indústria 4.0, outros temas e tecnologias foram sendo aplicados como o caso de Logística 4.0, Agricultura 4.0 e *Smart Home*. Uma revisão é feita na Tabela 10, permite entender os avanços tecnológicos envolventes nos conceitos apresentados anteriormente.

Tabela 10 – Novas tecnologias I4.0 [95]

	Objetivo	Tecnologia	Efeito
Logística 4.0	Aumentar a flexibilidade e desempenho	<i>Robots</i> autónomos, Produtos inteligentes, <i>Big Data</i>	Controlo do inventário, fluxo de informação intacto, fluxo ideal para materiais e produto.
Agricultura 4.0	Criar novos valores [96]	<i>Digital networking</i> , Tecnologia LED, <i>Robots</i> , <i>Drones</i> e Satélites	Controlo de processo, Novos modelos de venda e Recolha de dados da vegetação.
<i>Smart Home</i>	Ambientes domésticos inteligentes	Assistência, Autonomia e Controlo	Independência, Segurança e Facilidade nas tarefas diárias.

Segundo o Relatório "*Readiness for the Future of Production Report 2018*" (WEF) [97] Portugal está posicionado na 39ª posição em termos da estrutura de produção e na 28ª posição nos vetores de produção na indústria. Portugal, apesar da complexidade elevada (segundo relatório pontuação de 6.2 em 10), é apontado como um dos sete países com mais elevado potencial para evoluir na Indústria 4.0. A implementação nacional de sistema da I4.0 impulsiona a economia portuguesa pelo desenvolvimento e aumento da competitividade na indústria, segundo estudo apresentado por Rui Carvalho [98].

Uma reflexão deverá ser feita a toda a literatura e casos de estudo apresentados. Pode-se afirmar que a Indústria 4.0 é o futuro do trabalho e das organizações, com maior impacto nos sistemas de informação [99], em todos os ramos, desde a indústria de automação até aos sistemas de saúde [100]. Pelas implicações apresentadas, é possível perceber que todas têm especial atenção na troca de informação e no grande volume que está inerente, sendo necessário que os sistemas estejam constantemente assegurados. No ambiente de fabricação atual, além de fatores como agilidade, eficiência e capacidade de resposta à mudança, é crucial o foco na qualidade e cliente, determinando a sobrevivência das organizações [44]. Para atender a todos os desafios, em ambientes altamente competitivos, é necessário possuir sistemas flexíveis e inteligentes, e custos reduzidos nas operações [100, 101]. Para tal, é necessário um elevado nível de digitalização, automação e conectividade dos sistemas em todas as organizações [103], existindo fatores que impedem uma adoção bem-sucedida: falta de procedimentos padronizados, falta de experiência e/ou treino prévio, equipamento insuficiente, falta de cultura de segurança e complexidade [104].

2.3 Controlo da Produção

A programação e controlo da produção tem uma elevada influência no desempenho dos sistemas de fabricação [104, 105] sob condições variáveis [107]. Os vários problemas de programação e controlo da produção são apresentados pela sua elevada complexidade e dinâmica [108, 109].

Neste contexto, com o crescente uso de máquinas colaboradoras equipadas com sensores que permitem a recolha de dados sobre o estado atual do sistema em tempo real, conseguem-se representações virtuais atualizadas dos sistemas de produção [110 – 113].

2.3.1 Modelos de Controlo da Produção

Para a integração da programação e controlo na produção de uma organização, é fundamental analisar a literatura, entendendo os modelos adotados pelas organizações para a implementação dos mesmos. Assim, na Tabela 11 são apresentados metodologias e planos de implementação de sistemas de controlo da produção de sucesso.

Tabela 11 – Modelos de Controlo da Produção

Referência	Implementações
[114]	<p><i>Bebiana et al.</i> apresentaram uma metodologia de implementação de um sistema de controlo da produção numa PME com intuito de fazer evoluir as capacidades cognitivas dos trabalhadores com a evolução tecnológica, promovendo uma simbiose entre mudança tecnológica e a mudança de mentalidades e hábitos de trabalho. Os modelos devem ter em conta que a implementação deverá ser progressiva e estruturada, tornando-o mais flexível e adaptável, sendo necessário estudar as interfaces existentes com os processos de chão-de-fábrica. O modelo desenvolvido e apresentado, encontra-se descrito na Figura 13.</p>

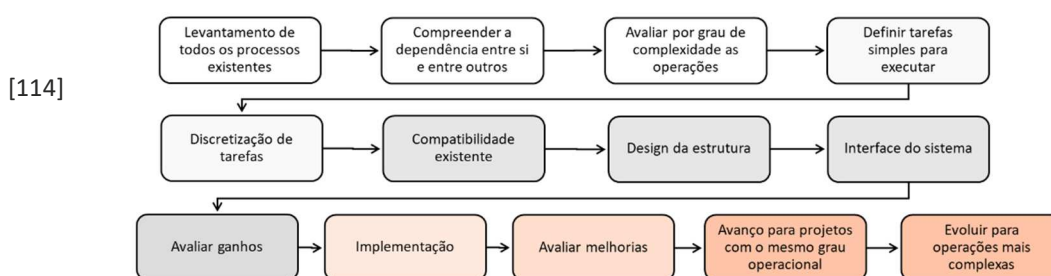


Figura 13 – Modelo de Implementação do Sistema de Controlo da Produção

A metodologia foi aplicada com um caso de estudo num equipamento de teste piloto, tendo merecido bastante aceitabilidade por parte de toda a organização, alargando o sistema a outros equipamentos no chão-de-fábrica.

Referência	Implementações
[115]	<p>Zohoori <i>et al.</i> apresentam um novo método para medir e melhorar o tempo de produção e custos, aplicando conceitos e métodos de gestão de projetos. Foi aplicado o método EVA (<i>Economic Value Added</i>), - método utilizado na gestão de projetos. A metodologia consistiu em (i) pseudocódigo, (ii) definição de meta-regras, e (iii) utilização do subcontrolador, em que todo o controlo passa por vários algoritmos que têm diferentes comportamentos na análise. Considerando a incerteza do ambiente de produção, o método desenvolvido permite monitorizar a conformidade do progresso da produção segundo o orçamento e a planificação. Além disso, podem ser tomadas decisões em diferentes centros de máquinas e diferentes períodos.</p>
[116]	<p>Neste artigo, é proposta a implementação da I4.0 facilitado pela implementação de Sistema de Produção <i>Lean (LPS)</i> estruturada em tecnologias, sistemas e processos característicos. O modelo de implementação assenta em quatro fases: (i) <i>design</i>, (ii) implementação, (iii) transição e (iv) operação. Foram aplicados nos processos já existentes diferentes tipos de elementos de I4.0 como, <i>big data</i>, controlo de consumos, sensores, atuadores, RFID, veículos guiados e realidade aumentada foram os mais utilizados. Após a implementação foi perceptível que a identificação de metas permite atingir mais facilmente e de forma metódica, sistemas de I4.0 em diferentes processos, como produção, logística, qualidade, manutenção, entre outras.</p>
[117]	<p>O artigo propõe um sistema de controlo da produção utilizando AutomationML e tecnologias OPC UA. O primeiro tem como objetivo alcançar padrões e troca de dados eficientes, o segundo estabelecer comunicação entre o cliente e os servidores. Um método de sequenciação da informação entre os dois é apresentado pelos autores, permitindo perceber a constante comunicação que existe entre cada um dos seis atores. A partir desta base, é possível replicar o modelo para qualquer tipo de sistema com controlo de dispositivos pela interface do OPC UA.</p>
[118]	<p>O sistema apresentado tem como objetivo alcançar uma elevada taxa de cumprimento das datas de entrega. É apresentado o CPPC (<i>Cyber Physical Production Control</i>) que permite o controlo da produção e a gestão da mesma segundo datas de entrega. São expostos diferentes modelos de controlo: (i) etiquetas RFID para determinar onde cada produto se encontra num total de oito processos, (ii) <i>chip</i> RFID incorporado em caixas que, quando são lidos numa determinada posição fazem o pedido ao armazém, (iii) integração de câmaras que detetam nível de enchimento de um contentor e (iv) controlo de manutenção preventiva pela monitorização de máquina e ferramentas. Todos os processos permitem o controlo descentralizado da produção.</p>

2.3.2 Recente Evolução em Controlo da Produção

O controlo da produção é cada vez mais necessário no chão-de-fábrica, para que todos os intervenientes estejam cientes da situação da organização, bem como na fiabilidade dos dados consultados. É importante estar ciente de todas as evoluções e recentes implementações de sistemas de controlo da produção nas organizações, de forma a aumentar o valor do produto, como ilustrados na Tabela 12.

Tabela 12 – Recente evolução em controlo da produção

Referência	Implementações
[119]	<p><i>Witzel et al.</i> desenvolveram um <i>software</i> que permite aos gerentes controlar a produção geral de peixes e culturas. O sistema recolhe dados e converte-os em informações que podem ser usadas em tempo real, sobre fatores como eficiência, desperdício e uso de energia. A base do sistema é a conexão entre o sistema de planeamento e o sistema de produção e, portanto, a conexão com as comparações reais com o <i>target</i> e a previsão de ganhos.</p> <p>As funcionalidades presentes no sistema são inumeradas em seguida: (i) gestão das definições de produtos, (ii) gestão dos recursos, (iii) planificação de processos de produção, entre outras. As informações recolhidas no sistema permitem reconhecer estados anormais, ou desvios críticos no processo de produção, diminuindo o tempo de resposta.</p>
[120]	<p>O artigo apresenta sistemas de planeamento e controlo da produção numa construtora de casas pré-fabricadas, com o objetivo de planear e controlar o processo de produção com um tempo mínimo de produção. O sistema RFID é utilizado como módulo de aquisição de dados. Esses dados brutos passam por um algoritmo de estimativa de parâmetros (modelo RANSAC) para extrair um modelo dos dados, calculando o tempo em cada estação de trabalho e o desempenho da produção em tempo real. O modelo de simulação foi validado através da análise e rastreamento da sensibilidade à variabilidade de parâmetros.</p>
[121]	<p><i>Caterino et al.</i> apresentam um sistema DES (<i>Discrete Event Simulation</i>) capaz de melhorar o desempenho de uma linha, com foco nos tempos, qualidade e precisão, entre outros parâmetros. Para iniciar a implementação é realizado um levantamento do cenário do caso de estudo numa linha de montagem de carros, permitindo detetar as variabilidades existentes no processo e a partir de um modelo matemático, calcular a saturação de cada trabalhador, o OEE da linha e o índice de perfeição, tudo em tempo real. O modelo de simulação foi validado e permitiu avaliar alguns parâmetros importantes da linha de produção, – de forma preventiva ou quase em tempo real – permitindo decidir se há necessidade de medidas corretivas ou não.</p>
[122]	<p>O presente trabalho tem como objetivo apresentar um <i>software</i> online para monitorização de alarmes e alertas provenientes de equipamentos e sistemas industriais. O teste à ferramenta de gestão de alarmes W-ARTEMYS [123], permite a gestão em quatro níveis: (i) objeto principal, (ii) divisão em secções, (iii) agregado e (iv) arquivos de apoio ao agregado. Uma descrição mais detalha de cada nível pode ser consultada no artigo. Foi realizado o teste numa máquina virtual com alarmes semelhantes à planta real, e pela utilização de <i>smartphone</i>, era rapidamente perceptível pelos utilizadores a ativação de alarmes nos equipamentos.</p>
[124]	<p>Neste artigo, é apresentada uma solução para a indústria de gangas, que tem dificuldade em monitorizar processos complicados, devido à falta de registos causados pelos altos custos de mão de obra e baixa produtividade. Após análise da situação inicial, foi definida a implementação de um sistema de rastreamento de componentes WIP baseado em etiquetas RFID. Pela incorporação das etiquetas nas calças e aplicação de leitores RFID, a produção foi controlada e os ganhos deste projeto são animadores. Para um mesmo tamanho de pedido, foi reduzido em cerca de 90% o número total de pessoas, e ainda foi obtida uma redução de perda de produtos.</p>

As recentes implementações no contexto do controlo da produção transferem para a produção uma dimensão diferente da produtividade, mobilidade e flexibilidade. É dever de todas as empresas aumentar o controlo na produção, permitindo medir e avaliar as tomadas de decisão durante a fabricação. Da literatura apresentada, é importante salientar o facto de o controlo não passar só pelo departamento da produção, mas também pela manutenção e logística, sendo estas as áreas diretamente relacionadas.

2.3.3 Controlo da Produção no contexto da Indústria 4.0

O controlo da produção é impulsionado pelas necessidades dos clientes individualizados emergentes da Indústria 4.0 [16], assim são apresentados desenvolvimentos realizados no contexto da mesma, na Tabela 13.

Tabela 13 – Controlo da produção no contexto da Indústria 4.0

Referência	Implementações
[56]	<i>Miriam et al.</i> apresentam um sistema de segurança numa linha de produção, baseado em OPC UA, com o objetivo de controlar a produção e informações necessárias para cooperação entre uma garra de <i>robot</i> e um operador. Numa primeira fase, foi usado um bloco de construção do OPC UA e visão de informação comum, com possibilidade de uma futura extensão do sistema com a introdução de uma câmara, de forma a monitorizar as zonas seguras de movimentação do operador. As informações que podem ser recolhidas pela câmara são: (i) posição dos componentes, (ii) estado dos componentes, (iii) zonas de segurança, (iv) entrada de objetos na zona de segurança e (v) carga das caixas nos <i>racks</i> . O controlo atingido neste sistema permite a interação, em segurança, de um operador e uma garra de <i>robot</i> a trabalhar no mesmo posto de trabalho de uma linha de montagem.
[114]	<i>Bebiana et al.</i> apresentam a implementação de um sistema de controlo da produção em equipamentos de corte de materiais fornecidos em bobinas. O objetivo da implementação é controlar um processo que até à data não tinha nenhum método eficaz de ser controlado. Pela comunicação constante entre o PLC da máquina e dispositivos anexos ao sistema, foi possível detetar quantidades reais de produção e sucata, sem que haja a possibilidade de desinformação de quantidades, existindo um controlo muito mais eficaz, permitindo uma resposta em tempo real: os operadores só são capazes de produzir as ordens de fabricação estipuladas. Tudo isto está conectado ao ERP da empresa, permitindo reportes de informação direta, sem ser possível a eliminação de registos e controlos de produção em papel.
[125]	<i>Frazzon et al.</i> propõem e aplicam uma nova abordagem de controlo e planeamento orientado a dados que utilizam uma otimização baseada em simulação para determinar as regras de despacho mais adequadas em tempo real, sob diversas condições. A implementação do método aSBO (<i>adaptive simulation-based optimization</i>) foi sequencial: (i) implementação do modelo de simulação com representação do chão-de-fábrica, produtos, recursos, pedidos de produção e operações e (ii) aplicação de algoritmo que permite as alterações da heurística, adaptando-se continuamente à mudança. Os autores abordam uma perspetiva de alcançar a 3ª etapa, integrando no sistema o controlo do <i>stock</i> e manutenção, tudo em tempo real.

Referência	Implementações
[70]	Os autores apresentam um sistema de cálculo de lotes de produtos fabricados, segundo o número ideal de produtos semelhantes que podem ser produzidos numa linha de produção, que por consequência determinam o número de componentes produzidos em lotes. Numa primeira fase do pedido, os itens são separados por níveis, permitindo que numa segunda fase sejam enviadas as ordens correspondentes a cada posto. O sistema apresentado, SMART FACE, permite determinar o número de ordens de produção dentro de um intervalo de tempo, adaptando vários métodos de dimensionamento, e diferentes níveis de item necessários.
[117]	No âmbito do controlo da produção, a utilização do <i>big data</i> tem sido bastante abordado. Assim, o artigo apresenta abordagens viáveis para a aquisição e tratamento de dados multimodal. O base de dados <i>Digital Twin</i> permite a aquisição de dados de rastreamento de sensores, visão de máquina, rotas e posição de produção, dispositivos móveis e operadores, produtos nas máquinas, entre outros. Assim, os autores apresentam um exemplo de uma ferramenta de aquisição de dados fundamental para o controlo da produção em tempo real.
[126]	<i>Costa et al.</i> apresentam uma estratégia de manutenção preditiva numa máquina-ferramenta com o intuito de reduzir as paragens não planeadas, aumentando a produtividade e bases para a Indústria 4.0. Após realizar a seleção do componente crítico a ser estudado foram selecionadas as variáveis com necessidade de serem monitorizadas: as emissões acústicas e a vibração do rolamento. A aquisição dos dados é feita por transdutores e enviada para uma base de dados onde os dados serão tratados por uma <i>software</i> apropriado, sendo disparados alertas que despoletam ações concretas e previamente definidas. O sistema desenvolvido permite a fácil adaptação a outras máquinas e com recolhas de variáveis diferentes, o que acarreta um <i>feedback</i> positivo por parte da organização ao conceito apresentado.

Como afirma Bendul e Blunck [127], “o comportamento do sistema de produção depende das decisões tomadas por objetos inteligentes com sistemas de objetivos individuais e egoístas”. Assim, é necessário que tudo seja considerado nas soluções de planeamento e controlo da produção. Por este motivo, é necessário assegurar que seja sempre possível a alteração do programa, bem como a adição de variáveis, sem comprometer todo o sistema [128]. Assim, a análise, desenvolvimento e aplicabilidade de sistemas de controlo da produção deixam de possuir como critérios a simplicidade e o baixo custo, para apresentar critérios focados na robustez, saída de alta qualidade e proteção para o futuro [129].

Numa opinião pessoal do autor desta dissertação, tanto para sistemas de Indústria 4.0 como para sistemas de controlo da produção, é necessário que sejam fundamentados planos de ações para mudanças culturais, porque a modificação organizacional é das etapas mais complexas na implementação de novos sistemas.

CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DO PROBLEMA

3.1 Caraterização da empresa

3.2 Processo de fabrico de cabos de comando para automóveis

3.3 Apresentação da situação inicial

3.4 Caraterização do problema

4.1 Controlo da produção

4.2 Controlo de processos auxiliares à produção

3 CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DO PROBLEMA

3.1 Caraterização da empresa

3.1.1 Grupo FICOSA

A Ficosa é uma empresa multinacional, que iniciou a sua atividade em 1949 com Josep Maria Pujol e Josep Maria Tarragó, denominando a sua oficina em Barcelona de “Pujol y Tarragó”, a qual construía cabos mecânicos. Em 1987 passou a ser designada de Ficosa International.

Atualmente dedica-se à pesquisa, desenvolvimento, produção e comercialização de componentes e sistemas para o setor automóvel. A Ficosa está presente em dezoito países na Europa, América do Norte e do Sul, Ásia e África, com centros de engenharia, centros de produção e escritórios comerciais (Figura 14).



Figura 14 – Presença global do grupo FICOSA [130]

O grupo tem a seu cargo a produção de cabos de acionamento mecânico para aplicação em sistemas de elevadores de janela, travão de mão, acelerador, abertura de porta, capô, mala e

ainda grelhas para sistemas lombares de conforto e *suspension mat*. A empresa tem uma grande variedade de clientes, como a Volkswagen, Audi, Seat, Ford, entre outras, que ajudam a criar o volume de negócios.

Em meados de 2015, o grupo Ficosa, criou uma aliança de negócios e capital com a Panasonic, reforçando o seu lugar no mercado de tecnologia e a liderança na transformação da indústria automóvel [131]. Dois anos mais tarde, em 2017, a FICOSA torna-se subsidiária consolidada da Panasonic, com a participação desta última em 69% das ações emitidas pelo grupo [132].

3.1.2 A FICOCABLES

A Ficocables é uma empresa portuguesa pertencente ao grupo Ficosa Internacional, dedicada à investigação, desenvolvimento, produção e comercialização de sistemas e componentes para a indústria automóvel.

A empresa foi fundada em 1971, designada na altura por “Teledinâmica”. Em 1972 a empresa integrou a “Pujol e Tarragó”, sendo líder do grupo Ficosa Internacional, S.A., com sede em Barcelona. Em 1993, Teledinâmica mudou o nome para Ficocables, Lda.

Atualmente, a empresa conta com duas áreas de negócio, nomeadamente, os sistemas de conforto e cabos de comando (sistemas de porta, assentos, travão, elevadores de janela, capô, entre outros). A produção dos diferentes produtos está organizada em diferentes UAP’s (Unidades Autónomas de Produção), nomeadamente:

- UAP 1 – Fabrico de espiral, revestimento de cabo e arame;
- UAP 2 – Módulo de pequenas séries e injeção de plástico;
- UAP 3 – Módulo de grandes séries;
- UAP 4 – Sobreinjeção de plástico/conforto, corte e conformação de arame, linhas automáticas de *Suspension Mat*;
- UAP 5 – Módulo de pequenas séries (cabos e *Suspension Mat*) e Protótipos;

O Capital Social da Ficocables, Lda. é de 1,75 milhões de euros e o volume de vendas esperado para o ano corrente desceu consideravelmente devido à pandemia, como se observa no gráfico da Figura 15.

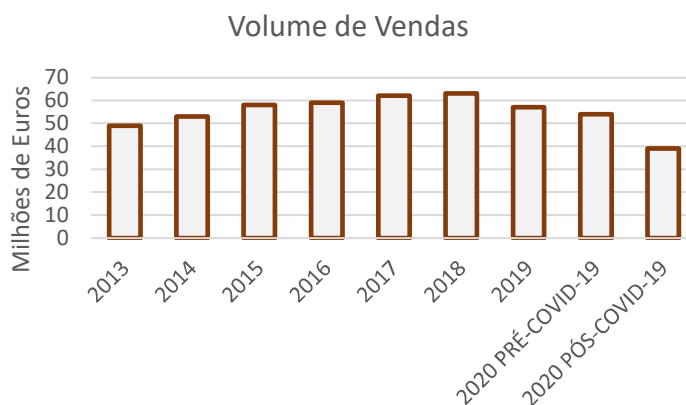


Figura 15 – Volume de vendas entre 2013 e 2020

Em Portugal, a Ficocables, Fabrico de Acessórios e Equipamentos Industriais Lda., tem cerca de 1400 colaboradores e faturou em 2019 cerca de 60 milhões de euros. É uma empresa certificada pelas normas ISO 9001, ISO/TS 16949:2002, ISO 14001:2004 e ISO 27001.

A empresa encontra-se dividida em cinco pavilhões de produção cobertos e um para o processo de expedição. A empresa apresenta uma estrutura organizacional bem definida, por áreas/departamentos, sendo que cada um é composto pela direção e a respetiva equipa, como ilustra a Figura 16.

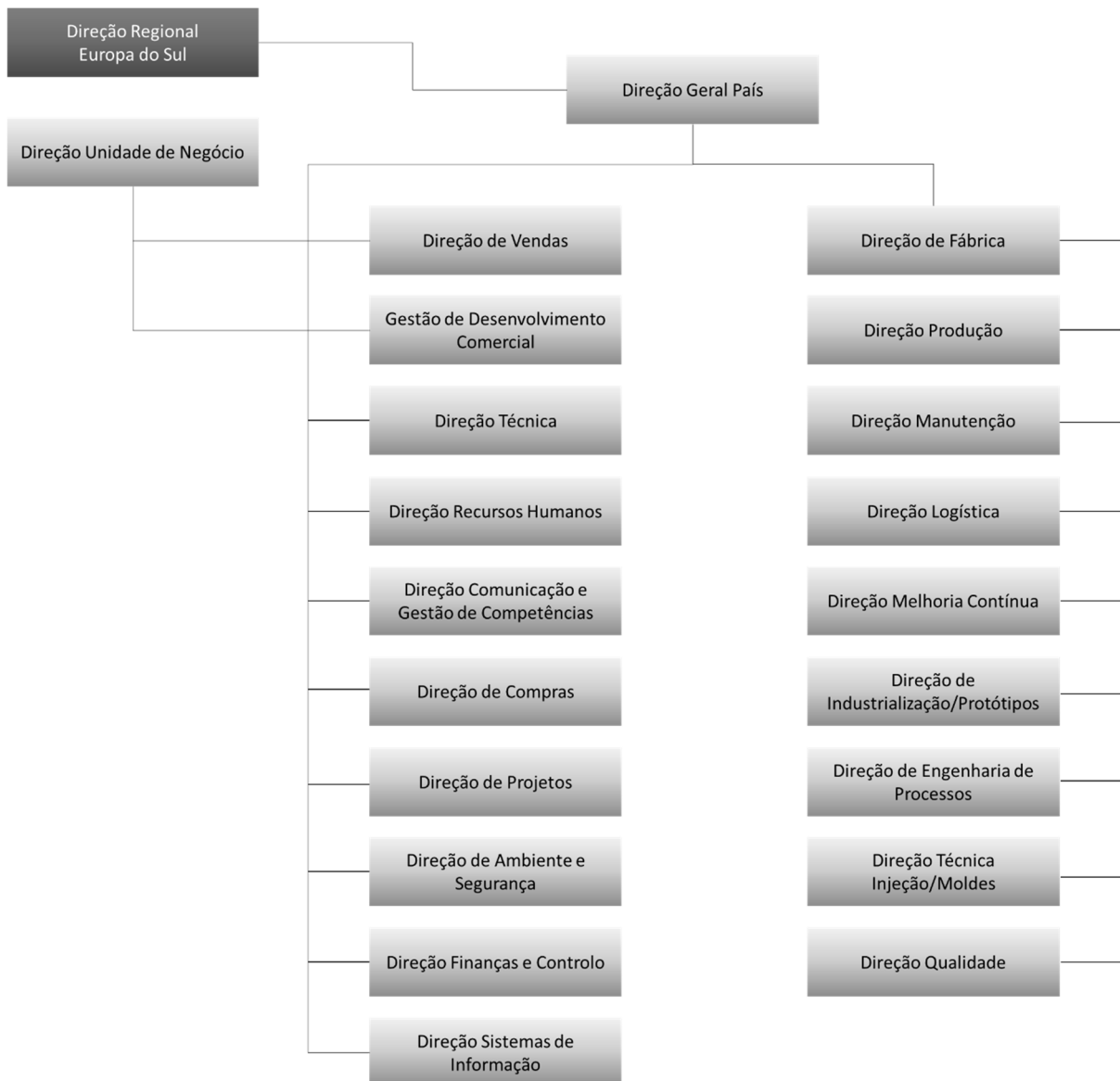


Figura 16 – Organograma da empresa.

3.2 Processo de fabrico de cabos de comando para automóveis

Um cabo de comando é um meio mecânico de transmissão de movimento entre dois ou mais sistemas. Cada cabo de comando integra vários elementos, conforme a função, a localização, o esforço, etc. a que estão destinados. A sua composição básica é um cabo metálico, os terminais do cabo metálico em zamak, a espiral que tem como função proteger o cabo metálico e os terminais da espiral. A função do cabo é, a partir do sistema atuador, transmitir ao recetor as forças de acionamento, conforme a Figura 17.

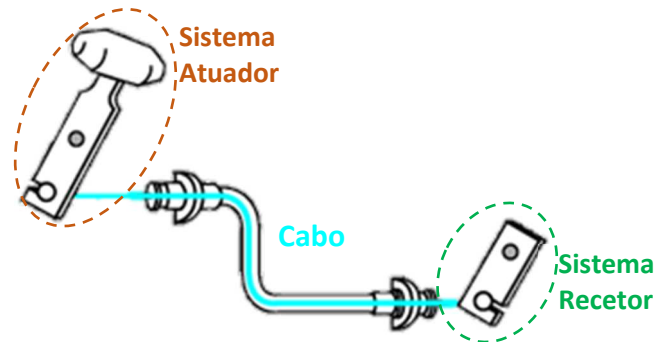


Figura 17 – Funcionamento de sistemas de cabos de comando.

Os cabos têm a capacidade de se moldar a diferentes geometrias, adaptando-se aos *layouts* dos vários sistemas de acionamento. Na Figura 18 é possível ver os vários tipos de cabo de comando num automóvel.



Figura 18 – Cabos de comandos de um carro [136]

Dos sistemas apresentados anteriormente, os cabos de comando produzidos na Ficocables são os seguintes: cabo de espelhos, de abertura de capô, de elevadores de janela, de travão, de abertura de mala, de abertura de porta, ar condicionado e ainda assentos (sistema de conforto).

3.2.1 Processos de fabrico

Os processos de fabrico da Ficocables englobam a produção interna da espiral, do revestimento de cabo metálico, execução do corte de cabo em espiral, da primeira injeção de zamak nos terminais do cabo e sobreinjeção de plástico nos terminais da espiral e terminais de cabo, conforme apresentado na Figura 19. Os restantes componentes são comprados a fornecedores externos.

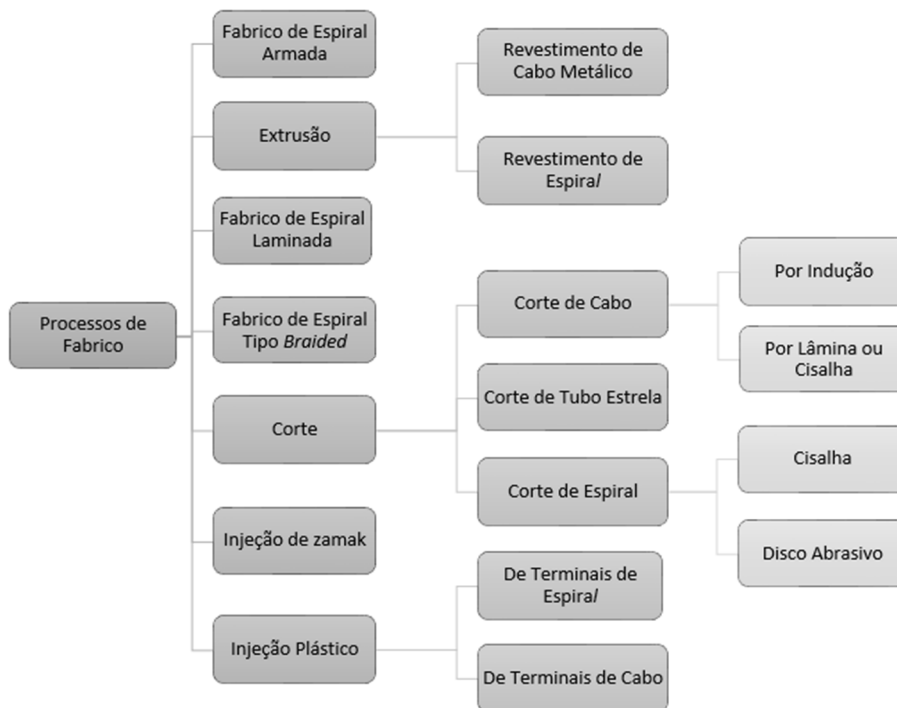


Figura 19 – Processos intrínsecos à produção de cabos de comando

Para perceber alguns desenvolvimentos do projeto, é importante consultar o Anexo 2, que apresenta os processos mais utilizados no momento de montagem dos cabos.

3.3 Apresentação da situação inicial

A Ficocables, Lda. é composta por 18 departamentos, que integram mão-de-obra direta e indireta, permitindo a gestão interna de todos os processos que envolvem a conceção do produto, desde a identificação dos requisitos, projeto e desenvolvimento, produção de amostras, até à entrada em produção e expedição.

Cada processo é composto por diferentes etapas que se encontram descritas no fluxo apresentado na Figura 20, o que permite acompanhar todo o desenvolvimento do sistema e identificar os documentos anexados a cada uma das etapas, presentes na Tabela 14.

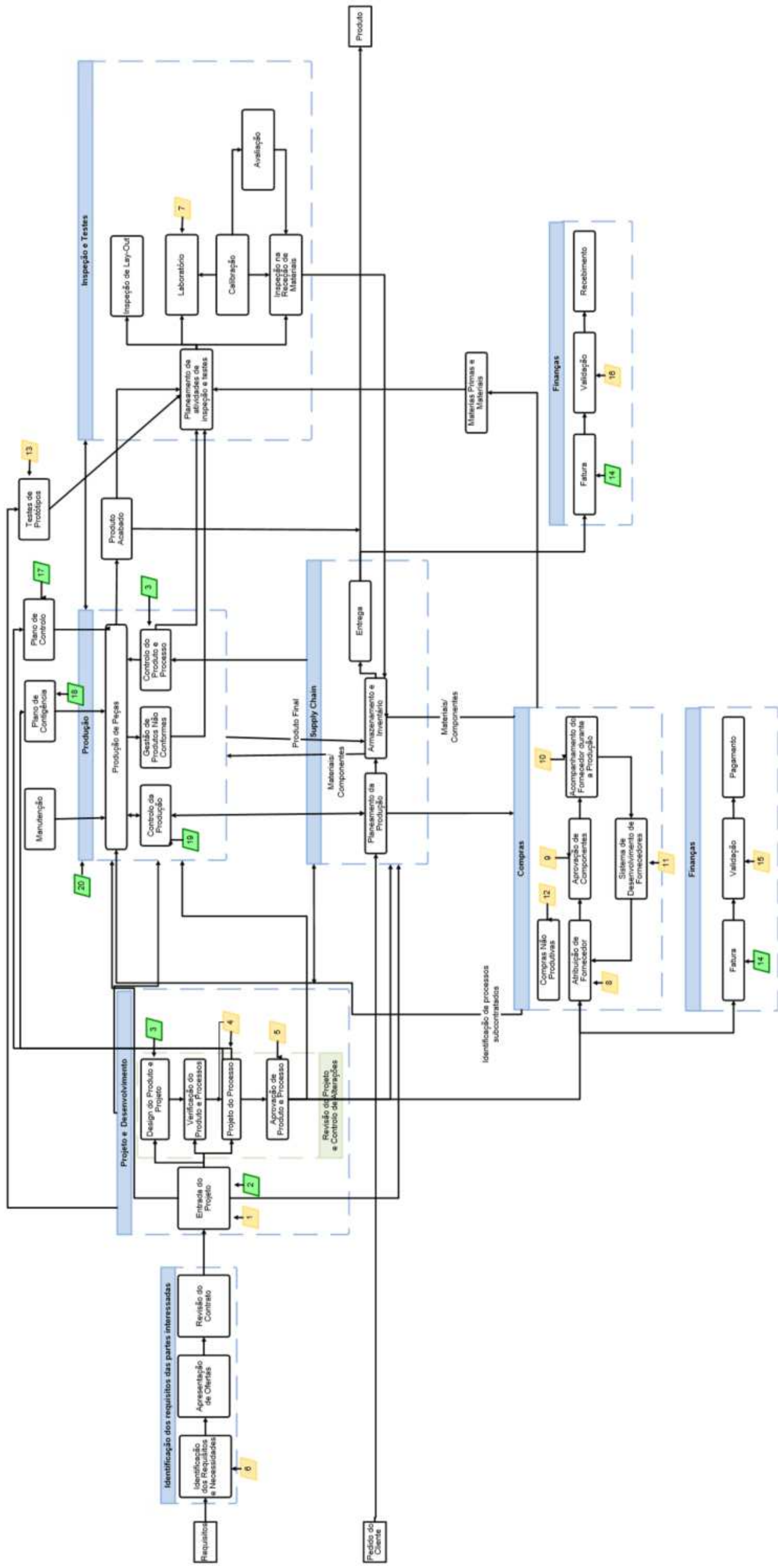


Figura 20 – Caracterização dos processos

Tabela 14 – Documentação utilizada em cada processo

Numeração	Documento(s)
1	<ul style="list-style-type: none"> BAC (<i>Budget At Completion</i>) do projeto Faturas de início de projeto <ul style="list-style-type: none"> FICOSA Development System
2	<ul style="list-style-type: none"> Atas de reuniões de projeto
3	<ul style="list-style-type: none"> Desenho de projeto
4	<ul style="list-style-type: none"> BOM – <i>Bill of Material</i> DFMEA – <i>Design Failure Mode and Effects Analysis</i> <ul style="list-style-type: none"> DCE – Definição de Características do Equipamento
5	<ul style="list-style-type: none"> PFMEA – <i>Process of Failure Mode and Effects Analysis</i> Fluxograma/Sinóptico <ul style="list-style-type: none"> Plano de Controlo <i>Layout</i> do processo Fichas de posto
6	<ul style="list-style-type: none"> FSS - <i>Ficosa Sales System</i>
7	<ul style="list-style-type: none"> Procedimento Interno Manuais de equipamentos
8	<ul style="list-style-type: none"> <i>Ficosa Process Audit</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>Company Self Assesment</i>
9	<ul style="list-style-type: none"> APQP - <i>Advance Product Quality Planning</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>Process Audit</i>
10	<ul style="list-style-type: none"> QCR - <i>Quality Control Requirements</i> CR - <i>Change Request</i> <ul style="list-style-type: none"> <i>Audits Process</i> <i>Deviation Request</i>
11	<ul style="list-style-type: none"> FPSS – <i>Ficosa Purchasing Supplier System</i>
12	<ul style="list-style-type: none"> FIPS – <i>Ficosa Inproductive Supplier System</i>
13	<ul style="list-style-type: none"> BDP de amostras
14	<ul style="list-style-type: none"> Fatura de pagamento
15	<ul style="list-style-type: none"> PTCABS
16	<ul style="list-style-type: none"> PO – <i>Purchase Order</i>
17	<ul style="list-style-type: none"> Ajudas visuais Instrução Interna Autocontrolo <ul style="list-style-type: none"> Registo Ok 1ª Peça Controlo de processo Validação de <i>Poka-Yoke</i>
18	<ul style="list-style-type: none"> Dossier técnico da qualidade Limite de defeitos aceites <ul style="list-style-type: none"> Registo de Alertas
19	<ul style="list-style-type: none"> Diário de Bordo Quadro de Produção Registo de manutenções 1º nível <ul style="list-style-type: none"> Diário de Bordo Folha de Sucata
20	<ul style="list-style-type: none"> Instrução de Posto de Trabalho Instrução de <i>setup</i> <ul style="list-style-type: none"> Instruções OHSE Registo de Alertas

Durante todo o processo, são elaboradas avaliações de desempenho interna e externamente, permitindo assim atingir a máxima qualidade do produto e serviço.

Assim, o controlo e a fiabilidade dos valores de produção, são uma premissa. Devido ao elevado número de equipamentos e linhas de produção existentes na organização, foi imperativa a implementação de um sistema de controlo central da organização.

Cada tipo de equipamento ou linha, existentes no chão-de-fábrica, exigem uma abordagem diferente. Assim, são apresentadas soluções para os seguintes grupos, e as quantidades existentes na organização (Tabela 15):

- Linhas de montagem;
- Injeção de plástico (produto final);
- Injeção de plástico (produto intermédio);
- Forno de tratamento térmico;
- Equipamentos de corte de cabo, plástico e tubo.

