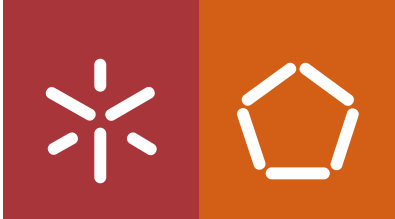




Hugo Miguel Chaves Costa

**Aplicação de ferramentas Lean Six Sigma
para a melhoria contínua de células
produtivas**

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Hugo Miguel Chaves Costa

**Aplicação de ferramentas Lean Six Sigma
para a melhoria contínua de células
produtivas**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia de Sistemas

Trabalho realizado sob a orientação de

Professor Doutor José Manuel Henriques Telhada

fevereiro de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

“Estes anos são viagem”

-Excerto do Hino da Universidade do Minho

À Universidade do Minho por me ter acolhido ao longo de todos estes anos, fornecendo-me todas as ferramentas necessárias para completar com sucesso o meu percurso académico.

À Direção e professores do Mestrado em Engenharia de Sistemas pela vontade de criar um ambiente dinâmico de aprendizagem.

Ao meu orientador Prof. Doutor José Telhada, pela total disponibilidade e apoio ao longo do desenvolvimento da dissertação.

Aos meus colegas de curso pela boa disposição e entreaajuda.

À empresa BorgWarner pela incrível experiência, assim como às pessoas que me acolheram como parte da família desde o primeiro dia. Um especial agradecimento ao Eng. Paulo Carvalho e Eng. Jerónimo Velo, que apesar da enorme carga de trabalho, sempre forneceram deram todo o seu apoio. À equipa dos *Heaters*, muito obrigado.

Aos meus amigos e família que ao longo de todos estes anos me apoiaram.

Aos meus pais um especial agradecimento. Desde sempre os meus maiores apoiantes e sem sombra de dúvida os melhores pais do mundo. Sem eles nada disto teria sido possível.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN SIX SIGMA PARA A MELHORIA CONTÍNUA DE CÉLULAS PRODUTIVAS

RESUMO

A presente dissertação foi realizada no âmbito do 2º semestre do 2º ano do Mestrado em Engenharia de Sistemas, do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho. Foi desenvolvida em contexto empresarial, na empresa do ramo automóvel BorgWarner Emissions Systems Portugal, especificamente apoiando a transferência de linhas provenientes de uma outra localização. Como principal objetivo tem-se o apoio na implementação, e consequente melhoria, destas mesmas linhas, utilizando a filosofia *Lean Six Sigma*, e respetivas ferramentas. A metodologia de investigação utilizada foi a Investigação-Ação, que se caracteriza como um processo cíclico, que leva o investigador a alternar entre ação e reflexão crítica.

O projeto foi dividido em duas fases. Na primeira, procedeu-se à normalização inicial dos procedimentos e documentação das linhas, apoiando a sua primeira implementação e garantindo o início da produção. Numa segunda fase, tendo em vista a melhoria contínua, realizou-se uma análise ao estado inicial, empregando o mapeamento de processo, diagramas SIPOC e de dispersão, culminando na apresentação de dois VSM refletores de duas referências chave no processo. Foram então identificados problemas como a elevada taxa de retrabalho, irregularidades de documentação, assim como falta de rastreabilidade de componentes, segurança e organização. Assim, de forma a combater os problemas previamente identificados, foram aplicadas ferramentas de *Lean Six Sigma*. A implementação das técnicas 5S's reforçou a estrutura de organização dos postos de trabalho, levando à redução de desperdícios aliada à melhoria de qualidade e segurança. A redução da taxa de retrabalho na linha 7H03-2, estima-se resultar num ganho ao longo de 2022 na ordem dos 30,5 mil euros, e, até 2026, por volta dos 113 mil euros. O reforço da rastreabilidade reduz significativamente o risco de haver reclamações sobre a qualidade. A implementação do *software* reduz o tempo despendido pelos *Team Leaders*, estimando-se uma poupança anual de 2 mil euros.

Palavras-Chave: 5S, *Lean Six Sigma*, Melhoria Contínua, Trabalho Normalizado, VSM

APPLICATION OF LEAN SIX SIGMA TOOLS FOR THE CONTINUOUS IMPROVEMENT OF PRODUCTIVE CELLS

ABSTRACT

This dissertation was carried out within the scope of the 2nd semester of the 2nd year of the master's degree in Systems Engineering, at the Department of Production and Systems at the University of Minho. It was developed in a business context, in the automotive company BorgWarner Emissions Systems Portugal, specifically supporting the transfer of lines from another location. The main objective is to support the implementation, and consequent improvement, of these same lines, using the Lean Six Sigma philosophy, and respective tools. The research methodology used was Action-Research, which is characterized as a cyclical process, leading to the researcher to alternate between action and critical reflection.

This project was divided into two phases. In the first, the initial standardization of procedures and documentation of the lines was carried out, thus supporting their first implementation and guaranteeing the start of production. In a second phase, with a view to continuous improvement, an analysis of the initial state was carried out, using process mapping, SIPOC and dispersion diagrams, culminating in the presentation of two VSM reflecting two key references in the process. Problems such as the high rate of rework, document irregularities, as well as the lack of traceability of components, security and organization were then identified. In order to combat the problems previously identified, Lean Six Sigma tools were applied. The implementation of 5S's techniques reinforced the organization structure of workstations, leading to a reduction in waste combined with an improvement in quality and safety. The reduction in the rework rate on the 7H03-2 line is estimated to result in a gain throughout 2022 of around 30.5 thousand euros, and, until 2026, around 113 thousand euros. Enhanced traceability significantly reduces the risk of quality complaints. The implementation of the software reduces the time spent by Team Leaders, with estimated annual savings of 2 thousand euros.

Keywords: 5S, Lean Six Sigma, Continuous Improvement, Standardized Work, VSM

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas	xv
Lista de Abreviaturas e Siglas	xvi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e Motivação	1
1.2. Objetivos.....	1
1.3. Metodologia de investigação	2
1.4. Estrutura da dissertação.....	3
2. Revisão da literatura	4
2.1. Lean Manufacturing	4
2.1.1. Contextualização histórica.....	4
2.1.2. Toyota Production System.....	5
2.1.3. Conceito <i>Lean</i>	6
2.1.4. Desperdício (<i>Muda</i>)	7
2.2. Six Sigma.....	8
2.2.1. Contextualização histórica.....	8
2.2.2. Princípios <i>Six Sigma</i>	9
2.2.3. DMAIC.....	11
2.2.4. Controlo estatístico do processo (SPC)	12
2.3. Lean Six Sigma	12
2.3.1. Contextualização histórica.....	12
2.3.2. Encadeamento na Indústria 4.0	13
2.4. Ferramentas de <i>Lean Six Sigma</i>	15

2.4.1.	TPM	15
2.4.2.	Ciclo PDCA.....	15
2.4.3.	Trabalho normalizado	16
2.4.4.	SIPOC	16
2.4.5.	OEE.....	17
2.4.6.	Fluxograma	18
2.4.7.	VSM	18
2.4.8.	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	19
2.4.9.	5S's	20
2.4.10.	Poka-Yoke.....	21
2.4.11.	Folha de verificação	21
2.4.12.	Gráfico de dispersão	21
2.4.13.	Histograma.....	21
2.4.14.	Gráfico de <i>Pareto</i>	22
2.4.15.	Carta de controlo	22
2.4.16.	Ergonomia.....	22
2.5.	Considerações finais	22
3.	Apresentação da empresa.....	23
3.1.	Grupo BorgWarner	23
3.2.	Localização de Viana do Castelo	23
3.3.	Tipos de produtos	24
3.3.1.	PTC Heaters.....	25
3.4.	Layout da BorgWarner Viana	25
3.5.	Enquadramento do projeto	26
4.	Normalização das linhas de produção	27
4.1.	Contextualização	27
4.2.	Criação de instruções de linha.....	28
4.3.	Definição e revisão de gamas de controlo	28
4.3.1.	Validação e desenvolvimento de úteis de controlo	29
4.4.	Definição de procedimentos de retrabalho	30

4.5.	Definição de procedimentos de segurança	30
4.6.	Definição de procedimentos de manutenção.....	30
4.7.	Definição de procedimentos de início de turno	31
4.8.	Revisão e contextualização da normalização realizada.....	31
5.	Descrição do estado atual	32
5.1.	Referências produzidas	32
5.2.	Descrição breve do processo	32
5.3.	Linhas LVAH da área mecânica	34
5.3.1.	Linha <i>Heater Rods</i> (7H03-2)	35
5.3.2.	Linhas Laser L1 (7H03-3) e Laser L2 (7H03-4)	36
5.3.3.	Linha Autofin (7H03-6)	37
5.3.4.	Linha <i>Final Assembly</i> (7H03-5)	38
5.3.5.	Linha <i>Airscarf</i> (7H06-1)	39
5.4.	Linhas LVAH da área eletrônica	39
5.4.1.	Linha manual <i>Electronic Assembly</i> (7H05-1)	40
5.4.2.	Linha Automatic Electronic Assembly (7H03-1)	41
5.5.	Medição e obtenção dos valores das linhas.....	42
5.6.	VSM atual	42
5.7.	Considerações finais do estado atual	49
6.	Identificação de problemas	50
6.1.	Irregularidades e ineficiências no preenchimento da documentação.....	50
6.2.	Retrabalho da linha 7H03-2.....	51
6.3.	Deficiente rastreabilidade na linha 7H05-1.....	52
6.3.1.	Base de dados.....	52
6.3.2.	Resina em utilização.....	52
6.4.	Falta de organização	53
6.4.1.	Falta de organização das linhas	53
6.4.2.	Falta de organização e procedimento da jaula de qualidade	53
6.5.	Falhas de segurança dos equipamentos	55

7.	Desenvolvimento e implementação de melhorias.....	56
7.1.	Normalização do preenchimento da documentação	56
7.2.	Desenvolvimento e implementação do <i>software</i>	56
7.2.1.	<i>Software</i> desenvolvido – componente qualidade.....	57
7.2.2.	<i>Software</i> desenvolvido – componente operações.....	59
7.2.3.	<i>Software</i> desenvolvido – componente manutenção.....	60
7.3.	Melhoria ao controlo de câmara dos <i>rods</i>	60
7.4.	Atualização do sistema de rastreabilidade da linha 7H05-1	62
7.5.	Implementação de registo para a resina na linha	63
7.6.	Aplicação de 5S's.....	63
7.6.1.	Organização das linhas.....	63
7.6.2.	Jaula de qualidade.....	65
7.7.	Implementação de barreiras de segurança	67
7.8.	Resumo das melhorias implementadas.....	69
8.	Conclusões e propostas de trabalho futuro	70
9.	Referências bibliográficas.....	72
	Apêndice I – Instruções de linha	77
	Apêndice II – Documentação de controlo	81
	Apêndice III – Documentação de recuperação.....	85
	Apêndice IV – Documentação de segurança.....	86
	Apêndice V – Documentação de manutenção.....	88
	Apêndice VI – Documentação de início de turno.....	89
	Apêndice VII – Previsão de vendas LVAH.....	93
	Apêndice VIII – VSM do estado atual.....	94
	Apêndice IX – Fornecedores LVAH	99
	Apêndice X – Componente qualidade do <i>software</i>	102
	Apêndice XI – Componente operações do <i>software</i>	106
	Apêndice XII – Placas para a jaula de qualidade.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Casa do TPS. (Adaptado de Liker & Morgan, 2006).	5
Figura 2: Distribuição normal Six sigma, centrada no alvo. A - curto prazo; B - longo prazo. (Adaptado de Montgomery e Woodall, 2008).	10
Figura 3: Representação da metodologia DMAIC. (Adaptado de Kumar et al., 2020).	11
Figura 4: Representação gráfica das metodologias Lean, Six Sigma e Lean Six Sigma do ponto de vista do fabricante em função do ponto de vista do cliente. (Adaptado de Arnheiter e Maleyeff, 2005).	13
Figura 5: Representação do ciclo PDCA (Adaptado de Johnson, 2002).	15
Figura 6: Parte da simbologia utilizada no VSM. (Adaptado de Rother e Shook, 1999).	19
Figura 7: Estrutura geral do diagrama de Ishikawa. (Adaptado de Wong et al., 2018).	20
Figura 8: Instalações da BorgWarner Viana do Castelo.	24
Figura 9: Tipos de produtos (A- Tubo EGR; B- Válvula EGR; C- GPCM; D- Cooler EGR; E- eBooster; F- Módulo).....	24
Figura 10: PTC Heater LVAH.	25
Figura 11: Representação do layout do chão de fábrica, destacando as zonas designadas para a produção de LVAH.	26
Figura 12: Pasta de documentação de linha.....	28
Figura 13: Peças padrão criadas para a linha 7H03-1.	29
Figura 14: Esquema SIPOC do processo LVAH.....	33
Figura 15: Mapeamento do processo produtivo dos LVAH.	33
Figura 16: Representação do layout das linhas pertencentes à área mecânica da produção dos LVAH.	35
Figura 17: Linha Heater Rods (7H03-2). (1) Posto de montagem de frames no transportador; (2) posto de montagem nos tubos e tapete, (3) posto de saída do forno, (4) posto de controlo de qualidade.....	36
Figura 18: Linha Laser L1 (7H03-3).	37
Figura 19: Linha Laser L2 (7H03-4)	37
Figura 20: Linha Autofin (7H03-6).....	38
Figura 21: Linha Final Assembly (7H03-5).	38
Figura 22: Linha Airscarf (7H06-1).....	39
Figura 23: Layout das linhas pertencentes à área eletrónica da produção dos LVAH.	40

Figura 24: Linha Manual Electronic Assembly (7H05-1).....	41
Figura 25: Linha Automatic Electronic Assembly (7H03-1).....	42
Figura 26: Gráficos de Pareto da previsão de vendas, em unidades e cumulativo (%), em função de: (1) cada referência LVAH; (2) cada família de referências LVAH.....	44
Figura 27: Gráficos de Pareto do lucro projetado, em euros (€) e cumulativo (%), em função de: (1) cada referência LVAH; (2) cada família de referências LVAH.	45
Figura 28: Gráfico de Dispersão da percentagem relativa de lucro (%) das referências LVAH em função da percentagem relativa de vendas (%), e respetivos clusters identificados.....	46
Figura 29: VSM do estado atual para a refª 1-2.	47
Figura 30: VSM do estado atual para a refª 4.	47
Figura 31: “Registo SPC” preenchido pelos operadores.....	50
Figura 32: Gráfico de barras referente à proporção de rods OK e NOK inseridos numa amostra de 30 rods que falharam o teste de câmara da linha 7H03-2.	51
Figura 33: Diagrama de Ishikawa relativo a uma amostra do retrabalho verificado na linha 7H03-2. ..	51
Figura 34: Claraboia presente acima da estação de teste de câmara ao comprimento da tab no rod..	52
Figura 35: Recipiente de armazenagem de resina da estação 10 da linha 7H05-1.....	53
Figura 36: Estado inicial do exterior da jaula de qualidade.....	54
Figura 37: Estado inicial do interior da jaula de qualidade	54
Figura 38: Máquinas transferidas associadas a falhas de segurança (1- Pressionamento de bolt da linha 7H05-1; 2- Tapete de entrada de rods no forno da linha 7H03-2; 3- Marcação da linha 7H06-1; 4- Laser L2 da linha 7H03-4).	55
Figura 39: Interface inicial do software desenvolvido.	57
Figura 40: Menu da componente Qualidade do software desenvolvido.	57
Figura 41: Excerto de dashboard dos dados resultantes do registo de defeitos no muro de qualidade.	58
Figura 42: Dashboard da análise “SPC” realizada na componente Qualidade do software desenvolvido.	59
Figura 43: Menu da componente Operações do software desenvolvido.	59
Figura 44: Menu da componente Manutenção do software desenvolvido.	60
Figura 45: Antes e depois da melhoria implementada na estação de teste de câmara ao comprimento da tab no rod.....	61
Figura 46: Gráfico de barras referente à proporção de rods OK e NOK inseridos numa amostra de 30 rods que falharam o teste de câmara da linha 7H03-2 após a melhoria.....	61