Tabela 15 – Tipologia de equipamentos

Tipologia	Número
Linhas de montagem	82
Injeção de plástico (produto final)	27
Injeção de plástico (produto intermédio)	25
Forno de tratamento térmico	3
Equipamentos de corte de arame, cabo, plástico e tubo	63

3.4 Caracterização do problema

A indústria automóvel caracteriza-se pela dependência dos ciclos de vida dos modelos produzidos e do mercado de destino dos veículos, ligadas aos vários ciclos dos produtos e mercados de exportação.

Com a crise presente na indústria automóvel e aumento da exigência da qualidade de produtos, as empresas, - como a Ficocables, - têm implicações na manutenção das margens de lucro, otimização da produção e fiabilidade na passagem de informação, consequentemente, necessitando de redução de processos não-lucrativos, eliminação de tarefas duplicadas, custos indiretos entre outros.

Este trabalho foi realizado na área do controlo da produção, elaborando distintas funções, desde a entrada da matéria-prima até à saída do produto acabado, sendo descritos na Tabela 16 os problemas encontrados nos processos envolvidos.

Tabela 16 – Problemas nos processos envolvidos

Processo de Controlo	Descrição do Processo	Problema(s)
Produção	Controlo por quadros de produção	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de informação; • Pouca fiabilidade na informação; • Perda de informação após 1 dia; • Produção registada pelos operadores; • Falta de coerência nos registos; • O controlo é feito por <i>team-leaders</i> com rondas constantes.
	Reporte de produto intermédio (injeção e corte)	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de critério na produção; • Dificuldade no seguimento da planificação; • Processo demorado.
	Reporte de arame com tratamento térmico	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de informação de consumos e produção por hora; • Dificuldade na organização das zonas de armazenamento; • Consumo energético não é avaliado; • Não existem ordens de planificação.
Manutenção	Controlo e monitorização dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Processo de criação de ações de manutenção preventiva rudimentar e não criterioso; • Controlo sobre ordens de trabalho abertas reduzido; • Sem registo de pequenas intervenções nos equipamentos; • Informação reduzida de ações e tempo de intervenções.
OHSE	Garante o cumprimento das medidas de segurança na intervenção aos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • O cumprimento fica ao critério do técnico de manutenção ou afinador; • Falta de conhecimento para as intervenções; • Falta de controlo de início seguro na intervenção.
Logística	Planificação de ordens de produção – processo realizado por PDP	<ul style="list-style-type: none"> • Planificação chega à produção via Sequenciador Eletrónico (SE) ou folha de planificação em <i>MS Office Excel®</i>; • Processo de consulta de cumprimento de planificação complexo.
	Entrega de matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer chegar matéria-prima organizadamente e atempadamente à linha.
	Recolha de produto acabado	<ul style="list-style-type: none"> • Adequação dos meios de transporte à realidade da empresa.
	Movimentação do material dentro da organização	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conhecimento de localização exata do material; • Atualização tardia de alteração de localização.

Processo de Controlo	Descrição do Processo	Problema(s)
Qualidade	Processo de sucatar feito por BOM ou APP Sucata	<ul style="list-style-type: none">• Análise detalhada, mas sem interligação com produção;• Falta de conhecimento, durante o turno, da sucata produzida.

O tratamento de informação e controlo de processos torna-se um ponto importante quando a gestão do negócio depende da fiabilidade de resultados e rastreabilidade da informação de forma *online*. É importante para organizações do tamanho e complexidade da Ficocables, manter a vigilância sobre os KPI's, permitindo ações imediatas, de forma a reduzir o impacto negativo.

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

5.1 Principais contributos deste trabalho

5.2 Aprendizagem pessoal

5.3 Trabalhos futuros

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1 Controlo da produção

4.1.1 Linhas de montagem

4.1.1.1 Fluxo do processo

Nas linhas de montagem, o fluxo é contínuo (Figura 21), podendo a sua organização ser variada. Numa mesma linha de produção, os produtos podem ser diversos, com terminado em postos diferentes.

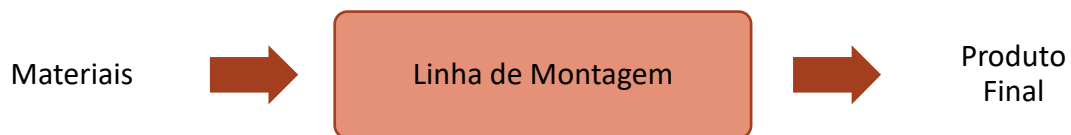


Figura 21 – Fluxo de linhas de montagem

O processo de produção na organização é variável para cada UAP, sendo que o seu controlo é similar em todas elas. O controlo da produção, nas linhas de montagem, é realizado através de sensores presentes em cada posto, e pelas consolas existentes. A informação retirada da consola é apenas da produção registada em cada hora do turno corrente, como exemplifica a Figura 22.



Figura 22 – Contadores horários na consola da linha de montagem

Essa informação é registada no quadro de controlo de produção, feita por turno, tal como demonstra a Figura 23.

QUADRO DE LINHA

LINHA/MOD: B562

Responsabilidades: #Operador ▲Chefe de equipa

Hr.	Ref.	OK PPMF	Devolto	Ação contensão	#P	Obj.	Real	Rej	Cód R	TP	Cód P	P0 Problema	P1 Pare e Analise	P2 Utilização adequada	P3 Condutor Eficiente
06-07	2112265414				4	482	281								
07-08					4	526	520								
08-09					4	526	526								
09-10					4	482	482								
10-11					4	482	482								
11-12					4	516	520								
12-13					4	516	520								
13-14					4	482	482								
Resp: Mariana					TOTAL:		3827	3416				OEE: 71%	PPM: 316/4		
14-15	2112265414				4	482	340								
15-16					4	516									
16-17															
17-18															
18-19															
19-20															
20-21															
21-22															
Resp: Ana					TOTAL:							OEE:	PPM:		
22-23	2112265414				4	430	194								
23-24					4	512	512								
24-01					4	512	466								
01-02	2112265414														
02-03					4	430	288								
03-04					4	504	460								
04-05					4	504	466								
05-06					4	434	306								
Resp:					TOTAL:		3366	2492				OEE:	PPM:		

Cód.R = PA= Produto Acabado; FB= Fornecedor; FA= peças de Fabricação; PF= Processo de Fabrico; AV= Afina à vista; IN= Inspeção
 Cód.P = AV= Avaria; AP= Afinação; BT= SeTij; FM= Falsa Material fabrico; AP= Avaria de Ajustamento; DU= Outil
 OK PPMF - Se tudo conforme: colar a bola verde; Se NOK - Chamar Chefe de equipa para desviar - só pode arrancar com devolto assinado para CE
 Oe 3h/ PT - Se tudo conforme: colar a bola verde; Se NOK - Chamar Chefe de equipa para desviar - só pode arrancar com devolto assinado para CE

Figura 23 – Quadro de controlo de produção

Procede-se de seguida à legenda da numeração do quadro de produção, Figura 24, na Tabela 17 de forma a perceber as informações registadas, por hora, no quadro de produção:

Hr.	Ref.	OK PPMF	Devolto	Ação contensão	#P	Obj.	Real	Rej	Cód R	TP	Cód P	P0 Problema	P1 Pare e Analise	P2 Utilização adequada	P3 Condutor Eficiente
06-07	2112265414				2	406	321								
07-08					2	488	466								

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Figura 24 – Cabeçalho do quadro de produção

Tabela 17 – Legenda da numeração do quadro de controlo da produção

Número	Informação	Objetivo
1	Referência	Inserida a referência completa no momento em que está a ser produzida.
2	OK 1ª Peça	Registado através de uma bola verde, indicando a hora a que foi feito o OK 1ª Peça, que é realizado na mudança de referência ou de 8 em 8 horas, no caso de não ter sido mudada.
3	Desvio	No momento de abertura de um desvio aceite no processo, deve ser indicado o número do mesmo.
4	Ação de contenção	No caso de estar a trabalhar com um desvio, assinalar com um 'X' no caso de estar a ser utilizadas ações de contenção.
5	Número de pessoas	Número de pessoas na linha, calculado pelo tempo que naquela hora estiveram na linha.
6	Objetivo	O objetivo é calculado pelo produto entre o PPH (peças boas produzidas por hora por pessoa) e o valor de pessoas por linha.
7	Produção Real	Indica a produção total de peças boas produzidas.
8	Paragem por limite de defeitos	No caso de ser atingido o limite de defeitos num posto.
9	Código Rejeitado	Motivo/Defeito do produto rejeitado.
10	Tempo de Paragem	Minutos de paragem da linha.
11	Código da Paragem	Motivo da paragem da linha.
12	P0 – Problema	Deve ser indicado o que aconteceu para a paragem ter ocorrido.
	P1 – Parei e analisei	Indicada a causa do problema, com utilização dos 5 Porquês.
	P2 – Usei lições aprendidas	Verificado se o problema constava no manual das LA (Lições Aprendidas), no caso de não estar, registá-lo.
	P3 – Confirmei eficácia	Assinar o processo dos 4P's e verificar se não ocorre novamente o problema.

A informação é analisada pelas responsáveis CAP (Célula Autónoma de Produção) de duas em duas horas, e registada numa folha de seguimento que é apresentada à responsável GAP (Grupo Autónomo de Produção) e ao UAP *Manager*, que fazem ainda uma ronda por todas as linhas da UAP.

No final do turno, as presenças na linha de montagem, paragens existentes e produção é registado num diário de bordo pela responsável da linha e posteriormente a CAP faz a transferência de informação para o CP (Controlo de Produção), ERP do Grupo Ficosa.

4.1.1.2 Problema do processo atual

Como a quantidade de informação colocada nos quadros de controlo de produção é elevada e manual, e a sua passagem para diários de bordo e CP, provoca vários problemas, que se encontram apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Problemas apresentados no controlo da produção nas linhas de montagem

Problema	Descrição do Problema
Registos variados	Como o registo é manual, e apesar de estar normalizado existem campos que possibilitam esta variação.
Produções alteradas	O registo manual permite adequar a produção segundo o objetivo estipulado entre horas menos e mais produtivas.
Elevados recursos utilizados	Com as rotinas de verificação de produções e possíveis problemas nas linhas, são perdidos recursos de nível fabril que deveriam estar alocados a funções mais operacionais. A informação é registada numa folha de seguimento, num diário de bordo e posteriormente ainda no CP.
Resposta tardia	O facto de a gestão da linha depender de rondas pode atrasar a resposta a eventuais problemas.
Perceção do estado da produção no final do turno	Toda a informação é registada no final do turno no CP, nesse momento é possível de ser consultado por toda a organização, em especial pelo departamento de Logística.

4.1.1.3 Apresentação da solução para controlo da produção

Com vista ao controlo da produção em tempo real, visão holística e aumento da fiabilidade dos dados, foi investigada a implementação de tecnologias de Indústria 4.0.

Devido a exigências corporativas, o *software* selecionado foi o MAPEX [133], uma das empresas mais conceituadas em Espanha, pela sua experiência de mais de 20 anos. O sistema MES (*Manufacturing Execution Systems*) permite assim a parametrização, planeamento, execução e controlo da produção.

O *software* MAPEX tem diferentes módulos, comprados por licenças e de forma independente, estando enumerados de seguida:

- MAPEX PM – Controlo da Produção;
- MAPEX QM – Controlo de Qualidade e Rastreabilidade;
- MAPEX TRENDEX – SCADA;
- MAPEX SCHEDULER – Planeamento da Produção;
- MAPEX MM – Gestão de Manutenção;
- PAINÉIS MAPEX – *Dashboards*;
- MAPEX RMM – Gestão de Laminadores.

O módulo necessário para implementar a solução é o MAPEX PM, que permite a gestão de:

- Produtividade de máquinas, linhas ou postos manuais;
- Tempo de preparação, produção, paragens, avarias e manutenção;
- Operadores e equipas de trabalho;
- Ordens de serviço, operações, fases e componentes;
- Desperdício, rejeição ou sucata;
- Análise dos KPI's mais comuns: OEE, disponibilidade, eficácia, eficiência, qualidade, etc.;

- Gestão de documentação: procedimentos, instruções, planos, etc.

4.1.1.4 Análise SWOT da solução

A análise SWOT (ou FOFA), presente na Figura 25, permite o planeamento estratégico para a organização e a sua tomada de decisão para a implementação do *software* Mapex.

	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Fatores internos	<p>Aumento do controlo da produção; Plataforma tecnológica; Fiabilidade dos resultados; Redução de recursos; Implementação de conceitos de I4.0.</p>	<p>Investimento elevado; Escolaridade baixa no chão-de-fábrica; Paragens na produção durante a fase de testes; Adaptação ao novo método.</p>
Fatores externos	<p>Plataforma tecnológica; Ligação de diferentes tipos de informação; Alterações constantes na empresa.</p>	<p>Outras plataformas no mercado; Investimento constante; Desenvolvimento da aplicação pendente da empresa Mapex; Dependência de fornecedor externo.</p>

Figura 25 – Análise SWOT da solução

4.1.1.5 O Mapex

O Mapex foi apresentado à organização no ano de 2018, tendo sido desde então alvo de bastantes modificações com o objetivo de tornar a aplicação mais *user friendly*, e de forma a atender às necessidades das organizações.

O *software* possuiu diferentes modos de visualização, segundo o nível atribuído a cada utilizador:

- Para o nível de linha em chão-de-fábrica são apresentados dois ecrãs, do operador e da televisão;
- Para níveis de gestão operacional das linhas, além destas são apresentados ecrãs SCADA e de detalhe, podendo ser apresentados de forma gráfica ou de relatório sendo em ambos os casos relatórios dinâmicos;
- Para níveis de configuração, são apresentados ainda menus de configuração de:

- UAP's;
- Centros de trabalho;
- Operadores;
- Horário de turnos e paragens de refeição;
- Maestros de importação de dados de BPCS (ERP da empresa);
- Documentação;
- Entre outros.

Para perceber cada uma das telas enumeradas anteriormente, são expostas as suas funcionalidade e informações.

4.1.1.5.1 Ecrã do operador

A tela do operador permite fazer toda a gestão da linha em termos de registo de pessoas, justificações de paragens, análise de registos dos turnos anteriores, OEE corrente, desvios de produção, entre outros, tudo em tempo real.

Para entender a atividade nesta tela, apresentada na Figura 26, é imperativa a apresentação de cada parte que compõe a vista do operador.



Figura 26 – Tela de operador no software MAPEX

A. Barra Superior

Contém o código do produto fabricado na linha (LM-13) e a sua descrição, seguida da atividade da linha. A cor da barra muda de acordo com a atividade, segundo o código apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Código de atividade de linha

Atividade	
Fechado	Sem registo de entrada de operadores na linha
Produção	Linha em produção sem incidência ou pedido de ajuda lançado
Pedido de Ajuda	A “aguardar ajuda” ou “ajuda em andamento”, ambas relacionadas com o recurso “Chamada de Ajuda”.
Paragem	Ocorre uma paragem de linha que desencadeará um pedido de justificação
Setup	Sem referência definida, ou seja, a realizar uma mudança de referência
Paragem de Refeição	Horário definidos para paragem de refeição

B. Ordens de produção

Mostra a ordem planificada em produção e os restantes pedidos programados. A informação é retirada do *software* SE. Os campos apresentados neste ponto são descritos na Tabela 20.

Tabela 20 – Descrição de campos apresentados nas ordens de produção

Nome	Descrição
Campo em branco	O campo está conectado com o SE, e o significado dos códigos apresentados é: ordem de serviço atualmente em execução (W), ordem de serviço na fila (C) e pedidos pendentes (P)
Produto	Referência completa do produto
Uds OK	Peças planeadas / peças produzidas
Caixa	Peças na caixa / peças por caixa
Teste	Peças produzidas durante a atividade de teste OK /NOK
Ajuda	Peças produzidas durante a atividade de Pedido de Ajuda OK /NOK
Mestra	Peças produzidas durante a atividade de Mestra OK /NOK
Pendentes	Peças NOK pendentes passadas por EOLT (<i>End Of Line Teste</i>) que estão pendentes para justificar
Retrabalho	Número de peças que foram retrabalhadas
Retestada	Número de peças que foram retestadas

C. Botões de ações em peças produzidas

Estas opções dizem respeito às peças que são produzidas. Seguidamente, são apresentadas as ações que desencadeiam cada um dos botões (Tabela 21).

Tabela 21 – Descrição de botões de ações de peças produzidas

Nome	Descrição
Ajudar OK	Permite alterar os contadores, introduzindo um valor positivo ou negativo, referente à hora atual. No caso de SE ligado, esta opção é desativada.
Adicionar NOK	Permite adicionar peças NOK à produção atual. No caso de SE ligado, esta opção é desativada.
Reteste	Quando a peça é passada e aprovada em EOLT.
Sucata EOLT	Quando a peça não passa pelos testes de EOLT e tem de ser sucata.
NG Estações	Quando se irá retrabalhar uma peça ou componente
Componentes	Sucatar componentes com defeitos.

D. Tabela de Presenças

Neste ponto são exibidos os operadores que se registaram na linha de montagem, apresentando o número de colaborador, nome, hora do registo e ainda a atividade, como apresentado na Tabela 19.

O registo dos operadores é feito por passagem do cartão de colaborador no leitor RFID disponível.

E. Tabela Horária

É possível ser consultada a tabela horária que apresenta os campos:

- Hora: segundo o turno corrente, apresenta as 8 horas de trabalho;
- Objetivo Hora: o número apresentado é calculado através do tempo padrão, pausas oficiais (como por exemplo, paragem de refeição), quantidade de operadores e duração do turno. A meta muda dinamicamente, se algum desses parâmetros mudar durante a hora;
- Real Hora: apresenta o número de peças produzidas por hora, apresentando uma coloração dependendo de ter atingido ou não o objetivo definido, como mostra o esquema da Figura 27;

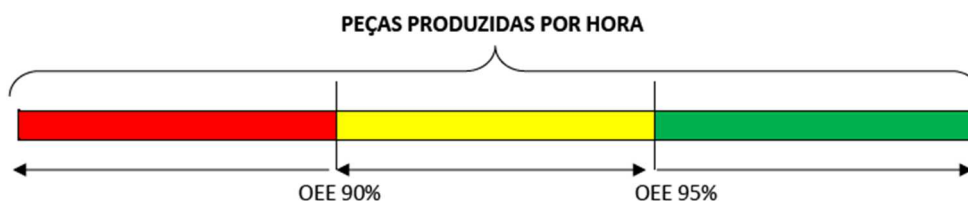


Figura 27 – Cor de fundo do painel

- EOLT: Peças NOK detetadas no último posto da linha de montagem.

No final da tabela, é possível ainda ver o somatório dos dados apresentados de forma a analisar o turno.

F. Indicadores OEE

É indicado o OEE atual da linha, calculado pelo produto entre os três parâmetros da linha: disponibilidade, desempenho e qualidade. O OEE atual, por turno, é mostrado por uma figura em forma de “arco”, onde a sua cor muda de acordo com as seguintes condições:

- Branco: o objetivo não está definido;
- Vermelho: OEE atual está abaixo dos 90%;
- Amarelo: OEE atual está entre 90% e 95%;
- Verde: OEE atual está acima dos 95%.

Na caixa HOUR é apresentada a diferença de peças produzidas na hora atual contra o esperado, no SHIFT é mostrada a diferença de peças com o acumulado do turno. Esta informação é atualizada a cada 4 segundos.

G. Consulta

Este botão permite fazer consulta de informação que durante o turno não será possivelmente consultada com tanta frequência, como outros menus. As opções de consulta são ilustradas na Figura 28.



Figura 28 – Consulta de detalhe

A informação consultada em cada um dos menus apresentados na figura anterior, são enumeradas na Tabela 22.

Tabela 22 – Informações adicionais de consulta

Nome	Informação
Falta de Rendimiento	Justificações de paragem para cada hora do turno corrente.
Definição Horária	Apresentas as paragens definidas (ou oficiais) da linha.
Histórico de Tabela Horária	Tabela dos 2 turnos anteriores ao corrente, com informação de produções e paragens ocorridas.
Histórico Operadores	Apresenta os operários que estiveram registados na linha, no corrente dia de produção.
Histórico Defeitos	Informa a quantidade de sucata produzida por código de produto.
Gráfico de Produção	Gráfico de pontos com apresentação de valor teórico e real de produção.
Evolução de Paragens	Apresentação de todas as paragens existentes na linha de montagem, de forma mais detalhada.

Nome	Informação
Evolução de Produção	Apresentação de toda a produção na linha de montagem, de forma mais detalhada.
SCADA	Apresentação da vista geral de estado de todas as linhas configuradas no Mapex.

H. Paragem não justificadas

O Mapex deteta automaticamente os tempos de paragem quando excedem o previamente estipulado pela organização e apresenta nesta zona, permitindo ao operador detetar que existem paragens sem justificação. Os motivos de paragem definidos pela organização são apresentados em menu e submenus, como apresentam as Figura 29 e Figura 30, respetivamente.



Figura 29 – Menu de motivos de paragem

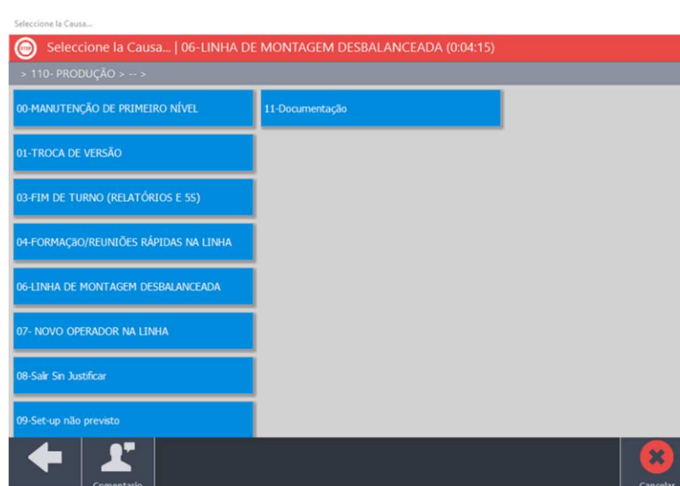


Figura 30 – Menu de causas de paragem de produção

I. Outros Botões

Na zona mais inferior da tela, são encontrados botões com diferentes tipos de ações. A sua descrição encontra-se na Tabela 23, com apresentação dos botões da esquerda para a direita.

Tabela 23 – Descrição dos restantes botões

Nome	Descrição																																																						
Planificação	É possível ver com maior detalhe a ordem de trabalho em execução e o restante plano de produção.																																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Orden</th> <th>Chain Order</th> <th>WO</th> <th>Artículo Ficosa</th> <th>Desc Ficosa</th> <th>PH</th> <th>Operation Status</th> <th>Planning Units</th> <th>Uds OK</th> <th>Estimated Date</th> <th>Real Start</th> <th>Unidades Caja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>460134</td> <td>121913090C01E06</td> <td>EMB-CABO ASSENTO IBK2</td> <td>13,00</td> <td>EN CURSO</td> <td>W</td> <td>675</td> <td>0</td> <td>16/09/2020 17:50:11</td> <td>17/09/2020 21:27:17</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>155</td> <td>0</td> <td>460135</td> <td>121913047C01D05</td> <td>EMB-CABO ASSENTO IBK2 ELEC LH</td> <td>24,00</td> <td>PLANIFICADA</td> <td>C</td> <td>1 200</td> <td>0</td> <td>16/09/2020 17:53:46</td> <td></td> <td>120</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>156</td> <td>0</td> <td>460136</td> <td>121913048C01D05</td> <td>EMB-CABO ASSENTO IBK2 ELEC RH</td> <td>24,00</td> <td>PLANIFICADA</td> <td>C</td> <td>600</td> <td>0</td> <td>16/09/2020 17:53:46</td> <td></td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>	Orden	Chain Order	WO	Artículo Ficosa	Desc Ficosa	PH	Operation Status	Planning Units	Uds OK	Estimated Date	Real Start	Unidades Caja	<input type="checkbox"/>	0	0	460134	121913090C01E06	EMB-CABO ASSENTO IBK2	13,00	EN CURSO	W	675	0	16/09/2020 17:50:11	17/09/2020 21:27:17	45	<input type="checkbox"/>	155	0	460135	121913047C01D05	EMB-CABO ASSENTO IBK2 ELEC LH	24,00	PLANIFICADA	C	1 200	0	16/09/2020 17:53:46		120	<input type="checkbox"/>	156	0	460136	121913048C01D05	EMB-CABO ASSENTO IBK2 ELEC RH	24,00	PLANIFICADA	C	600	0	16/09/2020 17:53:46		120
Orden	Chain Order	WO	Artículo Ficosa	Desc Ficosa	PH	Operation Status	Planning Units	Uds OK	Estimated Date	Real Start	Unidades Caja																																												
<input type="checkbox"/>	0	0	460134	121913090C01E06	EMB-CABO ASSENTO IBK2	13,00	EN CURSO	W	675	0	16/09/2020 17:50:11	17/09/2020 21:27:17	45																																										
<input type="checkbox"/>	155	0	460135	121913047C01D05	EMB-CABO ASSENTO IBK2 ELEC LH	24,00	PLANIFICADA	C	1 200	0	16/09/2020 17:53:46		120																																										
<input type="checkbox"/>	156	0	460136	121913048C01D05	EMB-CABO ASSENTO IBK2 ELEC RH	24,00	PLANIFICADA	C	600	0	16/09/2020 17:53:46		120																																										
Produção	Para mudar a atividade atual para atividade de produção.																																																						
Testes	Para quando a linha de montagem está a produzir algo que não faça parte da programação normal, ou não tenha ordem de produção.																																																						
Masters	Quando a linha está a fazer as peças iniciais de turno ou <i>setup</i> .																																																						
Criar Paragem	É possível a criação de uma paragem, quando o tempo estipulado como mínimo para a criação da mesma não foi atingido.																																																						
Justificação de Paragem	Justificar as paragens que ainda não se encontram justificadas, presentes no ponto 8.																																																						
Aceitar Ajudar	Permite aceitar o pedido de ajuda.																																																						
Cancelar Ajuda	Permite cancelar o pedido de ajuda.																																																						
Chamar Ajuda	Permite chamar ajuda para diferentes departamentos, sendo enviado um email às pessoas encarregadas de facultar essa ajuda.																																																						
Documentos	São apresentados todos os documentos inseridos na plataforma de consulta da linha de montagem.																																																						
Improdutivo	Inserir pessoas como improdutivas, podendo estar em ações como inspeção a 100%, ida ao médico/enfermeiro, ida aos Recursos Humanos, entre outros. Conta para registo de presença, mas que não influencia o objetivo da produção.																																																						
Manutenção	Permite consultar as Ordens de Trabalho abertas para os afinadores e técnicos de manutenção.																																																						

4.1.1.5.2 Tela da televisão

A informação presente na televisão é um resumo da informação que consta na tela do operador, como demonstra a Figura 31. Os dados presentes foram devidamente descritos anteriormente.

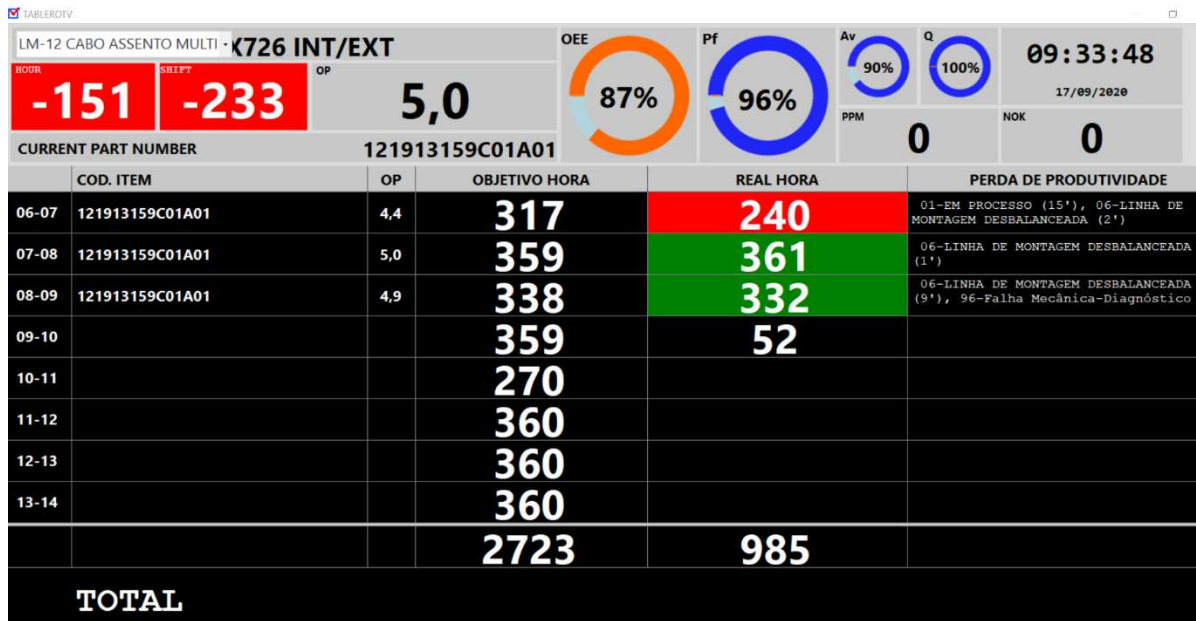


Figura 31 – Exemplo de tela apresentada na televisão

4.1.1.5.3 Tela SCADA

A tela SCADA (Figura 32) é muito importante para uma gestão operacional das linhas, porque permite ter uma visão geral de todas as linhas com informação acerca de:

- Operadores registados na linha;
- OEE;
- Disponibilidade (Av);
- Qualidade (Q);
- Desempenho (Pf);
- Desvio de unidades produzidas relativamente ao objetivo, no momento;
- Atividade da linha (pela cor que apresenta cada caixa, segundo código apresentado na Tabela 19).

SUPERVISIÓN PLANTA		DEPARTAMENTO	ORDEN SCADA (ASC)
Current Shift	ESTADO	NOMBRE (ASC)	LOSS/PROFIT
OEE	AV	Q	PF
Haga click aquí para agregar un nuevo filtro.			
LM-13 MOBI	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-12 CABO ASSENTO MULTIFERRE	Work: 3,00 OEE: 57,87 % AV: 100,00 % Q: 100,00 % PF: 57,87 % +/- Units: -805
LM-13 GL3 LINHA 1	Work: 4,00 OEE: 90,10 % AV: 88,90 % Q: 100,00 % PF: 101,36 % +/- Units: -292	LM-13 TRAVÃO M3/M4 PSA	Work: 0,00 OEE: 64,68 % AV: 96,27 % Q: 100,00 % PF: 67,18 % +/- Units: -318
LM-13 GL3 LINHA 2	Work: 4,00 OEE: 73,16 % AV: 94,72 % Q: 100,00 % PF: 77,24 % +/- Units: -591	LM-13 BROSE W 205	Work: 0,00 OEE: 94,17 % AV: 100,00 % Q: 100,00 % PF: 94,17 % +/- Units: -85
LM-13 P JEEP EXT	Work: 2,00 OEE: 84,49 % AV: 100,00 % Q: 100,00 % PF: 84,49 % +/- Units: -270	LM-13 CS19 INT	Work: 3,20 OEE: 97,80 % AV: 94,64 % Q: 100,00 % PF: 103,12 % +/- Units: -29
LM-12 CABO ASSENTO MULTIFER L2	Work: 5,00 OEE: 72,19 % AV: 87,40 % Q: 100,00 % PF: 82,60 % +/- Units: -168	LM-13 KIEKERT B479 IN INT/EXT	Work: 5,00 OEE: 92,00 % AV: 96,53 % Q: 100,00 % PF: 95,31 % +/- Units: -135
LM-80 CAPOTS PEQUENOS VW/SEAT	Work: 3,00 OEE: 85,61 % AV: 95,00 % Q: 100,00 % PF: 80,12 % +/- Units: -253	LM-13 KIEKERT B479 EXT	Work: 3,00 OEE: 89,38 % AV: 94,47 % Q: 100,00 % PF: 94,61 % +/- Units: -133
LM-13 P JEEP INT	Work: 3,00 OEE: 94,18 % AV: 100,00 % Q: 100,00 % PF: 94,18 % +/- Units: -138	LM-13 KIEKERT BX726	Work: 5,00 OEE: 96,73 % AV: 90,50 % Q: 100,00 % PF: 106,89 % +/- Units: -147
LM-13 JEEP INT	Work: 3,00 OEE: 94,18 % AV: 100,00 % Q: 100,00 % PF: 94,18 % +/- Units: -138	LM-13 Q30 PASCAL	Work: 2,00 OEE: 90,07 % AV: 86,61 % Q: 100,00 % PF: 104,00 % +/- Units: -170
LM-16 E JAN BANJ 1	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 ROSE W 205	Work: 0,00 OEE: 94,17 % AV: 100,00 % Q: 100,00 % PF: 94,17 % +/- Units: -85
LM-16 E JAN BANJ 2	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 TRAVÃO M3/M4 PSA 2 LINHA	Work: 0,00 OEE: 67,18 % AV: 80,16 % Q: 100,00 % PF: 74,52 % +/- Units: -257
LM-16 E JAN BANJ 3	Work: 1,00 OEE: 81,85 % AV: 90,95 % Q: 100,00 % PF: 89,99 % +/- Units: -439	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-16 E JAN KL	Work: 2,00 OEE: 79,78 % AV: 82,09 % Q: 100,00 % PF: 97,19 % +/- Units: -358	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-16 E JAN B 78	Work: 2,00 OEE: 64,26 % AV: 77,47 % Q: 100,00 % PF: 82,95 % +/- Units: -630	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-28 IBK SUSPENS MAT L2	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-28 IBK SUSPENS MAT L3	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-28 IBK SUSPENS MAT L4	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-28 IBK SUSPENS MAT	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-28 SUSPENSION MAT BMW	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-28 SUSPENSION MAT BJA UAPA	Work: 1,00 OEE: 15,52 % AV: 84,24 % Q: 100,00 % PF: 18,42 % +/- Units: -1.586	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-28 TACHI 1	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756
LM-28 TACHI 2	Work: 0,00 OEE: 0,00 % AV: 0,00 % Q: 0,00 % PF: 0,00 % +/- Units: 0	LM-13 VOLVO N43	Work: 5,00 OEE: 68,95 % AV: 77,90 % Q: 100,00 % PF: 88,51 % +/- Units: -756

Figura 32 – SCADA

4.1.1.5.4 Relatórios

O *software* apresentado permite retirar relatórios em forma de tabelas, gráficos (circulares, barras e de pontos) e ainda relatórios dinâmicos. Nas Tabela 24, Tabela 25 e Tabela 26, são apresentados alguns dos relatórios que podem ser produzidos no Mapex.

Tabela 24 – Relatórios de histórico de informação

Tipo	Objetivo	Dados
Histórico de produtos	Histórico de produção de ordens planificadas	Departamento; Referência; Descrição; Turno; Data e hora de início e fim; PPH; PH; Quantidade OK e NOK; Número de Trabalhadores, entre outros.
Histórico de pedidos de ajuda	Enumeração de todos os pedidos de ajuda nas linhas	Centro de trabalho; Tipo de Pedido de Ajuda; Estado do Pedido; Hora do Pedido; Validação; Tipo de paragem; Duração, entre outros.
Histórico de horas do trabalhador	Analisar presenças nas linhas de montagem por dia/turno	Quantidade de pessoas na linha de montagem; Tempo das pessoas na linha; Peças OK e NOK.
Relatório de indicadores	Histórico por linhas e data dos indicadores	Dados por período ou dia de OEE, Av, Q e Pf.
Histórico de tempo de inatividade	Consulta de todas as paragens que ocorreram na linha	É possível consultar todas as paragens com os seguintes dados: tempo início e fim; número de trabalhadores; totais horas; referência; justificação, entre outros. A consulta pode ser feita segundo as paragens, turnos, família, justificação de paragens ou incidências.

Tabela 25 – Gráficos

Tipo	Objetivo
Atividade de Máquinas	Análise gráfica da atividade das linhas por dia ou período. Permite perceber o desenvolvimento da atividade das linhas durante o período: produção; paragens; trocas de versão, etc.
Produtividade	Análise por período dos tempos de produtividade e paragem.
Gráfico de produção	Comparação entre produção teórico e real. Apresenta graficamente o valor teórica e real produzido num dia, numa linha e turno.

Tabela 26 – Relatórios dinâmicos

Tipo	Objetivo	Dados
Tempo de Inatividade Pareto	Apresentação de relatório com gráficos de paragens por departamento ou UAP's	Num determinado período, é possível analisar o TOP10 de paragens e TOP10 de tempo de paragens na linha. Ainda é possível analisar como tem evoluído o tempo de inatividade.
Comparação de turnos de inatividade	Comparar entre turnos os tempos de inatividade	Dados analisados por dia, mês, semana ou ano, por justificação de paragem segundo departamento, linha ou grupo.
OEE por área	Histórico por linhas e data dos indicadores	Dados por período ou dia de OEE, Av, Q e Pf, por linha, departamento ou grupo.
OEE por período	Histórico por período	Dados gerais de OEE, Av, Q e Pf por período ou dia.
Painel de produção por Centro de Trabalho	Relatório por linha de toda a informação de produção	Apresentação de relatório por centro de trabalho com a seguinte informação: dia, turno, produção OK, NOK, horas trabalhadas, tempo de inatividade, indicadores (Av, Q, Pf e OEE). É impresso outro relatório com TOP4 de paragens, OEE e tempos por atividade.
Painel de produção por departamentos	Relatório geral por grupo com toda a informação de produção por linha	Apresentação de relatório por UAP com a seguinte informação: produção OK, NOK, horas trabalhadas, tempo de inatividade, indicadores (Av, Q, Pf e OEE). É impresso outro relatório com TOP de paragens, OEE e tempos por atividade.
Tabela Horária	Contraste entre produção teórica e real, por linha e por turno	Apresenta por turno e hora, em cada linha, a produção teórica <i>versus</i> a real. É apresentado com a cor indicativa do OEE.
Horário do trabalhador	Relatório do número de horas trabalhadas por grupo, departamento ou máquina/as	Apresentação, em forma de gráfico, de horas trabalhadas numa/s linha/s ou departamento por cada colaborador, absentismo, e ainda a apresentação de horas totais trabalhadas na linha, bem como o turno.
Relatório de paragens da ABC	Relatório de tipo de paragens por linha e turno	Análise de paragens com informação de tipo de paragem, duração de máquina, duração de mão de obra, e média dos valores apresentados anteriormente.

4.1.1.6 Análise do cenário

Na organização, para implementar o MAPEX, é obrigatória a conexão com uma outra aplicação, o Sequenciador Eletrónico (SE). O SE é um *software* desenvolvido internamente por uma equipa corporativa, que permite o envio das ordens planificadas pela logística e o reporte em automático de cada caixa finalizada. O aspeto do *software* encontra-se na Figura 33.