Figura 47: Registo de validade e lote implementado, referente à resina da estação 10 da linha 7H05-1.	63
Figura 48: Exemplos de aplicação de 5S's às linhas. A - Identificação de componentes; B - Identificação de ferramentas; C - Identificação de tolerâncias nos úteis.....	64
Figura 49: Representação das caixas implementadas para separação de peças para sucata e retrabalho.	64
Figura 50: Representação da linha 7H03-1 antes e depois da aplicação da técnica 5S's.	65
Figura 51: Representação do muro de qualidade antes e depois da aplicação da técnica 5S's.	65
Figura 52: Cartões e registo implementados na jaula de qualidade.....	66
Figura 53: Estado final do exterior da jaula de qualidade.	66
Figura 54: Estado final do interior da jaula de qualidade.....	67
Figura 55: Máquinas após implementação de barreiras de segurança (1- Pressionamento de bolt da linha 7H05-1; 2- Tapete de entrada de rods no forno da linha 7H03-2; 3- Marcação da linha 7H06-1; 4- Laser L2 da linha 7H03-4).	68
Figura 56: Exemplo de Instrução de Operação criada.....	77
Figura 57: Exemplo de Instrução de Embalagem criada.	78
Figura 58: Exemplo de Instrução de Ajuste criada.	79
Figura 59: Exemplo de Catálogo de Defeitos criado.	80
Figura 60: Exemplo de Instrução de Auditoria na Receção criada.	81
Figura 61: Exemplo de segmento de Plano de Controlo criado.....	82
Figura 62: Exemplo de Fluxograma criado.....	83
Figura 63: Exemplo de Instrução de Controlo criada.....	84
Figura 64: Exemplo de Instrução de Recuperação criada.....	85
Figura 65: Exemplo de Instrução de Lockout-Tagout de Equipamento criada.....	86
Figura 66: Exemplo de Instrução de Lockout-Tagout de Operador criada.....	87
Figura 67: Exemplo de Instrução de Manutenção de 1º Nível criada.	88
Figura 68: Exemplo de Registo de Manutenção Preventiva criado.	88
Figura 69: Exemplo de Registo de Parâmetros criado.	89
Figura 70: Exemplo de Registo Poka-Yoke criado.....	90
Figura 71: Exemplo de Registo de Controlo implementado.	91
Figura 72: Exemplo de Registo de Produção Implementado.....	91
Figura 73: Exemplo de Registo de LPA.....	92

Figura 74.: VSM do estado atual para a refª 1-2 (secção 1 de 3).	94
Figura 75: VSM do estado atual para a refª 1-2 (secção 2 de 3).	95
Figura 76: VSM do estado atual para a refª 1-2 (secção 3 de 3).	96
Figura 77: VSM do estado atual para a refª 4 (Secção 1 de 2).	97
Figura 78: VSM do estado atual para a refª 4 (Secção 2 de 2).	98
Figura 79: Registo de defeitos de linha. Menu e entrada de dados para a linha 7H03-4.	102
Figura 80: Registo de defeitos de muro de qualidade.	102
Figura 81: Dashboard dos dados resultantes do registo de defeitos no muro de qualidade.....	103
Figura 82: Registo de quantidades de muro de qualidade.....	104
Figura 83: Menu de registo de SPC.....	104
Figura 84: Entrada de dados para o registo de SPC (A- linha 7H03-2; B- linha 7H03-6; C- linha 7H06-1)	105
Figura 85: Entrada de dados para o Registo de Produção.....	106
Figura 86: Exemplo de placas para jaula de qualidade.	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variantes da definição de Lean Manufacturing.	7
Tabela 2: Valores de percentagem de produtos conformes e DPMO, a curto e longo prazo, para cada nível de sigma. (Adaptado de Coskun et al., 2019).	10
Tabela 3: Correspondência entre desperdícios Lean e desperdícios no desenvolvimento Lean de software (Adaptado de Sedano et al., 2017).	14
Tabela 4: Tipologia de documentação utilizada na empresa em estudo.	27
Tabela 5: Matriz da sequência de principais operações realizadas para as referências de produtos LVAH.	43
Tabela 6: Valores da taxa de rejeição.	62
Tabela 7: Estimativa de poupança relativa à redução da taxa de rejeição dos rods.	62
Tabela 8: Resumo dos problemas identificados, melhorias implementadas e ganhos associados.	69
Tabela 9: Previsão de vendas para as referências LVAH de 2022 a 2026.	93
Tabela 10: Cálculos auxiliares relativos à previsão de vendas para as referências LVAH e respetivas famílias.	93
Tabela 11: Codificação atribuída aos fornecedores e componentes das referências 1-2 e 4, e correspondência entre os mesmos.	99
Tabela 12: Informação dos fornecedores de cada componente, por linha da referência 1-2.	100
Tabela 13: Informação dos fornecedores de cada componente, por linha da referência 4.	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S's	– <i>Seiri, Seiton, Sixo, Seiketsu, Shitsuke</i>
AVAC	– Aquecimento, ventilação, ar condicionado
DMAIC	– <i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i>
DPMO	– Defeitos Por Milhão de Oportunidades
EGR	– <i>Exhaust Gas Recirculation</i>
EOL	– <i>End-of-Line</i>
EPA	– <i>ESD Protected Area</i> (Área Protegida ESD)
EPI's	– Equipamento de Proteção Individual
ESD	– <i>Electrostatic Discharge</i>
FIFO	– <i>First in First out</i>
HVAH-	<i>High Voltage Air Heaters</i>
HVCH-	<i>High Voltage Coolant Heaters</i>
JIT	– <i>Just-In-Time</i>
LIC-	Limite Inferior de Controlo
LIE	– Limite Inferior Especificado
LM	– <i>Lean Manufacturing</i>
LOTO	– <i>Lockout-Tagout</i>
LPA-	<i>Layered Process Audits</i>
LSC-	Limite Superior de Controlo
LSE	– Limite Superior Especificado
LSS	– Lean Six Sigma
LVAH	– <i>Low Voltage Air Heaters</i>
NOK	– Não OK
PCBA	– <i>Printed Circuit Board Assembly</i>
PDCA	– <i>Plan, Do, Check, Act</i>
PTC	– Coeficiente de Temperatura Positiva
SIPOC	– <i>Supplier, Input, Process, Output, Client</i>
SPC	– <i>Statistical Process Control</i>
TPM-	Manutenção Produtiva Total
TPS	– <i>Toyota Production System</i>

VBA – *Visual Basic*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Progress*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi realizada em contexto empresarial na empresa *BorgWarner Emissions Systems* Portugal, localizada em Viana do Castelo.

1.1. Enquadramento e Motivação

Num mercado altamente competitivo tal como o da indústria automóvel, a incorporação de uma mentalidade de melhoria contínua revela-se essencial. Subsequentemente, cimenta-se consistentemente a procura da eliminação de desperdício e aumento da qualidade, aliados à redução de custos. O sucesso destes objetivos depende de uma multitude de fatores, porém sempre sujeito a limitações implicadas tanto pelo investimento que a empresa está disposta a despende, assim como pela quantidade e qualidade de trabalho preparada para assumir (Dias *et al.*, 2019). Acompanhando este movimento, a utilização da filosofia *Lean Six Sigma* tem-se cada vez mais generalizado, apoiada pela sua aplicabilidade em qualquer tipo de indústria e versatilidade (Rathi *et al.*, 2021).

A empresa na qual foi realizada a presente dissertação opera na indústria automóvel. Para corresponder ao exigente mercado, esta incorpora uma mentalidade de melhoria contínua. Recentemente, foi definida a transferência de um conjunto de linhas instaladas na Irlanda para a localização de Portugal. Esta é uma operação que acarreta um elevado nível de risco, sendo necessário não só garantir uma correta implementação, mas também que seja dado um foco à melhoria das linhas. Assim, foi proposto ao autor apoiar a empresa na implementação e melhoria destas linhas.

1.2. Objetivos

O objetivo principal desta dissertação passa pelo apoio na implementação, e consequente melhoria, de um conjunto de linhas de produção transferidas para a localização *BorgWarner* Viana. Para tal será empregue a filosofia *Lean Six Sigma*, e respetivas ferramentas. De forma a atingir este objetivo, definiram-se as seguintes metas que devem ser alcançadas:

- Compreender a estrutura, procedimentos e funcionamento da empresa;
- Capacitar a equipa de todos os meios necessários para dar início à produção (documentação, segurança, entre outros);

- Realizar uma análise ao fluxo do processo, mapeando o mesmo e isolando fatores críticos para o sucesso;
- Identificar problemas nas linhas;
- Implementar melhorias e monitorizar o desempenho das mesmas.

1.3. Metodologia de investigação

No desenvolvimento de uma investigação, o planeamento da metodologia a aplicar surge como ponto fulcral para o sucesso da mesma. Como tal, após uma análise crítica dos objetivos do projeto, foi selecionada a Investigação-Ação como metodologia a adotar.

Segundo Coutinho *et al.* (2009), a Investigação-Ação pode ser caracterizada como um conjunto de metodologias de investigação que, por um lado, abrangem a ação, e por outro a investigação, simultaneamente. É utilizado um processo cíclico, revezando-se entre a ação e a reflexão crítica. Ao longo deste processo, existe uma melhoria contínua em relação aos dados, métodos e interpretação realizada. Consequentemente, as características chave da Investigação-Ação, detalhadas por Coughlan e Coughlan (2002), são nomeadamente: (1) pesquisa em ação em revés a pesquisa sobre ação; (2) participativa; (3) simultânea com a ação; (4) uma sequência de eventos e uma abordagem à resolução de problemas. Em primeiro lugar, mencionando a pesquisa em ação em oposição a pesquisa sobre ação, pretende-se que seja utilizada uma abordagem científica juntamente com aqueles que presenciam e vivem o problema em estudo. Em segundo lugar, é essencial que o processo seja participativo, ou seja, que os membros do sistema em estudo participem ativamente no processo cíclico. Em terceiro lugar, pretende-se que a ação seja o mais efetiva possível, enquanto que ao mesmo tempo se cimenta o conhecimento. Por fim, em quarto lugar, é importante destacar que a Investigação-Ação é tanto uma abordagem à resolução de problemas como uma sequência de eventos. Deste modo, deve ser aplicado o método científico com o objetivo da identificação das possíveis ações de melhoria. De acordo com Yasmeen e Ghazala (2008), a Investigação-Ação é aplicada segundo um ciclo composto por cinco momentos chave: (1) diagnóstico; (2) planeamento de ações; (3) tomada de ação; (4) avaliação; (5) especificação da aprendizagem.

No desenvolvimento da presente dissertação, na primeira fase de diagnóstico, foi realizada uma análise ao processo. Nesse sentido, procedeu-se a uma recolha de dados em três contextos, nomeadamente a análise de dados históricos, observação nas linhas e partilha por parte da equipa. Toda a informação foi reunida e posteriormente analisada, com recurso a ferramentas de *Lean Six Sigma*, tais como o diagrama

SIPOC, VSM, entre outros, culminando na identificação de um conjunto de problemas. Durante a fase de planeamento de ações, procurou-se encontrar as melhores soluções para os problemas encontrados na fase anterior. De seguida, na fase de tomada de ação, foram implementadas as ações de melhoria previamente teorizadas, monitorizando o impacto das mesmas. Ao longo da fase de avaliação, procedeu-se à comparação entre o estado, então, atual, com o estado inicial do sistema, dissecando-se os resultados e ajustando-se o processo, conforme necessário. Por último, na fase da especificação da aprendizagem, foi realizada uma reflexão sobre os resultados obtidos, definindo-se os passos futuros.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em oito capítulos.

No capítulo 1 foi realizado um enquadramento inicial, focando em como a empresa se emoldura no mercado atual. Posteriormente, foram apresentados os objetivos, a metodologia de investigação empregada, tendo-se finalizado com uma breve explicação da estrutura da dissertação.

No capítulo 2 procede-se à revisão da literatura. Neste capítulo, são descritos os conceitos relevantes para o trabalho, focando-se principalmente as metodologias *Lean*, *Six Sigma*, *Lean Six Sigma*, e respetivas ferramentas.

No capítulo 3, a empresa na qual se insere a presente dissertação é apresentada. É dada uma breve contextualização histórica, acoplando-se a descrição do mercado em qual se insere, assim como da tipologia de produtos. O projeto é também contextualizado segundo a situação da empresa.

No capítulo 4 são descritas as atividades de normalização realizadas para garantir a implementação das linhas, e consequente início de produção.

No capítulo 5, o estado atual é descrito. Os dados recolhidos são analisados, fornecendo uma imagem do estado do processo.

De seguida, no capítulo 6, os problemas identificados são expostos.

No capítulo 7 são apresentadas as propostas de melhorias com base nos problemas identificados anteriormente. É também exposto o processo de implementação das mesmas, assim como a análise aos resultados obtidos.

No capítulo 8 são discutidos alguns dos resultados obtidos, e consequentemente formuladas as principais conclusões. São ainda fornecidas algumas sugestões de trabalho futuro a desenvolver.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será feita uma breve revisão da literatura, fornecendo uma contextualização, explicação e exposição do estado da arte das metodologias *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e *Lean Six Sigma*. Por fim, serão abordadas algumas das ferramentas utilizadas no contexto de aplicação destas metodologias.

2.1. Lean Manufacturing

2.1.1. Contextualização histórica

Lean Manufacturing apresenta-se como um dos pilares da indústria moderna. Contudo, desde a sua origem até à atualidade, existe uma complexa sequência histórica, que remonta ao final do século XVIII, com a invenção do conceito de peças intercambiáveis por Eli Whitney (Hodges, 2019).

Mais de um século mais tarde, em 1911, Frederick Winslow Taylor, considerado o pai da Gestão Científica, introduziu a ideia da aplicação do método científico na gestão de trabalhadores como meio de aumento de produtividade. Este baseou-se em quatro pontos fundamentais: (1) planeamento; (2) preparação dos trabalhadores; (3) controlo; (4) execução, culminando na ideia chave de que trabalhadores não precisam de pensar, apenas de obedecer. O seu trabalho, evidenciador da importância da normalização do trabalho na redução de desperdício, ainda que subvalorizasse o potencial humano, inspirou posteriores estudos e teorias na área da gestão industrial (Dilanthi, 2015). Um caso particular é o de Henry Ford, que, baseando-se na teoria de Taylor, incorporou técnicas como peças intercambiáveis, trabalho normalizado e fluxo de linha de montagem, diminuindo o desperdício e aumentando a produtividade. Assim, foi criado um processo de produção em massa, capacitado para finalizar produtos de forma mais veloz e consistente. Este processo manteve-se invariante durante 19 anos, porém, com a evolução para um mercado mais dinâmico, a pouca flexibilidade do processo revelou-se não sustentável (Čiarnienė & Vienažindienė, 2021).

Posteriormente, após o final da 2ª Guerra Mundial, é desenvolvida por Taiichi Ohno, no Japão, a filosofia *Toyota Production System* (TPS), precedente do conceito de *Lean Manufacturing*. Devido ao frágil estado económico do país na época, Ohno verificou que, de modo a eliminar sobreprodução, a produção deveria ser guiada não por objetivos, mas sim pela procura (Yamamoto & Lloyd, 2019).

2.1.2. Toyota Production System

O conceito TPS é regularmente representado na forma de um esquema, denominado “Casa do TPS”. Este esquema oferece, numa configuração visualmente perceptível, uma noção relativamente aos pontos fulcrais da filosofia TPS. Uma representação da “Casa do TPS” apresenta-se abaixo, na Figura 1.

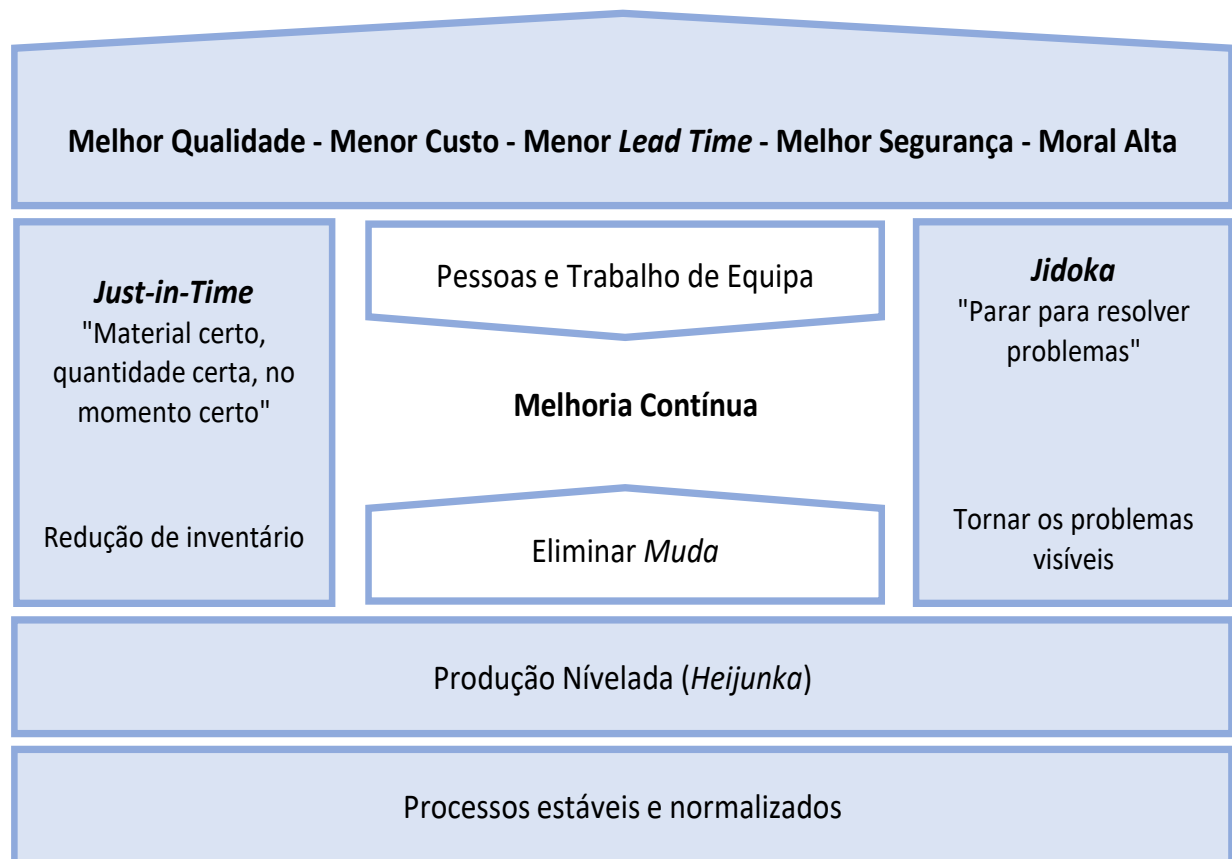


Figura 1: Casa do TPS. (Adaptado de Liker & Morgan, 2006).

Um sistema é tão forte quanto a sua parte mais fraca. O mesmo pensamento se aplica a uma casa: esta é apenas tão forte quanto os seus alicerces. Na casa TPS, o primeiro alicerce corresponde à produção nivelada (*Heijunka*). Quando uma produção é nivelada, facilita-se a definição de outros pontos, nomeadamente o inventário necessário, assim como o segundo alicerce, a normalização dos processos. Um dos pilares da casa é o conceito de *Just-in-Time*. Este objetiva tornar o fluxo de material um processo rápido, levando o material e quantidade certos, ao sítio e tempo certos. O conceito de *Jidoka*, correspondente ao segundo pilar, baseia-se na ideia de que, quando surge um desvio em relação a um padrão, deve-se parar o processo, contendo o problema na área, subsequentemente evitando o escalamento do mesmo para maiores proporções. No centro da casa encontram-se a eliminação de *Muda* (desperdício) e o envolvimento da equipa, que em conjunto levam ao ponto fulcral da melhoria

contínua. No topo da casa são representados os benefícios que a empresa espera atingir, nomeadamente, melhor qualidade e segurança, menor custo e *lead time*, assim como uma moral alta (Liker & Morgan, 2006).

No espírito de melhoria contínua, Kehr e Proctor (2017) sugerem algumas modificações à típica casa TPS. Estes propõem que seja dado ao fator pessoas um maior destaque no centro da casa, destacando a importância dos fornecedores, funcionários e clientes. Acrescentam ainda que o conceito *Jidoka* deve ser aplicado no processo como um todo, abrangendo todos os aspetos da organização.

2.1.3. Conceito *Lean*

Segundo Smith e Thangarajoo (2015), o pensamento *lean* baseia-se nos cinco princípios chave descritos seguidamente:

- Definição do valor: identificação de quem são os clientes, e o que estes consideram como valor;
- Identificação do fluxo de valor: análise do fluxo de valor, capacitando a organização do conhecimento de que atividades acrescentam, ou não, valor, e subsequentemente de onde existe desperdício;
- Assegurar o fluxo de valor: após eliminação de desperdícios, garantir o fluxo nas atividades que acrescentam valor;
- Implementação de produção puxada: a procura da operação a jusante no fluxo de valor dita a atividade da operação a montante;
- Procura contínua pela perfeição: a organização deve, de forma iterativa, aplicar os 4 passos anteriores, tendo como objetivo a remoção de desperdício do fluxo de valor.

De modo a acompanhar a evolução do mercado, muitas empresas recorreram à filosofia *Lean Manufacturing*. O objetivo de *Lean Manufacturing* é a concretização de uma elevada capacidade de resposta às necessidades do cliente através de redução de desperdício. A definição deste conceito está também associada a evolução, diferenciando-se consoante o tempo e autor, tal como é reportado na Tabela 1.

Tabela 1: Variantes da definição de Lean Manufacturing.

Definição de <i>Lean Manufacturing</i>	Referência
<i>Lean</i> é um processo dinâmico de mudança impulsionado por um conjunto sistemático de princípios e práticas direcionadas à melhoria contínua. <i>Lean Manufacturing</i> combina as melhores características de produção artesanal com a produção em massa.	Womack <i>et al.</i> (1990)
Sistema desenhado para competir, assumindo que manter a vantagem do produto é improvável, em oposição a evitar a competição.	Cooper (1996)
Paradigma de produção baseado no objetivo fundamental de minimizar continuamente o desperdício e maximizar o fluxo.	Seth & Gupta (2005)
Modelo onde as pessoas assumem o papel de pensadores, enquanto o seu envolvimento promove a melhoria contínua, fornecendo à empresa a agilidade que esta necessita para ir de encontro às necessidades do mercado.	Alves <i>et al.</i> (2012)
Eliminação de desperdício num sistema de produção que pode estar relacionado com o esforço humano, tempo e inventário, durante as várias etapas da produção.	Palange & Dhattrak (2021)

2.1.4. Desperdício (*Muda*)

Sendo a redução do desperdício uma parte vital de *Lean*, é importante compreender o que se caracteriza como um desperdício. Segundo Abhishek *et al.* (2015), um desperdício, ou *Muda*, corresponde a tudo o que não adicione valor ao produto, na perspetiva do cliente.

Este é tipicamente classificado em sete grupos: sobreprodução, *stock*, espera, processamento, defeitos, movimentação e transporte (Liker *et al.*, 2006; Hines & Taylor, 2000):

- Sobreprodução: Produção antecipada ou em maiores quantidades em relação ao requerido pelo cliente. É relevante destacar que a sobreprodução leva às restantes seis formas de desperdício;
- Inventário: Excesso de matéria-prima, semi-acabados (*work-in-process*, WIP) ou bens finalizados, que pode esconder problemas como o desnivelamento da produção, falhas nas entregas aos fornecedores, etc. É de assinalar que, para certos bens ou serviços, algum nível de inventário é necessário, sendo, portanto, essencial que este seja monitorizado;
- Espera: Períodos de inatividade para bens, pessoas ou informações, resultando num maior *lead time*. A título de exemplo, o tempo que um operário espera por uma máquina automática, ferramenta, material, entre outros;
- Processamento: A realização de ações não necessárias para obter o produto final. Aplica-se tanto a ineficiências de processo resultantes de falhas nas ferramentas ou *design* de produto, assim como, na execução de produtos com maior qualidade do que o necessário;

- Defeitos: Receção ou produção de produtos que não se encontram de acordo com as expetativas do cliente, causando sucata e retrabalho;
- Movimentação: Movimentos por parte dos funcionários que não adicionam valor ao produto ou serviço. Associada à fraca organização do posto de trabalho e subsequentes problemas ergonómicos;
- Transporte: Transporte excessivo de produtos ou informações, muitas vezes derivado de um pobre planeamento do *layout* dos armazéns e linhas de produção.

Reconhecendo a importância do fator humano, um oitavo grupo de desperdícios é muitas vezes adicionado à lista anterior (Pereira, 2009):

- Talento humano: Falha no aproveitamento dos conhecimentos, potencial e criatividade dos funcionários. Estes estão regularmente envolvidos em atividades não essenciais, podendo abandonar a empresa por não se sentirem valorizados.

2.2. Six Sigma

2.2.1. Contextualização histórica

Durante os anos 80, a empresa Motorola, devido à evolução do mercado num sentido de maior expetativa por parte do cliente em relação a qualidade e custo, acoplado à feroz competição exibida pelos seus concorrentes, cometeu-se a melhorar drasticamente a sua qualidade e produção. Desta forma, a equipa da Motorola desenvolveu os conceitos básicos da filosofia *Six Sigma*. Ao longo de duas décadas melhoraram a metodologia, documentando a mesma e expandindo-a para o ambiente empresarial. Segundo a Motorola, os processos de melhoria contínua ao longo de 12 anos trouxeram-lhe poupanças na ordem dos 12 biliões de dólares.

Aliado ao sucesso e disponibilidade da Motorola em partilhar a sua metodologia, outras empresas começaram a implementar *Six Sigma*. Ao passo da existência de inúmeros casos de sucesso, a falha por parte de algumas organizações em seguir devidamente o processo definido levou também ao caso oposto. Devido a isto, cimentaram-se mitos em relação a *Six Sigma* que se verificam até ao dia de hoje, nomeadamente que esta ignora o senso comum e se foca apenas nas métricas, é muito cara, e que consegue resolver qualquer problema (Setter, 2018).

2.2.2. Princípios *Six Sigma*

Markarian (2004) define *Six Sigma* como uma metodologia e filosofia que tem como objetivo a melhoria da qualidade, utilizando análise estatística como ferramenta na descoberta das causas-raiz dos problemas, assim como pela implementação de controlos.

Segundo Montgomery e Woodall (2008), a evolução da metodologia *Six Sigma* pode ser dividida em três gerações. Na primeira, o foco encontrava-se em eliminar defeitos e reduzir variabilidade. Na segunda, cimentou-se a união destes com a redução de custos e melhoria de *design* do produto. A terceira e última geração acrescenta a necessidade de criar valor na organização.

De uma perspetiva estatística, o termo “sigma” (σ) tem origem na medida do desvio-padrão. Esta apresenta a variabilidade em volta da média do processo. Na filosofia *Six Sigma*, o nível de sigma (σ), corresponde ao número de desvios padrão entre a média e os limites especificados (LIE – Limite Inferior Especificado; LSE – Limite Superior Especificado). Este número é inversamente proporcional ao número de defeitos, ou seja, quanto maior σ , maior será a qualidade associada ao produto (Montgomery & Woodall, 2008).

Um processo classificado como 6σ , que se encontre centrado e siga uma distribuição normal, apresentará a curto prazo uma percentagem de produtos conformes igual a 99,9999998%, e subsequentemente 0,002 defeitos por cada milhão de oportunidades (DPMO). Este encontra-se representado graficamente na Figura 2.A. Tendo em conta a variação que poderá existir a longo prazo no processo, é aplicado um desvio de $1,5\sigma$ em relação ao alvo, assegurando a estimativa da qualidade de processo (Coskun *et al.*, 2019). Este é representado na Figura 2.B. Destaca-se o facto de que a introdução do desvio de $1,5\sigma$, apesar de amplamente aplicado atualmente, é contestada por parte de alguns autores. De acordo com Perez-Wilson (1999), na origem da utilização do desvio encontra-se um erro de interpretação relativo à explicação dada pela Motorola.

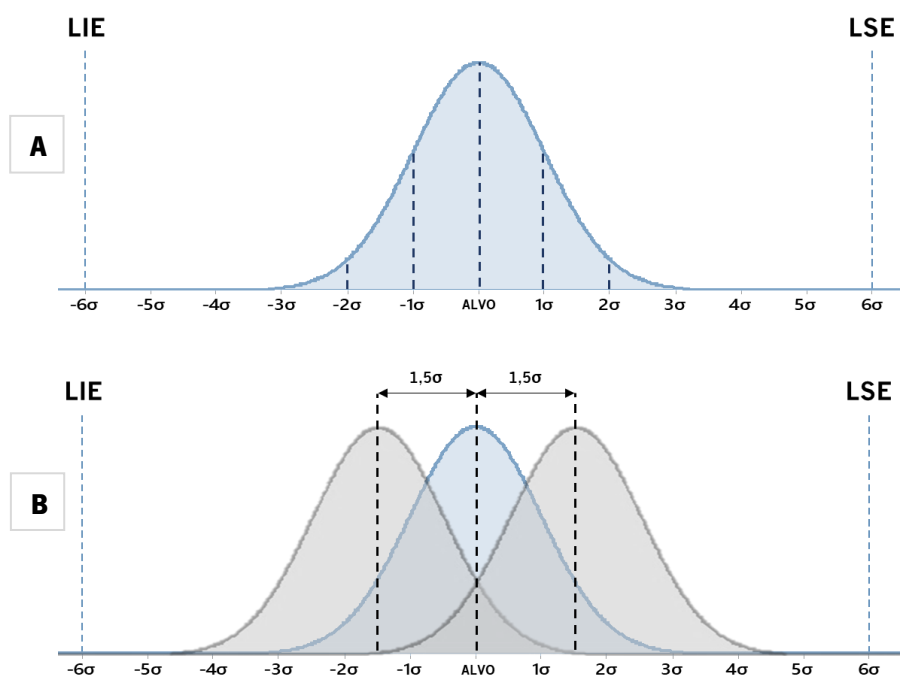


Figura 2: Distribuição normal Six sigma, centrada no alvo. A - curto prazo; B - longo prazo. (Adaptado de Montgomery e Woodall, 2008).

Na Tabela 2 apresenta-se, para cada nível de sigma, os valores percentagem de produtos conformes, ou seja, produtos que se encontram dentro dos limites LIE e LSE, assim como os valores de DPMO correspondentes. Estes são também divididos segundo a denominação de curto e longo prazo, expostas anteriormente.

Tabela 2: Valores de percentagem de produtos conformes e DPMO, a curto e longo prazo, para cada nível de sigma. (Adaptado de Coskun et al., 2019).