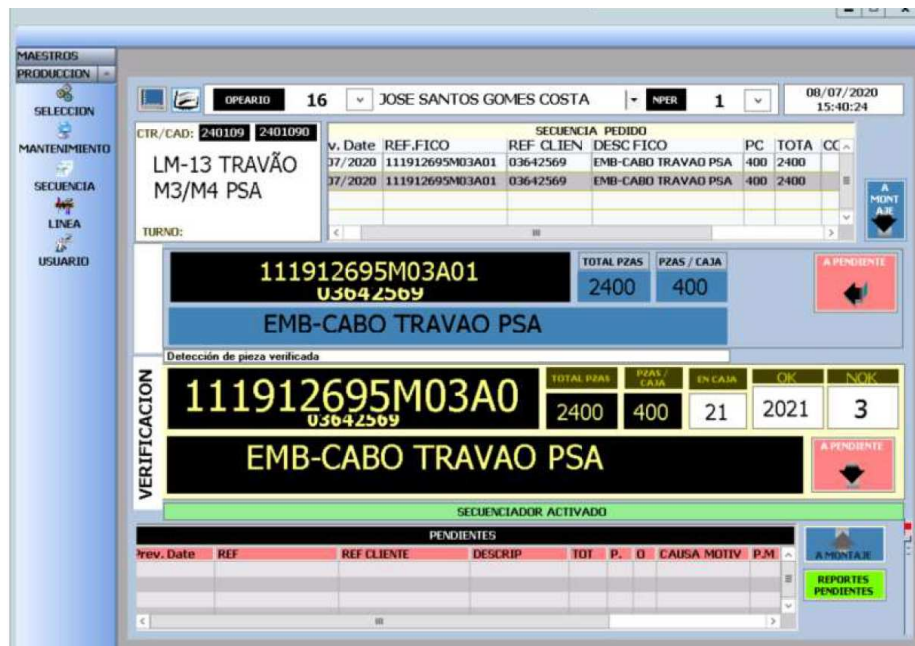


Figura 33 – Sequenciador Eletrónico (SE)

Os ganhos da aplicação a nível logístico são: fiabilidade de *stock*, rapidez na análise de variações, fluidez na comunicação à planificação e eliminação do tempo utilizado para analisar e corrigir erros de reporte. Quanto às vantagens retiradas pela produção, são: redução de tempo a efetuar reportes, corrigir erros de reporte e análise constante de pedidos e ordens de produção.

O SE está em contacto constante com o autómato da linha de montagem, e a partir da informação recolhida pelos sensores, são identificadas as seguintes variáveis: utilizador, centro de trabalho, linha de montagem, turno corrente, referência, descrição da referência, total peças pedidas, quantidade por caixa, peças produzidas em caixa, total peças produzidas, entre outras.

Com esta informação é importante identificar o número de linhas de montagem existentes em cada uma das UAP's, e quais destas possuem implementado o SE. Assim, a Tabela 27 apresenta o cenário atual.

Tabela 27 – Número de linhas por UAP onde está implementado o SE no início do projeto

UAP	Número de linhas	Com SE
2	22	4
3	30	16
4	16	0
Total	68	20

Na tabela apresentada anteriormente, não consta a UAP 1, por não existirem linhas de montagem nessa área, e a UAP 5 por possuir linhas de montagem em fim de vida, o que, para a organização, não compensa financeiramente a sua implementação. No caso da UAP 4, ainda não existia no início do projeto, tendo sido construída mais tarde, meados de 2019.

4.1.1.7 Estruturação da implementação

Atendendo à necessidade de arrancar com o novo projeto, MAPEX, reuniram-se os departamentos de Logística, Produção, Informática e Processos, para definir uma estratégia de implementação e ainda uma equipa corporativa que tem como objetivo auxiliar a implementação da primeira linha na fábrica da Maia.

A equipa de Logística apresentou as linhas que já continham o sistema SE, que como é apresentado no subcapítulo anterior, é nesta fase uma obrigatoriedade para a sua implementação. À data da primeira implementação, existiam na unidade fabril 20 linhas de montagem com SE. Então, foram definidos critérios de seleção:

- Elevado número de turnos de trabalho;
- Baixo número de referências;
- Elevada visibilidade na organização, ou seja, com projetos rentáveis e em expansão;
- Elevado número de paragens.

Aos critérios de seleção foram atribuídos pesos, segundo uma avaliação qualitativa dos mesmos, apresentada na Tabela 28, sendo no Anexo 3, apresentada uma explicação do cálculo detalhada.

Tabela 28 – Atribuição de pesos aos critérios

	1-2	1-3	1-4		w
1 Turnos	50	60	70	1	0,32
2 Referências	50			1	0,32
3 Visibilidade		40		0,67	0,22
4 Paragens			30	0,43	0,14
TOTAL				3,1	1

Os critérios de número de turnos a trabalhar por semana e valor médio de paragens de linha foram retirados dos registos durante de 6 meses. O valor atribuído ao número de referências seguiu a atribuição apresentada na Tabela 29. A atribuição de valor à visibilidade é alusiva a uma análise qualitativa feita pelos elementos de Logística e Produção exibidos na Tabela 30.

Tabela 29 – Atribuição de valor ao intervalo de referências

Valor	Intervalo de referências
5	1-2
4	3-4
3	5-6
2	7-8
1	+9

Tabela 30 – Atribuição de valor à análise qualitativa da visibilidade do projeto

Valor	Visibilidade do projeto
3	Alta
2	Média
1	Baixa

Após esta seleção, foi definido que a linha a implementar seria a PSA Travão (Tabela 31), devido a ser um novo projeto com notoriedade na empresa. Produz quatro referências diferentes, com trabalho de 15 turnos por semana, e ainda uma baixa produção devido a problemas mecânicos da linha.

Tabela 31 – Seleção de linha de montagem

	LM	Turnos	Referência	Visibilidade	Paragens	TOTAL
		p/semana			p/ turno	
		(↑) 0,32	(↓) 0,32	(↑) 0,22	(↑)0,14	
UAP 2	MQB1	15	4	3	1,8	6,99
	GM Portas Auto IV	13	3	2	2,4	5,90
	Multireferências	15	1	2	1,2	5,73
	W205	10	4	1	0,9	4,83
PSA Travão		15	4	3	2,1	7,03
UAP 3	PSA Capot M3M4	9	4	2	0,8	4,71
	VW Capot L5	10	3	1	1,6	4,60
	Banjos 1	8	5	3	0,7	4,92
	Banjos 2	8	5	3	0,6	4,90
	Banjos 3	8	5	3	0,8	4,93
	B78	8	4	3	1,1	4,65
	16KL	10	5	3	0,9	5,59
	Q30	12	4	1	1,3	5,52
	VW Capot Duplo	15	4	3	0,7	6,84
	B479 Interiores	15	3	3	1,5	6,63
	B479 Exteriores	15	4	3	0,8	6,85
	C519 Interiores	15	4	3	1,1	6,89
	C519 Exteriores	15	4	3	1,5	6,95
	VW Capot Peq.SEAT	15	3	2	1,2	6,37
	VW Capot Seat	14	4	2	0,6	6,28

Após apresentação da linha de teste, foi definido através de um *brainstorming* uma estratégia de implementação. Essa estratégia passa pelas etapas exibidas na Figura 34.

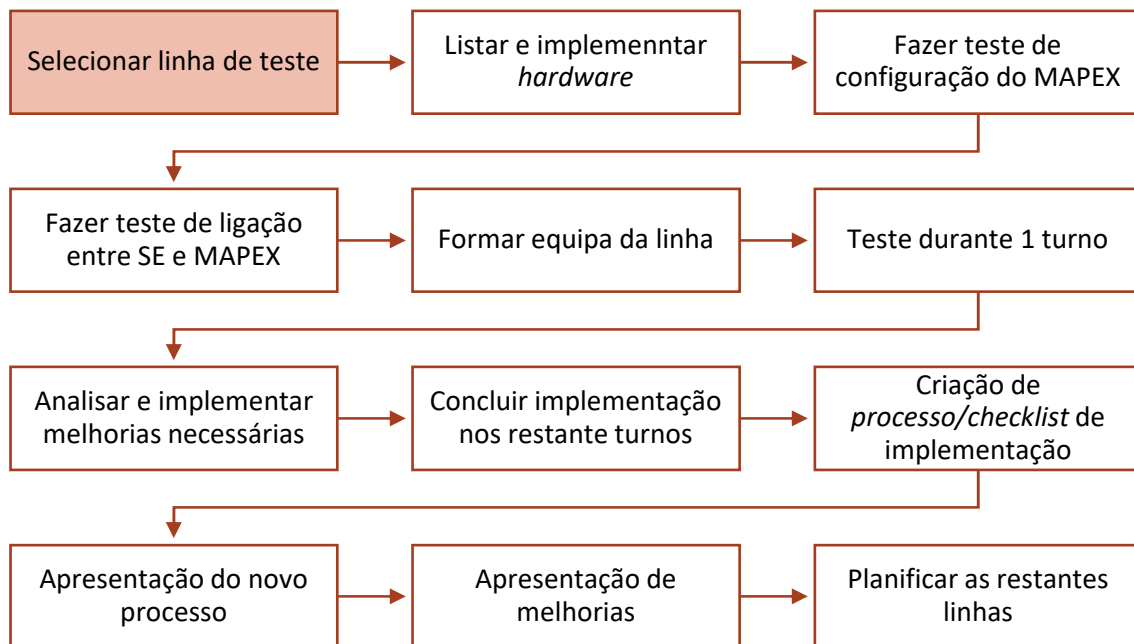


Figura 34 – Estratégia de implementação Mapex

4.1.1.8 Implementação de teste




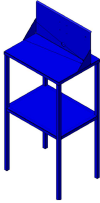


Neste capítulo serão apresentadas as etapas de implementação, desde a fase de teste até à criação de um processo de implementação integrado nas tarefas diárias da organização. O início desta implementação teve como data 22 de janeiro de 2018, com a apresentação do *software*, sendo apenas em julho iniciada a sua implementação. No final deste capítulo, será apresentado um cronograma de todas as etapas abaixo documentadas.

1ª Fase – Listar e implementar *hardware*

A implementação do *hardware* consta na instalação prévia exigida pelo SE, que engloba alguns dos equipamentos apresentados na tabela seguinte. Além desses, é necessária a instalação de uma televisão com o objetivo de apresentar o quadro de produção aos colaboradores da linha, e um leitor RFID para registo de entrada de pessoas na mesma.

Assim, na Tabela 32 são listados todos os equipamentos necessários para realizar a implementação.

Tabela 32 – Lista de equipamento para implementar

Equipamento	Descrição	Valor	Tipo de compra
	Consola ASUS (modelo A4110)	379,55 €	Compra
	Leitor RFID	33,67 €	Compra
	Impressora RICOH	35 €	Renting
	Bancada de suporte	90 €	Compra
	Televisão Philips 32"	250,71 €	Compra
	Suporte TV (Mitsai - medium TV WALL Mount 32"-60")	47,51 €	Compra
TOTAL		836,44 €	

Relativamente à implementação do *hardware*, este deverá ser estrategicamente definido de forma a que permita um fluxo de informação e processos mais ágil e organizado. Assim, é imperativo que:

- A televisão fique orientada para todos os operadores de linha, de forma a que consigam facilmente analisar os dados apresentados, com a fixação da mesma à linha de montagem;
- O computador com o *hardware* adicional, leitor RFID e impressora, deverão situar-se próximo do último posto da linha.

Assim, depois de estudado o caso da linha PSA Travão, foi definida posição dos equipamentos segundo esquema apresentado na Figura 35 .

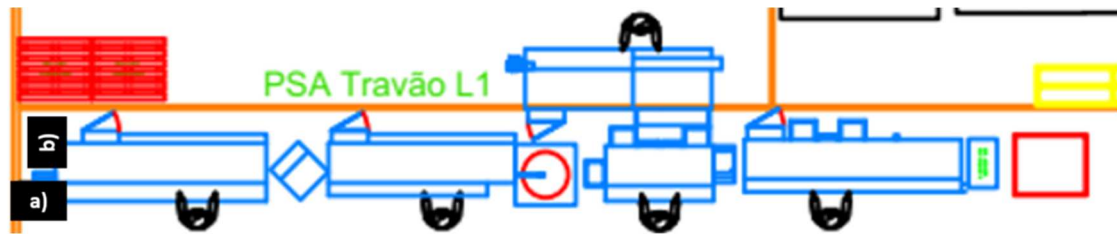


Figura 35 – Linha de montagem PSA Travão; (a) localização de computador e (b) localização da televisão

No local, a implementação foi realizada com sucesso (Figura 36), tendo sido previamente analisadas as condições das ligações elétricas no local.



Figura 36 – Implementação de *hardware* LM PSA Travão

2ª Fase – Fazer teste de configuração do MAPEX

No momento da configuração do MAPEX, existiram diferentes tarefas que tiveram de ser coordenadas com a equipa corporativa, tendo sido destacadas três tarefas importantes: a programação do autómato, configuração informática do *software* Mapex e configuração da linha no Mapex. Para cada tarefa, existiram variadas subtarefas para a presente fase de testes, que se encontram descritas no esquema da Figura 37.

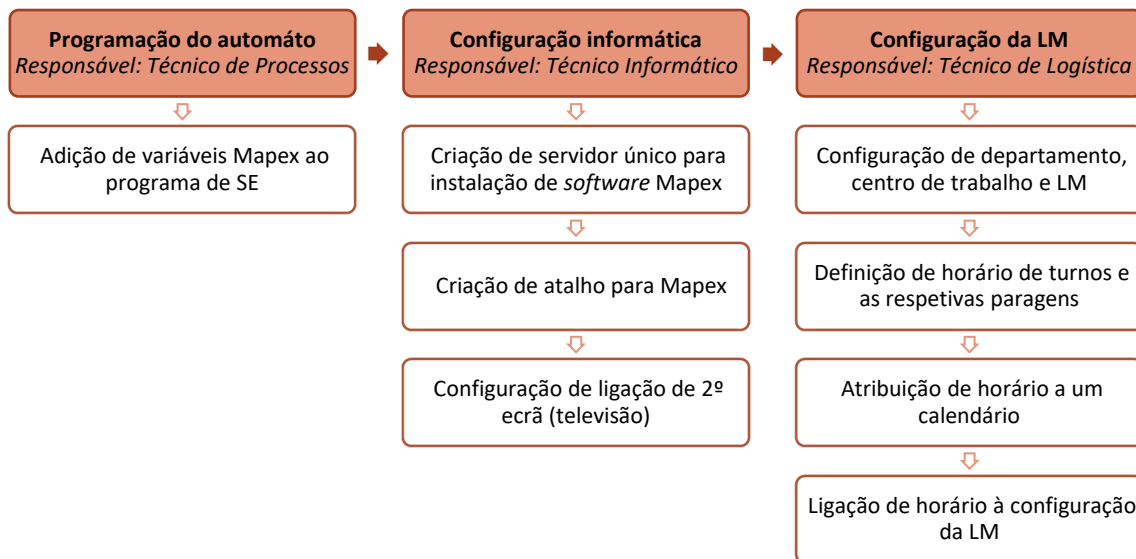


Figura 37 – Tarefas de configuração de teste da LM PSA

3ª Fase – Fazer teste de ligação entre SE e MAPEX

Após programação e configurações concluídas, são feitos de seguida testes à ligação entre o SE e o novo *software*, Mapex. Assim, são testados os seguintes pontos:

- Contadores do Mapex são atualizados pela produção no SE;
- Passagem de informação de referência é passada;
- Troca de referência no SE despoleta no Mapex a justificação de inatividade como “Troca de versão”.

Esta ligação é liderada pelo Mapex que faz a recolha das variáveis, por meio da programação do autómato da linha de montagem.

4ª Fase – Formar equipa da linha

De forma a permitir o teste real do *software* no decorrer da produção normal, é necessário formar a equipa da linha. A formação conta com a explicação do objetivo do *software* e as ações necessárias para a utilização da mesma, descritas nas Figura 38, Figura 39 e Figura 40.


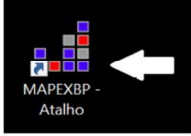


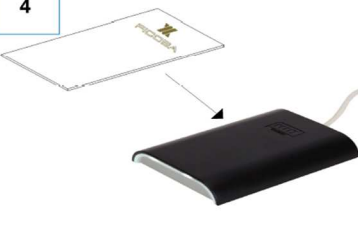


 "MAPEX Instruções de Trabalho."		Responsável: Bebiana Pinto. I-LL-CA/MA-14 Pág. 1 de 1 Edição: 1 21-08-2018
Instrução de Trabalho : Entrar		
Componentes: Cartão ID de operador Leitor RFID		Aprovado por: Equipamento de Segurança:
<p>1</p>  <p>Se o Mapex ainda não estiver a ser executado, no ecrã da área de trabalho, clique duas vezes no ícone MAPEXBP para iniciar o programa.</p>	<p>2</p>  <p>Clique em EXECUTAR se a tela de aviso aparecer.</p>	<p>3</p>  <p>Será solicitado o utilizador "planta" e a palavra-passe "planta" para iniciar o sistema. A operação será parecida com a tela apresentada acima.</p>
<p>4</p>  <p>Para o Login, coloque o seu cartão de identificação de funcionário no leitor de cartões.</p>	<p>5</p>  <p>Exemplo de pessoas que efetuaram login na linha, sendo que a lista crescerá proporcionalmente ao número de operadores que estão conectados.</p>	<p>6</p>  <p>No caso de não conseguir efetuar Login na linha (aparecerá o erro "Worker not found"), avisar de imediato a Team Leader para contactar os responsáveis do Mapex.</p>

Figura 38 – Instrução de Trabalho: Login no Mapex


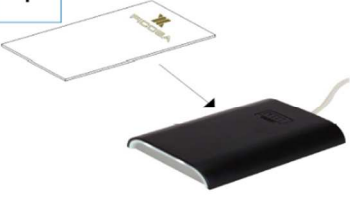

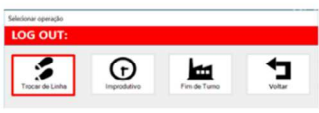
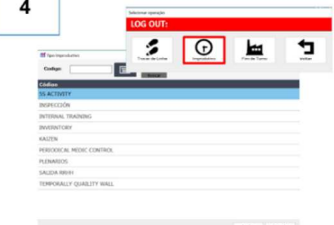

 "MAPEX Instrução de Trabalho."		Responsável: Bebiana Pinto. I-LL-CA/MA-14 Pág. 1 de 1 Edição: 1
Instrução de Trabalho : Sair		
Componentes: Cartão ID de operador Leitor RFID		Aprovado por: Equipamentos de Segurança:
<p>1</p>  <p>No painel do MAPEX, colocar o cartão de identificação no leitor de cartões.</p>	<p>2</p>  <p>Irá aparecer uma janela com as opções de saída: TROCA DE LINHA, ao ir para outra área de montagem IMPRODUTIVO, deixa a linha por qualquer razão não programada FIM DE TURNO, saída da fábrica VOLTAR, sair da janela pop-up e permanece conectado</p>	<p>3</p>  <p>Se for instruído a ir para outra área de montagem, usando a opção TROCA DE LINHA, vá diretamente para a área instruída e faça o login nela, no caso de esta ter o mapex incorporado. Quando sair com umas das restantes opções, será removido da lista de operadores e o painel horário será recalculado.</p>
<p>4</p>  <p>Use IMPRODUTIVO se deixar a área de trabalho atual por qualquer motivo que não seja produtivo de acordo com a lista fornecida.</p>	<p>5</p>  <p>No fim do Turno não será necessário passar o Cartão, uma vez que o MAPEX limpa os registos para o turno seguinte. Deverá seleccionar o botão FIM DE TURNO caso se vá embora antes do Turno terminar (exemplo: saída mais cedo).</p>	<p>6</p>

Figura 39 – Instrução de Trabalho: Logout no Mapex






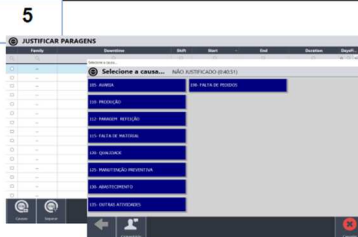

 "MAPEX Instrução de Trabalho."		Responsável: Bebiana Pinto. I-LL-CA/MA-14 Pág. 1 de 1 Edição: 3 21-08-2018
Instrução de Trabalho : Tempo Inativo		
	Componentes:	Aprovado por: _____ Equipamento de Segurança:
<p>1</p>  <p>CLIQUE NA CAIXA VERMELHA PARA JUSTIFICAR PARAGEM</p> <p>Esta é a área de alerta de inatividade do painel do Mapex. Clique em uma das caixas vermelhas que diz "Não Justificado".</p>	<p>2</p>  <p>A janela principal para a causa do tempo de paragem será apresentada e deverá escolher o motivo principal para que apareça uma nova lista. Caso se tenha enganado, clique em CANCELAR.</p>	<p>3</p>  <p>Depois de escolher o motivo correto, essa caixa de tempo de paragem será removida do painel. A área de notificação de tempo de inatividade deve sempre ser apagada antes que o turno termine (ao justificar todas as paragens).</p>
<p>4</p>  <p>Também pode usar a tela clicando no ícone "Justificar Paragens" para justificar o tempo de paragem atual ou passado.</p>	<p>5</p>  <p>Clique em um único tempo de paragem ou marque vários tempos de paragem no caso de querer utilizar o mesmo motivo para todos os pontos selecionados. A primeira tabela de causas aparecerá. Selecione uma.</p>	<p>6</p>  <p>Nesta nova janela poderá escolher o motivo clicando nele e o tempo de paragem fica justificado.</p>

Figura 40 – Instrução de Trabalho: Justificação de paragens

5ª Fase – Teste durante 1 turno

Após as etapas acima descritas concluídas, é possível realizar o teste durante um turno de 8 horas. Durante o teste foram acompanhadas de perto as ações dos operadores, sendo possível perceber:

- Aversão por parte das pessoas à mudança;
- Esquecimento de *login* e *logout* na linha de montagem;
- Dificuldade em justificar as paragens;
- Impossibilidade de alterar a informação apresentada.

Os obstáculos apresentados acontecem principalmente pela cultura e a resistência à mudança do processo.

6ª Fase – Analisar e implementar melhorias necessárias

Cada problema acima descrito, tem como solução a contínua utilização da aplicação, de forma a aumentar o conhecimento e tornar o processo de controlo da produção intuitivo e de conhecimento geral da organização.

As melhorias que se denotam neste teste estão numeradas de seguida na Tabela 33.

Tabela 33 – Melhorias apresentadas no Mapex

Melhoria	Justificação
Introduzir leitor RFID	A introdução do número de colaborador para fazer o registo de entrada e saída não é viável para a fiabilidade de dados referente ao tempo de permanência. Assim, com a adição do leitor de cartões RFID, apenas o operador com o seu cartão de colaborador pode fazer esse registo e a ação torna-se mais rápida.
Atualização automática de colaboradores	Para que cada colaborador faça o registo na linha, é necessário adicioná-lo numa listagem de funcionário, o que provocará uma desatualização da informação. Assim, é elaborada uma ligação entre esse menu e a plataforma de admissão e despedimento.
Fusão das justificações de Mapex e CP	Foram listadas todas as justificações a serem utilizadas pelas duas aplicações, de forma a normalizar as justificações.

7ª Fase – Concluir implementação nos restantes turnos

Após uma semana de teste na linha PSA Travão, foi dada formação aos restantes turnos e implementadas as melhorias apresentadas na etapa anterior. A partir deste momento, na linha, é concluído o processo de implementação sendo que será sempre acompanhado de perto de forma a manter o ciclo de melhorias ativos, como ilustrado a Figura 41.




Figura 41 – Ciclo de tarefas numa identificação de melhorias

Numa mudança cultural da organização é importante que após a implementação da solução seja mantida uma análise contínua de todo o processo, de forma a garantir o seu uso e a melhoria contínua do mesmo.

8ª fase – Criação de processo/*checklist* de implementação

De forma a documentar a implementação, é crucial a criação de *checklists* de implementação do Mapex numa linha. O documento é realizado e apresentado na Figura 42, sendo partilhado por toda a organização, de forma a compreender os processos envolvidos na implementação.

 "Activação do MAPEX na LM"		Pág 1/ 1 Editado: Bebiãna Pinto			
Fico Cables Maia		"Passo a Passo" - LM			
N	Tarefa	Resp.	Local	Observações	✓
1	Implementar SE na linha	Planificador	Sequenciador Eletrónico		
2	Verificar/Instalar rede elétrica	Supply Chain (SC)	LM		
3	Definir localização da televisão	SC	LM	Enviar fotografia a Processos com evidência do local.	
4	Colocar suporte na linha para televisão	Eng. Processos	LM	Enviar fotografia com a evidência da colocação	
5	Colocar argola para instrução de trabalho e furar bancada segundo esquema	Manutenção	Bancada		
6	Montar televisão e validar ligações	Informática	LM		
7	Abrir linha no sistema MAPEX	SC	Calendário;		
8	Fazer testes na linha	SC	LM		
9	Dar formação aos operadores	SC	LM		
10	Parametrizar escrita automática no CP	SC	Sistema CP	Esta atividade deve ser executada após 2 semanas da implementação na linha do MAPEX.	
11	Retirar quadros da linha e disponibilizar folha de registos	SC	LM		
12	Verificar utilização da ferramenta	CAP's	LM e Sistema CP		
17					

Data: ___/___/___ Coordenador (nome): _____ Assinatura: _____

F011/1

Figura 42 – Checklist de ativação de Mapex

9ª fase – Apresentação do novo processo

Com a implementação do *software* foi visível a redução de processos alocados, em relação a recursos e passagem de informação. Assim, é descrito no esquema da Figura 44, a redução de etapas realizadas com recursos humanos. Já na Figura 43, é mostrada a redução de passagem de informação entre documentos e *softwares*.

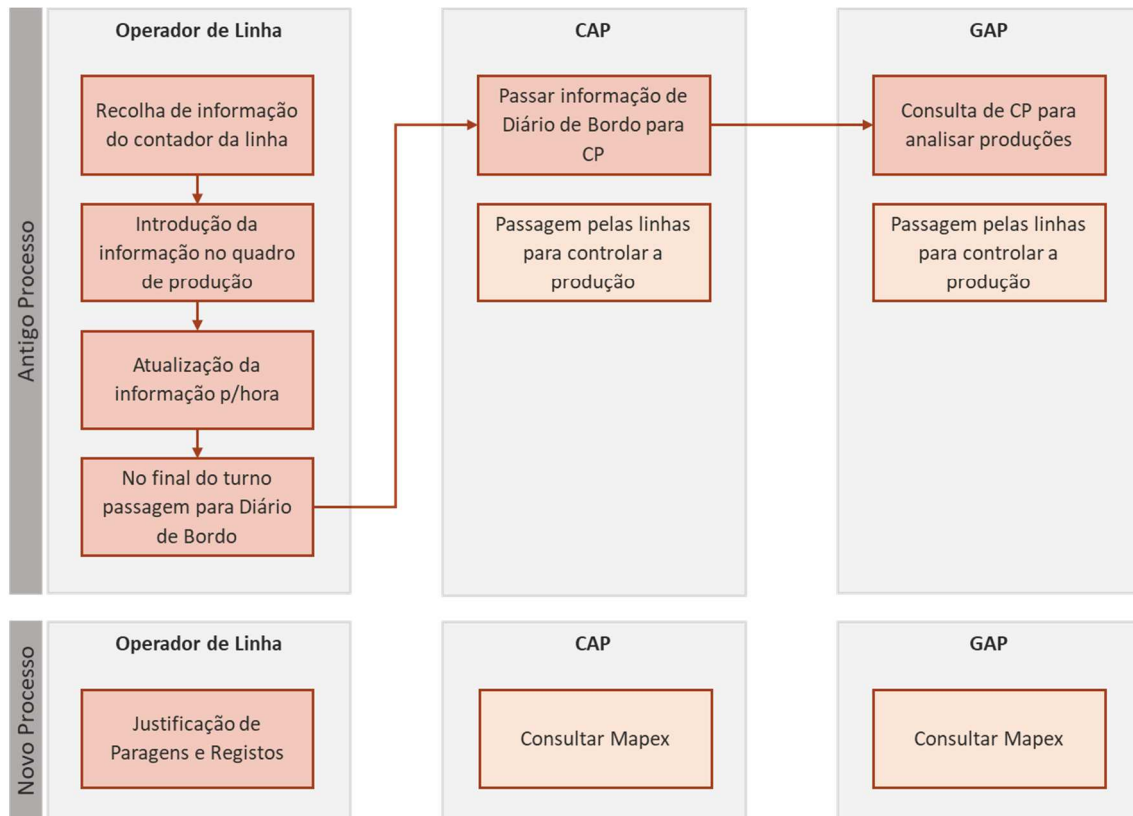


Figura 44 – Etapas de controlo e registo da produção: Processo Antigo VS Novo

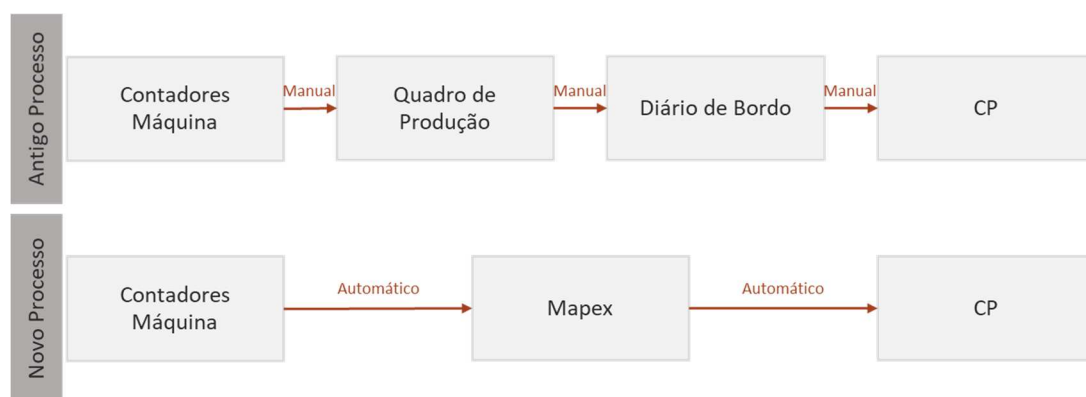


Figura 43 – Etapas de registo de controlo da produção: Processo Antigo VS Novo

A informação presente é passada a toda a organização através de uma apresentação aos diretores, e posteriormente aos responsáveis nas áreas da produção.

10ª fase – Apresentação de melhorias

Com um projeto com duração de mais de 2 anos, é imperativo o seguimento do ciclo de melhorias apresentado anteriormente na Figura 41. Assim no decorrer do projeto e até à data de apresentação da presente dissertação, foram registadas mais de 100 melhorias, sendo de destacar as apresentadas na Tabela 34.

Tabela 34 – Melhorias registadas para aplicação Mapex

ID	Melhoria	Justificação	Estado
7	Justificação automática de paragem de refeição	Definido previamente o horário de paragem de refeição. Quando esta paragem se der, é automaticamente justificado com “Paragem Refeição”.	Resolvido
9	Passagem de informação para CP	Reduzir a etapa de passagem de informação do Mapex de CP, de forma manual, fazendo o registo automático de presenças nas linhas e paragens.	Resolvido
15	Criação de menú de ativar passagem de informação para CP	De forma a não passar a informação de presenças e paragens enquanto as equipas estão em formação e adaptação, devido à passagem de possíveis erros. Fica ativo após uns dias da implementação do Mapex.	Resolvido
43	Presença múltipla em linhas diferentes	Por norma, o registo só pode ser feito numa linha, mas com o posto de embalagem, que em algumas linhas é partilhado por duas linhas, passou a ser possível o registo de uma pessoa em duas linhas e o peso de ½ pessoa no objetivo.	Resolvido
51	Integração dos defeitos de sucata	Todos os defeitos devem ser reportados por posto e defeito, seguindo um código e estrutura de uma aplicação já existente. Foi pedido à equipa Mapex que incorpore os defeitos da aplicação na estrutura de sucata no Mapex.	Em validação
52	Abertura automática de janela de operador da linha	Com o aumento do número de linhas implementadas, tornou a ação de escolha da linha na tela SCADA suscetível de ocorrer erros. Assim, é feita a ligação, da consola à LM, fazendo com que a janela de operário abra automaticamente.	Resolvido
72	Justificação automática de limpeza de linha	Todos os operadores nos últimos 5 minutos do turno devem fazer a sua limpeza. Assim, a justificação da paragem é automática.	Em processo

11ª Fase – Planificar as restantes linhas

Após a implementação com sucesso da primeira linha de teste, é necessário proceder-se à implementação das restantes linhas, tendo o critério de inicialmente se realizar nas linhas que já possuem SE.

Assim, a planificação e o cumprimento das planificações de 2018, 2019 e 2020, encontram-se no Anexo 4.

4.1.1.9 Análise crítica dos resultados

Após a implementação da fase de teste, é necessário realizar um balanço entre os ganhos previstos e o investimento estimado num período de 3 anos.

4.1.1.9.1 Investimento

Como apresentado anteriormente, o Mapex coexiste com a aplicação de SE, sendo o seu investimento na implementação de aproximadamente 500 €. Este valor investido no SE foi estudado devidamente, sendo um projeto viável, considerando o investimento *versus* os ganhos apresentados. Assim, é fulcral avaliar o investimento alocado à aplicação Mapex, apresentado na Tabela 35.

Tabela 35 – Investimento relativo à implementação física do Mapex

Descrição	Valor	Implementação SE	Implementação Mapex
Consola ASUS	379,55 €		
Bancada de suporte	90 €	504,55 €	
Impressora RICOH	35 €		
Leitor RFID	33,67 €		
Televisão Philips 32"	250,71 €		
Suporte TV	47,51 €		556,89 €
Cabo HDMI	50 €		
Licença de CT	175 €		

De forma a cobrir a implementação de linhas com Mapex, é necessária a compra de licenças – como apresentado na rubrica na Tabela 36 Tabela 35, tendo esta sido feita em diferentes fases, consoante a necessidade das mesmas.

Tabela 36 – Investimento de licenças Mapex

Data	Número de Licenças	Valor
21/06/2018	10 Licenças	1 750 €
18/10/2018	20 Licenças	3 500 €
18/08/2019	20 Licenças	3 500 €
TOTAL		8 750 €

Além do investimento necessário por linha, é inicialmente feita a compra da aplicação que acrescenta um valor de quase 26 000€, conforme Tabela 37.

Tabela 37 – Investimento na aplicação Mapex

Descrição		Preço
Licença Mapex PM (<i>Production Manager</i>)	Edição Corporativa, utilizadores ilimitados	8 700 €
Licença Mapex Agent	Módulo de comunicação para interface com ERP e Mapex	1 960 €
Seguimento	Desenvolvimento, instalação e formação	15 000 €
TOTAL		25 660 €

4.1.1.9.2 Ganhos

Nos ganhos apresentados, é importante apresentar os recursos gastos nas diferentes UAP's (Tabela 38) – onde é implementado o Mapex – para proceder ao controlo da produção e à passagem da informação.

Tabela 38 – Recursos humanos para controlo de produção em LM, por UAP

		Total de GAP's	Total de CAP's	CAP's com LM	Total de LM
UAP 2	Turno 1	1	3	2	22
	Turno 2	1	3	2	
	Turno 3	1	3	2	
UAP 3	Turno 1	1	4	3	30
	Turno 2	1	4	3	
	Turno 3	1	4	3	
UAP 4	Turno 1	1	3	1	16
	Turno 2	1	3	1	
	Turno 3	1	3	1	
TOTAL		9	30	18	68

Os ganhos identificados pelo autor e utilizadores diretos do Mapex, obtêm-se ao nível dos operadores, CAP e GAP:

- Redução de processos repetidos;
- Eliminação do preenchimento de documentação referente ao controlo da produção por turno;
- Redução de erros cometidos na passagem da informação;
- Aumento da fiabilidade dos resultados;
- Acesso a informação em tempo real;
- Acesso a informação em qualquer lugar.

Os ganhos quantitativos têm um impacto grande na organização, impactando com um valor de 71 000 €, através dos ganhos em recursos humanos e recursos físicos, presentes na Tabela 39.

Tabela 39 – Identificação dos ganhos na implementação do Mapex

Identificação do Ganho	Descrição do Ganho	Ganho Estimado	Valor (ano) / Valor Fixo
Ganhos CAP	Tempo utilizado na ronda de controlo	Já não é necessária a passagem de 2 em 2 horas pelos responsáveis CAP pelas LM	Nr rondas p/turno (4)*tempo gasto em cada LM*salário CAP*nr de linhas*nr dias uteis 16 818,75 €
	Tempo gasto na passagem de informação para CP	Com a passagem direta de Mapex para CP, deixa de ser necessário qualquer tipo de intervenção	Tempo gasto em cada LM*salário CAP*nr linhas*nr dias uteis 5 606,25 €
Ganhos GAP	Tempo utilizado na ronda de controlo	Já não é necessária a passagem de pelo menos 1x vez pelas LM	Nr rondas p/turno (1)*tempo gasto em cada LM*salário CAP*nr de linhas*nr dias uteis 8 565,10 €
	Tempo utilizado para passagem de informação ao UAP Manager	Já não é necessário apresentar um ponto de situação tão detalhado	Tempo gasto*salário CAP*nr de linhas*nr dias uteis 1 401,56 €
Ganhos Operador	Tempo gasto a preencher o quadro	A informação registada no quadro deixa de ser feita, substituída pela informação automática	Diferença entre o tempo de registo entre no quadro e no Mapex*nr de linhas*nr dias uteis 16 351,56 €
	Tempo gasto a preencher o Diário de Bordo	A informação registada no Diário de Bordo deixa de ser feita, substituída pelos relatórios do Mapex	Tempo no preenchimento*nr de linhas*nr dias uteis 7 630,73 €
Recursos Físicos	Diários de Bordo	Eliminação das folhas de diário de bordo	Nr linha*custo impressão*nr dias uteis 168,56 €
	Quadros de Produção	Retirar quadros de produção	Nr linha*110€ 7 150,00 €
	Redução de materiais	Deixa de ser necessária a utilização de marcadores, panos e álcool, para registo e limpeza dos mesmos	Recolha da informação nas PO's de pedido (por ano) * percentagem de LM 7 774,80 €
TOTAL			71 467,32 €

4.1.1.9.3 Análise dos resultados

No decorrer de todo o projeto, é de salientar que a implementação do Mapex não correu segundo a planificação estipulada para os anos de 2019 e 2020. Estava previsto em meados do ano corrente todas as 68 linhas estarem implementadas com Mapex, não sendo possível devido a:

- Dificuldade na programação do autómato: até meados de 2019, todas as linhas de montagem implementadas continham autómatos de marcar *Beckhoff*, o que tornou a implementação metódica. Com o avanço da implementação e a empresa possuir autómatos de diferentes marcas, foi necessário alterar e preparar a programação para autómatos *Codesys*, *Festo* e *Omron*. A alteração provocou uma dificuldade à equipa na programação, o que, conseqüentemente, acarretou uma paragem no projeto de cerca de 5 meses;
- COVID-19: a redução de custos imposta pela pandemia, com redução de recursos humanos, impossibilitou o avanço do projeto, com uma paragem de 4 meses.