	Curto Prazo		Longo Prazo	
Nível Sigma	Percentagem de produtos conformes (%)	DPMO	Percentagem de produtos conformes (%)	DPMO
$\pm 1 \sigma$	68,27	317300	30,23	69700
$\pm 2 \sigma$	95,45	45500	69,13	608700
$\pm 3 \sigma$	99,73	2700	93,32	66810
$\pm 4 \sigma$	99,9937	63	99,3790	6210
$\pm 5 \sigma$	99,999943	0,57	99,97670	233
$\pm 6 \sigma$	99,9999998	0,002	99,999660	3,4

Dentro dos possíveis benefícios da aplicação de Six Sigma, englobam-se a melhoria da produtividade, redução de custos, redução de tempos de ciclo e defeitos, lealdade dos clientes, crescimento no mercado, entre outros. Realça-se também que a sua utilização fornece estrutura num projeto de melhoria contínua, guiando a equipa através da abordagem DMAIC (Costa *et al.*, 2017) abordada na sub-secção seguinte.

2.2.3. DMAIC

A metodologia DMAIC serve-se de um ou mais problemas identificados pela organização, utilizando um conjunto de técnicas e ferramentas, de uma forma lógica, para atingir uma solução. É aplicada em diversas áreas, levando a melhorias tanto em processos industriais, assim como administrativos (Shankar, 2009). Esta divide-se em cinco fases: (D) definição, (M) medição, (A) análise, (I) melhoria e (C) controlo, representadas na Figura 3.

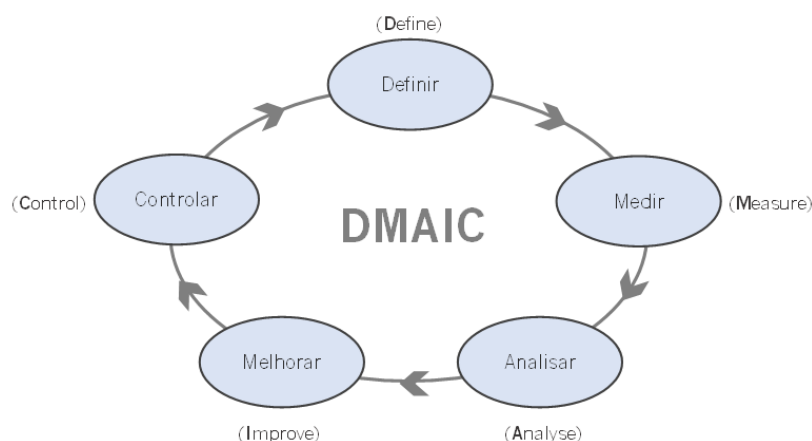


Figura 3: Representação da metodologia DMAIC. (Adaptado de Kumar et al., 2020).

Na primeira fase, “Definir”, são identificados o problema em questão, os requerimentos para o processo, assim como os objetivos a alcançar. Assim, é criado um plano de trabalho que inclui pontos como os nomes e funções dos membros da equipa, declaração do projeto, objetivos, métricas essenciais, e, em alguns casos, um prazo temporal. Adicionalmente, são listadas as necessidades do cliente e as partes interessadas. De forma a capacitar a equipa da compreensão necessária relativa ao processo, este é mapeado e representado documentalmente (Setter, 2018).

Durante a segunda fase, “Medir”, a equipa reúne dados relativamente ao estado atual do processo, tendo como propósito medir o desempenho do mesmo, assim como validar as suas presunções iniciais. O desenvolvimento de uma métrica base, para além de fornecer um nível de estrutura que permita à equipa

entender a correta forma de proceder à medição, provê um ponto de comparação em relação ao momento final do projeto, após implementação das melhorias (Setter, 2018).

Na terceira fase, “Analisar”, são analisados os dados recolhidos, e consequentemente, as fontes de variação do processo. São desenvolvidas hipóteses acerca das relações de causa-efeito, utilizando dados e análise estatística para validar as mesmas (Setter, 2018).

É na quarta fase, “Melhorar”, que se procede à seleção da solução a implementar, originária da análise realizada na fase anterior. No caso de existirem várias soluções, deve ser implementada uma de cada vez, de forma a perceber o impacto individual de cada uma no processo (Setter, 2018). Uma solução deverá melhorar o processo pela eliminação de problemas, redução de custos e criação de valor para o cliente (Santos *et al.*, 2021).

A quinta fase, “Controlar”, é normalmente caracterizada por quatro tarefas principais: desenvolvimento de uma base para o cumprimento do processo; finalização da componente documental; instituição de métricas para a avaliação contínua do processo; instauração de um plano de transição das melhorias para o dono do processo.

2.2.4. Controlo estatístico do processo (SPC)

O controlo estatístico do processo, ou SPC, é um método padrão da indústria utilizado para a medição e controlo de qualidade no processo produtivo. Neste, a aplicação de cartas de controlo, discutidas na Secção 2.4.15, habilita a empresa de controlar tanto o centro do processo, tal como a variação associada (Zhang, 2010). O SPC baseia-se na ideia de que a informação relativa ao desempenho do processo é obtido através de inspeção a um número pequeno de produtos, não sendo, porém, desenhada para fornecer informação relativamente à conformidade de um dado produto (Kent, 2016).

2.3. Lean Six Sigma

2.3.1. Contextualização histórica

As filosofias e metodologias *Lean* e *Six Sigma*, desde o seu surgimento, revelaram-se crescentemente populares, apresentando bons resultados e sendo incorporadas por empresas em múltiplos ramos de negócios. Porém, a vontade de combater as limitações associadas a cada uma, levou à formação da ideia da integração das duas metodologias (Patel & Patel, 2021).

Assim, no início dos anos 2000, surgiu o conceito *Lean Six Sigma* (LSS) (Antony *et al.*, 2017). LSS é definido por Ogunwolu *et al.* (2021) como uma combinação de técnicas, de *Lean* e *Six Sigma*, de eliminação de desperdício e melhoria do processo. Acrescenta ainda que é uma metodologia de melhoria contínua com foco em reduzir custos derivados de falhas de qualidade, melhorar resultados e adicionar valor, tanto para a empresa como para o cliente.

Uma organização que pratique, de forma sustentada, *Lean* e *Six Sigma*, atingirá melhorias. Porém, esta tendência tem propensão a estabilizar. Com apenas *Lean*, este nivelamento é justificado pelo foco no fluxo do produto, porém haverá lacunas na aplicação de métodos de controlo estatísticos. Apenas *Six Sigma* justifica-se pelo ênfase na otimização de métricas, ignorando alterações básicas no sistema para eliminar atividades representativas de desperdício. Com *Lean Six Sigma*, a organização poderá minimizar este nivelamento, focando-se nos pontos fortes de cada uma das metodologias, tal como representado na Figura 4 (Arnheiter & Maleyeff, 2005).

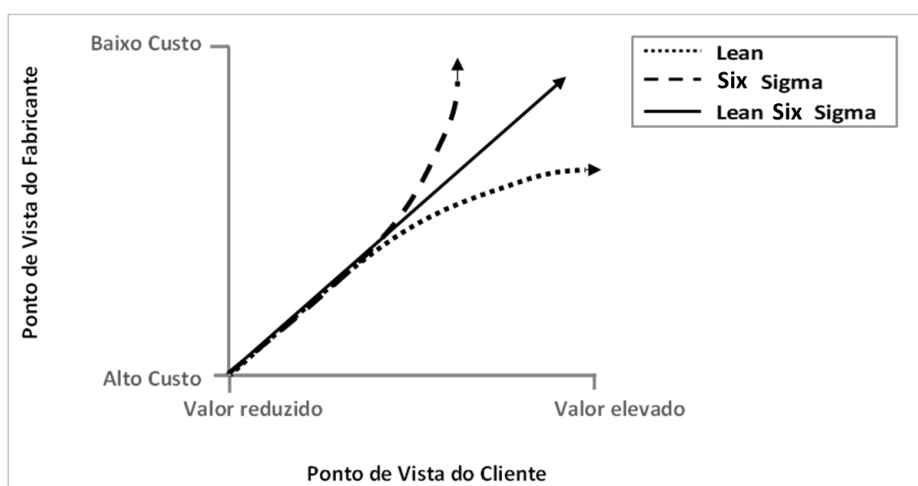


Figura 4: Representação gráfica das metodologias *Lean*, *Six Sigma* e *Lean Six Sigma* do ponto de vista do fabricante em função do ponto de vista do cliente. (Adaptado de Arnheiter e Maleyeff, 2005).

A análise de estudos passados em LSS revela uma grande dispersão relativa ao enquadramento no qual LSS foi implementado. Assim, devido às várias interpretações de LSS, torna-se complicado comparar modelos entre si. Não obstante, verifica-se, em grande parte dos casos, uma preferência pela metodologia DMAIC na implementação de LSS (Ogunwolu *et al.*, 2021).

2.3.2. Encadeamento na Indústria 4.0

De uma forma gradual, a indústria tem evoluído no sentido de acompanhar a cada vez maior competição global, induzindo às empresas a necessidade de uma rápida adaptação às necessidades do mercado. Estes fatores obrigaram a avanços tecnológicos nos processos de produção, culminando na Indústria

4.0 (Sodhi, 2020). A Indústria 4.0, ou quarta revolução industrial, define-se principalmente pela digitalização e integração da tecnologia industrial (Lee *et al.*, 2017). Subsequentemente, existe uma cada vez maior quantidade de dados gerados, criando a oportunidade para as equipas que, munidas de conhecimentos de LSS, orientarem a tomada de decisão (Sodhi, 2020).

Incluso no imenso potencial da transformação digital, encontra-se o desenvolvimento de ferramentas de *software* que apoiam as equipas na recolha e análise dos dados. Segundo Braude e Bernstein (2016), a maioria dos processos de desenvolvimento e implementação de *software* apresentam um conjunto semelhante de atividades. Estas dividem-se tipicamente em 6 etapas:

- Planeamento: Definição inicial do produto, acoplada à determinação dos recursos necessários;
- Análise: Especificação do que o *software* deve fazer;
- *Design*: Determinação das partes e como estas se devem relacionar entre si;
- Implementação: Escrita do código;
- Teste: Testagem da aplicação com dados de teste;
- Manutenção: Reparação de defeitos, assegurando a sua contínua funcionalidade.

Segundo Sedano *et al.* (2017), os princípios de desenvolvimento *Lean* de *software* foram estabelecidos aplicando a filosofia TPS e o pensamento *Lean* ao desenvolvimento de *software*. Na Tabela 3 é apresentada a correspondência entre os desperdícios clássicos do pensamento *Lean*, discutidos na Secção 2.1.4, e os desperdícios verificados no desenvolvimento *Lean* de *software*.

Tabela 3: Correspondência entre desperdícios Lean e desperdícios no desenvolvimento Lean de software (Adaptado de Sedano et al., 2017).

Desperdícios segundo filosofia <i>Lean</i>	Desperdícios no desenvolvimento <i>Lean</i> de <i>software</i>
Sobreprodução	Características complementares
Stock	Trabalho feito parcialmente
Espera	Atrasos
Processamento	Reaprendizagem
Defeitos	Defeitos
Movimentação	Troca de tarefas
Transporte	Entregas

2.4. Ferramentas de *Lean Six Sigma*

No presente subcapítulo são apresentadas algumas das ferramentas de *Lean Six Sigma*, focando as que serão utilizadas na dissertação.

2.4.1. TPM

De acordo com Jain *et al.* (2012), TPM (*Total Productive Maintenance*) é uma abordagem que engloba um conjunto de técnicas para a otimização da eficiência dos equipamentos através de melhoria contínua.

Tal como o nome indica, esta consiste em três aspetos base:

- Total: Consideração de todos os aspetos, envolvendo toda a equipa;
- Produtiva: Paralela à produção, minimizando a obstrução à mesma;
- Manutenção: Assegurar a manutenção do equipamento em boas condições, alocando o tempo necessário.

Assim, são fornecidas as ferramentas necessárias aos operadores para entender e identificar problemas nos equipamentos, atuando antes que estes tenham a possibilidade de impactar a produção. Desta forma, é reduzido o tempo de avaria dos equipamentos e perdas associadas a sucata, reduzindo subsequentemente os custos.

2.4.2. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, representado na Figura 5, é um método amplamente aplicado na melhoria contínua de processos.

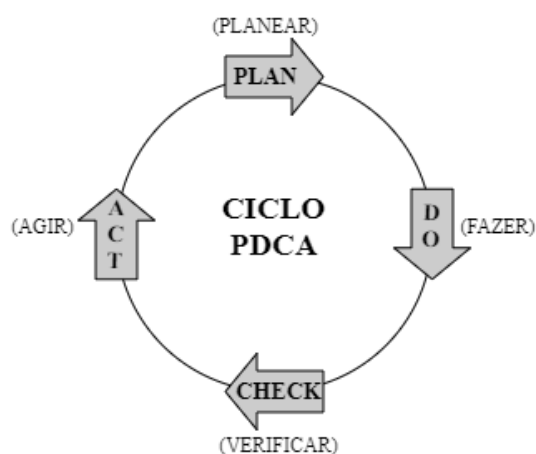


Figura 5: Representação do ciclo PDCA (Adaptado de Johnson, 2002).

Segundo Johnson (2002), o ciclo PDCA divide-se nos quatro passos *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*, descritos seguidamente:

- *Plan* (planear): Identificação do problema ou oportunidade, e análise do mesmo;
- *Do* (fazer): Desenvolvimento e implementação de soluções;
- *Check* (verificar): Avaliação dos resultados;
- *Act* (agir): Proceder consoante as aprendizagens decorrentes do passo anterior. Caso a solução se verifique bem-sucedida, implementar e normalizar a mesma. No caso de não ter tido sucesso, repetir o processo aplicando uma nova perspetiva.

2.4.3. Trabalho normalizado

A normalização do trabalho corresponde a uma das ferramentas indispensáveis na área da melhoria contínua. Refere-se à definição da forma mais segura, eficaz e replicável de desempenhar um trabalho. Resulta num conjunto de procedimentos que indicam à equipa fatores como sequências de trabalho, passos do processo, tempo de ciclo, controlos, entre outros (Sundar *et al.*, 2014). Uma correta implementação desta ferramenta tem o potencial de trazer um grande número de benefícios. Assim, apresentam-se: estabelecimento de pontos de referência a partir de onde melhorar; clarificação de pontos iniciais e finais nos processos; controlo do processo; redução de variabilidade; ritmo de trabalho justo; estabilidade do processo; preservação de conhecimento; treino de novos colaboradores facilitado; redução de lesões (Pinto *et al.*, 2018).

Segundo Pinto *et al.* (2018), apesar de fundamental, a normalização do trabalho destaca-se também na sua dificuldade em ser preservada. Isto deve-se principalmente ao facto de um processo ter a propensão a deteriorar-se. Assim, é essencial a realização de auditorias e treino da equipa, de forma a combater esta tendência.

2.4.4. SIPOC

O SIPOC é um diagrama empreendido na identificação dos elementos base de um processo: fornecedor, *inputs*, processo, *outputs* e cliente. É aplicado principalmente na fase inicial de um projeto. Na sua construção existem uma série de passos que devem ser realizados, nomeadamente: identificação dos limites do processo e tarefas chave; identificação dos *outputs* e clientes dos mesmos; identificação dos

inputs e respetivos fornecedores; identificação dos requerimentos críticos para os *inputs*, processo e *outputs* (George *et al.*, 2005).

1.1.1 *Kanban*

O sistema *Kanban* é um método de controlo de produção. Este renega o uso do plano de produção, baseando-se antes em eventos que ocorrem diretamente na produção (Rewers *et al.*, 2016). Na prática, é empregue um cartão denominado *Kanban*. Este funciona como um sinal que autoriza a ação de pedir ou produzir peças, de modo a ocupar o lugar das que foram consumidas (Powell, 2018).