Assim, à data estão implementadas cerca de 70% das linhas planeadas para 2020. Essa implementação está distribuída pelas diferentes UAP's descritas na Tabela 40, tendo sido implementadas segundo os critérios seguintes:

- 3 turnos de trabalho por dia;
- OEE baixo;
- Nova linha a entrar em produção;
- Linha com muitas referências em produção.

Tabela 40 – Implementação de Mapex em 2018, 2019 e 2020

UAP	Número de linhas	Mapex Implementado	2018	2019	2020
2	22	12	4	7	2
3	30	21	16	5	2
4	16	10	–	3	7
Total	68	46	20	15	11

Com a informação presente neste subcapítulo, é possível fazer um estudo sobre a viabilidade do projeto até ao momento, e após a finalização da implementação das 68 linhas planeadas (Tabela 41).

Tabela 41 – Balanço de implementação de 2018 a 2020

		2018	2019	2020
Investimento	Implementação	= 17 x 556,89 €	= 12 x 556,89	= 11 x 556,89
	Mapex	= 9 467,13 €	€ = 6 682,68 €	€ = 6 125,79 €
	Aplicação	25 660 €	–	–
Ganhos	Recursos Físicos e Humanos	8 669,45 €	41 644,86 €	54 413,67 €
Valor Transição			- 26 457,68 €	8 504,50 €
Balanço		- 26 457,68 €	+ 8 504,50 €	+ 56 792,38 €

É possível ver a recuperação de todo o investimento passado um ano, o que torna o projeto viável financeiramente. Além dos resultados económicos, a nível organizacional o Mapex teve um papel bastante relevante, existindo por parte da direção um forte avanço para o controlo em tempo real de todos os equipamentos.

4.1.1.10 Cronograma das atividades

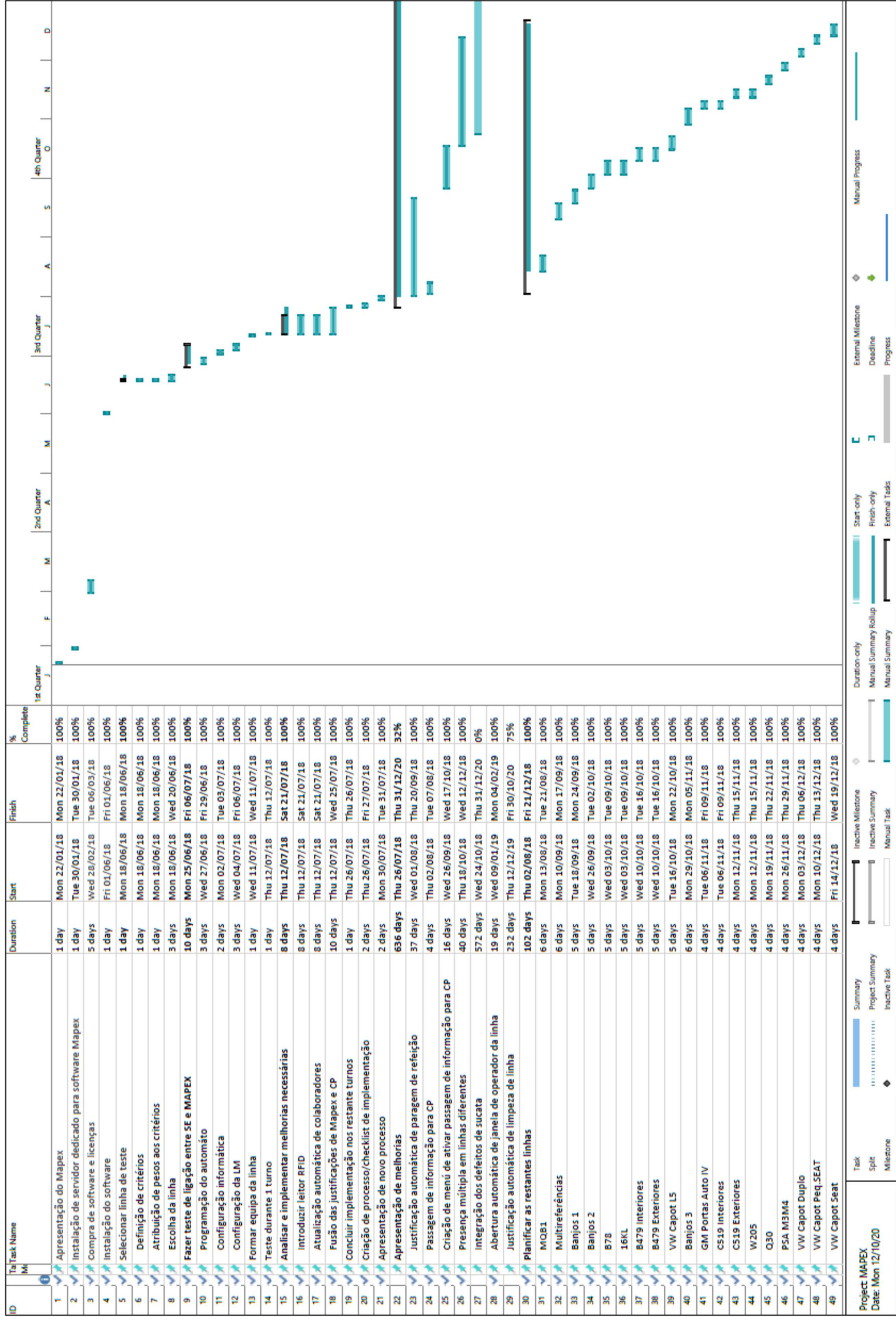


Figura 45 – Cronograma das atividades de Mapex

4.1.2 Equipamentos integrados

4.1.2.1 Fluxo do processo

Nos equipamentos integrados (EI), o fluxo pode ser contínuo ou não, existindo diferentes configurações, segundo equipamentos e referências presentes em produção. Assim, nas Figura 46, Figura 47 e Figura 48 são apresentados os diferentes fluxos, segundo características apresentadas anteriormente.

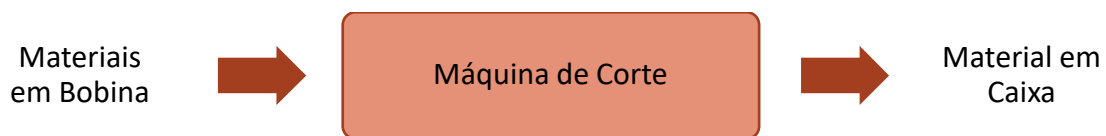


Figura 46 – Fluxo de EI de Corte de Espiral, Cabo, Tubo Interior e Exterior

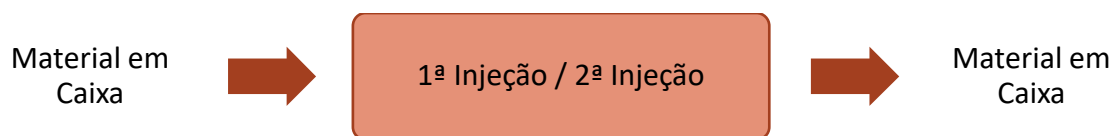


Figura 47 – Fluxo de EI de Injeção de Plástico



Figura 48 – Fluxo de EI em Forno de Tratamento Térmico

O processo de produção nos equipamentos de produto intermédio é igual para todas as UAP's, sendo o controlo da produção igual em todas. A contagem da produção é realizada através de sensores presentes no equipamento, existindo alguns sem a presença dos mesmos, ocorrendo a contagem pelo número de caixas/tabuleiros.

O controlo da produção é feito através do preenchimento de quadros de produção, tal como já identificado anteriormente, na Figura 23.

A informação é posteriormente passada para diários de bordo, Figura 49, que possuem a informação de quantidade de cortes efetuados por hora e referência, paragens e sucata efetuada.

Máquina: ST		FICOSA										Data: 14/03/2019	
Observações 1º Turno										Corte Espiral		Elaborado por: Conceição R.	
										Revisão 3		Data: 10/3/19	
Hora	Referência Corte	Objetivo	Realizado H/H	Reportado		Tempo	Código	Paragens		Sucata			
				Sim	Não			Descrição	Contendor	Quilos			
06:07	126304(9.40)	2400	1100	X		5	ST	OK i-PPCC		VP20	29		
07:08	u	2400	1020	X						4			
08:09	u	2400	1170	X						4			
09:10	12629509(20)	2400	202	X		5	ST	OK i-PPCC					
		1500	587	X				RESUA DU PCC					
10:11	12634626(20)	950	281	X		15	ST	OK i-PPCC		337 ACE	201		
		950	892	X				RESUA DU PCC					
11:12	u	950	892	X									
12:13	12630254(20)	950	490	X		51	ST	OK i-PPCC					
		1000		X				AQUECE RESIST ENC: 03-		329	29		
13:14	u	1000	900	X									
Total													
OEE 1º Turno		NR Operador 2247		ASS Team Leader		ASS Supervisor							
Observações 2º Turno													
Hora	Referência Corte	Objetivo	Realizado H/H	Reportado		Tempo	Código	Paragens		Sucata			
				Sim	Não			Descrição	Contendor	Quilos			
14:15													
15:16													
16:17													
17:18													

Figura 49 – Exemplo de Diário de Bordo de Equipamento Integrado

No final do turno, o responsável CAP da área passa toda a informação para o CP relativamente a paragens e presença de pessoas. A produção é registada em BPCS (*Business Planning and Control System*), normalmente por quantidade total planificada.

De seguida, são apresentados com detalhe os processos alocados aos operadores de cada equipamento integrado.

4.1.2.1.1 Injeção de Plástico

O processo de injeção de plástico como produto intermédio, é usado apenas na área do UAP 2, onde é sobreinjetado de plástico em arame, cabo, espiral, peças e terminais de zamak. O processo de injeção é um “posto” intermédio entre a produção dos componentes anteriormente mencionados e a linha de montagem.

De forma a compreender o processo, é apresentado Figura 50 o fluxograma de etapas na produção de material sobreinjetado.

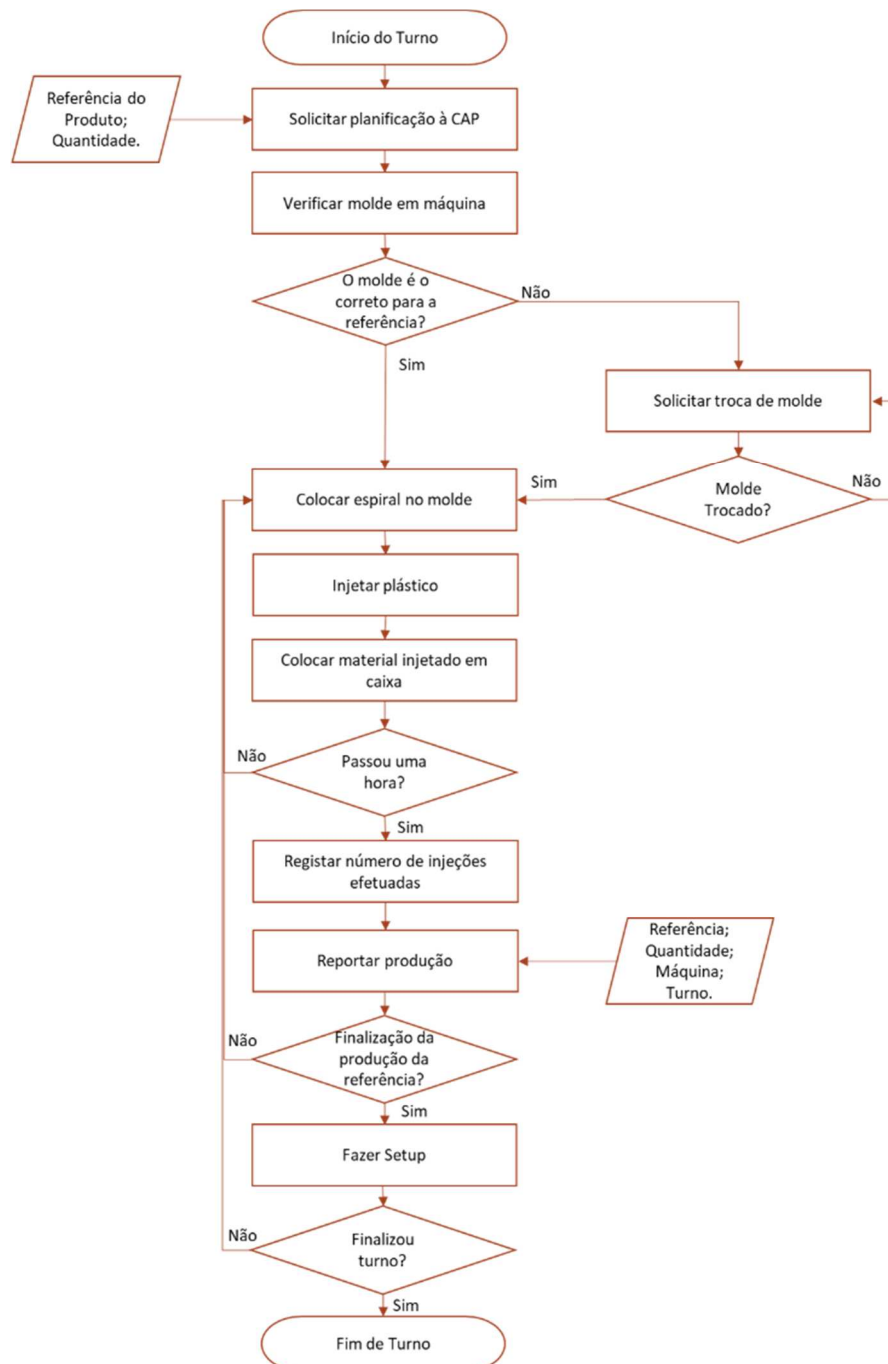


Figura 50 – Fluxograma das tarefas do operador na máquina de injeção

4.1.2.1.2 Forno

Os sistemas de conforto automóvel produzidos na organização, são constituídos principalmente por arame, podendo alguns ainda levar uma sobreinjeção de plástico, de forma a unificar e tornar a peça mais consistente, como é o caso da maioria dos coxins. Para ser utilizado na fabricação de suportes lombares e coxins, é necessário que o arame seja cortado e conformado para obter o tamanho e forma desejada; após estes dois processos, existem ainda determinadas referências que requerem tratamento térmico.

O tratamento térmico requer a passagem por um forno industrial a uma temperatura e durante um tempo específico, que são calculados, garantindo os parâmetros exigidos pelo cliente. O *decanting* (Figura 51), processo relativo à produção efetuada por cada operador no forno, consiste em receber as caixas de arame sem tratamento térmico, colocar os arames em tabuleiros para poderem passar pelo forno, e no final voltar a colocar os arames nas caixas e identificar com uma etiqueta verde, como ilustra a Figura 52.



Figura 51 – Exemplo de *decanting* para duas referências diferentes



Figura 52 – Etiquetas utilizadas para arame com e sem tratamento térmico

No fluxograma da Figura 53 , é possível identificar as tarefas realizadas pelo operador do forno durante o turno.

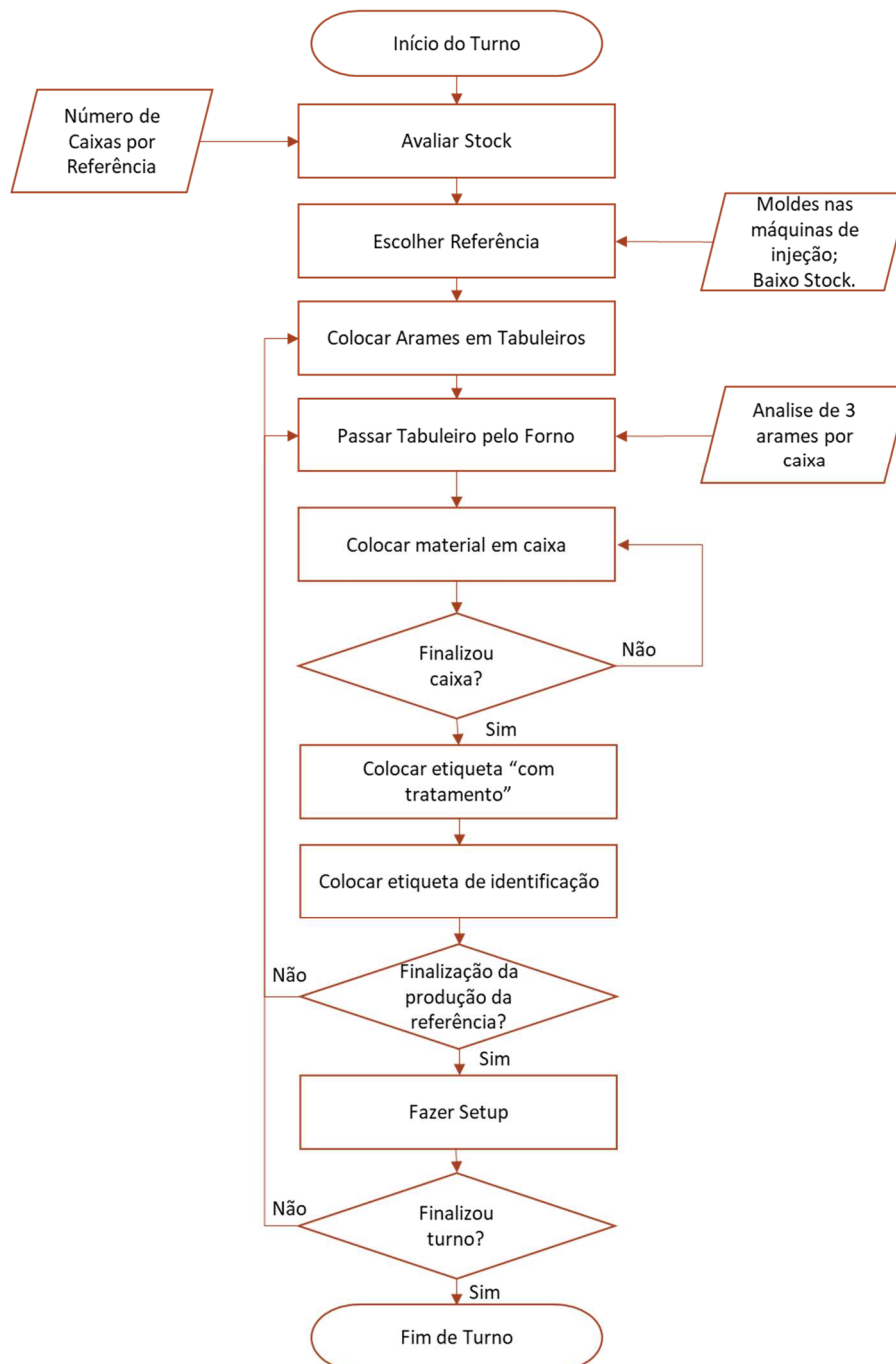


Figura 53 – Fluxograma das tarefas do operador no forno de tratamento térmico

4.1.2.1.3 Máquina de Corte

Para a montagem de cabos de comando automóvel, são necessários diferentes tipos de materiais e de fornecedores, como *clips*, abraçadeiras, esponjas, entre outros, e outros materiais produzidos ou cortados internamente, como espiral, cabo, tubo interior e exterior. Os últimos materiais enumerados são apresentados nas UAP's 2, 3 e 5, em forma de bobina, que posteriormente são cortados segundo medidas especificadas no projeto. Esses materiais servem

de matérias-primas às linhas de montagem, sendo, impeditivas do arranque da linha para a produção de uma determinada referência.

O processo de produção destes materiais, encontra-se descrito no fluxograma da Figura 54.

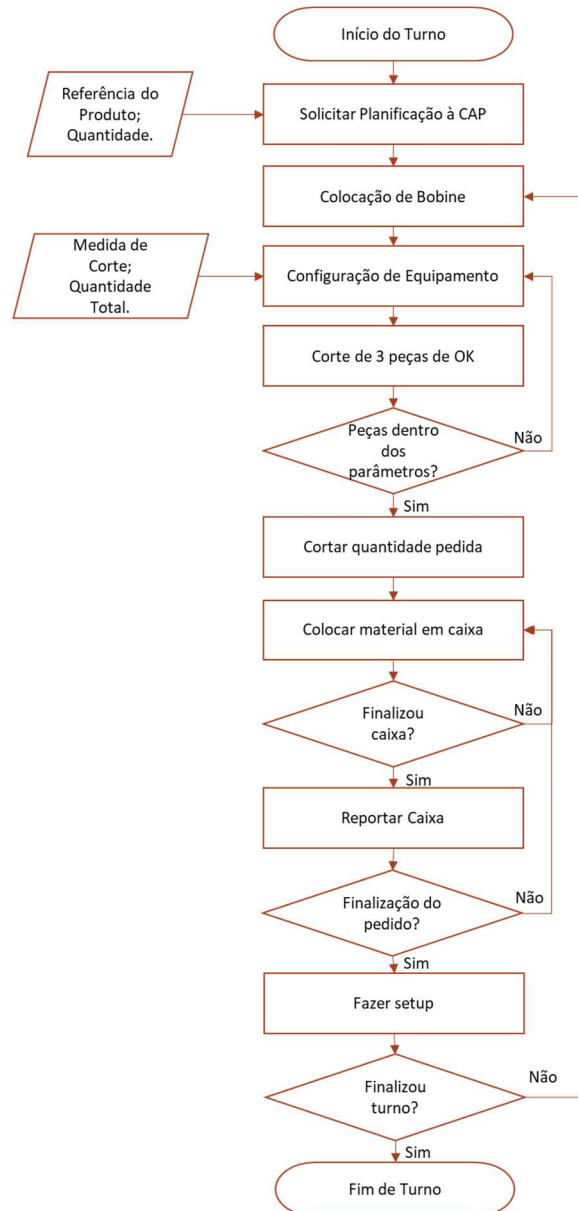


Figura 54 – Fluxograma das tarefas do operador de máquina de cortes

4.1.2.2 Problema do processo atual

4.1.2.2.1 Injeção de Plástico

Após o acompanhamento em chão-de-fábrica, foi possível identificar alguns problemas na sequência do processo de controlo da produção. Os mesmos são apresentados na Tabela 42, com as respetivas consequências.

Tabela 42 – Problemas no processo atual da injeção de plástico

Problema	Descrição	Consequências
Registo errado da produção	Há injeções defeituosas contabilizadas que são sucata e não uma peça conforme.	Quantidade registada e reportada não é correta.
Falta de etiqueta na caixa	Com a deslocação da máquina ao computador para efetuar o reporte, a caixa pode ser recolhida sem etiqueta.	Material não identificado e perda de material na fábrica.
Falha no processo de reporte	O registo de referência, centro de trabalho, quantidade e turno, é inserido manualmente.	Registo incorreto, rotura de <i>stock</i> , paragens nas linhas de montagem e falha nos pedidos dos clientes.

4.1.2.2.2 Forno

O controlo da produção respeitante a este processo é reduzido, existindo vários problemas, como demonstra a Tabela 43.

Tabela 43 – Problemas no processo atual de tratamento térmico

Problema	Descrição	Consequências
Falta de planificação	Não existe qualquer planificação, o operador tem de consultar os moldes em máquina para gerir a sua produção.	Má gestão da produção e capacidade dos fornos.
Reporte de quantidades erradas	É reportada sempre a mesma quantidade de material, sem que haja conhecimento da quantidade exata.	A informação não é exata e sempre dependente da contagem do operador.
Falta de controlo da produção	A produção é registada pelo número de caixas produzidas, sem qualquer conhecimento do número de arames com tratamento térmico.	A informação registada pode não corresponder à produção real dos fornos.
Desconhecimento da capacidade de cada forno	Pela falta do controlo da produção, não é possível especificar a capacidade individual de cada forno.	Não permite a análise individual da produção.
Falta de seguimento	Os dados não são analisados regularmente.	Não existem ações de melhoria, nem supervisão da produção.
Desconhecimento do consumo energético	Pelo desconhecimento da capacidade do forno, isso faz com que não exista uma análise do consumo energético.	Não permite a análise e ações de melhoria.

4.1.2.2.3 Máquina de Corte

Tal como foram detetados problemas para os processos anteriormente descritos, no caso do processo de corte de material também existem. Assim, na Tabela 44 são apresentados todos os problemas identificados.

Tabela 44 – Problemas no processo atual do corte

Problema	Descrição	Consequências
Falha no processo de reporte	O registo de referência, centro de trabalho, quantidade e turno, é inserido manualmente.	Registo incorreto, rotura de <i>stock</i> , paragens nas linhas de montagem e falha nos pedidos dos clientes.
Falta de etiqueta na caixa	Com a deslocação da máquina ao computador para efetuar o reporte, a caixa pode ser recolhida sem etiqueta.	Material não identificado e perda de material na fábrica.
Falta de controlo na produção	Por vezes reportam todo o material produzido no final do turno.	Inventário incorreto e excesso/falta de produção.

Os problemas apresentados para os diferentes processos têm forte impacto na organização, a nível económico e cultural. É importante salientar que, ao eliminar-se os desperdícios associados, cria-se valor para o produto e para a organização.

4.1.2.3 Apresentação da solução para controlo da produção

Após identificação dos problemas, foi identificada pela equipa a necessidade de aumentar o controlo da produção e tornar o processo o mais automático possível. Pela análise da Tabela 45, é possível detetar dois problemas comuns a todos os equipamentos: falha no processo de reporte e a falta de controlo na produção.

Tabela 45 – Problemas comuns dos equipamentos integrados

Problema	Injeção de Plástico	Forno	Máquina de Corte
Falha no processo de reporte	X	X	X
Falta de etiqueta na caixa	X		X
Falta de controlo na produção	X	X	X
Falta de planificação		X	
Desconhecimento da capacidade		X	
Falta de seguimento		X	
Desconhecimento do consumo energético		X	

A partir de *brainstorming* realizado com a equipa de processos e informática diversas vezes, foi discutida a implementação de um processo capaz de solucionar grande parte dos problemas apresentados anteriormente. Com a implementação do Mapex nas linhas de montagem, a expectativa de utilizar a mesma aplicação para controlar a produção era expectável. Com as diversas iterações das ideias apresentadas, chegou-se à ideia/solução final apresentada pela equipa.

Pode-se dividir a construção de ideias em várias iterações:

- **1ª Iteração: Utilização da aplicação Mapex para EI**
 - Como apresentado no capítulo anterior, as evidências da potencialidade da aplicação fizeram com que a utilização da aplicação se alargasse para os equipamentos integrados.

- Em discussão com a equipa corporativa sobre a ideia, esta não pode avançar devido à aplicação só estar desenvolvida para equipamentos de produto final.
- **2ª Iteração: Desenvolvimento de aplicação de introdução de produção**
 - A apresentação da ideia consistia numa aplicação que permitisse o registo da produção em cada um dos equipamentos, ou seja, a criação de um quadro de produção digital.
 - A possibilidade de criação de uma aplicação à imagem da necessidade de controlar a produção é apresentada, mas apenas apresenta a informação digitalmente. É necessário aumentar a fiabilidade dos valores inseridos e reduzir os recursos alocados.
- **3ª Iteração: Aplicação com ligação aos contadores das máquinas**
 - Com o objetivo de tornar fiáveis os dados registados na aplicação, é apresentada a possibilidade de conexão entre esta e o contador da máquina;
 - Troca de dados entre o autómato do equipamento e um computador, permitindo recolher e tratar a informação;
 - Criação de um processo autónomo de tratamento de dados, sem intervenção de recursos humanos.
- **4ª Iteração: Integração de informação recolhida pelo autómato**
 - Até à interação anterior, a descrição da aplicação consistia na contagem de valores de produção e a sua organização por hora. Com o objetivo de apresentar o indicador OEE de cada equipamento, é idealizada a conexão com o BPCS para recolher a informação de produção-objetivo por hora;
 - Apresentar a informação no equipamento e desenvolver uma vista com acesso aberto a todos os equipamentos, semelhante à janela SCADA apresentada no Mapex.
- **5ª Iteração: Sequenciador de ordens de fabrico e reporte de produção integrado na aplicação**
 - Com a comunicação direta entre o sistema desenvolvido e o BPCS, é possível a recolha de mais informação do ERP. Assim, seria uma vantagem integrar e apresentar a planificação do turno no display do novo sistema, de forma a controlar a produção nos equipamentos.
 - Após várias iterações e evolução dos processos, foi apresentada ainda a funcionalidade de reporte de produção, de forma a eliminar o processo manual atual.
- **6ª Iteração: Necessidades de cada equipamento integrado**
 - De forma a iniciar o desenvolvimento da aplicação, é imperativo definir as informações necessárias a apresentar no sistema, como descreve a Tabela 46.

Tabela 46 – Informação necessária para cada equipamento integrado

	Injeção de Plástico	Forno	Máquina de Corte
Dados recolhidos do equipamento		Quantidade de tabuleiros passados no forno; Temperatura; Velocidade do tapete rolante.	Quantidade de cortes.
Informação a apresentar	Quantidade de peças produzidas; OEE.	Tabuleiros por hora; Total de tabuleiro na hora corrente; Total de tabuleiros no turno corrente; OEE.	Total de cortes por hora; Total de cortes na hora corrente; Total de cortes no turno corrente; OEE.
Informação inserida pelo operador	Ordem de fabrico a produzir; Sucata produzida; Caixa utilizada para colocar material.	Referência a passar no forno.	Ordem de fabrico a produzir; Sucata produzida.
Reporte de produção	Reporte no BPCS de cada caixa completada.		Reporte no BPCS de cada caixa completada.
Processo de contagem	Peso medido em balança.	Sensor indutivo.	Sensor capacitivo.

- **7ª Iteração: Uniformização e escalabilidade do sistema**

- Com a passagem para desenvolvimento do sistema, foi idealizada a configuração de três sistemas distintos e com *designs* específicos, mas após a apresentação das informações, foi definida a necessidade de uniformizar as aplicações. É importante a escalabilidade do sistema, permitindo que o mesmo dispositivo seja alocado a uma máquina de injeção, de corte ou até a um forno.

Após as várias iterações e o desenrolar do projeto, foi possível identificar os pontos fulcrais no desenvolvimento, e o caminho a percorrer para atingir o objetivo: controlo de produção. Assim, é necessário esquematizar o processo idealizado para os equipamentos de produto intermédio, tendo a noção das diferentes necessidades e processos envolvidos em cada um deles.

4.1.2.3.1 Injeção de Plástico

Visto a máquina não possuir qualquer sistema de contagem de peças injetadas e existir alguma dificuldade em incorporar um contador, é necessário instalar um sistema adicional que permita o controlo da produção sem interferir com a máquina (Figura 55).



Figura 55 – Exemplo de máquina de injeção

Assim, tendo em considerações os problemas indicados anteriormente, foi idealizado um sistema de pesagem do material produzido, com os equipamentos presentes na Tabela 47, e a sua respetiva função.

Tabela 47 – Equipamentos do sistema de controlo para máquinas de injeção

Equipamento	Função
Balança	Pesagem de cabos de comando injetados.
Consola	Apresentação do número de cabos injetados, pela conversão do peso registado pela balança; Apresentar informação recolhida e tratada pelo sistema; Interface do sistema para operador de máquina.
Impressora	Impressão de etiqueta de reporte.

De forma a armazenar a informação de peso de cada cabo injetado, foi feita uma seleção de referências em produção, pesado individualmente dez cabos, e introduzido o valor numa base de dados. A partir da seleção da referência feita pelo operador, é convertido o peso lido pela balança, no número de cabos de comando presente na caixa, ou seja, produzidos. O sistema desenvolvido para as máquinas de injeção de produto intermédio é apresentado na Figura 56.

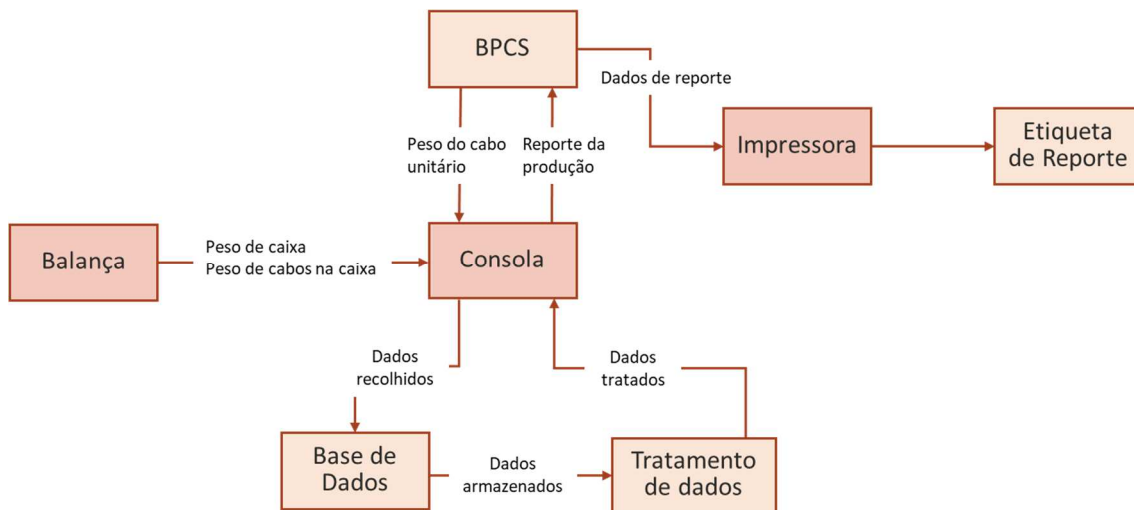


Figura 56 – Funcionamento do sistema desenvolvido máquina de injeção

Depois da base de dados estar concluída, o funcionamento do sistema apresentado consistia em colocar os cabos injetados, numa caixa presente na balança. Quando a quantidade definida por caixa era atingida, a consola emitia uma mensagem de aviso, para o operador confirmar o reporte da caixa no sistema. Após a confirmação do operador, era impressa a etiqueta de reporte e este só teria de a colocar na caixa.

De forma a aumentar a fiabilidade dos dados sem diminuir a produtividade do processo, foi planeada a colocação de duas balanças, uma de cada lado do molde, de forma a colocar o material injetado no suporte ao lado.

4.1.2.3.2 Forno

Considerando a descrição de problemas e planeamento da solução pretendida, são expostos, na Tabela 48, os dispositivos/métodos necessários para satisfazer a mesma.

Tabela 48 – Problema e solução do sistema do forno

Problema	Solução
Desconhecimento do consumo energético	Medidor de consumo energético; Sensor de temperatura.
Falta de controlo da produção	Sensor para velocidade do tapete; Sensor para contagem de tabuleiros.
Falta de planificação	<i>Kanban</i>

Com as soluções apresentadas, é possível definir um sistema de controlo de produção com a esquematização, apresentada na Figura 57.

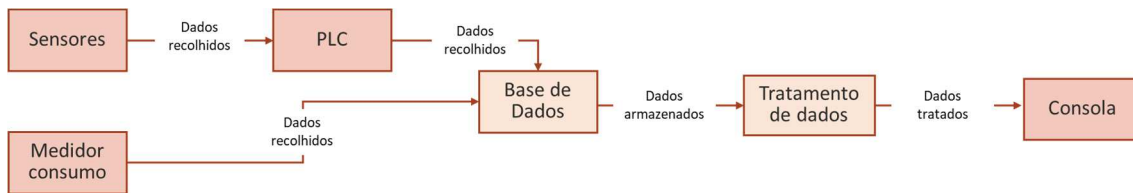


Figura 57 – Funcionamento do sistema desenvolvido para o forno

O operador, ao seleccionar a referência em passagem pelo forno, permite que este compare os valores de temperatura lidos com os definidos pelo cliente, de forma a controlar o processo. De forma a controlar a produção, é feita a contagem de tabuleiros passados por hora pelo forno.

Relativamente ao reporte de material com tratamento térmico, não existe definido pela empresa como premissa qualquer reporte deste material em sistema ERP. Assim, é feito o tratamento dos dados e apresentação de indicadores que ajudarão a controlar a produção e gestão dos equipamentos.

4.1.2.3.3 Máquina de Corte

Todas as máquinas de corte existentes na empresa possuem um sensor que permite a contagem de cabos, espiral e tubos cortados, como demonstra a Figura 58, existindo a necessidade de alocar um sistema mais robusto, com mais informação, como descrito pelas iterações do projeto.



Figura 58 – Exemplo de um contador de máquina de corte

Ponderando os problemas indicados no processo atual de reporte e falta de controlo da produção, foi idealizado um sistema de contagem de material produzido, com os equipamentos presentes na Tabela 49, e a sua respetiva função.

Tabela 49 – Equipamentos do sistema de controlo para máquinas de corte

Equipamento	Função
PLC	Controlo de processos da máquina.
Consola	Apresentação de número de corte feitos; Apresentação da informação recolhida e tratada pelo sistema; Interface do sistema para operador de máquina.
Impressora	Impressão de etiqueta de reporte.

Com os equipamentos, é definido um sistema que permite ao operador executar toda o controlo da produção sem ser necessário deslocar-se da sua zona de trabalho. Como demonstra a Figura 59, todo o processo de controlo e registo de produção é feito no equipamento, com a ligação de todos os dispositivos.

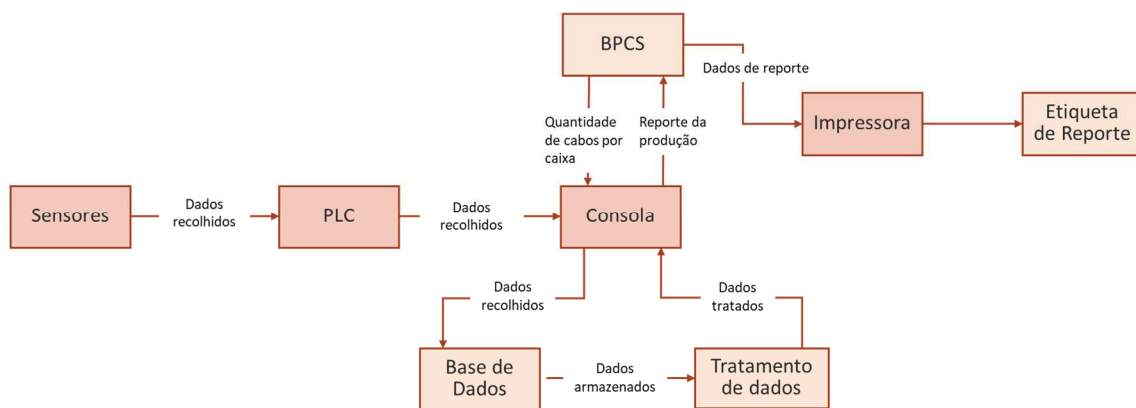


Figura 59 – Funcionamento do sistema desenvolvido máquina de corte

4.1.2.4 Análise SWOT da solução

A análise SWOT (Figura 60) identifica os pontos fortes (*Strengths*) e fracos (*Weaknesses*) da empresa e as oportunidades (*Opportunities*) e ameaças (*Threats*) do projeto, apresentado para os equipamentos integrados.

	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Fatores internos	<p>Maior controlo da produção; Acesso à produção em tempo real; Histórico da produção; Maior fiabilidade dos resultados; Redução de tarefas; Apoio da gestão de topo.</p>	<p>Investimento elevado; Adaptação ao novo método e equipamentos por parte dos colaboradores.</p>
Fatores externos	<p>Automatização do processo; Indústria 4.0; Sistema MES.</p>	<p>Avanço tecnológico; Equipamentos com essa tecnologia já integrada.</p>

Figura 60 – Análise SWOT da solução

4.1.2.5 APP WIP

A implementação da solução para as tipologias de equipamentos estudados neste projeto, é importante explicar o funcionamento da APP WIP. APP WIP, é o nome atribuído ao projeto desenvolvido para aumentar o controlo de produção de produto intermédio produzido nas máquinas de injeção e corte, e forno. Todos os sistemas implementados podem ser consultados em qualquer computador.

A aplicação divide-se em duas versões: a versão utilizador, - apresentada neste capítulo – e a versão de administrador.

A versão de administrador permite definir a consola segundo o equipamento a que se irá destinar, admitindo a troca de consola entre diferentes equipamentos sem que seja necessária a programação da mesma. Como se pode verificar na Figura 61 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, o separador “Controlo” permite fazer a gestão entre os três sistemas desenvolvidos.

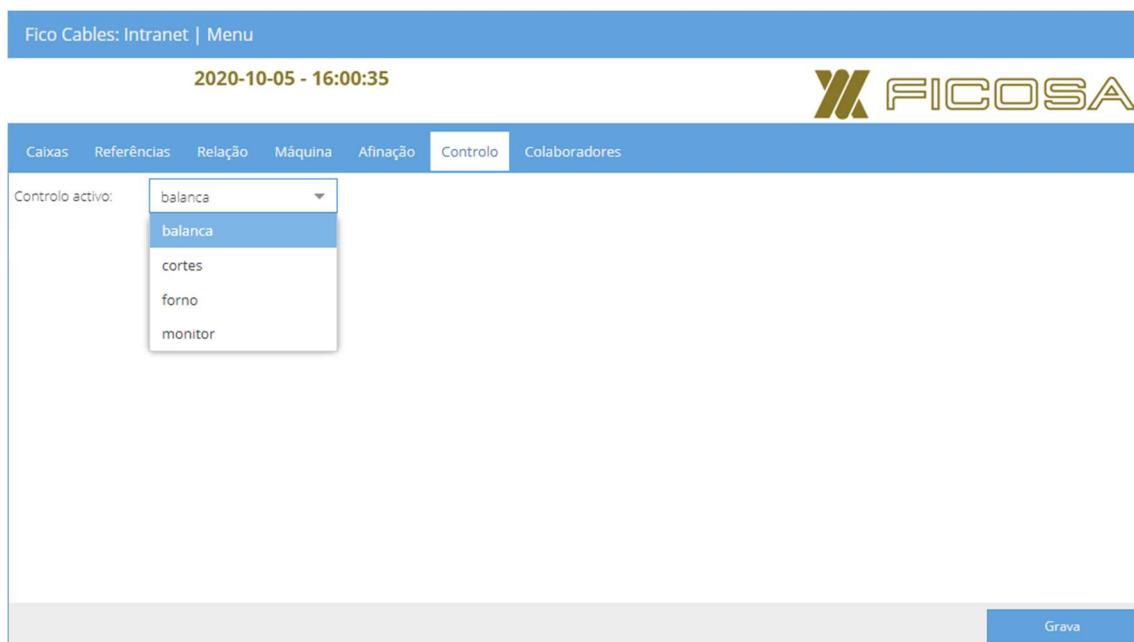


Figura 61 – Controlo da APP WIP

Nesta área de gestão, é possível fazer as configurações de fotografias a apresentar, informação de máquina como nome, IP, utilizador, etc., afinação de sistema (no caso de balança), entre outros. Recentemente, foi adicionado um separador de colaborador, que está a ser desenvolvida para uma melhoria apresentada no capítulo seguinte.

4.1.2.6 Implementação

À semelhança do processo de implementação do Mapex no controlo de produção das linhas de montagem, é necessário para a APP WIP definir as várias etapas de realização do projeto. Junto com a equipa, foram definidas as tarefas representadas na Figura 62.

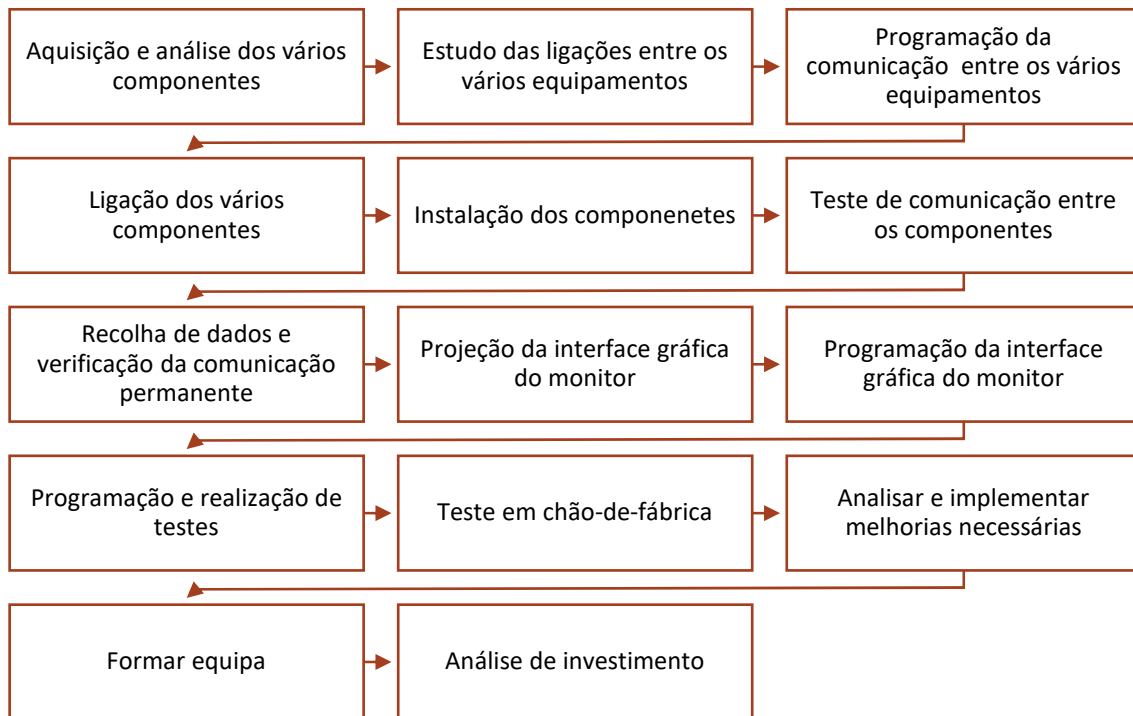






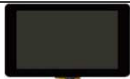



Figura 62 – Etapas da implementação da App WIP

De seguida são apresentados os projetos para as três tipologias de equipamento, com a descrição de equipamentos, custos associados, e melhorias analisadas.

4.1.2.6.1 Injeção de Plástico

O *hardware* definido e necessário para a implementação encontra-se na Tabela 50, com apresentação dos preços fornecido pelos fornecedores da organização. É de ressaltar que todos os equipamentos foram adquiridos pela empresa, sem recorrer a nenhum *renting*.

Tabela 50 – Lista de equipamento para implementar

Equipamento	Descrição	Valor	
	Balança	80 €	
	Impressora	250 €	
	Bancada de suporte	75 €	
	Consola	Caixa	30 €
		Monitor	68 €
		Microcomputador	40 €
		Cartão de Memória	30 €
		Fonte de alimentação 220V/5V	30 €
TOTAL		603 €	

A ligação física dos diferentes departamentos, realizada em conjunto com o departamento de informática, teve um custo adicional de 60 €, apresentando todas as tarefas na Tabela 51.

Tabela 51 – Custo de implementação do projeto na máquina de injeção

Tarefas	Custos
Desenvolver aplicação	300 €
Montar consolas	22,5 €
Ligar consola à balança	7,5 €
Instalar balança + consola na linha	15 €
Instalar impressora na linha	7,5 €
Ligar impressora à consola	7,5 €
Total	360 €

A implementação dos equipamentos na bancada apresenta-se na Figura 63, estando os sistemas dispostos em cada lado da máquina, como identificado na Figura 64.



Figura 63 – Equipamento dispostos na bancada



Figura 64 – Sistema na máquina de injeção

Após a implementação, e de modo a garantir que os dados recolhidos são fiáveis, por turno, é contado o número de peças de uma caixa aleatória, sendo o valor obtido comparado com o valor registado pela balança. Caso os dois valores não sejam iguais, é determinado, novamente, o peso de apenas um cabo injetado dessa referência e ajustado o valor do seu peso na base de dados.

A base de dados refere-se aos valores guardados em BPCS, num campo específico alocado a cada referência injetada no grupo de máquinas da injeção. Este campo, Figura 65, é atualizado pelos responsáveis CAP ou GAP da área indicada.

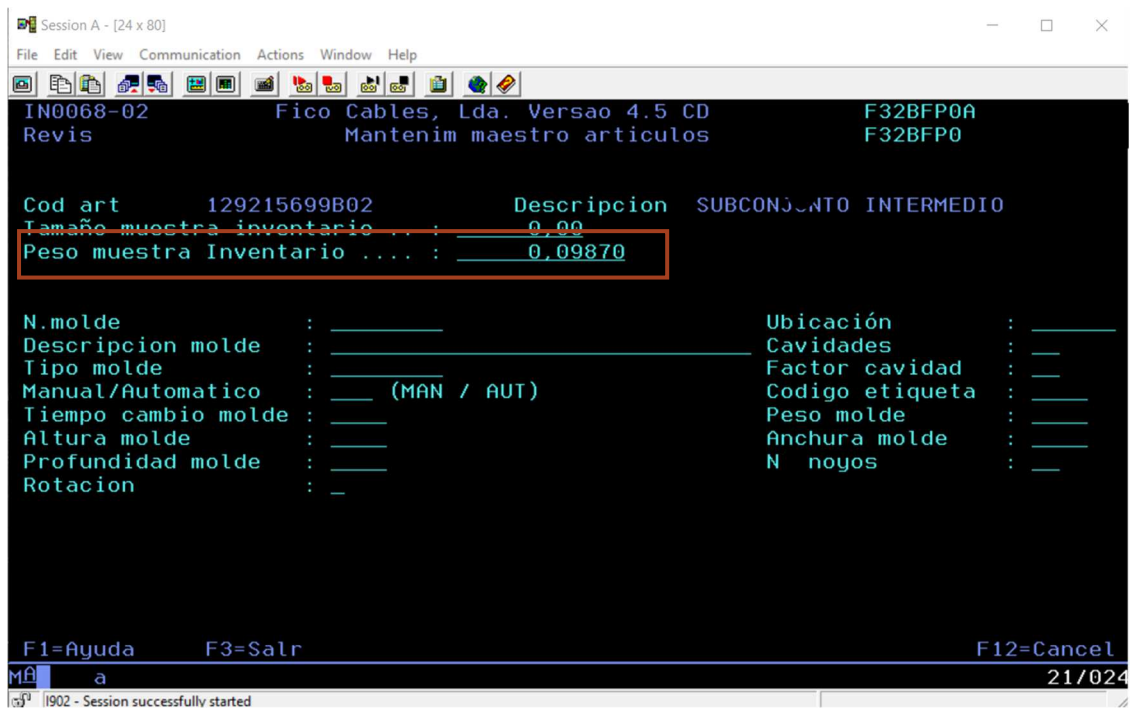


Figura 65 – Campo de registo do peso unitário de cabo injetado

Com a implementação do projeto, o processo de trabalho sofreu alterações significativas, como demonstra o fluxograma da Figura 66.

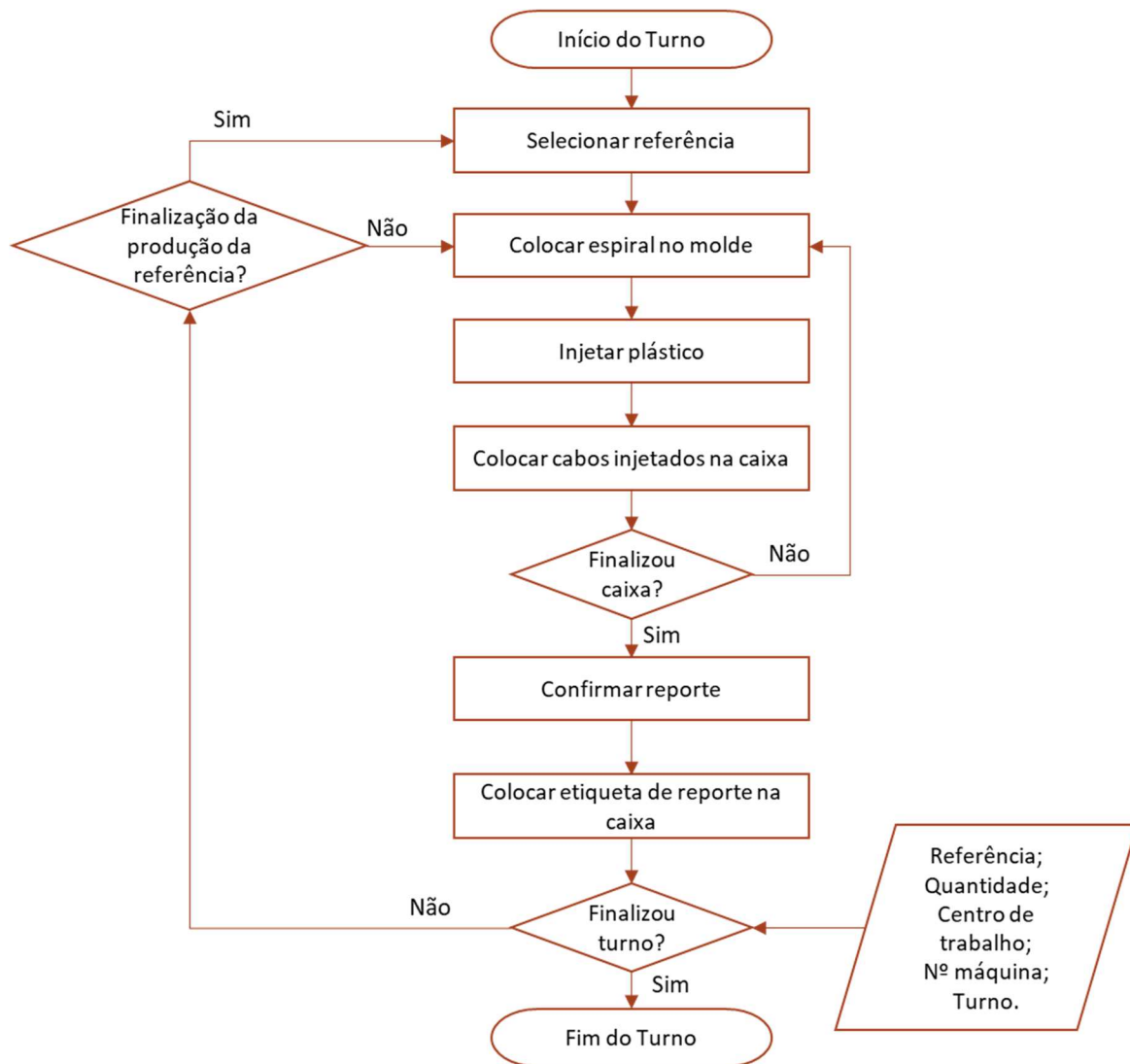


Figura 66 – Fluxograma das tarefas atuais do operador na máquina de injeção

Relativamente à aplicação *web* desenvolvida para o processo descrito no fluxo de tarefas anterior, teve como principais premissas:

- *User friendly*: adaptação fácil por parte dos operadores;
- Intuitivo;
- Facilidade em fundir com as outras duas aplicações (forno e máquina de corte).

As funcionalidades da aplicação foram definidas pela equipa durante as iterações, tendo sido definido a necessidade de:

- Informação de quantidade em caixa;
- Apresentação e escolha da caixa a utilizar;
- Escolha de referências;
- Contadores hora a hora;
- Reporte parcial (para o caso de ser necessário o reporte da caixa, sem o terminar);
- Apresentação do peso unitário do material injetado;
- Apresentação da quantidade por caixa definida no sistema.

De seguida, na Figura 67, é apresentada a APP WIP para as máquinas de injeção, com explicação de cada ponto acima identificado.

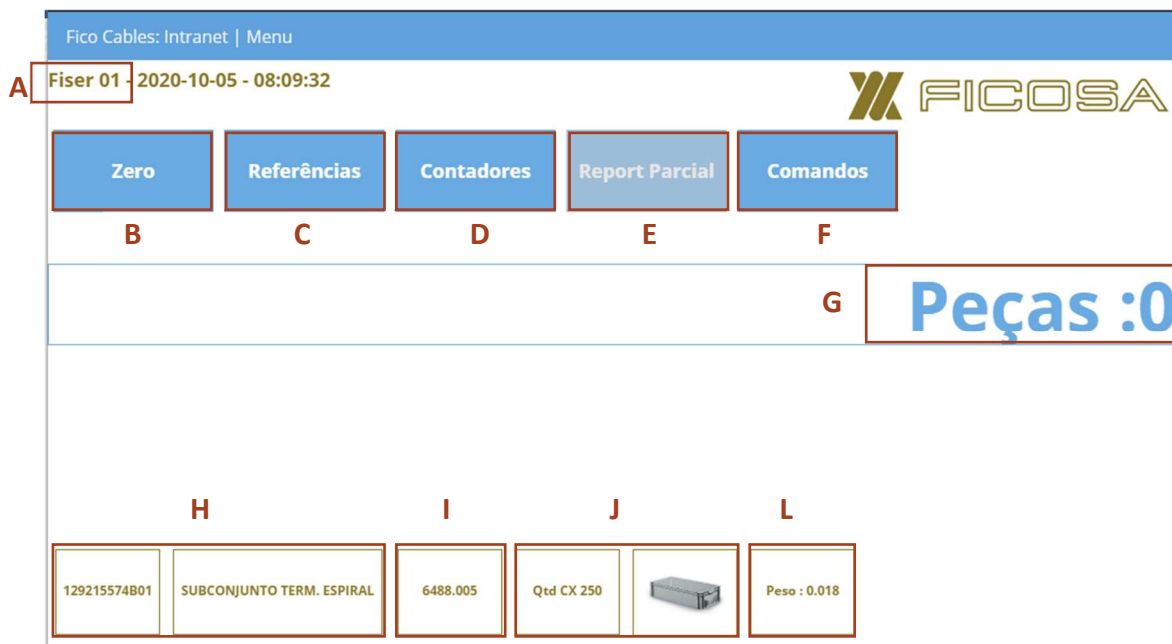


Figura 67 – Vista inicial da APP WIP para máquina de injeção

Ponto A: Identificação da máquina onde se encontra implementado o sistema.

Ponto B: Tecla utilizada para tarear a balança, ou seja, eliminar o valor lido na balança, correspondentes à caixa ou contentor. Esta ação pode ocorrer por algum erro de leitura, em que haja a necessidade de eliminar o valor lido ou posterior à colocação da caixa de vazia.

Ponto C: A referência a produzir é selecionada neste menu. Devido ao elevado número de referências, só são mostradas as referências com planeamento para os próximos 30 dias. No processo de escolha, são apresentadas as referências segundo numeração utilizada no campo, como se observa na Figura 68.

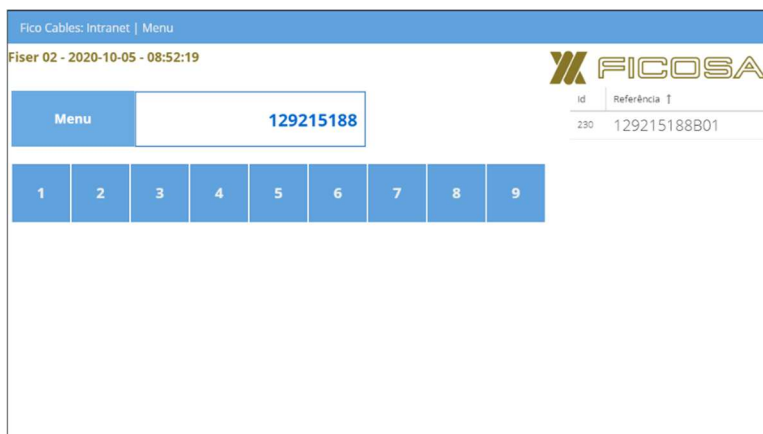


Figura 68 – Escolha de referência em produção

Após selecionar a referência, é necessário proceder à sua confirmação, como ilustra a Figura 69.

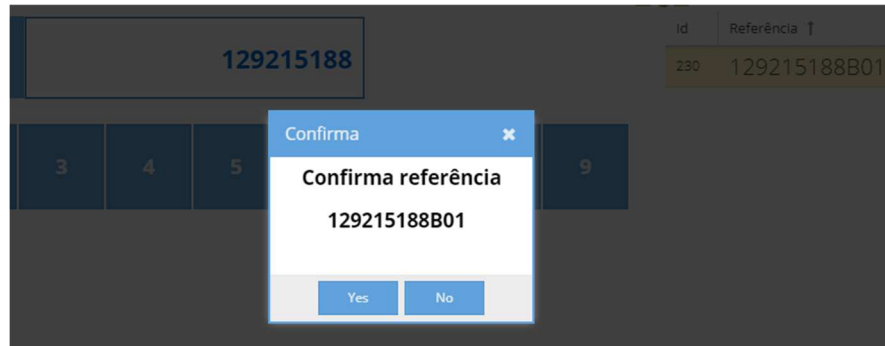


Figura 69 – Mensagem de confirmação de troca de referência.

Ponto D: São apresentados no menu “Contadores” as quantidades produzidas por hora nos três turnos (Figura 70).

Fico Cables: Intranet | Menu

Fiser 02 - 2020-05-25 - 09:04:31

FICOSA

Menu

Turno 1		Turno 2		Turno 3	
Hora	Qtd	Hora	Qtd	Hora	Qtd
6	0	14	0	22	0
7	0	15	0	23	0
8	0	16	0	0	0
9	0	17	0	1	0
10	0	18	0	2	0
11	0	19	0	3	0
12	0	20	0	4	0
13	0	21	0	5	0

Figura 70 – Contadores hora

Ponto E: O reporte parcial tornou-se crucial para o caso de ser necessário reportar a caixa sem ter atingido o número de peças total por caixa, devido a três causas: final do turno, falta de material ou avaria da máquina (Figura 71).



Figura 71 – Reporte parcial de material injetado

Ponto F: Os comandos apresentados para os operadores são “Desligar” e “Reiniciar”, permitindo ter ação sobre a consola.

Ponto G: No campo “Peças” é apresentado o número peças injetadas, que se encontra dentro da caixa. Esta conversão é feita com o peso lido pela balança e a informação do peso unitário da peça.

Ponto H: É apresentada a referência que está a ser produzida e a descrição associada. Assim, permite a qualquer momento a fácil identificação da referência pelo operador que está a ser produzida.

Ponto I: Descrição da caixa a ser utilizada na produção da referência selecionada.

Ponto J: Apresentação da quantidade por caixa definida no sistema e ainda a fotografia do aspeto da caixa. Esta informação está diretamente relacionada com a referência escolhida, como se pode observar nos exemplos da Figura 72.

129215188B01	SUBCONJUNTO INTERMEDIO	GALIA 6422.500	Qtd CX 500	
129215574B01	SUBCONJUNTO TERM. ESPIRAL	6488.005	Qtd CX 250	

Figura 72 – Alteração da informação da caixa

A informação da caixa, como o peso, a descrição e a fotografia. é gerida por uma base de dados, apresentada na Figura 73.















Referência c...	Descricao caixa	Peso	Foto	Nova foto
6488.00500	6488.005	2,66		
8716.00500	8716.005	4,02		
CXAAMRDESM	Desmontáveis	3,08		
CXABRC0810	Média Branca	3,84		
PSA	PCA 01965	4,16		
Schoeller Alli...	Cinza alta	2,71		
UARCAL1315	GALIA 1315	3,70		


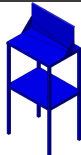





Figura 73 – Gestão de informação das caixas

Ponto L: Peso total lido pela balança.

4.1.2.6.2 Forno

No caso do equipamento necessário para implementar o sistema no forno, é retirado a balança e a impressora, e são adicionados os sensores e medidor de consumo energético, conforme descrito na Tabela 52.

Tabela 52 – Lista de equipamento para implementar

Equipamento	Descrição	Valor	
	PLC <i>Beckhoff</i>	350 €	
	Bancada de suporte	75 €	
	Consola	198 €	
	Sensores	Temperatura (Sonda PT100)	50 €
		Velocidade do tapete (M8)	10 €
		Contagem de tabuleiros (M18)	80 €
	Medidor de consumo energético (<i>Wibeee One 4W</i>)	185 €	
TOTAL		948 €	

No caso do forno, devido à recolha da informação ser feita através de PLC, é imperativo alocar à equipa da informática um elemento do departamento dos processos, para a programação e instalação do PLC, sensores e medidor de consumo. As diferentes tarefas, e os custos associados, estão apresentados na Tabela 53.

Tabela 53 – Custo de implementação do projeto no forno

	Tarefa	Custo
Processos	Instalar e programar PLC	90 €
	Instalar e programar sensor de temperatura	60 €
	Instalar e programar sensor de velocidade do tapete	37,50 €
	Instalar e programar sensor de contagem de tabuleiros	45 €
	Instalar medidor de consumo energético	30 €
Informática	Criar ponto de rede	15 €
	Programar medidor de consumo energético	15 €
	Ligação de todos os componentes da consola	30 €
	Instalar consola	7,50 €
	Desenvolver aplicação	300 €
TOTAL		630 €

Após a aplicação de todos os equipamentos, todo o desenvolvimento em termos de troca de dados foi cooperação entre o departamento de informática e o de processos.

Com a implementação dos sensores e de forma a verificar a fiabilidade dos resultados obtidos, foi realizado um procedimento de verificação, para cada um deles, na Tabela 54.

Tabela 54 – Método utilizado para verificação dos resultados obtidos

Sensor	Método utilizado
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Calibração do sensor por parte de uma empresa externa.
Velocidade do tapete	<ul style="list-style-type: none"> • Marcou-se um ponto de referência no tapete e cronometrou-se o tempo que este demorava a dar uma volta completa. • De seguida, mediu-se o comprimento do tapete do forno e dividiu-se pelo tempo obtido, verificando-se assim o valor do sensor.
Contagem de tabuleiros	<ul style="list-style-type: none"> • Foi feita uma contagem visual dos tabuleiros produzidos, num período mínimo de uma hora, em diferentes dias e turnos.

Todos os dados foram analisados durante uma semana, com recolha em ciclos de 10 minutos (Figura 74) durante 2 meses, o que permitiu analisar e garantir a fiabilidade dos dados.

id	Total Tabuleiros	Report Tabuleiros	Temperatura (°C)	Velocidade (cm/s)	Corrente (A)	Voltagem (V)	Potência (kW)	PotênciaTotal (KWh)	Frequência (Hz)	Data
33	3124	0	293	0,6	50,21	229,73	11,47		50	24/05/2019 16:49
34	3124	0	293	0,6	50,21	229,73	11,45		50	24/05/2019 16:50
35	3131	7	293	0,6	49,73	228,4	11,27		50	24/05/2019 17:00
36	3131	0	289	0,6	49,28	227,24	11,11		50	24/05/2019 17:10
37	3134	3	291	0,6	50,03	229,42	11,39		50	24/05/2019 17:20
38	3143	9	295	0,6	49,49	228,09	11,21		50	24/05/2019 17:30
39	3143	0	292	0,6	49,54	228,11	11,22		50	24/05/2019 17:40

Figura 74 – Dados recolhidos dos sensores e medidor de consumo instalados

Com esta recolha e tratamento dos dados, foi possível, também, solucionar dois problemas que tinham sido referidos anteriormente:

- Desconhecimento de capacidade de cada forno;
- Falta de seguimento diário.

Foi ainda implementado *Kanban* nesta área, tendo sido iniciado o estudo pela consideração dos pontos seguintes:

- Projetos atualmente em produção;
- Cadência de um tabuleiro no forno;
- Capacidade de arames por referência, num tabuleiro;
- Número de arames por caixa;
- Consumo médio diário de cada arame, tendo em conta o orçamento projetado.

Com esta informação, determinou-se o número de *Kanbans* por referência, necessários para satisfazer os pedidos diários, com o fator de segurança de 20%. Esta análise pode ser consultada em detalha no Anexo 5.

Com a implementação do projeto, o processo de trabalho sofreu alterações significativas, como demonstra o fluxograma da Figura 75.

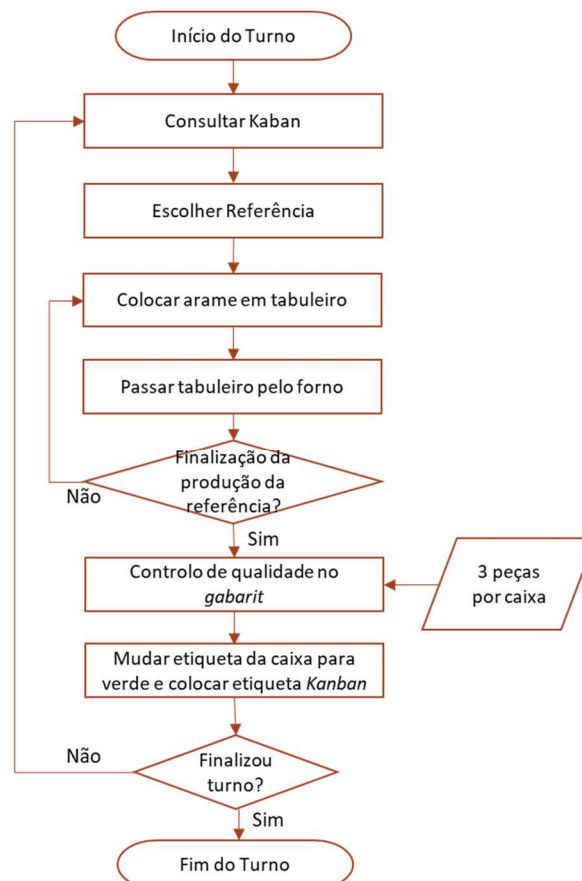


Figura 75 – Fluxograma das tarefas atuais do operador no forno

Como já referido anteriormente, no forno foi inserida uma consola, e desenvolvida uma aplicação – tendo por base a ligação e semelhança com a aplicação já desenvolvida para as máquinas de injeção -, na área do forno. Os operadores de cada forno visualizam a sua produção,

rendimento e parâmetros de segurança, como por exemplo, a temperatura. Seguem-se as Figura 76 e Figura 77 que ilustram a aplicação desenvolvida.

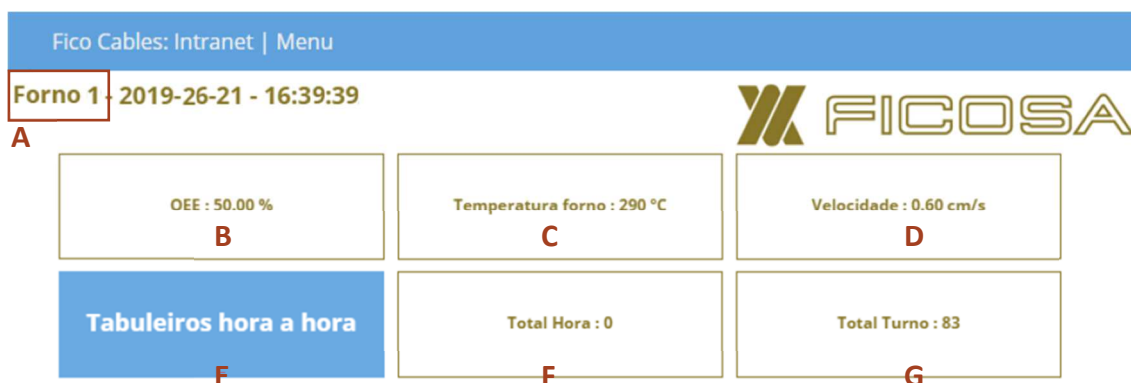


Figura 76 – Vista inicial da APP WIP para forno

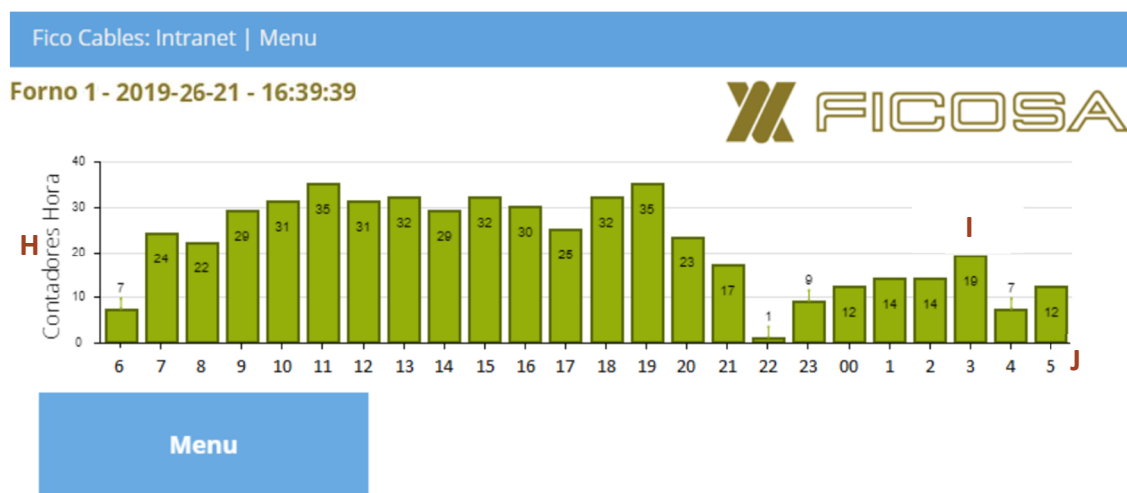


Figura 77 – Menú de contadores de produção por hora

Os pontos assinalados, têm a funcionalidade seguinte:

Ponto A: Identificação do forno onde se encontra implementado o sistema.

Ponto B: OEE do dia.

Ponto C: Apresenta a temperatura atual do forno, em graus *Celsius*.

Ponto D: Informa a velocidade do tapete do forno, medida em centímetros por segundo.

Ponto E: Permite visualizar a produção por hora, apresentada na Figura 77.

Ponto F: Número de tabuleiros produzidos na hora corrente.

Ponto G: Número de tabuleiros produzidos no turno corrente.

Ponto H: Escala do eixo vertical do gráfico de barras, o qual indica o número de tabuleiros produzidos.

Ponto I: Indica o número de tabuleiros produzidos para cada hora.

Ponto J: Escala do eixo horizontal do gráfico de barras, indica as horas.

4.1.2.6.3 Máquina de Corte

Os custos para integração nos equipamentos de corte são distintos, devido à variedade de equipamentos existente na organização. Até à data, foi realizado levantamento na nas UAP's 2, 3 e 4, relativamente a máquinas de corte de cabo, espiral, tubo estrela e tubo interior, conforme indicado na Tabela 55.

Tabela 55 – Número de máquinas de corte por UAP

UAP	Cabo	Espiral	Dorca	Tubo Estrela	Tubo Interior
2	5	6		1	
3	2	8		2	1
4			8		

Além desta informação, foram identificadas as necessidades de cada uma das máquinas, sendo na Tabela 56 apresentados todos os equipamentos necessários, e na Tabela 57 a alocação de custos segundo as necessidades dos equipamentos.

Tabela 56 – Lista de equipamento para implementar








Equipamento	Descrição	Valor	
	Switch Beckhoff	72 €	
	Impressora	250 €	
	Consola	Caixa	30 €
		Monitor	68 €
		Microcomputador	40 €
		Cartão de Memória	30 €
		Fonte de alimentação 220V/5V	30 €

Tabela 57 – Custos associados ao equipamento

Equipamentos	Máquina com consola	Máquina sem consola	Máquina com consola sem portas Ethernet
	11	15	6
Switch			X
Impressora	X	X	X
Caixa		X	
Monitor		X	
Microcomputador	X	X	X
Cartão de Memória	X	X	X
Fonte de alimentação		X	
Custo por máquina	320 €	448 €	392 €

Na Tabela 57 são apresentados três cenários diferentes para os equipamentos analisados, sendo descrita seguidamente a explicação e solução obtida para cada um dos cenários.

- **Máquina com consola:** Com a existência de consola na linha, será utilizada a mesma para a programação do sistema, e interface homem-máquina. Neste tipo de equipamentos existe um PLC que será igualmente programado com as necessidades já anteriormente referidas.
- **Máquina sem consola:** Um cenário idêntico ao apresentado anteriormente, com a adição de necessidade de alocação do sistema completo da consola, devido à falta de monitor nos equipamentos.
- **Máquina com consola sem portas Ethernet:** Este cenário acrescenta a necessidade de compra de um *switch* comparativamente ao cenário 1 apresentado. Neste caso, a inexistência de porta *ethernet* necessária para a comunicação entre o sistema e a máquina, obriga à compra deste equipamento.

Falta ainda ressaltar que em seis dos equipamentos apresentados, não existe PLC alocado à máquina, o que acarretaria um acréscimo no investimento de 350 €. Assim, a solução apresentada à organização de recolher a informação por sinais elétricos, traduziu-se num ganho de mais de 2 000€.

Além do investimento em equipamento físico, houve um investimento em recursos humanos, tendo sido traduzido em diferentes tarefas, descritas na Tabela 58.