2.4.5. OEE

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), ou “Eficiência Geral de Equipamentos”, classifica-se como um indicador de desempenho relativo à utilização dos equipamentos. Este suporta a identificação de desperdícios na produção, assim como outros custos escondidos, responsáveis por uma grande parte do custo de produção. Estas perdas são quantificadas na forma de três componentes: disponibilidade, desempenho e qualidade (Garza-Reyes *et al.*, 2010). Através da multiplicação dos três fatores anteriormente mencionados, é obtido o valor para o OEE (Equação 1).

$$OEE = Disponibilidade * Desempenho * Qualidade \quad (1)$$

O fator disponibilidade (Equação 2) avalia a proporção do tempo de funcionamento em relação ao tempo planeado de produção. Assim, este fator tem em conta as paragens não planeadas, tais como avarias, falta de material e *setups* (Garza-Reyes *et al.*, 2010).

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Funcionamento}}{\text{Tempo planeado de Produção}} \quad (2)$$

O fator desempenho (Equação 3) mede a proporção entre a velocidade operativa atual do equipamento e a sua velocidade operativa ideal. Tem em conta perdas de velocidade resultantes de fatores tais como o desgaste do equipamento, materiais inapropriados, assim como falhas e ineficiências do operador (Garza-Reyes *et al.*, 2010).

$$Desempenho = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} * \text{Peças produzidas}}{\text{Tempo de Funcionamento}} \quad (3)$$

O fator qualidade (Equação 4) tem em conta a proporção da produção de peças conformes em relação ao total de peças produzidas. De notar que as únicas peças não conformes tidas em conta são aquelas que envolvem falhas que ocorrem na designada área de produção (Garza-Reyes *et al.*, 2010).

$$Qualidade = \frac{Peças\ conformes}{Peças\ produzidas} \quad (4)$$

O OEE está intrinsecamente interligado ao TPM, dado que as três categorias medidas no mesmo são baseadas nos desperdícios que o TPM objetiva combater (Hines *et al.*, 2011).

2.4.6. Fluxograma

Um fluxograma é utilizado para representar graficamente a sequência de passos num processo. Contém os *inputs*, atividades, decisões e *outputs* (Abdel-Hamid & Abdelhaleem, 2019). Mesmo nos casos em que um fluxograma tenha já sido previamente realizado, a criação de um novo revela-se pertinente no sentido de assegurar a correspondência ao processo documentado (Barsalou, 2017).

2.4.7. VSM

O VSM (*Value Stream Mapping*) é um mapeamento de processo utilizado para a representação do fluxo desde o fornecimento de materiais até à entrega do produto final ao cliente. O objetivo do VSM é a visualização da informação relativa ao processo de uma forma resumida, facilitando a deteção de problemas (El Kihel *et al.*, 2019). Uma metodologia para o desenvolvimento de um VSM é sugerida por Jasti *et al.* (2020), que, tendo como base metodologias anteriores, pretende mitigar a ambiguidade relativamente a quem cabe cada responsabilidade. Desta forma, esta é estruturada em sete passos:

- 1) Identificação e seleção da família de produtos;
- 2) Recrutamento de uma equipa multifuncional;
- 3) Mapeamento dos processos da linha de produção;
- 4) Desenvolvimento do VSM do estado atual;
- 5) Análise dos desperdícios e propostas de melhorias;
- 6) Proposta de um VSM do estado futuro;
- 7) Elaboração de um plano de trabalho e realização do mesmo.

Uma medida utilizada na realização do VSM é o *Takt Time* (T_t). Esta fornece uma base para a determinação de como balancear um processo tendo em conta a procura do cliente, calculando-se segundo a Equação 5 (Keim, 2019).

$$T_t = \frac{Tempo\ Disponível\ p/\ dia}{Procura\ Diária} \quad (5)$$

Como tal, esta ferramenta permite identificar fontes de desperdício, indicar os tempos de ciclo, demonstrar a relação entre diferentes tipos de fluxo, controlar o fluxo de criação de valor e distribuir a proporção entre tempos de atividade que acrescentam e não acrescentam valor (El Kihel *et al.*, 2019).

A simbologia utilizada num VSM, descrita por Rother e Shook (1999) divide-se em três categorias: símbolos de fluxo de materiais; símbolos de fluxo de informação; símbolos gerais. É de destacar que a simbologia do VSM não é fechada, podendo ser criados símbolos quando necessário. Alguns exemplos da simbologia mais geralmente utilizada são apresentados na Figura 6.

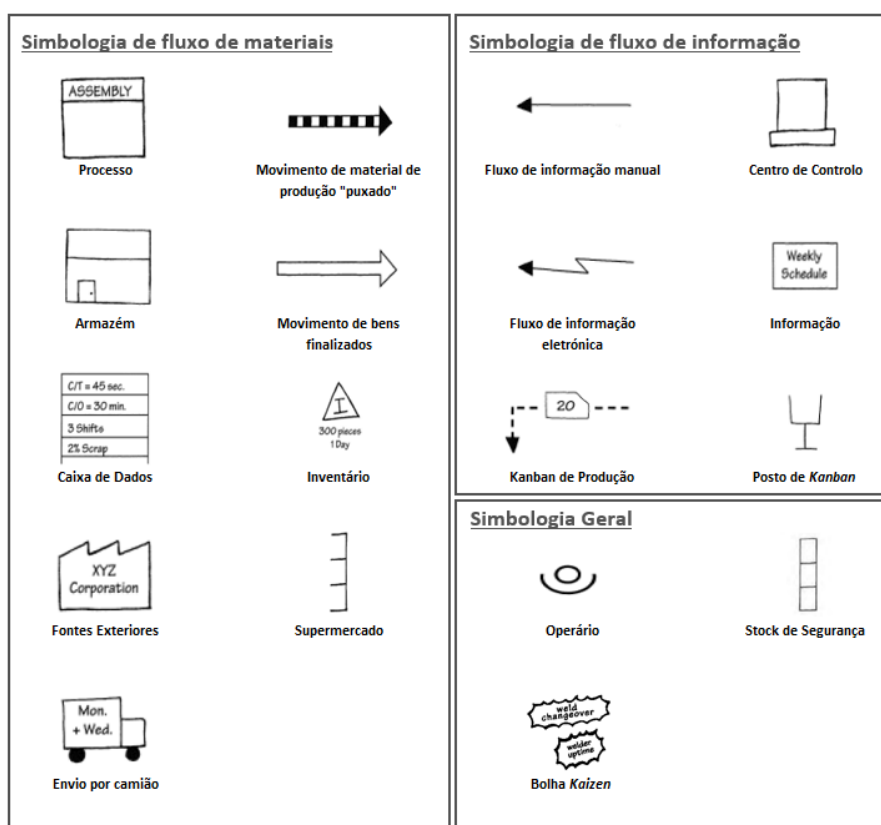


Figura 6: Parte da simbologia utilizada no VSM. (Adaptado de Rother e Shook, 1999).

2.4.8. Diagrama de *Ishikawa*

O diagrama de *Ishikawa*, também conhecido por Diagrama Espinha de Peixe, é utilizado para identificar a causa-raiz de um dado problema (p.e. um defeito). Esta ferramenta fornece a estrutura no processo de identificação, existindo normalmente seis fatores pelos quais se dividem as possíveis causas: máquinas, pessoas, medição, ambiente, material e método (Suárez-Barraza & Rodríguez-González, 2019). Comparando visualmente este diagrama com a estrutura de um peixe, o problema é apresentado na cabeça, e as possíveis causas nas espinhas, tal como ilustrado na Figura 7. Este pode ser aplicado apenas após o surgimento do problema, assim como na prevenção do mesmo (Wong *et al.*, 2016).

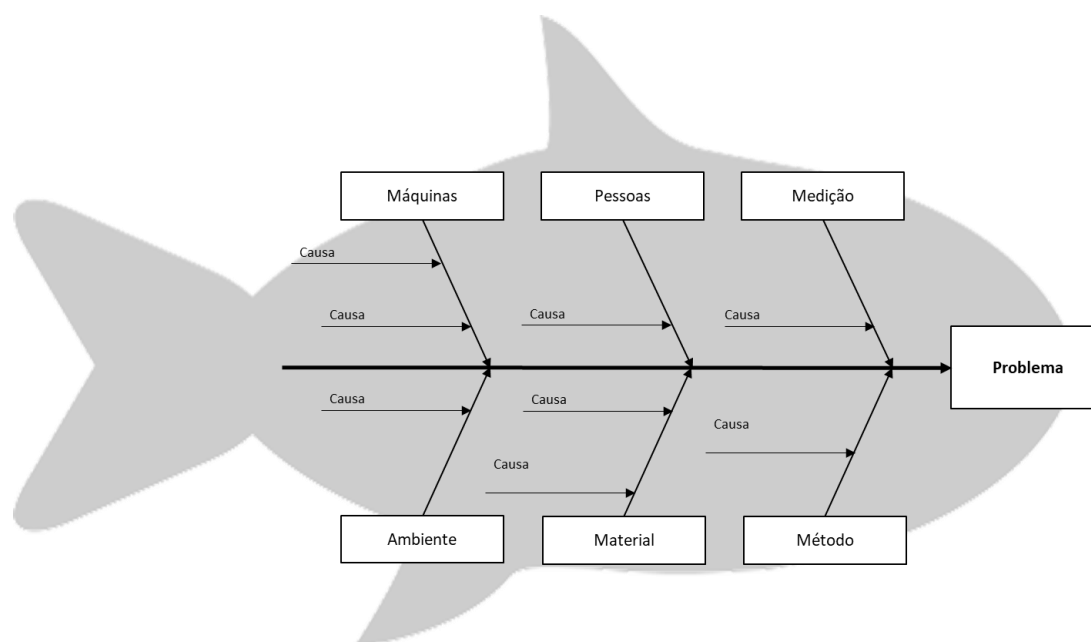


Figura 7: Estrutura geral do diagrama de Ishikawa. (Adaptado de Wong et al., 2018).

2.4.9. 5S's

O método dos 5S's é normalmente utilizado no ramo da organização. Com o foco na redução de desperdício, este método revela-se útil no estabelecimento de um controlo visual, tornando mais eficientes e efetivas as melhorias do posto de trabalho (Pinto *et al.*, 2018).

O nome *5S* tem como origem os nomes em japonês dos 5 sensores ou etapas de implementação do mesmo: *Seiri*; *Seiton*; *Sixto*; *Seiketsu*; *Shitsuke* (Rewers *et al.*, 2016). Estas são sumariadas de seguida:

- Seleção (*Seiri*): Remoção de todos os artigos que se considerem desnecessários, tendo em vista um uso mais eficiente do posto de trabalho;
- Ordenação (*Seiton*): Definição de um sítio designado para cada ferramenta. Quando devidamente aplicada permite a redução de movimentações por parte do operário;
- Limpeza (*Sixto*): Limpeza do posto de trabalho e subsequente identificação das causas de sujidade do mesmo. Tem como objetivo manter o posto e as ferramentas em bom estado;
- Normalização (*Seiketsu*): Estabelecimento de regras e procedimentos para garantir a realização dos três primeiros passos dos *5S's*, tanto a nível de periodicidade como de replicabilidade;
- Disciplina (*Shitsuke*): Última e mais longa etapa do método *5S's*. Corresponde à criação de hábitos na realização das ações definidas nos procedimentos aplicados.

Segundo Omobgai e Salonitis (2017), o método *5S's* destaca-se na sua forma simples e com poucos custos associados de obter benefícios a partir do conceito *Lean*.

2.4.10. Poka-Yoke

A cada processo e operação no fabrico de um produto está associada a possibilidade de erros. Um erro pode levar a produtos defeituosos, o que por sua vez, implica desperdício. É nesta área que se revela relevante o método *Poka-Yoke*, tendo este como base a prevenção de erros (Dudek-Burlikowska & Szewieczek, 2009).

2.4.11. Folha de verificação

Uma folha de verificação é um formulário utilizado para facilitar a recolha de dados. Esta é estruturada tendo em conta as necessidades existentes. Durante a recolha de dados, os dados são agrupados e organizados de modo a representar fielmente a frequência de um determinado evento. Apesar do baixo grau de complexidade na aplicação desta ferramenta, esta permite identificar problemas de forma objetiva. Por outro lado, não fornece um grande nível de capacidade para a interpretação direta dos mesmos (Abdel-Hamid & Abdelhaleem, 2019).

2.4.12. Gráfico de dispersão

O gráfico de dispersão é uma ferramenta utilizada para representar a distribuição dos dados a duas dimensões. A análise da disposição dos pontos no gráfico fornece uma boa indicação da correlação entre as duas variáveis, dependente e independente (Abdel-Hamid & Abdelhaleem, 2019). Quando utilizado por profissionais dotados de conhecimentos de estatística, funciona como um método visual para determinar a necessidade de ser realizada uma análise de regressão. Por outro lado, alguém sem conhecimentos estatísticos pode interpretar uma relação inexistente (Barsalou, 2017).

2.4.13. Histograma

Histogramas são gráficos de barras empregues na visualização da distribuição da frequência de variáveis contínuas, segundo intervalos (Magar & Shinde, 2014). Estes devem ser representados segundo uma configuração clara e simplificada, facilitando assim a sua compreensão (Abdel-Hamid & Abdelhaleem, 2019).

2.4.14. Gráfico de *Pareto*

Um Gráfico de *Pareto* é um tipo singular de gráfico de barras utilizado para demonstrar a frequência relativa de um dado evento, como por exemplo defeitos ou reclamações. Assim, graficamente, os eventos são organizados na forma de barras segundo o número (decrecente) de ocorrências, sendo determinada a percentagem de cada um. A percentagem cumulativa é então delineada sobre as barras. Este tipo de gráfico possibilita uma melhor percepção relativamente aos fatores com maior impacto, já que se baseia no princípio de que 80% dos custos associados a falhas correspondem a apenas a 20% das mesmas (Barsalou, 2017).

2.4.15. Carta de controlo

A carta de controlo é uma ferramenta estatisticamente mais complexa, utilizada na gestão da qualidade. Esta indica o nível de variação no processo em função do tempo. Para tal, nesta são apresentados a linha central, representando a média, o limite de controlo inferior (LIC) e o limite de controlo superior (LSC). Valores fora do intervalo entre LIC e LSC encontram-se fora de controlo (Abdel-Hamid & Abdelhaleem, 2019).

2.4.16. Ergonomia

A ergonomia engloba o estudo das interações entre o ser humano e outros elementos de um sistema, aplicando metodologias para otimizar o bem-estar humano e o bom desempenho do sistema. Tendo em conta o desgaste documentado, tanto físico como psicológico, associado à implementação de novas metodologias de produção, assim como *Lean Manufacturing*, a ergonomia desempenha um papel fulcral na sua mitigação, melhorando as condições de segurança e de saúde (Nunes & Machado, 2007).

2.5. Considerações finais

No contexto da realização da presente dissertação, revelou-se fulcral o desenvolvimento da revisão da literatura referente ao contexto geral do estudo. Assim, tornou-se perceptível o estado da arte do tema, permitindo cimentar conhecimentos, tanto teóricos como práticos, essenciais para o sucesso dos objetivos propostos. Adicionalmente, foi possível isolar, e subsequentemente estudar, as ferramentas a aplicar.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é realizada uma breve introdução à empresa BorgWarner Emissions Systems Portugal, localizada em Viana do Castelo, na qual se insere a presente dissertação.

3.1. Grupo BorgWarner

O grupo *BorgWarner* teve o seu início em 1928, quando a união de várias empresas fundadoras dá lugar à então intitulada “*Borg-Warner Corporation*”. Sediada em Michigan, é uma multinacional produtora de componentes para a indústria automóvel. Esta atua segundo a visão “Um mundo de energia limpa e eficiente”, aplicando na sua estrutura um conjunto de valores, baseados em: Inclusão; Integridade; Excelência; Responsabilidade; Colaboração.

Em 2020, o grupo empregava aproximadamente 50.000 funcionários nas suas 96 localizações distribuídas por 22 países pertencentes aos continentes americano, asiático e europeu. A sua distribuição global justifica-se pelo seu objetivo de trazer a tecnologia certa, ao valor correto, ao mercado.

Como líder no mercado, a *BorgWarner* oferece soluções para veículos de combustão, híbridos e elétricos. Como tal, esta divide-se nas seguintes áreas:

- *Morse Systems;*
- *PowerDrive and Systems;*
- *Aftermarket;*
- *Fuel Injection Systems;*
- *Drivetrain Systems;*
- *Emissions, Thermal and Turbo Systems.*

Conta-se atualmente, em Portugal, com a existência de duas localizações da *BorgWarner*, Viana do Castelo e Seixal.

3.2. Localização de Viana do Castelo

A localização de Viana do Castelo foi inaugurada em 2005 em Valença juntando-se apenas mais tarde em 2010 ao grupo *BorgWarner*. Devido ao crescimento do volume de negócios da empresa, em 2014 procedeu-se à construção e transferência para as atuais instalações, localizadas no Parque Empresarial

de Lanheses no Lugar Salvaterra (Figura 8). Em 2020, a fábrica contava com 971 colaboradores. Atualmente, esta encontra-se em processo de ampliação da área produtiva, de armazém, assim como de realocização do parque de estacionamento, compreendendo um investimento de 7 milhões de euros.



Figura 8: Instalações da BorgWarner Viana do Castelo.

3.3. Tipos de produtos

A BorgWarner Viana incorpora-se na área de negócios de *Emissions, Thermal and Turbo Systems*, sendo possível dividir os produtos produzidos, apresentados na Figura 9, nas seguintes categorias: *Coolers* EGR (*Coolers* e Módulos); Tubos EGR (Tubo *bypass* e Tubo EGR); Válvulas EGR; Eletrónicos (GPCM, *eBooster*, PTC *Heaters*).

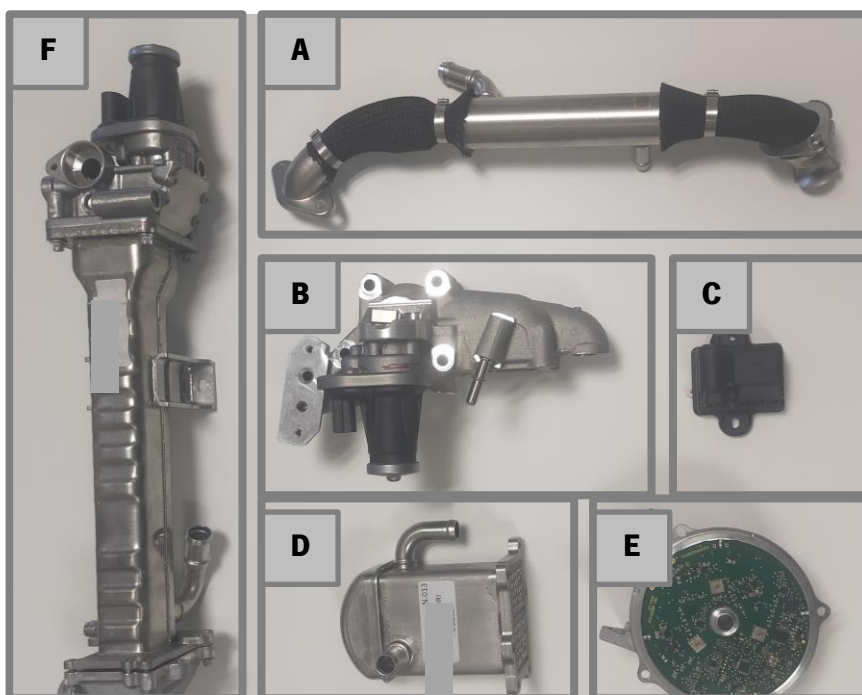


Figura 9: Tipos de produtos (A- Tubo EGR; B- Válvula EGR; C- GPCM; D- Cooler EGR; E- eBooster; F- Módulo).

3.3.1. PTC Heaters

Os PTC *heaters*, produtos sobre os quais assenta o presente trabalho, pertencem à área de eletrónica. Estes garantem o máximo de conforto aos passageiros mantendo os mais elevados *standards* de segurança. São instalados no sistema AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) do veículo, providenciando aquecimento da cabine, desembaciamento e descongelamento do para brisas. Assim, a sua função é o aquecimento de ar através da aplicação de corrente elétrica. Os *heaters* produzidos na *BorgWarner* Viana dividem-se em três categorias:

- LVAH (*Low Voltage Air Heaters*);
- HVAH (*High Voltage Air Heaters*);
- HVCH (*High Voltage Coolant Heaters*).

O foco da presente dissertação assenta na transferência de linhas alocadas à produção de LVAH. Um exemplo de um LVAH representa-se na Figura 10.

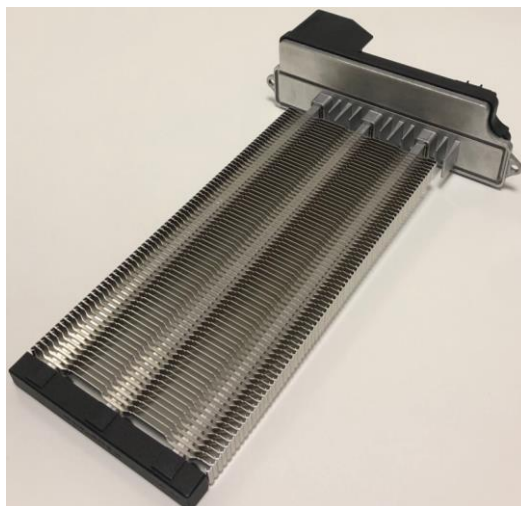


Figura 10: PTC Heater LVAH.

3.4. Layout da BorgWarner Viana

A *BorgWarner* Viana divide-se em diferentes departamentos, nomeadamente produção, compras, financeiro, logística, recursos humanos, engenharia e informática. Estes garantem um acompanhamento em todas as etapas do tempo de vida dos produtos. O *layout* do chão de fábrica encontra-se representado na Figura 11. Neste destaca-se as zonas designadas para as linhas LVAH, diferenciando entre a zona protegida (EPA) e a não protegida (não EPA). Isto significa que todas as superfícies, pessoas e objetos

são mantidos no mesmo potencial elétrico, de modo a minimizar o risco de danificar os dispositivos sensíveis a descargas electrostáticas (ESD).

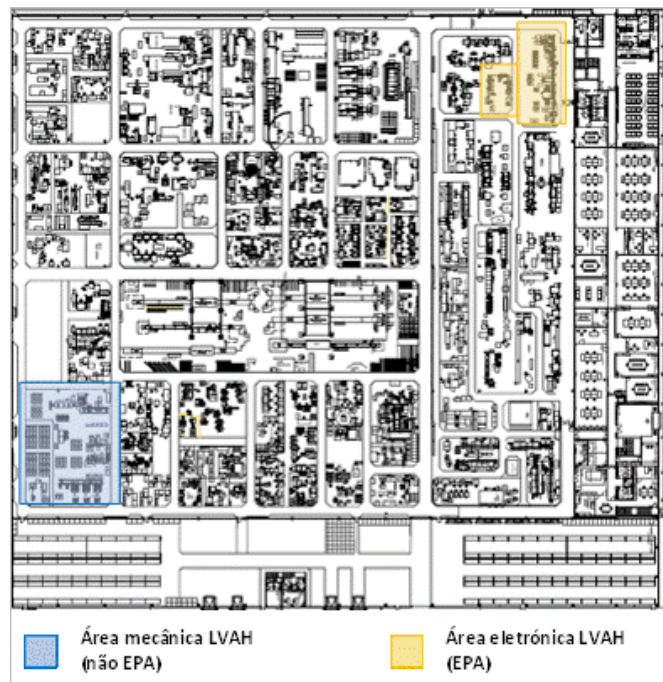


Figura 11: Representação do layout do chão de fábrica, destacando as zonas designadas para a produção de LVAH.

3.5. Enquadramento do projeto

Na sequência da cessação de atividade da *BorgWarner* Tralee, situada na Irlanda, foi decidido que as linhas referentes aos produtos da família *Heaters* seriam transferidas para a *BorgWarner* Viana, em Portugal. Um dos desafios inerentes ao sucesso da transferência é a normalização dos processos e procedimentos das linhas, assegurando que estes vão tanto ao encontro dos *standards* da nova localização, assim como que são alvo de uma melhoria. O presente projeto surgiu desta mesma necessidade, pretendendo-se apoiar a equipa ao longo do processo. Como tal, numa primeira fase, aliou-se o processo de reunião inicial de informação das linhas à normalização dos processos das mesmas, garantindo o posterior início da produção. Esta fase é descrita no capítulo 4. Seguidamente, tendo em vista a melhoria contínua das linhas, foi aplicada uma abordagem *Lean Six Sigma*, tal como é abordado a partir do capítulo 5.

4. NORMALIZAÇÃO DAS LINHAS DE PRODUÇÃO

4.1. Contextualização

Para o sucesso da implementação de uma linha produção, existem inúmeros fatores a considerar. Como tal, em qualquer momento durante esta mesma implementação, existirão vários processos a acontecer em paralelo. No caso da transferência das linhas LVAH para a *BorgWarner* Viana, um dos pontos críticos trabalhados foi a normalização inicial das mesmas. O facto de se ter tratado de uma transferência permitiu acelerar esta normalização, visto que muitos dos processos se encontravam já devidamente documentados e definidos. Não obstante, muito deste trabalho tinha ainda de ser feito, visto que, dentro do grupo *BorgWarner*, cada localização tem os seus próprios padrões, representando-se na Tabela 4 parte dos documentos utilizados na empresa. Adicionalmente, muita da informação chegou com lacunas, quer por estar incompleta, incorreta ou em falta.

Tabela 4: Tipologia de documentação utilizada na empresa em estudo.

Tipologia de documentação	Documentos
Instruções de linha	<ul style="list-style-type: none">• Instrução de Operação• Instrução de Retrabalho• Instrução de Embalagem• Instrução de Ajuste• Catálogo de Defeitos
Gamas de controlo	<ul style="list-style-type: none">• Instrução de Auditoria na Receção• Plano de Controlo• Fluxograma• Instrução de Controlo
Procedimentos de manutenção	<ul style="list-style-type: none">• Instrução de Manutenção de 1º Nível• Registo de Manutenção Preventiva
Procedimentos de segurança	<ul style="list-style-type: none">• Instrução de <i>Lockout-Tagout</i> de Equipamento• Instrução de <i>Lockout-Tagout</i> de Operador
Procedimentos de início de turno	<ul style="list-style-type: none">• Registo de Parâmetros• Registo de Poka-Yoke• Registo de Controlo• Registo de Produção• Registo de LPA

Desta forma, na primeira fase deste projeto, como mencionado anteriormente, teve-se foco na normalização das linhas de produção. Para tal aplicaram-se as ferramentas e os procedimentos descritos nas secções seguintes.

4.2. Criação de instruções de linha

Numa linha de produção, é vital que todos os envolvidos tenham acesso, de forma facilitada e permanente, às ações requeridas para todo e qualquer processo envolvido na mesma. Como tal, foram criadas pastas com o propósito de conter a documentação de cada uma das linhas de LVAH, exemplificadas na Figura 12.



Figura 12: Pasta de documentação de linha.

Como conteúdo das pastas instituídas em cada linha, foram definidas instruções de operação e embalagem, representadas respetivamente na Figura 56 e Figura 57 do Apêndice I. As instruções de operação coadjuvam no sentido de garantir o balanceamento da linha, indicando, para além do material necessário, quem, quando, onde e como deve ser desempenhada cada operação. A instrução de embalagem possui a mesma função, asseverando também o correto condicionamento do produto final, tal como acordado com o cliente.

Adicionalmente, incorporaram-se instruções de ajuste, ilustradas na Figura 58 do Apêndice I. Estas, maioritariamente direcionadas para o técnico de manutenção, têm como foco a exemplificação de procedimentos de ajuste, assim como reter a informação dos parâmetros de cada uma das máquinas.

Por fim, com base em registos históricos, foram implementados catálogos de defeitos. Estes, exemplificados na Figura 59 (Apêndice I), fornecem uma forma simplificada para qualquer colaborador perceber que tipo de defeitos surgiram no passado.

4.3. Definição e revisão de gamas de controlo

Com o apoio do Departamento de Qualidade, procedeu-se ao desenvolvimento das gamas de controlo para os LVAH. De modo a assegurar o bom estado da matéria-prima, destacando as especificações que

se consideram críticas no processo, foram criadas instruções de auditoria na receção. Estas, exemplificadas na Figura 60 do Apêndice II, indicam à equipa de *Incoming Inspection* os controlos que devem ser realizados na receção de material, reforçando a qualidade do processo posterior.

Apesar da existência de planos de controlo provenientes da localização anterior da empresa em Tralee, Irlanda, estes tiveram de ser adaptados para os *standards* da *BorgWarner* Viana. Adicionalmente, foi necessário proceder à revisão e edição dos mesmos, existindo várias inconsistências, assim como informação desatualizada e em falta. Tendo como base os planos de controlo, desenharam-se também os fluxogramas representativos do processo de fabrico para cada referência. Exemplos tanto dos planos de controlo como dos fluxogramas elaborados encontram-se nas Figura 61 e Figura 62 do Apêndice II, respetivamente.

Ulteriormente, verificou-se fundamental a introdução de instruções de controlo nas linhas de produção. Estas revelam-se fulcrais, pois fornecem ao operador um *input* visual que explica os controlos que devem ser realizados segundo o descrito no plano de controlo, para além da sua frequência, os meios necessários, e como devem ser registados. Como tal, foram implementadas instruções de controlo em todas as linhas, como se encontra exemplificado na Figura 63 do Apêndice II, garantindo-se, porém, que estas são visualmente acessíveis ao operador em qualquer momento.

4.3.1. Validação e desenvolvimento de úteis de controlo

Durante a revisão das gamas de controlo, destacou-se a necessidade de validar as ferramentas de controlo transferidas. O apoio da equipa de Metrologia revelou-se então essencial, e tanto as peças de referência como as de medição foram validadas. Porém, para peças que se revelaram degradadas ou até inexistentes, procedeu-se à manutenção das mesmas, ou se necessário, desenvolvimento de novas. Um destes casos é o da linha 7H03-1, posteriormente descrita na Secção 5.4, na qual foi necessária a criação de novas peças padrão, apresentadas na Figura 13.

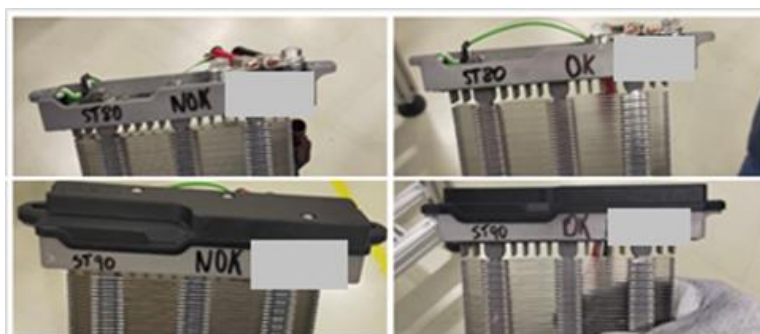


Figura 13: Peças padrão criadas para a linha 7H03-1.

4.4. Definição de procedimentos de retrabalho

Com a instituição das gamas de controlo, o operador possui uma norma que lhe indica a diferença entre uma peça boa e uma peça má, assim como se essa mesma peça má pode ser retrabalhada. Um retrabalho, como qualquer outra operação, deve seguir um *standard*. Como tal, estes procedimentos foram traduzidos na forma de instruções de recuperação, que informam o operador de quando o retrabalho é possível, das ações que deve realizar, assim como do equipamento necessário. A Figura 64 do Apêndice III ilustra uma das instruções de recuperação criadas.