Tabela 58 – Custo de implementação do projeto na máquina de corte

	Tarefa	Custo
Processos	Instalação de <i>switch</i>	15 €
	Recolher informação do sensor	15 €
	Programação	180 €
Informática	Criar ponto de rede	15 €
	Ligação de todos os componentes da consola	30 €
	Instalar consola	7,50 €
	Desenvolver aplicação	250 €
TOTAL		513 €

A implementação em chão-de-fábrica até à data da apresentação da presente dissertação não se realizou, estando planeada para o início de 2021. Está previsto, com o desenvolvimento da aplicação, o processo de trabalho sofrer alterações, estando já definido no fluxograma da Figura 78.

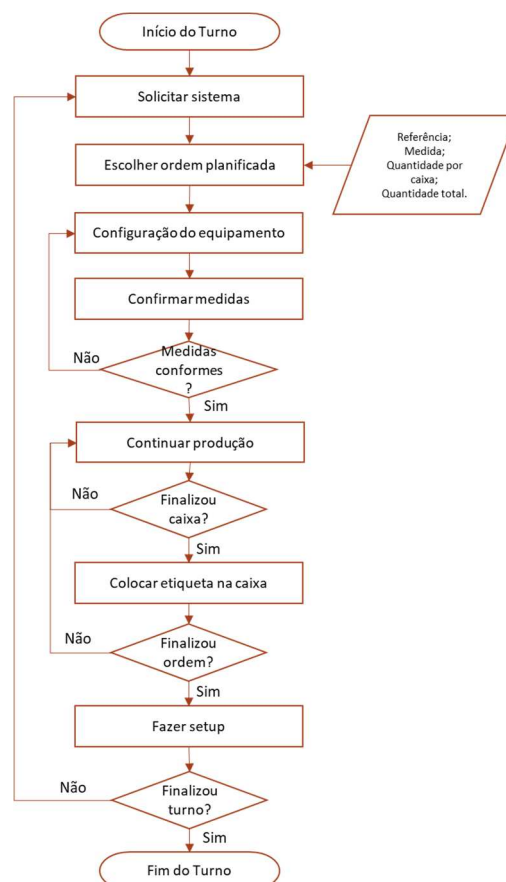


Figura 78 – Fluxograma das tarefas atuais do operador na máquina de corte

Dentro do segmento da APP WIP, as funcionalidades desenvolvidas para as máquinas de corte seguem a orientação do sistema das máquinas de injeção, sendo que não existe a contagem através de peso, mas sim através de *input* fornecido pelo sensor da máquina de contagem de cortes efetuados. Assim, ainda em fase de desenvolvimento, é apresentado o sistema desenhado para as máquinas de corte (Figura 79).

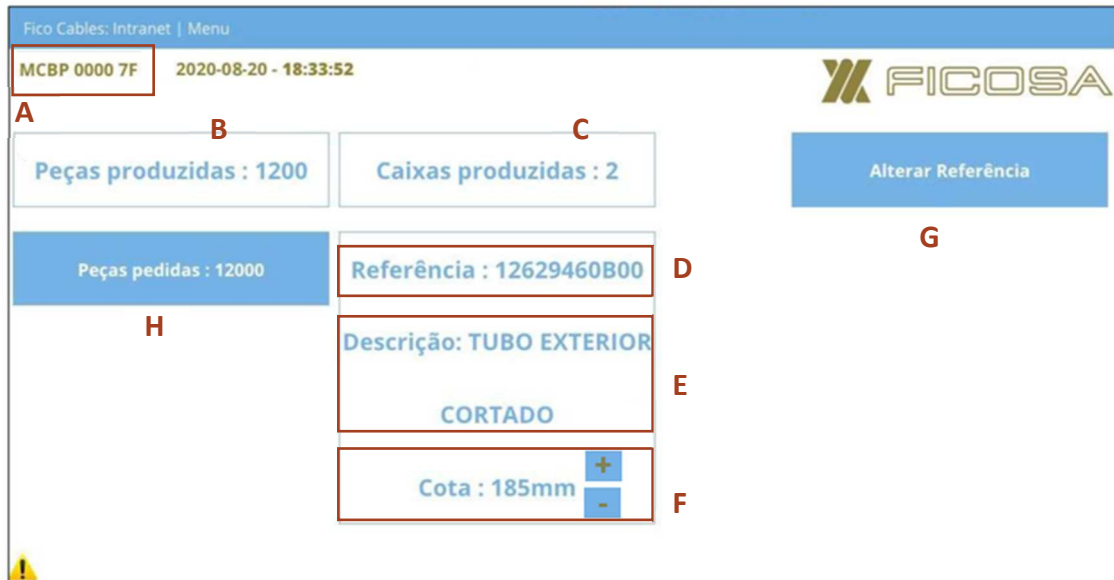


Figura 79 – Vista inicial da APP WIP para máquina de corte

Os diferentes pontos assinalados têm como funcionalidade:

Ponto A: Identificação da máquina onde se encontra implementado o sistema.

Ponto B: Permite visualizar o número de peças cortadas.

Ponto C: As caixas produzidas, vão aqui sendo acumuladas.

Ponto D: Apresenta a referência em produção.

Ponto E: Refere a descrição do produto.

Ponto F: Apresenta a medida de corte especificada no BPCS, bem como a possível mudança de medida, num intervalo de cinco milímetro. Esta funcionalidade é muito útil, uma vez que a medida de corte depende de vários fatores, podendo ser o tipo de contentor, exposição da borracha, entre outros.

Ponto G: Aqui, podem ser alteradas as referências de corte. Neste menu, são apresentadas todas as referências planificadas para a máquina.

Ponto H: Apresenta a quantidade de tubos pedidos.

4.1.2.7 Apresentação das Melhorias

Com a implementação dos sistemas, foram identificadas melhorias que permitem o aumento do controlo e integração de sistemas de melhoria do processo. Assim, na Tabela 59 são apresentadas as melhorias e o seu estado de implementação.

Tabela 59 – Melhorias APP WIP

ID	Melhoria	Justificação	Estado
1	SCADA	Apresentação da informação de OEE, referência em produção e quantidade produzida por hora para cada equipamento.	Em processo
2	Integração RFID	Integração de um leitor de cartão por equipamento. Com este sistema, será possível analisar se o operador tem formação para manusear com o equipamento e impede o arranque da linha se não tiver ninguém registado na mesma.	Em processo
3	Integração de paragem	Com a leitura do tempo excedido de paragem definido, será criado um alerta de necessidade de justificação de paragem, fazendo com que o controlo sobre o equipamento seja aumentado.	Em validação
4	Apresentação da ordem planificada	Com integração do sistema com o BPCS, são consultadas as ordens de fabrico planificadas para um intervalo de três dias, sendo apenas possível produzir as referências planificadas.	Em validação
5	Sucata	Integração de códigos de sucata (no máximo cinco) que permite ao operador, por hora, sucatar o material que está danificado.	Em validação

As melhorias apresentadas estão planeadas concluir até ao final do ano corrente de 2020, trazendo à aplicação um maior controlo sobre as informações diretamente relacionadas com a produção.

4.1.2.8 Análise crítica dos resultados

Dos problemas apresentados pelo processo utilizado nos equipamentos de máquina de injeção, forno e máquina de corte, foram todos solucionados com a apresentação das funcionalidades da APP WIP.

Assim, além da evidência estratégica da solução, como apresentada na Tabela 60, são analisados em termos económicos e funcionais as aplicações implementadas.

Tabela 60 – Solução dos problemas apresentados

Máq. Injeção		Forno		Máq. Corte	
Registo errado da produção	✓	Falta de planificação	✓	Falha no processo de reporte	✓
Falta de etiqueta na caixa	✓	Reporte de quantidades erradas	✓	Falta de etiqueta na caixa	✓
Falha no processo de <i>reporte</i>	✓	Falta de controlo da produção	✓	Falta de controlo na produção	✓
		Desconhecimento da capacidade de cada forno	✓		
		Falta de seguimento	✓		
		Desconhecimento do consumo energético	✓		

4.1.2.8.1 Investimento

De forma a compactar toda a informação de investimento necessário para a implementação da APP WIP, foi elaborada a Tabela 61 com a indicação do número de equipamentos e o investimento necessário em material e mão-de-obra.

Tabela 61 – Investimento em equipamentos e mão-de-obra

Equipamento	Número de Equipamentos	Custo equipamentos	Custo mão de obra
Injeção	9	603 €	360 €
Forno	3	948 €	630 €
Corte			
Máquina com consola	11	320 €	513 €
Máquina sem consola	15	448 €	
Máquina com consola sem portas <i>ethernet</i>	6	392 €	

Assim, o investimento necessário para todos os equipamentos analisados nas UAP's 2, 3 e 4, é de mais de 50 mil euros, Tabela 62. É de salientar que no caso das máquinas de injeção, são implementados dois sistemas.

Tabela 62 – Investimento total de implementação do sistema

Equipamento	Nr de Sistema por equipamento	Custo total da implementação
Injeção	2	17 334 €
Forno	1	4 734 €
Corte		
Máquina com consola	1	9 163 €
Máquina sem consola	1	14 415 €
Máquina com consola sem portas ethernet	1	5 430 €
TOTAL		51 076 €

4.1.2.8.2 Ganhos

Os ganhos podem ser qualitativos e/ou quantitativos. O autor da presente dissertação identifica como ganhos qualitativos, além da resolução dos problemas:

- Redução de tempo improdutivo;
- Incremento da troca de informação;
- Aumento da disponibilidade da informação;
- Criação de valor para o produto, pela redução de custos não-produtivos.

Relativamente aos ganhos em numérico são apresentados separadamente, nas Tabela 63, Tabela 64 e Tabela 65 que se seguem, estando associados com:

- Redução de falha de reportes;
- Eliminação do processo de reporte manual;
- Aumento dos dados obtidos automaticamente;
- Redução de processos manuais;
- Eliminação do controlo através de quadros de produção
- Informação atualizada em tempo real.

Tabela 63 – Identificação dos ganhos na implementação da APP WIP nas máquinas de injeção

Identificação do Ganho	Descrição do Ganho	Ganho Estimado	Valor (ano) / Valor Fixo
Ganhos Operador	Tempo gasto a preencher o quadro	A informação registada no quadro deixa de ser feita, substituída pela informação automática	Diferença entre o tempo de registo no quadro e na APP WIP* nr máquina injeção*nr dias uteis*ordenado de operador 1 811,25 €
	Tempo gasto em reportar caixa de material injetado	O reporte passa a ser automático, não sendo necessária a deslocação ao computador para a ação	Tempo de reporte*qt de reporte por dia*nr máquina injeção*nr dias uteis*ordenado de operador 9 056,25 €
	Tempo gasto a preencher o Diário de Bordo	A informação registada no Diário de Bordo deixa de ser feita, substituída pela aplicação	Tempo no preenchimento*nr equipamentos*nr dias uteis 2 264,06 €
Ganhos	Análise de valores de stock	O aumento da fiabilidade dos dados, faz com que o stock em fábrica esteja correto,	Tempo gasto por dia a analisar stock*ordenador logístico*nr dias uteis 3 953,13 €
	Custo de área de stock	eliminando a consulta de stock existente sem necessidade	Área gasta com stock com mais de 1 semana * preço de área por ano 400,00 €
Recursos	Quadros de Produção	Retirar quadros de produção	Nr máquinas*110€ 990,00 €
	Redução de materiais	Deixa de ser necessária a utilização de marcadores, panos e álcool, para registo e limpeza dos mesmos	Recolha da informação nas PO's de pedido (por ano) * percentagem de máquinas 1 280,54 €
TOTAL			19 755,23 €

Tabela 64 – Identificação dos ganhos na implementação da APP WIP nos fornos

Identificação do Ganho	Descrição do Ganho	Ganho Estimado	Valor (ano) / Valor Fixo	
Ganhos Operador	Tempo gasto a preencher o quadro	A informação registada no quadro deixa de ser feita, substituída pela informação automática	Diferença entre o tempo de registo entre no quadro e na APP WIP* forno *nr dias uteis*ordenado de operador	603,75 €
	Tempo gasto a preencher o Diário de Bordo	A informação registada no Diário de Bordo deixa de ser feita, substituída pela informação na aplicação	Tempo no preenchimento *nr forno*nr dias uteis*ordenado de operador	352,19 €
	Tempo gasto a consultar material com tratamento	Com a implementação de Kanban, o operador deixa de ter a necessidade de consultar material com tratamento	Tempo na consulta por dia*nr forno*nr dias uteis*ordenado de operador	9 056,25 €
Ganhos Logísticos	Análise de valores de stock	O aumento da fiabilidade dos dados, faz com que o stock em fábrica esteja correto, eliminando a consulta de stock existente sem necessidade	Tempo gasto por dia a analisar stock*ordenador logístico*nr dias uteis	1 581,25 €
	Custo de área de stock		Área gasta com stock com mais de 1 semana * preço de área por ano	1 500,00 €
	Eliminação de um forno	Com a análise feita durante 2 meses, provou-se que o equipamento Forno1, tinha um OEE de cerca de 53 %, o que consequentemente levou à organização a diminuir de 3 para 2 fornos	Média diária de consumo * valor de faturação	6 982,80 €
Recursos Físicos	Quadros de Produção	Retirar quadros de produção	Nr forno*110€	330,00 €
	Redução de materiais	Deixa de ser necessária a utilização de marcadores, panos e álcool, para registo e limpeza dos mesmos	Recolha da informação nas PO's de pedido (por ano) * percentagem de forno	350,78 €
TOTAL			20 757,02 €	

Tabela 65 – Identificação dos ganhos na implementação da APP WIP nas máquinas de corte

Identificação do Ganho	Descrição do Ganho	Ganho Estimado	Valor (ano) / Valor Fixo	
Ganhos Operador	Tempo gasto a preencher o quadro	A informação registada no quadro deixa de ser feita, substituída pela informação automática	Diferença entre o tempo de registo entre no quadro e na APP WIP* nr máq corte*nr dias uteis*ordenado de operador	6 440,00 €
	Tempo gasto a preencher o Diário de Bordo	A informação registada no Diário de Bordo deixa de ser feita, substituída pela informação na aplicação	Tempo no preenchimento* nr máq corte*nr dias uteis*ordenado de operador	3 756,67 €
	Tempo gasto em reportar caixa de material injetado	O reporte passa a ser automático, não sendo necessária a deslocação ao computador para a ação	Tempo de reporte*qt de reporte por dia* nr máq corte*nr dias uteis*ordenado de operador	37 566,67 €
Ganhos Logísticos	Análise de valores de <i>stock</i>	O aumento da fiabilidade dos dados, faz com que o <i>stock</i> em fábrica esteja correto, eliminando a consulta de <i>stock</i> existente sem necessidade	Tempo gasto por dia a analisar <i>stock</i> *ordenador logístico*nr dias uteis	3 953,13 €
	Custo de área de <i>stock</i>		Área gasta com <i>stock</i> com mais de 1 semana * preço de área por ano	150,00 €
Quadros de Produção	Retirar quadros de produção	Nr máquinas corte*110€	3 520,00 €	
Redução de materiais	Deixa de ser necessária a utilização de marcadores, panos e álcool, para registo e limpeza dos mesmos	Recolha da informação nas PO's de pedido (por ano) * percentagem de forno	1 707,39 €	
TOTAL			57 093,85 €	

4.1.2.8.3 Análise dos resultados

É possível, analisando os investimentos e ganhos expectáveis, afirmar a viabilidade do projeto. Na eventualidade de todos os equipamentos, à data presente, estarem implementados com o sistema APP WIP, o ganho seria de quase 47 000 €.

Contudo, no momento, a implementação ainda não está concluída, sendo o planeamento feito até 2022 (Tabela 66).

Tabela 66 – Planeamento anual dos equipamentos a implementar com APP WIP

Equipamentos	Número	Implementação atual	Previsão 2020	Previsão 2021	Previsão 2022
Máquina de Injeção	9	6	3	-	-
Forno	3	1	0	2	-
Máquina de Corte	32	0	0	15	17

Com o planeamento anual apresentado, é possível prever ganhos com as implementações a decorrer durante os próximos anos. Assim, na Tabela 67 são apresentados os ganhos por ano, segundo os investimentos realizados.

Tabela 67 – Ganhos previstos entre 2019 e 2022

	2019	2020	2021	2022	
Investimento	Máquina de Injeção	11 556,00 €	5 778,00 €	- €	- €
	Forno	1 578,00 €	- €	3 156,00 €	- €
	Máquina de Corte	- €	- €	13 500,00 €	15 300,00 €
Ganhos	Máquina de Injeção	11 658,00 €	17 487,00 €	17 487,00 €	17 487,00 €
	Forno	6 692,08 €	6 692,08 €	13 384,16 €	13 384,16 €
	Máquina de Corte	- €	- €	24 312,00 €	51 865,60 €
Valor Transição		5 216,08 €	23 617,16 €	62 144,32 €	
Balanço	+ 5 216,08 €	+ 23 617,16 €	+ 62 144,32 €	+ 129 581,08 €	

É visível o empenho dedicado, por parte da organização, a projetos que acarretam valor ao produto, com incorporação de sistemas de controlo, integração de Indústria 4.0 nos sistemas existentes e aumento da fiabilidade dos dados analisados.

4.2 Controlo de processos auxiliares à produção

Com o intuito de controlar todos os processos envolventes na organização, de forma a poder avaliar e tornar os KPI's valores reais, é apresentada uma proposta de aumentar a fiabilidade e tornar os processos parte de um mesmo sistema.

Devido à falta constante de informação de tempo de avarias e afinações, existiu a necessidade de interferir no sistema de resolução de problemas apresentado ao departamento de manutenção.

4.2.1 Apresentação do processo atual

De forma a entender o processo atual, é crucial a apresentação do fluxograma de resolução de problema, exibido na Figura 80.

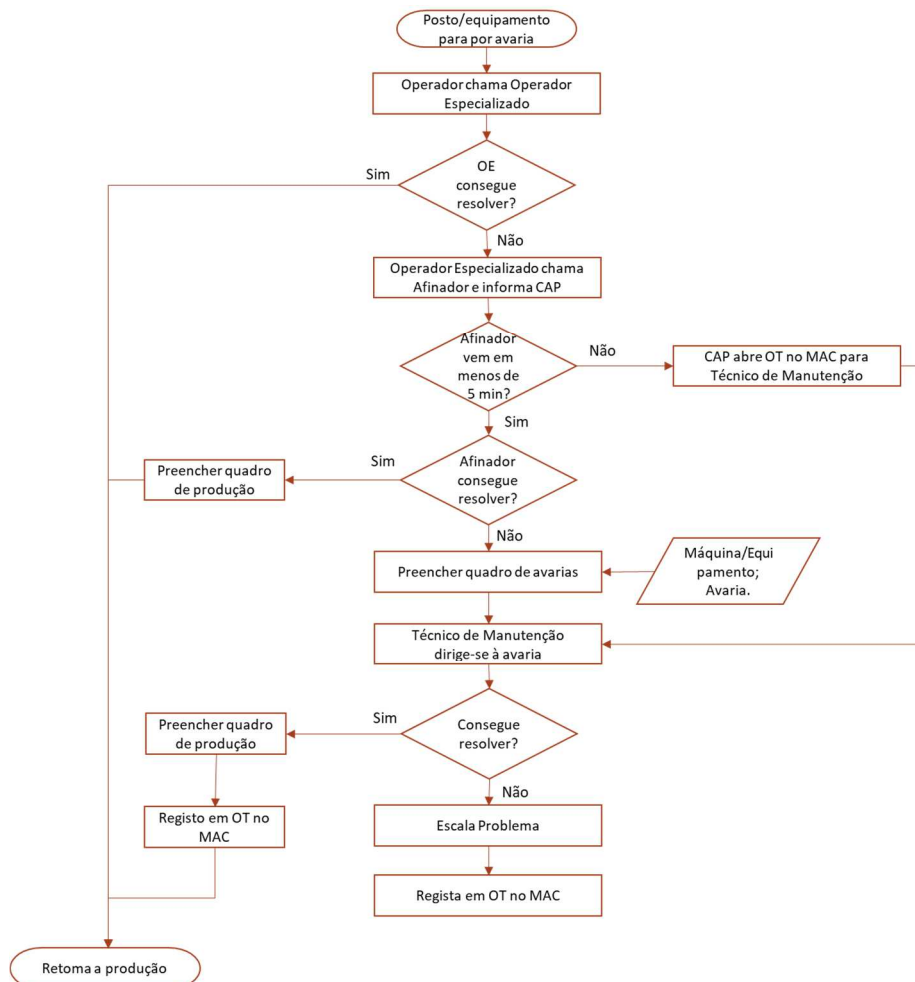


Figura 80 – Fluxograma de processo atual de resolução de avarias

O *software* MAC - PLATAFORMA DE MANUTENÇÃO ASSISTIDA, é a plataforma utilizada pela empresa para:

- Registrar os pedidos e intervenções realizadas na linha;
- Documentação referente a equipamentos;
- Gestão de entrada e saída de material.

No entanto, foram detetados alguns problemas pela organização e pelos utilizadores diretos da aplicação e ainda problemas relacionados com o processo atual, apresentados na Tabela 68.

Tabela 68 – Problemas identificados no processo atual

	Problema	Descrição do Problema	Consequência
Aplicação	Possibilidade de eliminar OT's (Ordens de Trabalho)	A aplicação permite que as OT's sejam eliminadas por qualquer utilizador sem que fique o registo.	Falta de assistência ou informação relevante para deteção do erro.
	Alteração de registos	Todos os campos são passíveis de ser alterados, como a duração da resolução do problema,	Os dados analisados pela direção da manutenção não são fiáveis.
	Desconhecimento do técnico que resolveu a OT	Não é preenchido o campo de técnico no momento de fechar a OT.	Desconhecimento de responsabilidade e carga de trabalho.
	Impossibilidade de conexão com a Produção	O registo feito no MAC, não tem interligação com outras bases de dados.	Dificuldade na análise do impacto da OT para o departamento da Produção.
	Falta de manutenções preventivas	Existe dificuldade por parte da equipa em criar mapa de manutenções preventivas	Criação de mapa em <i>MS Office Excel®</i> e dificuldade em fazê-lo cumprir.
Processo	Incoerência com os dados apresentados pela Produção	O tempo e ações realizadas durante a intervenção não coincidem.	Impossibilidade de fazer análises de impacto.
	Falta de registo de tempos de espera	Devido ao processo de resolução de problemas não ser registado, os tempos de espera nem sempre são assinalados.	Disponibilidade de linha é afetado, mas não existe informação sobre a duração.
	Ordem de pedido mais antigo não é cumprida	Devido ao pedido ser registado num quadro, sem ser dada numeração, acontece de um pedido posterior ser registado numa linha acima de outros mais antigos.	Falta de conhecimento de ordem de resolução de problemas, não é seguido o escalonamento FIFO.
	Falta de comunicação entre a passagem de OT do afinador para o técnico	Na troca do afinador para técnico, nem sempre é possível informar as etapas que já foram realizadas.	Tempo de resolução superior e duplicação de trabalho.

Problema	Descrição do Problema	Consequência
Registo digital feito apenas pelos técnicos	Todo o processo de resolução realizado pelo afinador não é registado.	Não é possível identificar as ações que foram realizadas.
Dificuldade em analisar avarias sistemáticas nos equipamentos	Nem todos os registos de intervenções são realizados.	Impossível identificar problemas-tipo e/ou avarias sistemáticas.

Aquando do levantamento dos problemas existentes, foi informado pelo departamento de OHSE (*Occupational Health, Safety and Environment*) que durante a intervenção nos equipamentos não eram cumpridos os procedimentos definidos pela organização: LOTO (*Lockout-Tagout*), trabalhos a quente e trabalhos em altura.

Estes procedimentos são importantes para fazer os intervenientes ter controlo sobre o equipamento de forma segura, contribuindo para a redução de acidentes, proteção e preservação dos equipamentos.

Assim, torna-se um problema ainda mais grave, pois alocado aos problemas já enumerados, acresce a falta de noção de segurança exigida pelas intervenções.

4.2.2 Apresentação da solução

Com o conhecimento da aplicação já utilizada pela organização, Mapex, é consultada a empresa espanhola para apresentação do módulo de Manutenção. Com esta apresentação, são conhecidas as funcionalidades do módulo de Manutenção e seu custo para a organização.

O módulo “Gestão de Manutenção Mapex” garante:

- controlo detalhado de todos os técnicos e horários de intervenção;
- controlo e gestão de peças de reposição (*stocks*, pedidos, guias de remessa, custos, entre outros.);
- elaboração de mapa de manutenção preventiva;
- gestão de manutenções corretivas;
- conexão direta com máquinas, ciclos de máquinas e contadores em tempo real;
- criação automática de OT’s;
- conexão direta com o módulo de Produção;
- criação de *checklist’s*.

A compra da solução apresentada um custo de 8 000 €, o que implica uma ponderação por parte da organização. De forma a analisar a solução a implementar, é reunido o departamento de informática, de forma a definir os recursos necessários para uma solução idêntica à apresentada pela Mapex.

A disponibilidade para a programação desta solução é de apenas um técnico, o que irá englobar uma dedicação total durante três dias/semana ficando os restantes dias para assuntos do departamento e outros projetos atribuídos. Assim, foram enumeradas as tarefas necessárias e o tempo dedicado, estando associado um custo de mão-de-obra. O desenvolvimento da

aplicação duraria cerca de 8 meses, o que acarretaria um custo para a organização de cerca de 8 500 €.

A aplicação não contemplava os processos de pedidos de armazém, ou seja, o controlo e gestão de peças de reposição, a conexão direta com o módulo de produção e a criação automática de OT's.

Assim, em meados de julho de 2019 foi definido pela empresa a compra do módulo de manutenção Mapex, seguindo-se as etapas de implementação.

4.2.3 Implementação

A implementação deste projeto, - segundo definido pela equipa de manutenção e produção - consistiu em realizar a substituição do *software* já existente, MAC, e numa fase posterior, a implementação de novos processos. Assim, na Tabela 69 é apresentada a descrição das fases macro do projeto, e posteriormente a descrição detalhada de cada tarefa realizada.

Tabela 69 – Descrição das fases de implementação do Mapex MM

Fase	Objetivo	Descrição
1ª	Substituir MAC	<ul style="list-style-type: none"> • Importação de toda a informação dos equipamentos; • Realização de teste; • Formação de Mapex e procedimentos OHSE; • Análise e gestão de stocks no armazém; • Definição de fluxo do processo de intervenção nas máquinas.
2ª	Ativar a abertura de OT's automáticas	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de teste; • Formação de processo adicional na produção; • Redefinição de fluxo do processo de intervenção nas máquinas; • Ativação da abertura automática de OT's.
3ª	Planos de manutenção preventiva	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de capacidade de equipamentos; • Criados planos de manutenção preventiva.
4ª	Melhorar processos	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e realização de melhorias.

1ª Fase: Substituir MAC

Para iniciar a realização de testes, é necessária a importação de todos os equipamentos que necessitam de manutenção. Assim, são inseridos no Mapex todos os equipamentos de chão-de-fábrica e os ativos da empresa com possível necessidade de intervenção da Manutenção.

Os equipamentos apresentam-se de forma hierárquica no Mapex, ou seja, são criados níveis de organização, como demonstra o esquema das Figura 81 e Figura 82.

Código	nível	Descripción	Fic...	Tipo Elemento / Familia	Centro Servicio	Cuenta / ...	Ubicación	Fecha fin ...	Orden	Activo
01	1	Ficosa Internacional	...	Planta	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32	2	Fico Cables	...	Planta	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.01	3	UAP 1	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F02		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.02	3	UAP 2	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F01		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.03	3	UAP 3	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F01		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04	3	UAP 4	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F06		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.05	3	UAP 5	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F04		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.10	3	Instalações	...	Outros	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.11	3	Moldes Zamak	...	Moide de injeção zamak	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.12	3	Moldes Cabos	...	Moide de injeção plástica	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.13	3	Moldes Grelhas	...	Moide de injeção plástica	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 81 – Níveis 1, 2 e 3 de equipamentos Mapex

Código	nível	Descripción	Fic...	Tipo Elemento / Familia	Centro Servicio	Cuenta / ...	Ubicación	Fecha fin ...	Orden	Activo
01	1	Ficosa Internacional	...	Planta	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32	2	Fico Cables	...	Planta	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.01	3	UAP 1	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F02		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.02	3	UAP 2	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F01		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.03	3	UAP 3	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F01		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04	3	UAP 4	...	Seção	Manutenção	-- / -- / --	F06		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.1	4	LM8428001F_Linha montagem Suspension Mat-CRH 1*_240414...	...	Linha de montagem	Manutenção	-- / -- / --	F06		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.1.1	5	ST10 Espinhas	...	Outros	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.1.2	5	ST20 Enrolamento	...	Outros	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.1.3	5	ST30 Dobras laterais	...	Outros	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.1.4	5	ST40 Validação	...	Outros	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.10	4	LM30280002_Linha montagem Plataforma C	...	Linha de montagem	Manutenção	-- / -- / --	F06		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.100	4	TAC_000524_TAPETE ARRASTO CATERPILLE	...	Outros	Manutenção	-- / -- / --	F06		0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.101	4	MDAR00020F_MAQIUNA DE DOBRAR ARAME	...	Coformação Arame	Manutenção	-- / -- / --		29/11/2019	0	<input checked="" type="checkbox"/>
01.32.04.102	4	EXS_000585_EXTRUSORA MATEU&SOLÉ EXS_000585	...	Extrusão	Manutenção	-- / -- / --			0	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 82 – Hierarquia completa dos níveis configurados em Mapex

Os níveis apresentados nas Figura 81 e Figura 82, são configuráveis em Mapex, tendo sido definidos segundo informação apresentada na Tabela 70.

Tabela 70 – Descrição de níveis definidos em Mapex

Nível	Informação
1	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo Ficosa.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa Ficocables.
3	<ul style="list-style-type: none"> • UAP's; • Moldes dos equipamentos; • Instalações (equipamentos existentes em todas a empresa, como ar condicionado, secadores, rede de incêndio, bebedouros, etc.)
4	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos.
5	<ul style="list-style-type: none"> • Se aplicável, é adicionado este nível para postos e/ou equipamentos adicionais ao apresentado no nível anterior.

Após a inserção de todos os equipamentos, é agora crucial a realização de testes de forma a definir o novo processo, e a preparação de formações para abertura de OT's e sua realização.

Assim, após a realização de testes durante dois dias, foi definido um novo processo que se encontra descrito na Figura 83.

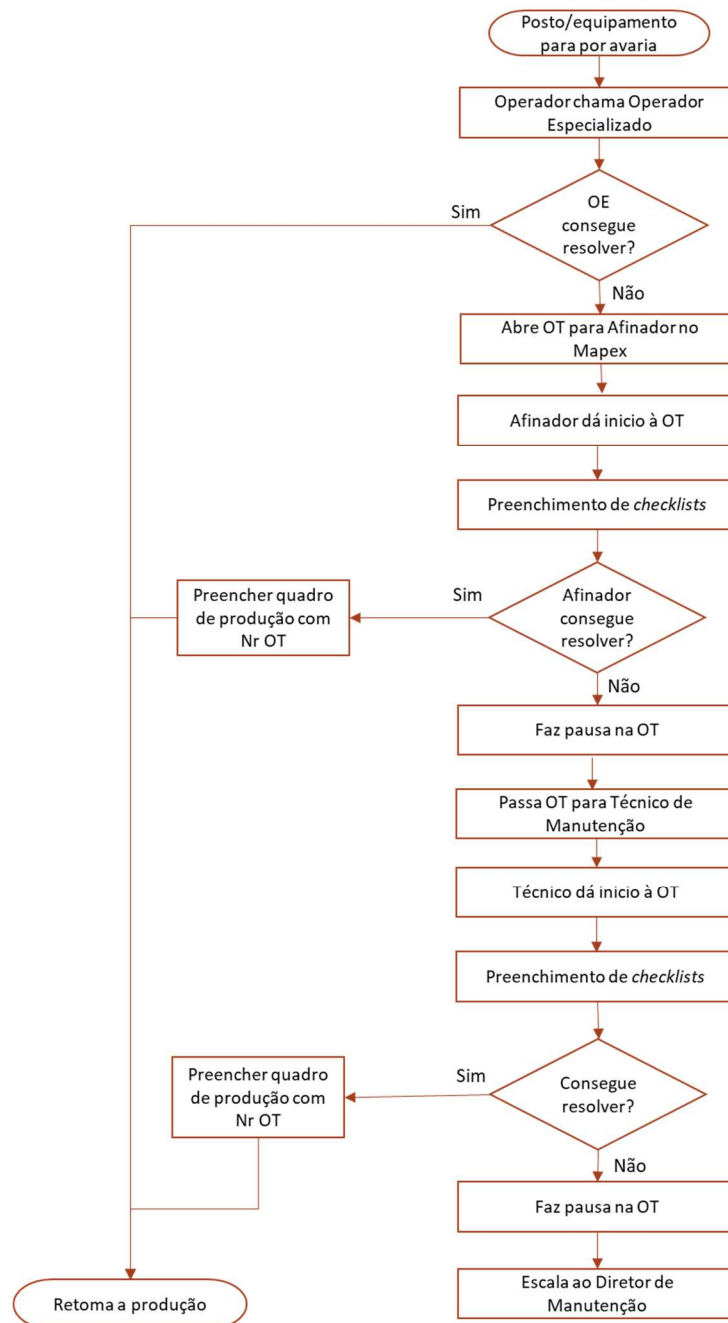


Figura 83 – Fluxograma de novo processo na intervenção de avarias

Após aceite o fluxograma pela direção de vários departamentos envolvidos, como Produção, Manutenção, OHSE, Melhoria Contínua e Direção de Fábrica, foram inseridos os *checklists* de OHSE no *software*.

As *checklists* são apresentadas imediatamente após ser iniciada a OT, sendo necessário o utilizador informar se tem conhecimento dos procedimentos de LOTO, Permissão de Trabalhos a Quente e Permissão de Trabalhos em Altura e quais é que se aplicam. No caso de ser necessário aplicar algum destes é obrigatório o preenchimento do *checklist*, como apresentado nas Figura 84 e Figura 85.

Descrição	OK	NO OK	N/A	Resultado	Borrar	Entrar Valor
Grupo Control: PASSO 1: PREPARAÇÃO E NOTIFICAÇÃO						
1.1. Tipo e quantidade de fonte de energia que foi identificada no equipamento: A. Eléctrica	OK	NO OK	NO PROCEDE	OK	Eliminar ...	Entrar ...
1.1. Tipo e quantidade de fonte de energia que foi identificada no equipamento: B. Pneumática	OK	NO OK	NO PROCEDE	NO PROCEDE	Eliminar ...	Entrar ...
1.1. Tipo e quantidade de fonte de energia que foi identificada no equipamento: C. Hidráulica	OK	NO OK	NO PROCEDE	NO OK	Eliminar ...	Entrar ...
1.1. Tipo e quantidade de fonte de energia que foi identificada no equipamento: D. Térmica	OK	NO OK	NO PROCEDE	OK	Eliminar ...	Entrar ...
1.1. Tipo e quantidade de fonte de energia que foi identificada no equipamento: E. Mecânica	OK	NO OK	NO PROCEDE	OK	Eliminar ...	Entrar ...
1.2. Os possíveis riscos relacionados co a fonte de energia que foi identificada.	OK	NO OK	NO PROCEDE	OK	Eliminar ...	Entrar ...
1.3. Os passos são necessários são necessários para controlar a fonte de energia e analisar.	OK	NO OK	NO PROCEDE	OK	Eliminar ...	Entrar ...
1.4. Todos os trabalhadores afectados foram notificados que o equipamento vai estar parado.	OK	NO OK	NO PROCEDE	OK	Eliminar ...	Entrar ...
Grupo Control: PASSO 2: PARAGEM DO EQUIPAMENTO/ MÁQUINA						
2.1 Os procedimentos de Segurança da Físca fora seguidos.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
Grupo Control: PASSO 3: ISOLAMENTO DO EQUIPAMENTO/ MÁQUINA						
3.1 O disjuntor principal ou interruptor de controle foi desligado.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
3.2 As válvulas foram fechadas.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
3.3 As linhas de processo foram desconectadas.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
Grupo Control: PASSO 4: COLOCAÇÃO DO BLOQUEIO E SINALIZAÇÃO						
4.1 Os alqueques foram colocados.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
4.2 As etiquetas foram colocadas	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
Grupo Control: PASSO 5: LIBERTAÇÃO DA ENERGIA ARMazenada						
5.1 A potência eléctrica foi sangrada	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
5.2 As pressões/ linhas hidráulicas da área de trabalho foram libertadas ou isoladas.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
5.3 Os tanques/ depósitos foram drenados.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
5.4 Os interruptores ou botões que podem ser actuados como "Início de ciclo" foram bloqueados, presos.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...

Figura 84 – Exemplo de preenchimento de checklist de LOTO

Descrição	OK	NO OK	N/A	Resultado	Borrar	Entrar Valor
Grupo Control: PERMISO TRABALHOS COM TEMPERATURAS ELEVADAS. I-HH-CA_MA-05-E						
1.1 A área de trabalho foi limpa, eliminando-se os produtos inflamáveis.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
1.2 Os materiais combustíveis foram removidos num raio de 10m ou protegidos com mantas ignífugas.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
1.3 Delimitou-se e sinalizou-se a área.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
1.4 O operador possui formação específica sobre riscos e medidas de prevenção para a realização de trabalhos com tempera...	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
1.5 Todos os EPI's estão disponíveis	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
1.6 Está presente o "safety leader"?	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...
1.7 Existem meios de combate a incêndio compatíveis com o trabalho, em boas condições e próximos ao local de trabalho.	OK	NO OK	NO PROCEDE		Eliminar ...	Entrar ...

Figura 85 – Exemplo de preenchimento de checklist de Permissão de Trabalhos a Quente

Após a introdução da informação no Mapex, é iniciada a formação aos operadores para abertura de OT's e para os Afinadores e Técnicos de Manutenção o procedimento de iniciar uma OT e de fechar a OT, que se encontra descrito na Figura 86.