4.5. Definição de procedimentos de segurança

Num ambiente de produção, é essencial garantir que as operações são realizadas com segurança. Deve-se assegurar o cumprimento das normas de segurança, mas principalmente a segurança de todas as pessoas envolvidas no processo. Em virtude disto, foram desenvolvidos procedimentos de *Lockout-Tagout* (LOTO), que se traduziram em dois tipos de instrução: LOTO de Operador e LOTO de Equipamento, representadas, respetivamente na Figura 65 e Figura 66 do Apêndice IV. A instrução de operador tem como foco capacitar os colaboradores do conhecimento de como levar a cabo uma paragem de emergência. A instrução de equipamento indica, para além da necessidade, como realizar a desenergização de um equipamento aquando de qualquer tipo de trabalho no mesmo.

4.6. Definição de procedimentos de manutenção

Mediante a importância de implementação de procedimentos de manutenção, procedeu-se à análise de dados históricos e do *input* de consultores provenientes da localização anterior das linhas LVAH. Desta forma, foi delineado um plano de manutenção para cada linha. Estes planos foram também criados nas linhas LVAH, dividindo-se em manutenção de 1º nível e preventiva. A manutenção de 1º nível consiste num conjunto de ações simples que o operador deve levar a cabo segundo uma pré-determinada regularidade, normalmente por turno. Opostamente, a manutenção preventiva é apenas desempenhada pelo técnico de manutenção devido à maior complexidade requerida, mas com uma menor regularidade. É possível encontrar exemplos dos registos criados para cada um dos tipos de manutenção na Figura 67 e Figura 68 do Apêndice V.

4.7. Definição de procedimentos de início de turno

No momento de início do trabalho na linha, é essencial garantir que todas as normas são seguidas, assegurando-se também o correto funcionamento dos equipamentos e ferramentas. Como tal, procedeu-se à definição dos procedimentos de início de turno, assim como à criação da documentação respetiva necessária.

Inicialmente, estabeleceram-se os parâmetros e normas de linha, a verificar pelo operador no início do turno. Estes foram transpostos para o denominado Registo QF, exemplificado na Figura 69 do Apêndice VI, que corresponde a uma lista de ações, assim como parâmetros de máquina, verificação das peças padrão e de referência, entre outras, que devem ser verificadas e aprovadas. De forma a assegurar o bom funcionamento dos mecanismos *Poka-Yoke* implementados nas linhas, assim como o conhecimento de existência dos mesmos, instituiu-se o denominado Registo de *Poka-Yoke*, sendo um exemplo apresentado Figura 70 do Apêndice VI. Foi também adicionado o Registo de Controlo, evidenciado na Figura 71 do Apêndice VI. Este assegura que o operário possui tudo o que é necessário para iniciar a produção, englobando questões de segurança, limpeza, documentação e acesso às ferramentas conformes. Por fim, definiram-se, com base nas cotas definidas por cliente, os denominados “registos SPC”, exemplificados na Figura 31. Estes garantem que as cotas estão dentro dos limites estabelecidos no início, meio e fim de turno.

Assim que os anteriores registos são devidamente preenchidos e validados, a produção na linha correspondente pode começar. De modo a conservar o ocorrido durante o curso do turno, implementou-se o Registo de Produção, exemplificado na Figura 72 do Apêndice VI. Este admite a introdução de informação relativa à produção, paragens e qualidade. A introdução de um registo LPA, ilustrado na Figura 73 do Apêndice VI, encoraja e apoia a realização de LPA's, e, subsequentemente, a identificação de problemas na linha.

4.8. Revisão e contextualização da normalização realizada

Após a realização das atividades descritas previamente, é possível afirmar que foi criada uma base apta para apoiar o início da produção. Apesar da considerável quantidade de trabalho aplicada, envolvendo vários departamentos, e com um número de documentos criados superior a 200, não se pode afirmar que a normalização foi concluída. Adotando uma mentalidade de melhoria contínua, a normalização implicará consequentemente trabalho futuro.

5. DESCRIÇÃO DO ESTADO ATUAL

No presente capítulo procede-se à descrição do denominado estado “atual”. Este refere-se ao estado das linhas logo após a normalização das mesmas. A transferência e subsequente implementação de linhas de produção apresenta inúmeros desafios. A análise de indicadores de desempenho com vista na melhoria, depende inicialmente de uma implementação com sucesso das linhas. O sucesso desta encontra-se intrinsecamente associado a um projeto de normalização inicial relativo aos procedimentos e processos das mesmas. Não obstante, passando este primeiro obstáculo, torna-se óbvia a necessidade de identificação de problemas e subsequente implementação de melhorias para os combater, posteriormente discutidas, respetivamente, nos capítulos 6 e 7.

5.1. Referências produzidas

O presente projeto engloba apenas as referências de *heaters* do tipo LVAH. Estas, por motivos de confidencialidade, serão doravante codificadas segundo uma numeração de 1 a 9. De notar que as referências 1 e 2 são idênticas no seu processo de produção, tendo sido dada uma designação diferente às mesmas pela empresa devido ao facto de terem localizações geográficas diferentes do mesmo cliente. Posteriormente, na Secção 5.6, será apresentada uma análise mais extensiva destas duas referências.

Relativamente à composição dos *heaters* do tipo LVAH, na sua base, estes são compostos por *rods*, que por sua vez, resultam da montagem de vários componentes, tais como as *stones*, *contact frames* e tiras de cerâmica. As chamadas *fins* são montadas nos *rods*, que por sua vez são fixados no *housing*.

5.2. Descrição breve do processo

De modo a resumir sucintamente todo o processo associado aos LVAH, aplicou-se um diagrama SIPOC para a representação dos fornecedores, *inputs*, processo, *outputs* e clientes, apresentado na Figura 14.

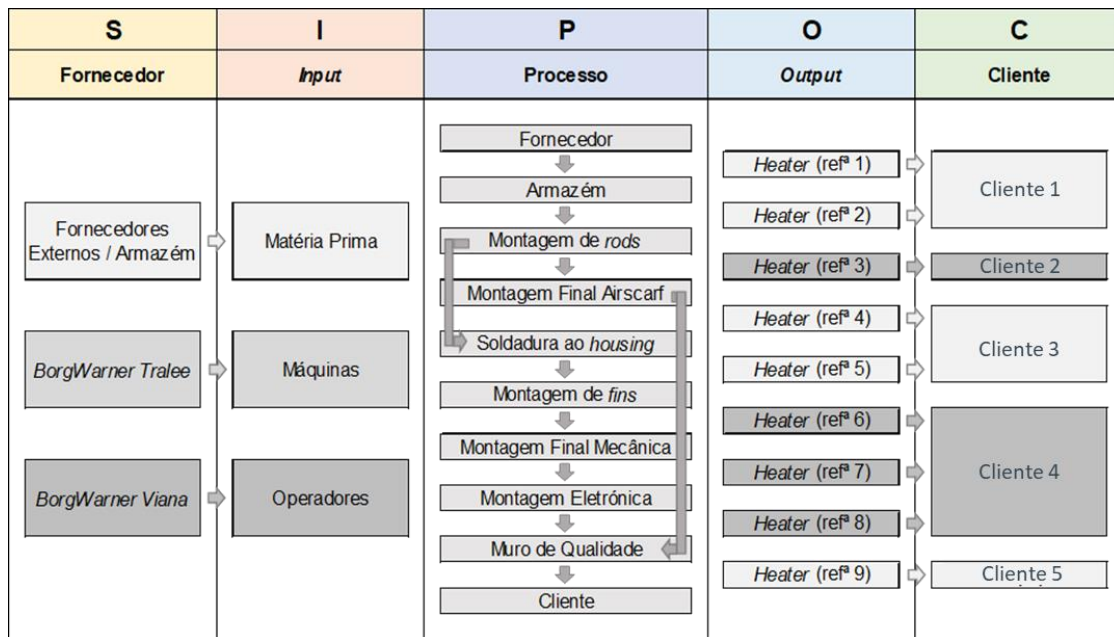


Figura 14: Esquema SIPOC do processo LVAH.

O processo produtivo LVAH das 9 referências engloba 8 linhas de produção, 6 das quais pertencentes à área mecânica e as 2 restantes, devido à presença de componentes eletrônicos, pertencem à área eletrônica com especificações ESD. O processo encontra-se mapeado na Figura 15.

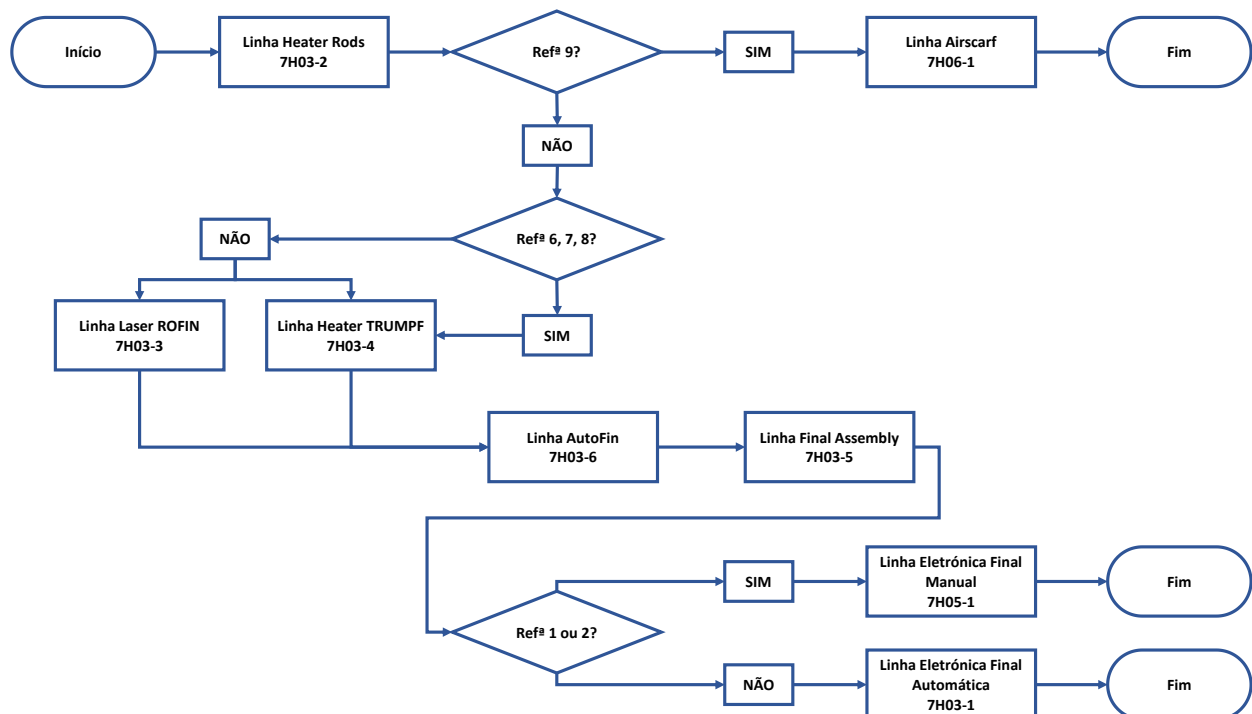


Figura 15: Mapeamento do processo produtivo dos LVAH.

A linha 7H03-2, na área mecânica, corresponde ao início do processo produtivo para todas as referências LVAH, sendo, portanto, partilhada. Esta tem como objetivo a produção de *rods*. Após finalização dos *rods*, a produção da referência 9, sendo menos complexa que as restantes, passa diretamente para a linha final 7H06-1, onde se conclui o processo da mesma. Contrariamente, o processo seguinte das restantes referências corresponde à soldadura dos *rods* no *housing*, nas linhas 7H03-3 ou 7H03-4. Ambas estas linhas partilham a mesma função, diferenciando-se, todavia, no laser utilizado. De seguida é realizada na linha 7H03-6 a montagem das *fins* na sub montagem dos *rods* soldados. Posteriormente, na linha 7H03-5, são realizadas as últimas operações necessárias para a finalização da montagem mecânica. Após o término desta etapa, as peças avançam para a área eletrónica. Nesta existem duas linhas finais (7H03-1 e 7H05-1) que partilham a mesma função: montagem do *Printed Circuit Board Assembly* (PCBA), finalização do *heater* e realização dos testes necessários, diferenciando-se, contudo, no facto de a linha 7H03-1 ter um nível de automatização superior à linha 7H05-1. É de sublinhar que enquanto a linha 7H05-1 é dedicada às referências 1 e 2, a linha 7H03-1 é dedicada às referências 3 a 8.

5.3. Linhas LVAH da área mecânica

Na denominada área mecânica, representada na Figura 16, são realizadas todas as operações que não requerem uma EPA (área protegida *ESD*). Desta fazem parte as linhas 7H03-2, 7H03-3, 7H03-4, 7H03-5, 7H05-6 e 7H06-1. Correspondendo a linha 7H06-1 ao fim do processo de fabrico da referência 9, também o respetivo muro de qualidade foi instalado na área mecânica. A localização designada para as linhas foi escolhida de modo a assegurar um fluxo contínuo e contiguidade das mesmas, evitando cruzamento de materiais.

De destacar que, para as linhas 7H03-2, 7H03-6 e 7H06-1 é realizado o denominado “Registo SPC” das medições das peças ao início, meio e fim do turno, para garantir que estas se encontram dentro das cotas.

Adicionalmente, o material que, por alguma razão, não se encontre conforme, deve ser separado do restante. Isto previne o surgimento de situações em que haja mistura entre material conforme (OK) e não conforme (NOK), e subsequentes problemas de qualidade. De modo a separar este material, na área mecânica foi inicialmente implementada uma “jaula de qualidade”, um espaço no qual este mesmo material é devidamente isolado e categorizado.

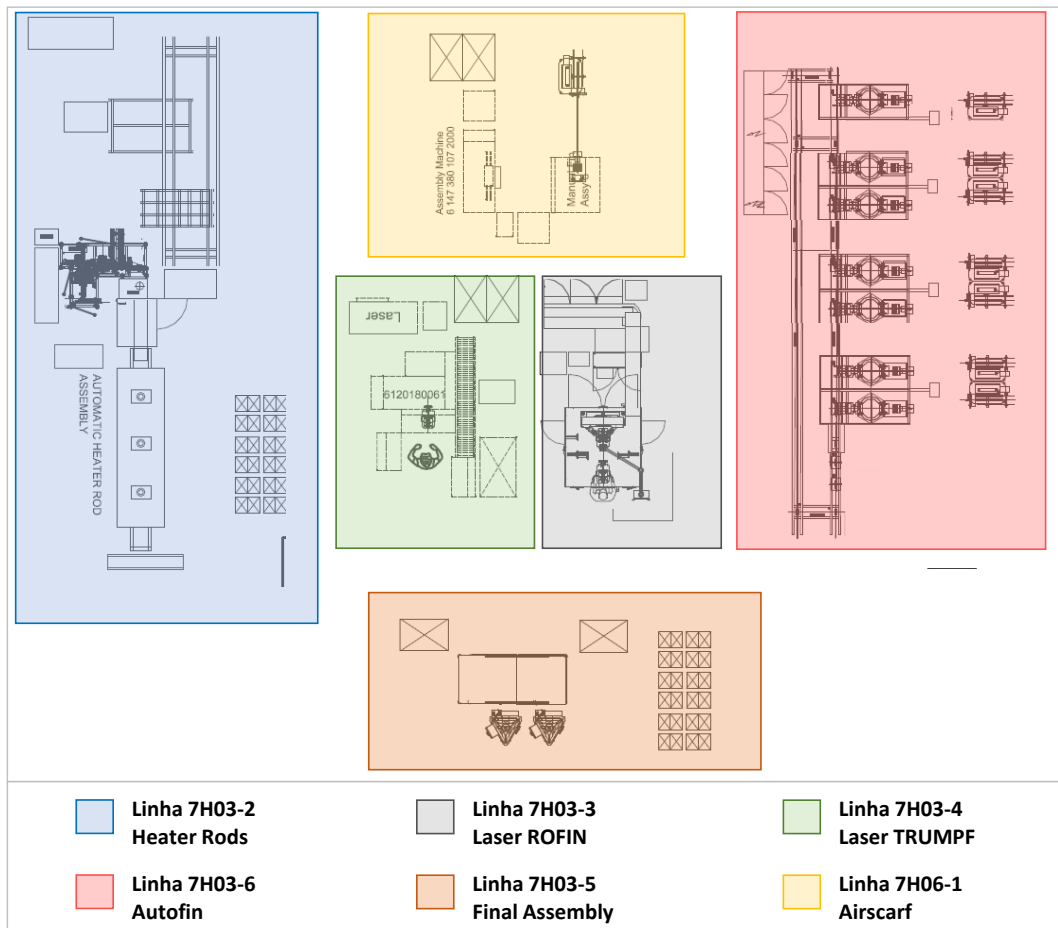


Figura 16: Representação do layout das linhas pertencentes à área mecânica da produção dos LVAH.