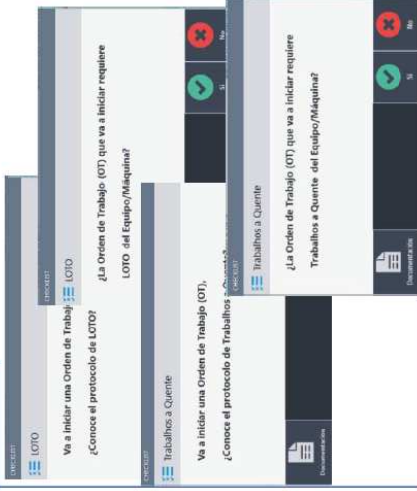

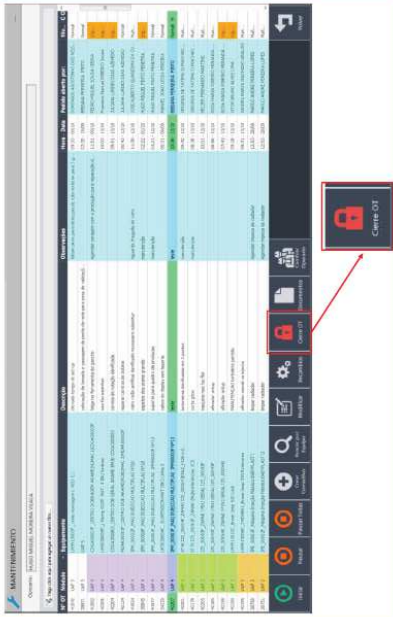

		INSTRUÇÃO DE TRABALHO Intervenção numa OT	
<p>1</p>	<p>Inserir o número de colaborador</p> 	<p>2</p>	<p>Escolher OT e carregar em "INICIAR"</p> 
<p>3</p>	<p>Preencher procedimentos requeridos na OT</p> 	<p>6</p>	<p>No caso de não ter conseguido resolver o problema deve seleccionar "PAUSAR"</p> 
<p>4</p>	<p>Após resolução de avaria, fechar a OT, seleccionando "Cerrar OT"</p> 	<p>5</p>	<p>Para finalizar a OT é obrigatório inserir avaria, causa e ação</p> 

Figura 86 – Instrução de intervenção numa Ordem de Trabalho

Devido à complexidade de substituir um programa massivamente em chão-de-fábrica, foi definida a instalação de Mapex de forma gradual pelas diferentes UAP's. Assim, numa primeira fase foi feita a substituição nas UAP's 2 e 3, seguida da UAP 4, e no final as UAP's 1 e 5. Esta escolha foi baseada na informação retirada pela produção de paragens devido a avarias dos equipamentos.

2ª Fase: Ativar a abertura de OT's automáticas

Após toda a organização estar familiarizada com o módulo de Manutenção do Mapex, foi adicionado um novo processo de abertura de OT's para as linhas de montagem que possuíam implementado o módulo de produção.

O processo consistiu na integração de abertura automática de OT pela justificação de paragem, como ilustra a Figura 87.



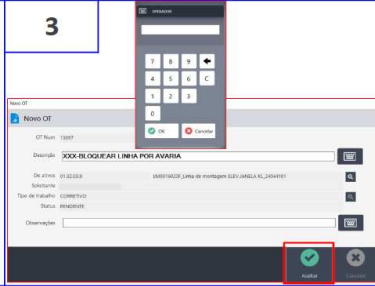


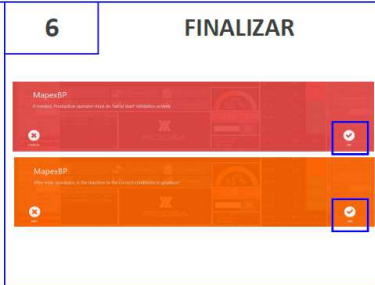
1		2		3	
					
<p>PARA SE ABRIR A OT AUTOMÁTICA TEM DE SE JUSTIFICAR A ÚLTIMA PARAGEM OU ENTÃO CRIAR UMA NOVA PARAGEM COM "RAISE DOWNTIME"</p>		<p>JUSTIFICAR COMO: "AFINADOR" - OT ABERTA PARA AFINADOR OU "TÉCNICO DE MANUTENÇÃO" - OR ABERTA PARA TÉCNICO MANUTENÇÃO.</p>		<p>A OT PARA SER ABERTA NECESSITA QUE SEJA INSERIDO O NÚMERO DO COLABORADOR E DE SEGUIDA FAZER "ACEITAR" NA OT.</p>	
					
<p>APÓS O TÉCNICO DE MANUTENÇÃO OU AFINADOR FECHAR A OT DEVE SER SELECIONADO "PRODUÇÃO".</p>		<p>INSERIR NÚMERO DE OPERADOR PARA REATIVAR A PRODUÇÃO.</p>		<p>DE SEGUIDA RESPONDER ÀS PERGUNTAS QUE VALIDAM O CORRETO FUNCIONAMENTO DA LINHA PARA VOLTAREM A PRODUIR.</p>	

Figura 87 – Instrução de Trabalho: abertura automática de OT

Assim, foram integradas duas justificações, que permitiam aos operadores de linha abrir automaticamente um pedido de intervenção, sendo elas:

- “Aguardar Afinador” – tem como objetivo abrir uma OT para que o afinador venha analisar o problema ou proceder a afinações;
- “Outras avarias” – tem como objetivo abrir um pedido de intervenção diretamente para os Técnicos de Manutenção.

Em qualquer um dos casos apresentados anteriormente, é possível a inserção de uma descrição da OT, de forma a explicar a situação da avaria. Desta forma, o afinador ou o técnico de manutenção possuem um pré-conhecimento da avaria antes de se dirigir à linha de montagem.

Esta alteração foi realizada massivamente em todas as linhas das UAP's 2, 3 e 4.

3ª Fase: Planos de manutenção preventiva

Com integração e conclusão da implementação de processos de criação e fecho de OT's, a implementação segue-se para a criação de planos de manutenção preventiva.

A todos os equipamentos são analisadas as seguintes informações:

- Data da última manutenção preventiva;
- Período definido pela empresa ou fabricante entre as manutenções preventivas;
- Duração das manutenções preventivas por tipo de equipamento;
- Verificações necessárias por tipologia de equipamento;
- Ocupação, em número de turno, de cada equipamento.

Com a informação descrita, foi possível criar um mapa de manutenção preventiva, que permite de forma clara identificar os equipamentos planeados para realização de manutenção preventiva, como ilustrado na Figura 88.

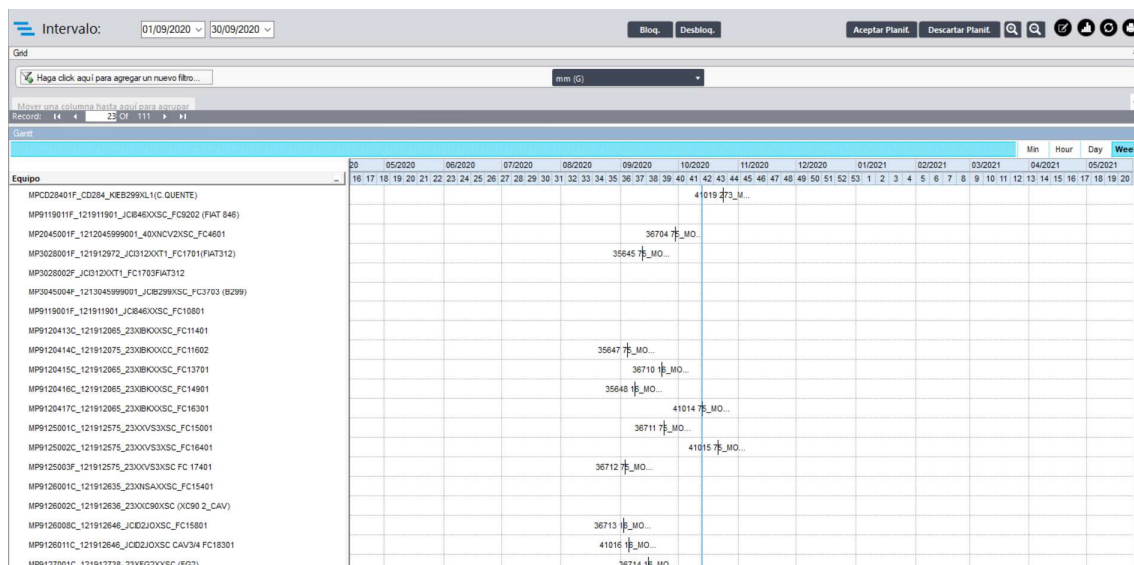


Figura 88 – Mapa de manutenção preventiva

É ainda possível analisar o cumprimento do mapa de manutenção preventiva, pela consulta do menu apresentado na Figura 89.

Nº OT	Desc. OT	Cod. Equipo	Equipo	Estado OT	Fecha Alta	Tiempo Real	Tiempo Planning	Real - Planning	Fecha Cierre...	Fecha Cierre	Fecha Caducado	Observaciones
35650	16_MOLDEPLAST.T	01.32.13.49	MP9127002C_121912738_23XFG20XSC (F...	FECHADA	15/09/2020	5:18:59	0:00:00	5:18:59	17/09/2020			Preventiva a ambas as buchas Foi trocada 1 ...
35649	75_MOLDEPLAST.S	01.32.13.49	MP9127002C_121912738_23XFG20XSC (F...	FECHADA	15/09/2020	3:09:42	0:00:00	3:09:42	17/09/2020	17/09/2020		Foi feita a preventiva ao molde
29369	59_MAOPLAST.S	01.32.02.51	IPF_000590_MÁQUINA DE INIECCÃO FIS...	FECHADA	21/06/2020	16:12:36	24:00:00	-7:47:24	16/09/2020			
33064	maquina faz barul...	01.32.04.75	MCAG00004F_MÁQUINA CORTAR ARAM...	FECHADA	04/09/2020	1:13:31	0:00:00	1:13:31	04/09/2020			
41014	75_MOLDEPLAST.S	01.32.13.28	MP9120417C_121912065_23XB00XSC_F...	PENDIENTE	07/10/2020	0:00:00	0:00:00	0:00:00				
29377	7_MAOPLAST.A	01.32.05.91	IPF_000584_MÁQUINA INIECCÃO FISER...	PENDIENTE	21/06/2020	0:00:00	24:00:00	-24:00:00				
35647	75_MOLDEPLAST.S	01.32.13.25	MP9120414C_121912075_23XB00XSC_F...	FECHADA	15/09/2020	11:53:13	0:00:00	11:53:13	19/09/2020			preventiva e soldar pinos da cavidade
35643	273_MODPLAST.A	01.32.12.17	MP2713002F_12229590_091VW350L1 (C...	FECHADA	15/09/2020	3:00:21	0:00:00	3:00:21	24/09/2020			
35644	273_MODPLAST.A	01.32.12.18	MP2959001F_12229590_091VW350L1 (C...	FECHADA	15/09/2020	3:59:31	0:00:00	3:59:31	24/09/2020			
36706	273_MODPLAST.A	01.32.12.37	MP3184003C_CD371_05XD200X11	FECHADA	18/09/2020	6:20:36	0:00:00	6:20:36	24/09/2020			
36707	273_MODPLAST.A	01.32.12.43	MP3224001C_12232246_KIEV408X11(FO...	FECHADA	18/09/2020	3:59:48	0:00:00	3:59:48	24/09/2020			
36708	273_MODPLAST.A	01.32.12.74	MP95713001F_1025713171001_57ALR300...	FECHADA	18/09/2020	4:17:26	0:00:00	4:17:26	24/09/2020			
36709	273_MODPLAST.A	01.32.12.76	MP9180001F_1028180171003_092B00X...	FECHADA	18/09/2020	2:32:25	0:00:00	2:32:25	24/09/2020			
36712	75_MOLDEPLAST.S	01.32.13.37	MP9125003F_121912575_23X0V53XSC F...	FECHADA	18/09/2020	3:00:23	0:00:00	3:00:23	22/09/2020			
29320	59_MAOPLAST.S	01.32.05.92	IRL_000078_MÁQUINA INIECCAO ARBUR...	PENDIENTE	21/06/2020	0:00:00	24:00:00	-24:00:00				
29361	59_MAOPLAST.S	01.32.02.43	IRL_000079_MÁQUINA INIECC ARBURG L...	PENDIENTE	21/06/2020	0:00:00	24:00:00	-24:00:00				

Figura 89 – Cumprimento das ações de manutenção preventiva

4ª Fase: Melhorar processos

No decorrer de um ano de utilização do módulo de manutenção, foram detetadas várias melhorias ao processo e ao *software*. Assim, algumas das melhorias que apresentaram maior impacto encontram-se descritas na Tabela 71.

Tabela 71 – Apresentação de melhorias no Mapex MM

ID	Melhoria	Justificação	Estado
1	Criação de formulário de pedidos	A abertura de OT's é, a partir de agora, feita por toda os colaboradores da organização. Devido à demora de criação uma sessão Mapex para mais de 1 200 pessoas, foi criado um formulário numa plataforma a que todos os colaboradores têm acesso. Assim, o pedido é feito nessa plataforma e carregado automaticamente para o Mapex.	Resolvido
3	Reformular e unificar avarias, causas e ações	Os campos de avaria, causa e ação são de escrita o que permite a inserção de dados de formas distintas. Assim, é criada uma lista de avarias, causas e ações mais usuais, que é selecionada no momento de fecho da OT.	Resolvido
5	Manual de equipamento no Mapex	É inserido no menu de equipamentos toda a documentação dos equipamentos de forma à consulta de caraterísticas do equipamento e valores ser de fácil consulta.	Resolvido
12	Atualização de material por leitura de códigos de barra	No armazém a gestão de entrada e saída de material é feita por pistola de leitura de código de barras. Esta alteração permite melhorar o processo pela redução de inserção de código de material, constituído por 9 dígitos.	Em processo

4.2.4 Análise crítica dos resultados

Com a implementação do módulo de manutenção, as melhorias foram evidentes, permitindo que todos os problemas detetados fossem solucionados, e aumentassem os registos efetuados pelas equipas.

De forma a comprovar as melhorias, foi feita uma comparação de número de registos entre o período de um ano antes e após a implementação de Mapex MM. No período anterior, foram detetadas cerca de 25 000 OT's registadas, sendo que após o registo foram 40 391. Este aumento demonstrou à organização:

- Os problemas diariamente existentes nos equipamentos;
- A carga de trabalho dos afinadores e técnicos de manutenção;
- A falta de registos efetuados anteriormente;
- A possibilidade de analisar dados fiáveis, de forma automática.

O ponto apresentado em último, foi fulcral para a organização, pois, devido ao processo se tornar uniforme e similares para qualquer intervenção, a análise de dados foi tornada automática, pela apresentação de KPI's importantes para a organização, como representa a Figura 90.

MAPEX - Manutenção 2020-09-22 Zona: ALL Depart: ALL Procurar Exportar (Excel) 																	
ABERTA/FECHADA 348 / 345 (99%) 		MENSAL 7720 / 7689 (100%) 		ABERTA/24H 239 (205 21-09) 		GLOBAL 0 (0 21-09) 		TOP MAQ/EQUI 89x MAX 		MENSAL 09 8M 30D MAX 		GLOBAL 3D 23h MAX 		WK 39 WK 39 		MTRR (0/5) 4:11h / 3:53h 	
37552	FECHADA	UAP 4	C	IPT_00001F_MÁQUINA INIECÇÃO PLÁSTICO TAYU Nº23	veio da mesa partido (manutenção)	Desc OT	Op-Assig	Aberto por	Início	Finalizado por	Coment	Fim	Duração (h)	Urgência			
37551	FECHADA	UAP 3	PH	LH9916017E_Linha montagem ELEVJANELA BANIOS	PEDIDO - MATERIAL				23-09 05:44	JORGE NUNES		23-09 06:22	38 m	MU			
37550	FECHADA	UAP 4	C	LH3028003C_SUSPENSÃO NATI IBK2 Linha 2	peças ok caem a sucata				23-09 05:22	JORGE SILVA		23-09 05:26	4 m	MU			
37549	FECHADA	UAP 2	C	LH4413002C_Linha mont Kiebert Ford Transit Exterior	afinador-nao cola etiqueta				23-09 05:20	RICARDO LEITE		23-09 07:57	02 h 36 m	MU			
37548	FECHADA	UAP 3	PH	LH9916020F_Linha de montagem ELEVJANELA	pedido material				23-09 04:37	MARIA HEIRELES		23-09 05:28	28 m	U			
37547	FECHADA	UAP 4	C	IPM_00022F_MAQ INIECÇÃO MULTIPLAS Nº20	erro fecho de molde				23-09 04:32	JORGE SILVA		23-09 05:03	5 m	MU			
37546	FECHADA	UAP 1	C	EXP_00009F_14800703_EXTRUSORA PERIPLAST	Fazer corte na tampa do depósito da água para poder				23-09 04:31	JORGE SILVA		23-09 04:58	5 m	N			
37545	FECHADA	UAP 1	M	EXP_00009F_14800703_EXTRUSORA PERIPLAST	Colocar um dispositivo para fazer de travão ao				02-10 21:11	RICARDO SOUSA		02-10 21:11	16 h 40 m	N			
37544	FECHADA	UAP 1	M	EXP_00009F_14800703_EXTRUSORA PERIPLAST	Colocar os cabos electricos em calhas (desde da traseira da				01-10 14:28	FILIPPE SOUSA		01-10 14:28	8 d 09 h 41 m	U			
37543	FECHADA	UAP 4	TR/S	MDAR00007F_Máquina de dobragem de arames Inommaq	setup 746				23-09 22:21	GERMÃO FERREIRA		23-09 22:21	17 h 59 m	U			
37542	FECHADA	UAP 3	C	IZS_000540_ZAVIAK 1º INI GERAL IZS_000540	pedido de material				23-09 04:20	EURICO PAIVA		23-09 04:34	13 m	MU			
37541	FECHADA	UAP 4	C	IPM_00006F_MAQ INIECÇÃO MULTIPLAS Nº17	mangueira hidraulica com fuga de oleo (manutenção)				23-09 03:56	JORGE NUNES		23-09 06:22	02 h 25 m	MU			
37540	FECHADA	UAP 4	C	IPT_00001F_MÁQUINA INIECÇÃO PLÁSTICO TAYU Nº23	erro fecho de molde				23-09 03:47	JORGE SILVA		23-09 03:55	8 m	N			
37539	FECHADA	UAP 4	C	IPM3184004C_C0372_05X022XXXXL1	extratores baixos em uma bucha e altos na outra --Cotas				23-09 03:46	JORGE SILVA		23-09 20:53	2 d 17 h 6 m	N			
37538	FECHADA	UAP 4	C	IPM3078501F_12230785_0935E370L1(seat.leon)	Limpeza de molde				23-09 03:45	JORGE SILVA		23-09 05:35	01 h 50 m	N			
37537	FECHADA	UAP 4	C	IPM_00016F_MAQ INIECÇÃO MULTIPLAS Nº9	erro fecho de molde				23-09 03:32	JORGE SILVA		23-09 03:38	5 m	N			
37536	FECHADA	UAP 4	C	IPM_00008F_MAQ INIECÇÃO MULTIPLAS Nº18	erro fecho de molde				23-09 03:21	JORGE SILVA		23-09 03:52	10 m	N			
37535	FECHADA	UAP 4	C	IPF_000589_MÁQUINA INIECÇÃO FISER Nº5 IPF_000589	maquina desliga-se sozinha				23-09 03:13	PEDRO VEIGA		23-09 11:41	08 h 27 m	MU			
37534	FECHADA	UAP 4	TR/S	CDGA00011F_CENTRO DOBRAGEM DE ARAME TEC6	Setup				23-09 03:10	NUNO LOPES		23-09 04:45	01 h 34 m	U			
37533	FECHADA	UAP 4	C	CDGA00010F_CENTRO DOBRA ARAME TEC5	Dobras NOK				23-09 03:09	NUNO LOPES		23-09 04:04	54 m	U			
37532	FECHADA	UAP 2	PH	IZS_000543_ZAVIAK ROBOCOP IZS_000543	molta pressostato				23-09 03:08	JORGE SILVA		23-09 03:11	3 m	N			
37531	FECHADA	UAP 2	C	IPF_000588_MÁQUINA INIECÇÃO FISER Nº2 IPF_000588	Mudar molde				23-09 03:05	PAULO LEITE		23-09 03:44	39 m	U			
37530	FECHADA	UAP 4	C	IPM_00010F_MAQ INIECÇÃO MULTIPLAS Nº1	fuga de agua				23-09 03:04	JORGE SILVA		23-09 03:18	14 m	N			
37529	FECHADA	UAP 2	TR/S	LH4413003C_24033301_Linha mont Kiebert Ford Transit	Afinador- mudar ref. 224-222 (muda molde)				23-09 03:00	FÁTIMA COSTA		23-09 03:58	37 m	MU			
37528	FECHADA	UAP 2	C	LH4413002C_Linha mont Kiebert Ford Transit Exterior	afinador-nao corta cabo				23-09 02:50	ORLANDO CUNHA		23-09 03:14	24 m	U			
37527	FECHADA	UAP 4	C	IPM_00023F_MAQ INIECÇÃO MULTIPLAS Nº19	falha de in				23-09 02:44	JORGE SILVA		23-09 02:57	12 m	N			
37526	FECHADA	UAP 4	C	IPM_00014F_MAQ INIECÇÃO MULTIPLAS Nº3	erro fecho de molde				23-09 02:44	JORGE SILVA		23-09 02:55	11 m	N			
37525	FECHADA	UAP 4	TR/S	MDAR00013F_CENTRO DOB ARAME(ROBO)MAC	setup 523				23-09 02:00	GERMÃO FERREIRA		23-09 03:07	01 h 7 m	U			
37524	FECHADA	UAP 2	C	LH4413002C_Linha mont Kiebert Ford Transit Exterior	afinador-nao cola etiqueta				23-09 02:00	ORLANDO CUNHA		23-09 02:43	42 m	U			
37523	FECHADA	UAP 2	C	LH4413002C_Linha mont Kiebert Ford Transit Exterior	afinador-erro de cota				23-09 01:47	MARIA HEIRELES		23-09 01:59	12 m	U			
37522	FECHADA	UAP 2	CP	LH4413003C_24033301_Linha mont Kiebert Ford Transit	Afinador- cota de saída nok				23-09 01:44	ORLANDO CUNHA		23-09 01:48	4 m	U			
37521	FECHADA	UAP 2	C	LH6613008F_Linha montagem GM AUTOMATICA V- INT.	Manutenção- linha encravou ao fazer setup				23-09 01:33	FÁTIMA COSTA		23-09 04:46	03 h 13 m	MU			
37520	FECHADA	UAP 1	C	EXP_00011F_EXTRUSORA PERIPLAST EXP_00011F	bobinas mal bobinadas				23-09 01:25	FILIPPE SOUSA		23-09 15:25	13 h 59 m	U			
37519	FECHADA	UAP 4	C	LH3028004C_SUSPENSÃO NATI IBK2 Linha 3	falha de arme de reforço				23-09 01:14	MÁRIO CUNHA		23-09 05:18	04 h 4 m	MU			
37518	FECHADA	UAP 2	C	IPF_000596_MÁQUINA INIECÇÃO FISER Nº16 IPF_000596	Mudar medida				23-09 01:12	PAULO LEITE		23-09 01:21	9 m	MU			
37517	FECHADA	UAP 4	C	MB5184007C_C37370_05X017XXXX1	1 limpeza de molde				23-09 01:08	JORGE SILVA		23-09 04:57	05 h 43 m	9 m			

Figura 90 – Análise diária de KPI's de manutenção

A informação de duração de resolução de OT fica registada como indisponibilidade de máquina, apresentando o tempo de paragem justificado com a OT, como se pode verificar na informação da Figura 91.

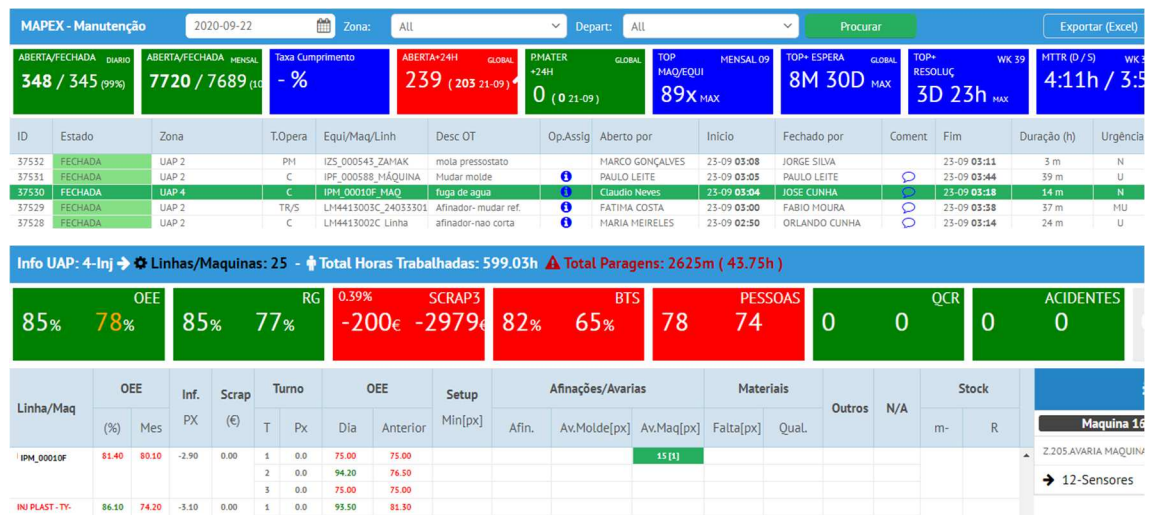


Figura 91 – Exemplo de transferência de dados entre registo de manutenção e produção.

Esta análise começou a fazer parte de um registo diário apresentado em reunião de produção, onde são discutidos todos os temas de todos os departamentos com impacto na produção e entrega de material ao cliente.

Além da informação ser passível de ser comparada e analisada com os restantes departamentos, o Mapex MM tornou-se uma ferramenta chave para a gestão de recursos da direção do departamento de manutenção, uma vez que permite:

- Identificar onde se encontra cada técnico no momento;
- Quantidade de OT's alocadas a cada técnico;
- Carga de trabalho de cada funcionário, permitindo distribuir outro tipo de trabalhos;
- Relatórios com todo o tipo de análise provenientes das OT's.

CONCLUSÕES

5.1 Principais contributos deste trabalho

5.2 Aprendizagem pessoal






5.3 Trabalhos futuros

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A exigência da indústria automóvel é elevada, transpondo essa competitividade para as fábricas que dela dependem, sendo uma delas a indústria de componentes. Nestas organizações, são desafiante todos os projetos e melhorias de processos que são idealizados, analisados e implementados, com o objetivo de aumentar o controlo, diminuir os custos de produção, aumentar o valor do produto e, acima de tudo tornar os processos confiáveis.

Nesta dissertação, foram identificados problemas em chão-de-fábrica, devido à necessidade de aumentar a informação e o controlo sobre os processos, permitindo a integração de conceitos de Indústria 4.0 na organização. Na Tabela 72, são apresentadas as conclusões aos objetivos propostos inicialmente.

Tabela 72 – Conclusões dos objetivos propostos

Objetivos propostos	Conclusões	Cumprimento
Melhorar a comunicação	Os sistemas apresentados têm ligações com diferentes informações permitindo que num sistema único, Mapex e APP WIP a consulta de informação e eliminação de perda de comunicação.	
Melhorar o fluxo de informação e reduzir tempos de comunicação	Com a interligação dos sistemas apresentados entre os departamentos de Logística, Manutenção, OHSE e Produção, o aumento do fluxo e rapidez da atualização da informação é perceptível. Todos os sistemas têm a informação disponibilizada <i>online</i> , possível de ser consultada em qualquer lugar e por qualquer pessoa. Foi ainda eliminado processos manuais.	
Aumento da fiabilidade dos dados	Com a redução de alteração de informação no controlo de produção e processos associados é garantido o aumento da fiabilidade dos dados. O tratamento dos dados é realizado sobre informação que não é passível de ser alterada ou manipulada.	
Redução de extravasamento de informação	Pela ligação, já abordada na presente tabela, o extravasamento da informação é reduzido. Os sistemas implementados permitem a redução de controlos manuais e o preenchimento de formulários e documentos que apresenta uma elevada dificuldade na sua análise.	
Redução de recursos humanos	Pela apresentação da redução de duplicação de informação e controlos elaborados manualmente, é apresentado um ganho de 80 000€ em 2020, para a organização.	

5.1 Principais contributos deste trabalho

Nesta dissertação, foram apresentadas diferentes soluções e perspetivas de análises direcionadas ao problema identificado e ao processo envolvente. Com a apresentação destes sistemas, foi possível mostrar à organização a potencialidade evolutiva da mesma, e aos operadores que a evolução tecnológica não possui necessariamente uma interface complexa. Em todos os sistemas apresentados, a preocupação em tornar o HMI *user friendly* foi uma premissa.

Este trabalho permitiu à organização aumentar o seu conhecimento em relação ao fluxo de informação e dados movimentados na fábrica, permitiu apresentar uma dependência entre eles e integrar-se nos processos conceitos da 4ª Revolução Industrial. Relativamente aos processos, tornou-os mais automatizados, com maior controlo e maior fiabilidade. Quanto às pessoas conduziu-se à aceitação de novas tecnologias, a compreender melhor a conexão entre os diferentes processos e a espontaneamente indicar processos e métodos que devem ser melhorados.

5.2 Aprendizagem pessoal

A presente dissertação decorreu sobre projetos que se iniciaram em meados de 2018, e fazendo um *throwback* a essa data, a evolução a nível profissional foi elevada. Durante o projeto foi possível aprender a lidar com as pessoas, induzindo-as a aceitar mais facilmente uma mudança repentina nos seus hábitos de produção, e a ter a capacidade de apresentar soluções de sejam do entendimento de todos.

A nível organizacional, o foco em digitalização do negócio, implementação de sistemas de controlo e redução de duplicação de processos e papel, tornou-se cada vez maior.

Assim, em forma de nota, saliento que os projetos que permitem às empresas evoluir culturalmente, tendem a tornar-se um ponto-chave no aumento de valor à organização, ao produto, e acima de tudo às pessoas.

5.3 Trabalhos futuros

Para uma parte dos problemas identificados na organização, foram propostas soluções com implementação de módulos da aplicação Mapex ou implementação da APP WIP.

Para os restantes problemas apresentados, é proposto a sua pesquisa e implementação, de forma a solucionar os problemas seguintes:

- Entrega de matéria-prima;
- Recolha de produto acabado;
- Movimentação do material dentro da organização;
- Processo de sucata feito por BOM ou APP Sucata.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE
INFORMAÇÃO**

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] W. F. S. Araújo, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, and J. A. Matos, "Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 90, no. 5–8, pp. 1539–1545, 2017, doi: 10.1007/s00170-016-9475-6.
- [2] N. Pizzolato, "The Making and Unmaking of Fordism," in *Challenging Global Capitalism*, 1st ed., New York: Palgrave Macmillan US, 2013, pp. 19–45, 978-1-137-31170-2.
- [3] European Automobile Manufacturers Association, "The Automobile Industry Pocket Guide - 2020/2021," UK, 2020. [Online]. https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Pocket_Guide_2020-2021.pdf (Acedido em 1 de agosto de 2020).
- [4] A. Wickham, "The Automotive industry employs more people than you think," 2017, [Online]. <https://www.fircroft.com/blogs/the-automotive-industry-employs-more-people-than-you-think-71462610395> (Acedido em 10 de março de 2020).
- [5] I. de C. para Automóveis, "Indústria de Componentes para Automóveis," 2020. [Online]. https://afia.pt/wp-content/uploads/2020/03/AFIA_indcompautomoveis.pdf (Acedido em 1 de maio de 2020).
- [6] F. Alves, C. Almeida, P. Sampaio, and C. Reis, "Análise dos Requisitos de Cliente : Estudo de Caso na Indústria Automóvel," *Revista Qualidade*, pp. 16–21, 2017, doi: 10.1007/978-3-658-16502-4, isbn: 978-3-658-16501-7.
- [7] C. J. Bartodziej, *The Concept Industry 4.0*, 1st ed. Berlin: Springer Gabler, 2017.
- [8] L. Da Xu, E. L. Xu, and L. Li, "Industry 4.0: State of the art and future trends," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 56, no. 8, pp. 2941–2962, 2018, doi: 10.1080/00207543.2018.1444806.
- [9] Y. Cohen, M. Faccio, F. G. Galizia, C. Mora, and F. Pilati, "Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: the expected change in the actual paradigms," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 14958–14963, 2017, doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.2550.
- [10] L. Bonekamp and M. Sure, "Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organisation," *J. Bus. Media Psychol.*, vol. 6, no. 1, pp. 33–40, 2015, [Online]. www.journal-bmp.de.
- [11] M. Hermann, T. Pentek, and B. Otto, "Design principles for industrie 4.0 scenarios," *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, vol. 49, pp. 3928–3937, 2016, doi: 10.1109/HICSS.2016.488.

- [12] T. Stock and G. Seliger, "Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0," *Procedia CIRP*, vol. 40, pp. 536–541, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.01.129.
- [13] D. Romero *et al.*, "Towards an operator 4.0 typology: A human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies," *CIE 2016 46th Int. Conf. Comput. Ind. Eng.*, pp. 1–11, 2016.
- [14] W. P. Neumann, A. Kolus, and R. W. Wells, "Human Factors in Production System Design and Quality Performance – A Systematic Review," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 12, pp. 1721–1724, 2016, doi: 10.1016/j.ifacol.2016.07.830.
- [15] A. Parrott and L. Warshaw, "Industry 4.0 and the digital twin," *Deloitte Univ. Press*, pp. 1–17, 2017, [Online]. <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html> (Acedido em 14 de março de 2020).
- [16] S. Vaidya, P. Ambad, and S. Bhosle, "Industry 4.0 - A Glimpse," *Procedia Manuf.*, vol. 20, pp. 233–238, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.034.
- [17] H. Ahuett-Garza and T. Kurfess, "A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing," *Manuf. Lett.*, vol. 15, pp. 60–63, 2018, doi: 10.1016/j.mfglet.2018.02.011.
- [18] A. C. Pereira and F. Romero, "A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept," *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1206–1214, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.032.
- [19] E. Manavalan and K. Jayakrishna, "A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 127, no. November 2018, pp. 925–953, 2019, doi: 10.1016/j.cie.2018.11.030.
- [20] V. Özdemir and N. Hekim, "Birth of Industry 5.0: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence, 'the Internet of Things' and Next-Generation Technology Policy," *Omi. A J. Integr. Biol.*, vol. 22, no. 1, pp. 65–76, 2018, doi: 10.1089/omi.2017.0194.
- [21] S. and C. O. UNESCO (United National Educational, *UNESCO science report: towards 2030*. UNESCO Publishing, 2016.
- [22] D. Ibarra, J. Ganzarain, and J. I. Igartua, "Business model innovation through Industry 4.0: A review," *Procedia Manuf.*, vol. 22, pp. 4–10, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.03.002.
- [23] J. Vallhagen, T. Almgren, and K. Thörnblad, "Advanced use of Data as an Enabler for Adaptive Production Control using Mathematical Optimization – An Application of Industry 4.0 Principles," *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 663–670, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.165.
- [24] T. Robles *et al.*, "An internet of things-based model for smart water management," *Proc. - 2014 IEEE 28th Int. Conf. Adv. Inf. Netw. Appl. Work. IEEE*

- WAINA 2014, vol. 1, no. 1, pp. 821–826, 2014, doi: 10.1109/WAINA.2014.129.
- [25] A. Gilchrist, *IIoT Reference Architecture*. Bangken: Apress, 2016.
- [26] S. Fosso Wamba, S. Akter, A. Edwards, G. Chopin, and D. Gnanzou, “How ‘big data’ can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 165, pp. 234–246, 2015, doi: 10.1016/j.ijpe.2014.12.031.
- [27] A. Barnard, S. Frechette, and V. Srinivasan, “Cyber-Physical Systems Engineering for Manufacturing In Industrial Internet of Things,” *Feeney, A.B., Frechette, S. Srinivasan, V., 2017. Cyber-physical Syst. Eng. (pp. 81-110).*, pp. 81–110, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-42559-7.
- [28] L. S. Dalenogare, G. B. Benitez, N. F. Ayala, and A. G. Frank, “The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 204, no. December 2017, pp. 383–394, 2018, doi: 10.1016/j.ijpe.2018.08.019.
- [29] X. Zheng, P. Martin, K. Brohman, and L. Da Xu, “Cloud service negotiation in internet of things environment: A mixed approach,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 1506–1515, 2014, doi: 10.1109/TII.2014.2305641.
- [30] A. Mitra, A. Kundu, M. Chattopadhyay, and S. Chattopadhyay, “A cost-efficient one time password-based authentication in cloud environment using equal length cellular automata,” *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 5, pp. 17–25, 2017, doi: 10.1016/j.jii.2016.11.002.
- [31] M. E. Porter and J. E. Heppelmann, “How Smart, Connected Products Are Transforming Competition,” *Harvard Business Review*, vol. 92, no. 11, p. 64, 2014.
- [32] R. S. Peres, A. Dionisio Rocha, P. Leitao, and J. Barata, “IDARTS – Towards intelligent data analysis and real-time supervision for industry 4.0,” *Comput. Ind.*, vol. 101, no. July, pp. 138–146, 2018, doi: 10.1016/j.compind.2018.07.004.
- [33] A. Nayak, R. Reyes Levalle, S. Lee, and S. Y. Nof, “Resource sharing in cyber-physical systems: modelling framework and case studies,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 54, no. 23, pp. 6969–6983, 2016, doi: 10.1080/00207543.2016.1146419.
- [34] H. Chen, “Theoretical Foundations for Cyber-Physical Systems: A Literature Review,” *J. Ind. Integr. Manag.*, vol. 02, no. 03, p. 1750013, 2017, doi: 10.1142/s2424862217500130.
- [35] D. Gürdür, J. El-Khoury, T. Seceleanu, and L. Lednicki, “Making interoperability visible: Data visualization of cyber-physical systems development tool chains,” *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 4, pp. 26–34, 2016, doi: 10.1016/j.jii.2016.09.002.
- [36] F. Pérez, E. Irisarri, D. Orive, M. Marcos, and E. Estevez, “A CPPS Architecture approach for Industry 4.0,” *IEEE Int. Conf. Emerg. Technol. Fact. Autom. ETFA*, vol. 2015-Octob, pp. 1–4, 2015, doi: 10.1109/ETFA.2015.7301606.
- [37] L. Da Xu, W. He, and S. Li, “Internet of things in industries: A survey,” *IEEE Trans.*

- Ind. Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, 2014, doi: 10.1109/TII.2014.2300753.
- [38] L. Tan and N. Wang, “Future Internet: The Internet of Things,” *ICACTE 2010 - 2010 3rd Int. Conf. Adv. Comput. Theory Eng. Proc.*, vol. 5, pp. V5-376-V5-380, 2010, doi: 10.1109/ICACTE.2010.5579543.
- [39] J. Mao *et al.*, “A hybrid reader tranceiver design for industrial internet of things,” *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 2, pp. 19–29, 2016, doi: 10.1016/j.jii.2016.05.001.
- [40] E. Abele, A. Wörn, J. Fleischer, J. Wieser, P. Martin, and R. Klöpper, “Mechanical module interfaces for reconfigurable machine tools,” *Prod. Eng.*, vol. 1, no. 4, pp. 421–428, 2007, doi: 10.1007/s11740-007-0057-1.
- [41] M. Keller, M. Rosenberg, M. Brettel, and N. Friederichsen, “How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective,” *Int. J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatron. Manuf. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 37–44, 2014.
- [42] S. Alyahya, Q. Wang, and N. Bennett, “Application and integration of an RFID-enabled warehousing management system – a feasibility study,” *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 4, pp. 15–25, 2016, doi: 10.1016/j.jii.2016.08.001.
- [43] P. Yang *et al.*, “Lifelogging data validation model for internet of things enabled personalized healthcare,” *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Syst.*, vol. 48, no. 1, pp. 50–64, 2018, doi: 10.1109/TSMC.2016.2586075.
- [44] H. Fatorachian and H. Kazemi, “The Management of Operations A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing : theoretical operationalisation framework,” *Prod. Plan. Control*, vol. 7287, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1080/09537287.2018.1424960.
- [45] A. Kusiak, “Smart manufacturing,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 56, no. 1–2, pp. 508–517, 2018, doi: 10.1080/00207543.2017.1351644.
- [46] A. Moeuf, R. Pellerin, S. Lamouri, S. Tamayo-Giraldo, and R. Barbaray, “The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 56, no. 3, pp. 1118–1136, 2018, doi: 10.1080/00207543.2017.1372647.
- [47] F. Restuccia, S. D’Oro, and T. Melodia, “Securing the Internet of Things in the Age of Machine Learning and Software-Defined Networking,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 6, pp. 4829–4842, 2018, doi: 10.1109/JIOT.2018.2846040.
- [48] P. I. Radoglou Grammatikis, P. G. Sarigiannidis, and I. D. Moscholios, “Securing the Internet of Things: Challenges, threats and solutions,” *Internet of Things*, vol. 5, pp. 41–70, 2019, doi: 10.1016/j.iot.2018.11.003.
- [49] V. E. Guzmán, B. Muschard, M. Gerolamo, H. Kohl, and H. Rozenfeld, “Characteristics and Skills of Leadership in the Context of Industry 4.0,” *Procedia Manuf.*, vol. 43, pp. 543–550, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.167.
- [50] A. Benešová and J. Tupa, “Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 2195–2202,

- 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.366.
- [51] T. D. Oesterreich and F. Teuteberg, "Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry," *Comput. Ind.*, vol. 83, pp. 121–139, 2016, doi: 10.1016/j.compind.2016.09.006.
- [52] J. Zhou, "Digitalization and intelligentization of manufacturing industry," *Adv. Manuf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2013, doi: 10.1007/s40436-013-0006-5.
- [53] T. K. Sung, "Industry 4.0: A Korea perspective," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 132, no. October 2017, pp. 40–45, 2018, doi: 10.1016/j.techfore.2017.11.005.
- [54] D. R. Sjödin *et al.*, "Smart Factory Implementation and Process Innovation Smart Factory Implementation and Process Innovation A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing," *Res. Manag.*, vol. 5, no. 0, pp. 22–321, 2018, doi: 10.1080/08956308.2018.1471277.
- [55] M. I. Mahmoud, H. H. Ammar, M. M. Hamdy, and M. H. Eissa, "Production operation management using Manufacturing Execution Systems (MES)," *2015 11th Int. Comput. Eng. Conf. Today Inf. Soc. What's Next?, ICENCO 2015*, pp. 111–116, 2016, doi: 10.1109/ICENCO.2015.7416334.
- [56] M. Schleipen, S. S. Gilani, T. Bischoff, and J. Pfrommer, "OPC UA & Industrie 4.0 - Enabling Technology with High Diversity and Variability," *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 315–320, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.11.055.
- [57] W. Bauer, S. Schlund, T. Hornung, and S. Schuler, "Digitalization of Industrial Value Chains - a Review and Evaluation of Existing Use Cases of Industry 4.0 in Germany," *Logforum*, vol. 14, no. 3, pp. 331–340, 2015, doi: 10.17270/J.LOG.2018.288.
- [58] M. Fusko, M. Buckova, M. Krajcovic, and R. Svitek, "The strategy for implementation of the digitization in factories," *Transp. Res. Procedia*, vol. 40, pp. 1045–1052, 2019, doi: 10.1016/j.trpro.2019.07.146.
- [59] M. Fusko, M. Rakyta, L. Dulina, I. Sulirova, and M. Edl, "Digitization in the technical service management system," *MM Sci. J.*, vol. 6, no. March, pp. 2260–2266, 2018, doi: 10.17973/MMSJ.2018_03_2017105.
- [60] M. Fusko, M. Rakyta, and F. Manlig, "Reducing of Intralogistics Costs of Spare Parts and Material of Implementation Digitization in Maintenance," *Procedia Eng.*, vol. 192, pp. 213–218, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.037.
- [61] Y. Kayikci, "Sustainability impact of digitization in logistics," *Procedia Manuf.*, vol. 21, pp. 782–789, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.184.
- [62] A. Gandomi and M. Haider, "Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 35, no. 2, pp. 137–144, 2015, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007.
- [63] L. Li, S. Li, and S. Zhao, "QoS-Aware scheduling of services-oriented internet of

- things," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 1497–1507, 2014, doi: 10.1109/TII.2014.2306782.
- [64] S. Li, G. Oikonomou, T. Tryfonas, T. M. Chen, and L. Da Xu, "A distributed consensus algorithm for decision making in service-oriented internet of things," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 1461–1468, 2014, doi: 10.1109/TII.2014.2306331.
- [65] Z. Bi and D. Cochran, "Big data analytics with applications," *J. Manag. Anal.*, vol. 1, no. 4, pp. 249–265, 2014, doi: 10.1080/23270012.2014.992985.
- [66] F. Bosi *et al.*, "Cloud-enabled Smart Data Collection in Shop Floor Environments for Industry 4.0," *IEEE Int. Work. Fact. Commun. Syst. - Proceedings, WFCS*, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1109/WFCS.2019.8757952.
- [67] D. Mourtzis and E. Vlachou, "A cloud-based cyber-physical system for adaptive shop-floor scheduling and condition-based maintenance," *J. Manuf. Syst.*, vol. 47, no. October 2017, pp. 179–198, 2018, doi: 10.1016/j.jmsy.2018.05.008.
- [68] R. M. Holom, K. Rafetseder, S. Kritzinger, and H. Sehrschrön, "Metadata management in a big data infrastructure," *Procedia Manuf.*, vol. 42, pp. 375–382, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.060.
- [69] F. Li, J. Yang, J. Wang, S. Li, and L. Zheng, "Integration of digitization trends in learning factories," *Procedia Manuf.*, vol. 31, pp. 343–348, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.03.054.
- [70] A. Böckenkamp, C. Mertens, C. Prasse, J. Stenzel, and F. Weichert, "A Versatile and Scalable Production Planning and Control System for Small Batch Series," *Ind. Internet Things. Springer Ser. Wirel. Technol. Springer, Cham*, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-42559-7_22.
- [71] S. K. Moghaddam, M. Houshmand, K. Saitou, and O. Fatahi Valilai, "Configuration design of scalable reconfigurable manufacturing systems for part family," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 10, pp. 2974–2996, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1620365.
- [72] M. Hermann, T. Pentek, and B. Otto, "Design principles for industrie 4.0 scenarios," *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, vol. 2016-March, pp. 3928–3937, 2016, doi: 10.1109/HICSS.2016.488.
- [73] P. Robison, M. Sengupta, and D. Rauch, "Intelligent Energy Industrial," *IT Prof.*, vol. 17, pp. 17–24, 2015, doi: 10.1109/MITP.2015.48.
- [74] G. Caiza, A. Nuñez, C. A. Garcia, and M. V. Garcia, "Human machine interfaces based on open source web-platform and OPC UA," *Procedia Manuf.*, vol. 42, pp. 307–314, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.089.
- [75] J. Lee, B. Bagheri, and H. Kao, "ScienceDirect A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems," *Manuf. Lett.*, vol. 3, pp. 18–23, 2015, doi: 10.1016/j.mfglet.2014.12.001.
- [76] W. Kühn, "Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference L. F. Perrone,

- F. P. Wieland, J. Liu, B. G. Lawson, D. M. Nicol, and R. M. Fujimoto, eds.," *Proc. 2006 Winter Simul. Conf.*, pp. 1899–1906, 2006, doi: 10.1109/WSC.2006.322972.
- [77] P. D. Coronado, R. Lynn, W. Louhichi, M. Parto, E. Wescoat, and T. Kurfess, "Part data integration in the Shop Floor Digital Twin: Mobile and cloud technologies to enable a manufacturing execution system," *J. Manuf. Syst.*, vol. 48, pp. 25–33, 2018, doi: 10.1016/j.jmsy.2018.02.002.
- [78] M. Zarte, A. Pechmann, J. Wermann, and F. Gosewehr, "Building an Industry 4.0-compliant lab environment to demonstrate connectivity between shopfloor and IT levels of an enterprise," *IECON 2016 - 42nd Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc.*, vol. 42, pp. 0–5, 2016, doi: 10.1109/IECON.2016.7792956.
- [79] P. Monteiro, M. Rocha, A. Rocha, and J, "Big Data Analysis to Ease Interconnectivity in Industry 4.0—A Smart Factory Perspective," *Serv. Orientat. Holonic Multi-Agent Manuf.*, vol. 694, no. October, pp. 417–426, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-51100-9.
- [80] M. Barbosa, F. J. G. Silva, C. Pimentel, and R. M. Gouveia, "A Novel Concept of CNC Machining Center Automatic Feeder," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 952–959, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.111.
- [81] U. Okongwu, M. Lauras, L. Dupont, and V. Humez, "A decision support system for optimising the order fulfilment process," *Prod. Plan. Control*, vol. 23, no. 8, pp. 581–598, 2012, doi: 10.1080/09537287.2011.566230.
- [82] J. Maheut, J. M. Besga, J. Uribetxebarria, and J. P. Garcia-Sabater, "A decision support system for modelling and implementing the supply network configuration and operations scheduling problem in the machine tool industry," *Prod. Plan. Control*, vol. 25, no. 8, pp. 679–697, 2014, doi: 10.1080/09537287.2013.798087.
- [83] H. Taherdoost and A. Brard, "Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods," *Procedia Manuf.*, vol. 32, pp. 1024–1034, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.317.
- [84] J. Khuntia, M. Tanniru, and J. Weiner, "Juggling digitization and technostress: The case of alert fatigues in the patient care system implementation," *Heal. Policy Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 364–377, 2015, doi: 10.1016/j.hlpt.2015.08.005.
- [85] P. Wanke, H. Alvarenga, H. Correa, A. Hadi-Vencheh, and M. A. K. Azad, "Fuzzy inference systems and inventory allocation decisions: Exploring the impact of priority rules on total costs and service levels," *Expert Syst. Appl.*, vol. 85, pp. 182–193, 2017, doi: 10.1016/j.eswa.2017.05.043.
- [86] H. Sun *et al.*, "Genetic architecture related to contour feathers density in an F2 resource population via a genome-wide association study," *3 Biotech*, vol. 9, no. 11, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1007/s13205-019-1918-y.
- [87] A. Rojko, "Industry 4.0 concept: Background and overview," *Int. J. Interact. Mob.*

- Technol.*, vol. 11, no. 5, pp. 77–90, 2017, doi: 10.3991/ijim.v11i5.7072.
- [88] J. Lee, H. Davari, J. Singh, and V. Pandhare, “Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems,” *Manuf. Lett.*, vol. 18, pp. 20–23, 2018, doi: 10.1016/j.mfglet.2018.09.002.
- [89] A. Bundy, “Preparing for the future of Artificial Intelligence,” *AI Soc.*, vol. 32, no. 2, pp. 285–287, May 2017, doi: 10.1007/s00146-016-0685-0.
- [90] M. Peruzzini, F. Grandi, and M. Pellicciari, “Exploring the potential of Operator 4.0 interface and monitoring,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 139, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2018.12.047.
- [91] L. Barreto, A. Amaral, and T. Pereira, “Industry 4.0 implications in logistics: an overview,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1245–1252, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.045.
- [92] A. Beham, S. Raggl, V. A. Hauder, J. Karder, S. Wagner, and M. Affenzeller, “Performance, quality, and control in steel logistics 4.0,” *Procedia Manuf.*, vol. 42, pp. 429–433, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.053.
- [93] U. M. Dilberoglu, B. Gharehpapagh, U. Yaman, and M. Dolen, “The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 545–554, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.148.
- [94] F. Chiacchio, L. Compagno, D. D’Urso, L. Velardita, and P. Sandner, “A decentralized application for the traceability process in the pharma industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 42, no. 2019, pp. 362–369, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.063.
- [95] B. Bigliardi, E. Bottani, and G. Casella, “Enabling technologies, application areas and impact of industry 4.0: A bibliographic analysis,” *Procedia Manuf.*, vol. 42, no. 2019, pp. 322–326, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.086.
- [96] G. Sponchioni, M. Vezzoni, A. Bacchetti, M. Pavesi, and F. Renga, “The 4.0 revolution in agriculture: A multi-perspective definition,” *Proc. Summer Sch. Fr. Turco*, vol. 1, pp. 143–149, 2019.
- [97] World Economic Forum, *Insight Report: Readiness for the Future of Production Report 2018*. 2018.
- [98] R. M. do C. Carvalho, “Industry 4.0 – Is Portugal prepared for the future?,” *Int. Bus.*, no. September, 2017.
- [99] A. Rainnie, M. Dean, A. Rainnie, and M. Dean, “Industry 4.0 and the future of quality work in the global digital economy,” *Labour Ind. a J. Soc. Econ. relations Work*, vol. 00, no. 00, pp. 1–18, 2019, doi: 10.1080/10301763.2019.1697598.
- [100] C. Thuemmler and C. Bai, “Health 4.0: How virtualization and big data are revolutionizing healthcare,” in *Health 4.0: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare*,

- Switzerland: Springer, 2017, pp. 1–254.
- [101] A. Walter, S. Karnouskos, and P. Leita, “Computers in Industry Industrial automation based on cyber-physical systems technologies : Prototype implementations and challenges,” vol. 81, pp. 11–25, 2016, doi: 10.1016/j.compind.2015.08.004.
- [102] G. Anand and P. T. Ward, “Fit , Flexibility and Performance in Manufacturing : Coping with Dynamic Environments,” vol. 13, no. 4, pp. 369–385, 2004.
- [103] A. Rashid and B. Tjahjono, “The Management of Operations Achieving manufacturing excellence through the integration of enterprise systems and simulation,” *Prod. Plan. Control*, vol. 7287, pp. 1–16, 2016, doi: 10.1080/09537287.2016.1143132.
- [104] A. Angelopoulou, K. Mykoniatis, and N. R. Boyapati, “Industry 4.0: The use of simulation for human reliability assessment,” *Procedia Manuf.*, vol. 42, no. 2019, pp. 296–301, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.094.
- [105] P. Nyhuis and J. Mayer, “Modelling the influence of setup optimized sequencing on lateness and productivity behaviour of workstations,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 66, no. 1, pp. 421–424, 2017, doi: 10.1016/j.cirp.2017.04.008.
- [106] G. Schuh, C. Reuter, J. P. Prote, F. Brambring, and J. Ays, “Increasing data integrity for improving decision making in production planning and control,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 66, no. 1, pp. 425–428, 2017, doi: 10.1016/j.cirp.2017.04.003.
- [107] N. Stricker, A. Pfeiffer, E. Moser, B. Kádár, G. Lanza, and L. Monostori, “Supporting multi-level and robust production planning and execution,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 64, no. 1, pp. 415–418, 2015, doi: 10.1016/j.cirp.2015.04.115.
- [108] J. Branke, S. Nguyen, C. W. Pickardt, and M. Zhang, “Automated Design of Production Scheduling Heuristics: A Review,” *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 20, no. 1, pp. 110–124, 2016, doi: 10.1109/TEVC.2015.2429314.
- [109] B. Scholz-Reiter, M. Freitag, and A. Schmieder, “Modelling and control of production systems based on nonlinear dynamics theory,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 375–378, 2002, doi: 10.1016/S0007-8506(07)61540-6.
- [110] L. Monostori *et al.*, “Cyber-physical systems in manufacturing,” *CIRP Ann.*, vol. 65, no. 2, pp. 621–641, 2016, doi: 10.1016/j.cirp.2016.06.005.
- [111] G. Lanza, B. Haefner, and A. Kraemer, “Optimization of selective assembly and adaptive manufacturing by means of cyber-physical system based matching,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 64, no. 1, pp. 399–402, 2015, doi: 10.1016/j.cirp.2015.04.123.
- [112] W. Terkaj, T. Tolio, and M. Urgo, “A virtual factory approach for in situ simulation to support production and maintenance planning,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 64, no. 1, pp. 451–454, 2015, doi:

- 10.1016/j.cirp.2015.04.121.
- [113] L. Wang, M. Törngren, and M. Onori, "Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing," *J. Manuf. Syst.*, vol. 37, pp. 517–527, 2015, doi: 10.1016/j.jmsy.2015.04.008.
- [114] B. Pinto *et al.*, "A Strategic Model to take the First Step Towards Industry 4.0 in," *Procedia Manuf.*, vol. 38, pp. 637–645, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.082.
- [115] B. Zohoori, A. Verbraeck, M. Bagherpour, and M. Khakdaman, "Monitoring production time and cost performance by combining earned value analysis and adaptive fuzzy control," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 127, no. September 2018, pp. 805–821, 2019, doi: 10.1016/j.cie.2018.11.019.
- [116] U. Dombrowski, T. Richter, and P. Krenkel, "Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis," *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1061–1068, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.217.
- [117] X. Ye, T. Y. Park, S. H. Hong, Y. Ding, and A. Xu, "Implementation of a Production-Control System Using Integrated Automation ML and OPC UA," *2018 Work. Metrol. Ind. 4.0 IoT, MetroInd 4.0 IoT 2018 - Proc.*, pp. 242–247, 2018, doi: 10.1109/METROI4.2018.8428310.
- [118] A. G. Schuh *et al.*, "Cyber-Physical Production Control," *Ind. Internet Things. Springer Ser. Wirel. Technol. Springer, Cham*, pp. 519–539, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-42559-7_21.
- [119] O. Witzel, S. Wilm, D. Karimanzira, and D. Baganz, "Controlling and regulation of integrated aquaponic production systems – An approach for a management execution system (MES)," *Inf. Process. Agric.*, vol. 6, no. 3, pp. 326–334, 2019, doi: 10.1016/j.inpa.2019.03.007.
- [120] M. S. Altaf, A. Bouferguene, H. Liu, M. Al-Hussein, and H. Yu, "Integrated production planning and control system for a panelized home prefabrication facility using simulation and RFID," *Autom. Constr.*, vol. 85, no. February 2017, pp. 369–383, 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2017.09.009.
- [121] M. Caterino *et al.*, "Simulation techniques for production lines performance control," *Procedia Manuf.*, vol. 42, no. 2019, pp. 91–96, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.027.
- [122] G. P. Tancredi, L. Tebaldi, E. Bottani, F. Longo, and G. Vignali, "Analysis and testing of an online solution to monitor and solve safety issues for industrial systems," *Procedia Manuf.*, vol. 42, no. 2019, pp. 542–547, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.029.
- [123] "W-Artemys - Wearable augmented reality for employee safety in manufacturing systems." , [Online]. http://www.liophant.org/projects/w_artemys.html (Acedido em 20 de agosto de 2020).
- [124] M. Oner, A. Ustundag, and A. Budak, "An RFID-based tracking system for denim

- production processes,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 90, no. 1–4, pp. 591–604, 2017, doi: 10.1007/s00170-016-9385-7.
- [125] E. M. Frazzon, M. Kück, and M. Freitag, “Data-driven production control for complex and dynamic manufacturing systems,” *CIRP Ann.*, vol. 67, no. 1, pp. 515–518, 2018, doi: 10.1016/j.cirp.2018.04.033.
- [126] S. Costa, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, and T. Pereira, “Guidelines for Machine Tool Sensing and Smart Manufacturing Integration,” *Procedia Manuf.*
- [127] J. C. Bendul and H. Blunck, “The design space of production planning and control for industry 4.0,” *Comput. Ind.*, vol. 105, pp. 260–272, 2019, doi: 10.1016/j.compind.2018.10.010.
- [128] D. Trentesaux, “Distributed control of production systems,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 22, no. 7, pp. 971–978, 2009, doi: 10.1016/j.engappai.2009.05.001.
- [129] J. Lindström, H. Larsson, M. Jonsson, and E. Lejon, “Towards Intelligent and Sustainable Production: Combining and Integrating Online Predictive Maintenance and Continuous Quality Control,” *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 443–448, 2017, doi: 10.1016/j.procir.2017.03.099.
- [130] Q. S. R. Nvivo, S. S. Foundation, H. Province, and H. U. Bing, “Corporate Social Responsibility,” 2018, doi: 10.3969/j.issn.1002-5006.2018.10.009.
- [131] Ficosa, “Ficosa and Panasonic Start Capital and Business Alliance,” 2015, [Online]. <https://www.ficosa.com/news/ficosa-and-panasonic-start-capital-and-business-alliance/> (Acedido em 4 de maio de 2020).
- [132] Ficosa, “Panasonic Completes Acquisition of Additional Shares of Ficosa, a Global Tier 1 Automotive Parts & Systems Supplier,” 2017. Panasonic Completes Acquisition of Additional Shares of Ficosa, a Global Tier 1 Automotive Parts & Systems Supplier (accessed May 04, 2020).
- [133] “MAPEX.”, [Online]. <http://www.emapex.com/index.php/en/> (Acedido em 4 de abril de 2020).
- [134] G. Putnik *et al.*, “Scalability in manufacturing systems design and operation: State-of-the-art and future developments roadmap,” *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 62, no. 2, pp. 751–774, 2013, doi: 10.1016/j.cirp.2013.05.002.
- [135] P. I. 4.0, *Shaping Industrie 4.0. Autonomous, interoperable and sustainable*. Berlin: Federal Ministry for Economic, 2019.
- [136] R. Coutinho, “Quantos metros de fiação existe em um carro?,” *Rodas, Quatro*, 2017, [Online]. <https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/quantos-metros-de-fiacao-existe-em-um-carro/> (Acedido em 1 de março de 2020).

ANEXOS

7.1 Anexo 1

7.2 Anexo 2

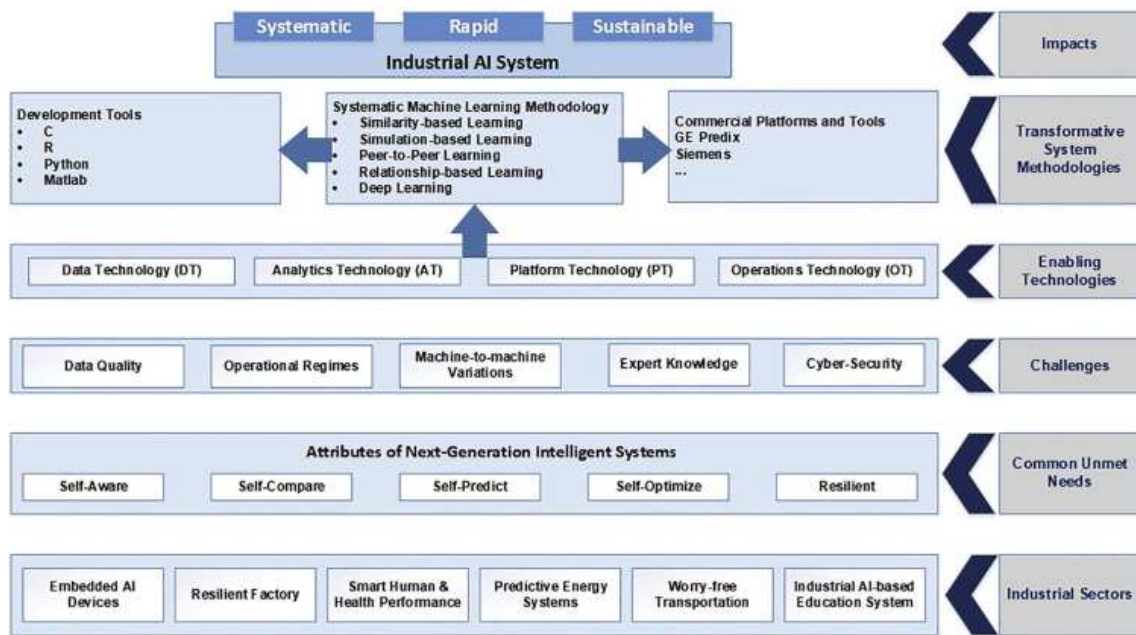
7.3 Anexo 3

7.4 Anexo 4

7.5 Anexo 5

7 ANEXOS

7.1 ANEXO 1



7.2 ANEXO 2

1. Esmerilar e escarear espiral

Objetivo

Métodos de Trabalho

Eliminar rebarbas. Antes  Depois 

Introduzir uma a uma as extremidades das espirais no dispositivo e pressioná-la para efetuar a operação.

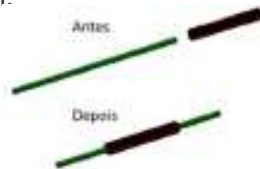


2. Montagem de tubo exterior na espiral

Objetivo

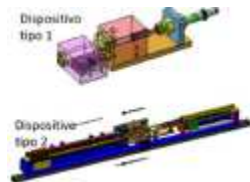
Métodos de Trabalho

Criar o subconjunto de tubo exterior e espiral, sendo que é introduzido o tubo exterior na espiral.



Dispositivo 1: Introduz-se o tubo na espiral de acordo com o posicionamento definido, a operação é acionada por um sensor.

Dispositivo 2: Posicionar a espiral e o tubo exterior no gabari e acionar a betoneira.

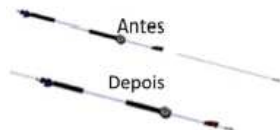


3. Introduzir e aparar cabo metálico

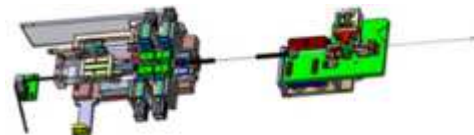
Objetivo

Métodos de Trabalho

Introduzir o cabo dentro da espiral e acertar o seu comprimento.



Colocar o cabo nos roletes e acionar a betoneira.



4. Injetar 2º terminal de cabo com zamak

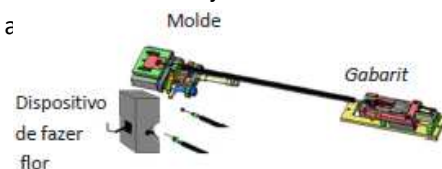
Objetivo

Métodos de Trabalho

Permite a conexão dos cabos aos sistemas que irão acionar.



Introduzir o subconjunto no mecanismo de fazer flor, posicionando o subconjunto no molde e gabari e a

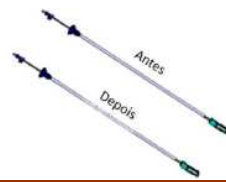


5. Termogravação

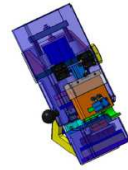
Objetivo

Métodos de Trabalho

Permite a identificação e rastreabilidade.



Colocar o subconjunto no dispositivo e acionar betoneira.



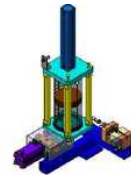
6. Injeção de massa lubrificante

Objetivo

Métodos de Trabalho

Auxiliar o deslizamento do cabo dentro da espiral.

Introduzir a espiral na ferramenta.



7. Ensaio à tração, medição de cota de saída e termogravação

Objetivo

Métodos de Trabalho

Verificar se as características do cabo cumprem os requisitos dos clientes.

Colocar o cabo no gabari e acionar betoneira para iniciar os testes.



7.3 ANEXO 3

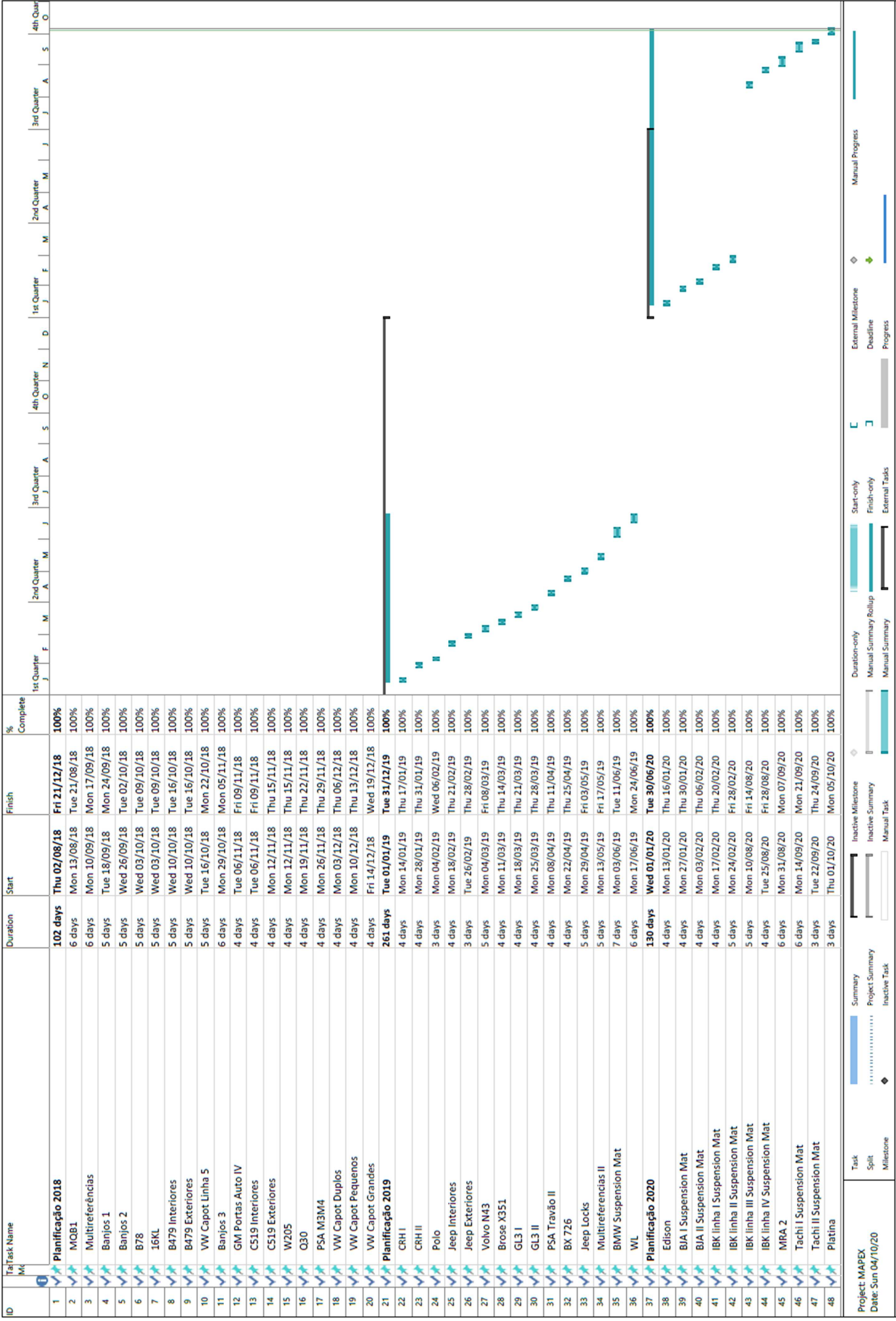
Para atribuição de pesos aos critérios previamente selecionados, é necessário ordená-los de forma decrescente pelo seu grau de importância e relacionar essa importância entre o Critério A e os restantes.

		1-2	1-3	1-4		W_i
1	Critério A	P1	P3	P5	1	1/ Σ
2	Critério B	P2			X=P2/P1	X/ Σ
3	Critério C		P4		Y=P4/P3	Y/ Σ
4	Critério D			P6	Z=P6/P5	Z/ Σ
TOTAL					Σ	$\Sigma = 1$

W_i – importância relativa

O cálculo apresentado trata-se de um método condensado da versão mais extensa. No caso, de pretender aplicar o método mais extenso deve ser feita a relação entre todos os critérios apresentados.

7.4 ANEXO 4



7.5 ANEXO 5

1. Análise de consumo diário segundo orçamento apresentado para 2019

Familia/Projeto	Referência	Consumo diário para cumprir com o orçamento 2019												CMD (Consumo médio diário)	nº arama/tabuleiro
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
Tachi	12334540B01	5970,941	6020,685	6157,515	5883,855	6095,332	6081,5	4602,586	4039,857	5994,629	5949,3	6020,685	4170,171	5877,702766	50
Tachi	12334541B01	5970,941	6020,685	6157,515	5883,855	6095,332	6081,5	4602,586	4039,857	5994,629	5949,3	6020,685	4170,171	5877,702766	50
IBK2	12335371B01	16638,05	16776,72	17158,01	16395,39	16984,68	16946,2	12825,16	11257,07	16704,09	16577,8	16776,72	11620,24	16378,28205	100
IBK2	12335372B01	8319,027	8388,36	8579,025	8197,695	8492,359	8473,1	6412,582	5628,557	8352,043	8288,883	8388,36	5810,1	8189,143365	100
V530	12336686A00	10695,14	10784,25	11029,35	10539,15	10917,95	10893,17	8244,182	7236,143	10737,52	10656,35	10784,25	7469,619	10528,1311	140
V530	12336687A00	5347,636	5392,2	5514,75	5269,65	5459,091	5446,667	4122,136	3618,143	5368,857	5328,261	5392,2	3734,857	5264,144832	140
MV52	12334977A00	12100,21	12201,03	12478,32	11923,74	12352,3	12324,3	9327,232	8186,829	12148,2	12056,36	12201,03	8450,914	11911,27218	80
MV52	12334978A00	12100,21	12201,03	12478,32	11923,74	12352,3	12324,3	9327,232	8186,829	12148,2	12056,36	12201,03	8450,914	11911,27218	80
C1YX	12334576A01	7045,552	7104,255	7265,713	6942,797	7192,332	7176,002	5430,935	4766,914	7073,496	7020,02	7104,255	4920,683	6935,535412	150
C1YX	12334577A01	7045,552	7104,255	7265,713	6942,797	7192,332	7176,002	5430,935	4766,914	7073,496	7020,02	7104,255	4920,683	6935,535412	150
B02E	12334579A00	2051,591	2068,679	2115,701	2021,674	2094,323	2089,583	1581,433	1388,074	2059,72	2044,154	2068,679	1432,857	2019,553661	100
B02E	12334580A00	2051,591	2068,679	2115,701	2021,674	2094,323	2089,583	1581,433	1388,074	2059,72	2044,154	2068,679	1432,857	2019,553661	100
D2IO	12334051A00	3290,398	3317,808	3393,198	3242,4	3358,934	3351,308	2536,355	2226,233	3303,45	3278,45	3317,808	2298,05	3239,01072	100
D2IO	12334052A00	3290,398	3317,808	3393,198	3242,4	3358,934	3351,308	2536,355	2226,233	3303,45	3278,45	3317,808	2298,05	3239,01072	100
D2IO	12334053A00	3290,509	3317,895	3393,355	3242,54	3359,077	3351,444	2536,45	2226,267	3303,567	3278,587	3317,895	2298,133	3239,131943	120
D2IO	12334054A00	3290,509	3317,895	3393,355	3242,54	3359,077	3351,444	2536,45	2226,267	3303,567	3278,587	3317,895	2298,133	3239,131943	120
BIA	12336983A00	0	0	0	14298,5	14812,36	14778,78	11184,91	9817,381	14567,71	14457,57	14631,05	10134,05	14104,41143	50
BIA	12336984A00	0	0	0	14298,5	14812,36	14778,78	11184,91	9817,381	14567,71	14457,57	14631,05	10134,05	14104,41143	50

2. Apresentação de Kanban segundo fatores de segurança de 0, 20 e 50%

Familia/Projeto	Ref. # Peça/Molde	Ref. # Arame	Diâmetro (mm)	Referência	Peso (Kg)/peça	Formos	Peças/cx	Peças/tabuleiro	Fator de segurança			
									0%	20%	50%	
Tachi	121912770C01C03	02050126A00	3,5	12334540B01	0,04356	Forno TACHI	500	50	5877,71	12	15	18
Tachi	121912770C01C03	02050126A00	3,5	12334541B01	0,04356	Forno TACHI	500	50	5877,71	12	15	18
IBK2	121912832C01D05	02050126A00	3,5	12335371B01	0,035202	Todos	600	100	16378,29	28	33	41
IBK2	121912832C01D05	02050126A00	3,5	12335372B01	0,035202	Todos	500	100	8189,15	17	20	25
V530	121913061C01C04	02050126A00	3,5	12336686A00	0,03272	Todos	700	140	10528,14	16	19	23
V530	121913061C01C04	02050126A00	3,5	12336687A00	0,03272	Todos	700	140	5264,15	8	10	12
MV52	121912770C01A02	02050117A00	4	12334977A00	0,04975	Todos	400	80	11911,28	30	36	45
MV52	121912770C01A02	02050117A00	4	12334978A00	0,04975	Todos	400	80	11911,28	30	36	45
C1YX	121912741C01C05	02050107A00	3,2	12334576A01	0,032	Todos	750	150	6935,54	10	12	14
C1YX	121912741C01C05	02050107A00	3,2	12334577A01	0,03144	Todos	750	150	6935,54	10	12	14
B02E	121912775C01B01	02050126A00	3,5	12334579A00	0,04097	Todos	700	100	2019,56	3	4	5
B02E	121912775C01B01	02050126A00	3,5	12334580A00	0,04097	Todos	700	100	2019,56	3	4	5
D2IO	121912646C05B02	02050117A00	3,2	12334051A00	0,03533	Todos	500	100	3239,02	7	8	10
D2IO	121912646C05B02	02050117A00	3,2	12334052A00	0,032868	Todos	500	100	3239,02	7	8	10
D2IO	121912646C05B02	02050117A00	3,2	12334053A00	0,031773	Todos	480	120	3239,14	7	9	11
D2IO	121912646C05B02	02050117A00	3,2	12334054A00	0,03345	Todos	480	120	3239,14	7	9	11
BIA	121913071C01A00	02050117A00	3,2	12336983A00	0,036486	Todos	500	50	14104,42	29	34	43
BIA	121913071C01A00	02050117A00	3,2	12336984A00	0,036486	Todos	500	50	14104,42	29	34	43