5.3.1. Linha *Heater Rods* (7H03-2)

A linha 7H03-2 corresponde ao primeiro conjunto de operações realizadas para os produtos LVAH. Esta começa com a inserção, por parte de um operador, de uma tira de cerâmica numa designada *contact frame*. Esta é depois encaixada num transportador, responsável por realizar a movimentação até à operação seguinte, onde, através de um movimento *pick and place*, são montadas as *stones*. Assim que esta ação é concluída, o transportador avança até a um segundo operário que introduz tubos no encaixe designado, e, pneumáticamente, o conjunto de tira de cerâmica, *stones* e *contact frame* é encaixado dentro desse mesmo tubo. A peça é posicionada num tapete pelo operador, e após o avanço da mesma, é realizada cronologicamente, a prensagem da mesma, o teste de câmara ao comprimento da *tab* e, por último, o teste elétrico. Passando nos testes, a peça avança para o último tapete, onde é submetida a um tratamento no formo. Finalizando todo o processo, é obtido o denominado *rod*.



Figura 17: Linha Heater Rods (7H03-2). (1) Posto de montagem de frames no transportador; (2) posto de montagem nos tubos e tapete, (3) posto de saída do forno, (4) posto de controle de qualidade.

5.3.2. Linhas Laser L1 (7H03-3) e Laser L2 (7H03-4)

Ambas as linhas 7H03-3 e 7H03-4 partilham o mesmo propósito, a soldadura de 3 *rods* num *housing*. As ações desempenhadas pelo operador são também semelhantes. Este monta manualmente três *rods* no *housing*, inserindo o conjunto no útil de encaixa da máquina. Após dar início ao ciclo, o processo de soldadura é automático e controlado pelas máquinas. As diferenças encontram-se principalmente na parte automática do processo, tendo cada máquina parâmetros únicos. É também de notar que enquanto o laser L1 da linha 7H03-3 possui 4 mesas, o laser L2 da linha 7H03-4 tem apenas 2 mesas. Quando o ciclo termina, a peça é retirada pelo operador e submetida a dois testes num útil designado por angularidade dos *rods* e comprimento das *tabs*. Verificando-se o estado OK da peça, esta é arrumada num carrinho. As linhas 7H03-3 e 7H03-4 encontram-se representadas, respetivamente, na Figura 18 e Figura 19.



Figura 18: Linha Laser L1 (7H03-3).



Figura 19: Linha Laser L2 (7H03-4)

5.3.3. Linha Autofin (7H03-6)

Na linha 7H03-6, representada na Figura 20, é realizada a montagem das *fins*. Esta é, de forma resumida, composta por um tapete, nove estações, assim como duas mesas por estação. As estações 1 a 4 são reservadas apenas para as referências da, posteriormente definida na Secção 5.6, família X (referências 1 e 2). As restantes estações, 5 a 9, admitem as referências da família Y (referências 3 a 8). Nesta linha, o operário insere uma peça num transportador. Quando dá início ao ciclo, este avança num tapete até encontrar uma estação com uma mesa livre, e compatível com essa mesma referência. As estações de montagem, sendo compostas por duas mesas, que trocam de posição devido à existência de uma placa giratória, permitem que uma peça fique em espera enquanto se dá o processo de montagem de *fins* noutra peça. As *fins* entram na linha na forma de uma bobine. A máquina de montagem procede ao corte de secções da bobine, isolando as *fins* e montando-as nos *rods* da peça. Assim que esta operação é terminada, a placa giratória inverte a sua posição, e o transportador segue caminho no tapete. Assim que este atinge a posição inicial, o operador remove a peça, inspeciona e arruma no carrinho.



Figura 20: Linha Autofin (7H03-6).

5.3.4. Linha *Final Assembly* (7H03-5)

A linha 7H03-5, apresentada na Figura 21, consiste em duas operações sequenciais. Na primeira, o operador insere a peça e a flange nos úteis de encaixe correspondentes. Dá então início ao ciclo e a máquina procede à inserção da flange inferior, assim como de uma etiqueta de código de barras. Na segunda operação, a peça e um parafuso são introduzidos nos úteis respetivos. A máquina então procede à prensagem do parafuso na peça, seguida da dispensação de pasta isolante na zona das *tabs*. Para cada peça, é medido o seu comprimento num útil de medição, e segundo as especificações do cliente, assegurando a qualidade do produto. Após a finalização deste processo, a peça passa a denominar-se *raw heater*, ilustrando o processo de montagem dos componentes eletrónicos em falta. Antes de avançar para a última linha, os *raw heaters* devem ficar separados durante cerca de 12h, para que a pasta aplicada solidifique totalmente.



Figura 21: Linha *Final Assembly* (7H03-5).

5.3.5. Linha *Airscarf* (7H06-1)

A linha 7H06-1, ilustrada na Figura 22, é dedicada apenas à montagem final da referência 9. Esta referência tem um nível de complexidade inferior em relação às restantes referências LVAH, e como tal, a linha 7H06-1 recebe material diretamente da linha 7H03-2. O processo inicia-se então com a fixação de dois *rods* num transportador. Este transportador é inserido numa máquina de montagem de *fins*, num processo muito semelhante ao da linha 7H03-6, diferenciando-se na medida em que existe apenas uma estação dedicada. Assim que as *fins* são montadas em cada *rod*, verifica-se o cumprimento das especificações num útil de medição, e são prensadas duas flanges, uma em cada uma das extremidades do *rod*. A peça é então medida novamente, e, caso esteja OK, recebe uma marcação numa das flanges. Por fim, é realizado um teste de resistência. Nesse momento dá-se como concluído o processo de produção do *heater* (da referência 9), que é de seguida embalado.



Figura 22: Linha *Airscarf* (7H06-1).

5.4. Linhas LVAH da área eletrónica

A área eletrónica encontra-se separada numa EPA (área protegida de ESD), ou simplesmente conhecida como área ESD. O objetivo das duas linhas presentes na área ESD, 7H03-1 e 7H05-1, cujo *layout* se apresenta na Figura 23, é a montagem final dos componentes, incluindo o PCBA (sensível a ESD), assim como a realização dos testes finais. Nesta área também estão inseridos os muros de qualidade para as referências 1 a 8, já que é aqui que as linhas finais correspondentes se encontram.

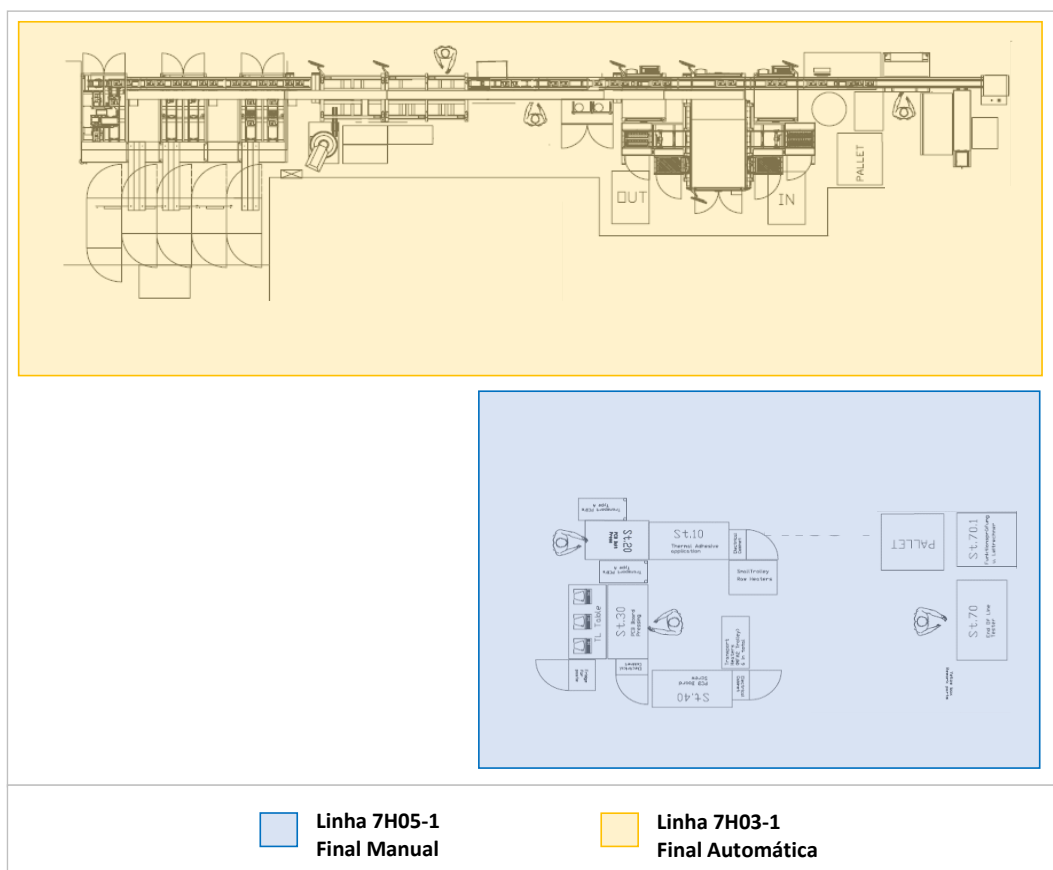


Figura 23: Layout das linhas pertencentes à área eletrônica da produção dos LVAH.

5.4.1. Linha manual *Electronic Assembly* (7H05-1)

A linha 7H05-1, representada na Figura 24, apresenta-se como a linha final no processo de fabrico das referências da família X (conotação definida na Secção 5.6). Tem como propósito a montagem do PCBA, assim como a finalização do *heater*, culminando nos testes finais do *end-of-line* (EOL).

Na primeira estação (St. 10), o operador insere o *raw heater* no útil, e, iniciando o ciclo da máquina, esta inicia a dispensação de resina no *housing*. Paralelamente, na segunda estação (St. 20), um operário procede à fixação de um parafuso no PBCA. A estação seguinte (St.30) utiliza os *outputs* das duas operações descritas, sendo levada a cabo a prensagem do PCBA no *raw heater*. É relevante destacar que esta operação deve ser feita imediatamente a seguir à dispensação de resina devido ao curto intervalo de tempo até ao endurecimento da mesma. Ulteriormente, na estação seguinte (St.40) é realizada em duas operações, o aparafusamento do PCBA e subsequente aparafusamento da *cover*. A peça é arrumada num carrinho, que devido ao sistema de rastreabilidade, só pode avançar para os testes finais de EOL quando se encontrar completo. Numa fase inicial, antes do teste de EOL, as peças passavam por um ciclo de forno e posterior arrefecimento para assegurar a solidificação da resina.

Entretanto, a resina aplicada foi alterada e este passo deixou de ser necessário. No EOL são realizados uma série de testes a cada peça, nomeadamente a verificação do seu comprimento, assim como os testes elétricos. Sendo o *heater* considerado OK, é-lhe atribuído uma etiqueta e é arrumado num carrinho para a posterior realização de muro de qualidade e embalagem.



Figura 24: Linha Manual Electronic Assembly (7H05-1).

5.4.2. Linha Automatic Electronic Assembly (7H03-1)

A linha 7H03-1, apresentada na Figura 25, corresponde à linha final para as referências da família Y (conotação aclarada na Secção 5.6). Nesta, o operário insere o *raw heater* num transportador. Iniciando o ciclo, esta segue no tapete, sendo realizados automaticamente pela máquina, as operações de dispensação de pasta e aparafusamento do PCBA. Neste ponto, surge a única operação manual da linha para além de entrada e saída de peça, correspondendo à montagem dos cabos no *heater*. Após a realização da mesma, a peça avança no tapete, os cabos são fixados, as suas posições e o estado do PCBA são verificados com recurso a uma câmara, a *cover* é aparafusada e são realizados os testes elétricos no EOL. Sendo a peça considerada OK, esta é marcada a *laser*, avançando no tapete. Esta retorna assim à estação de entrada e saída, sendo, porém, antes realizado ainda um teste de câmara para a existência de componentes dos cabos, assim como da marcação *laser*. A peça é então finalmente embalada.



Figura 25: Linha Automatic Electronic Assembly (7H03-1).

5.5. Medição e obtenção dos valores das linhas

Para posterior análise e incorporação na aplicação de ferramentas de melhoria contínua, procedeu-se à medição e reunião dos valores das linhas. Assim, esta realizou-se em duas fases. Na primeira, no terreno, efetuou-se a medição dos tempos associados à operação nas máquinas de todas as linhas. Este seguiu uma metodologia sistemática, sendo aplicados os mesmos critérios transversalmente. Numa segunda fase, analisaram-se os dados históricos guardados em registos. Isto permitiu isolar os índices de desempenho, assim como comparar o observado com o registado.

5.6. VSM atual

Tendo como objetivo a identificação das fontes de desperdício, e subsequentemente, futuras oportunidades de melhoria no processo, procedeu-se à construção de um VSM baseado na situação atual verificada.

Seguindo a metodologia apresentada na Secção 2.4.7 para a elaboração de um VSM, começou-se pela seleção da família de produtos a analisar. Assim, foi criada uma matriz relativa à sequência de operações realizadas para cada uma das referências, apresentada na Tabela 5. Por análise à mesma, verificou-se

padrões entre as operações realizadas. Assim, tornou-se clara a existência de 3 famílias principais de produtos dentro dos LVAH, denominando-se como famílias X, Y e Z:

- Família X: Ref^a 1 e 2;
- Família Y: Ref^a 3, 4, 5, 6, 7, 8;
- Família Z: Ref^a 9.

Tabela 5: Matriz da sequência de principais operações realizadas para as referências de produtos LVAH.

Famílias	Referências	Operações								
		Linha 7H03- 2	Linha 7H03- 3	Linha 7H03- 4	Linha 7H03- 6	Linha 7H03- 5	Linha 7H05- 1	Linha 7H03- 1	Linha 7H06- 1	Muro de Qualidade/ Embalamento
X	1	1	2	2	3	4	5	-	-	6
	2	1	2	2	3	4	5	-	-	6
Y	3	1	2	2	3	4	-	5	-	6
	4	1	2	2	3	4	-	5	-	6
	5	1	2	2	3	4	-	5	-	6
	6	1	-	2	3	4	-	5	-	6
	7	1	-	2	3	4	-	5	-	6
	8	1	-	2	3	4	-	5	-	6
Z	9	1	-	-	-	-	-	-	2	3

Com a finalidade de selecionar as referências a analisar no VSM, reuniu-se os valores de previsão da quantidade de vendas, e correspondente custo e preço de venda, para cada uma das referências LVAH, representando-se na Tabela 9 do Apêndice VII. As previsões das referências 1 e 2, realizadas pelo Departamento de Logística, foram agrupadas previamente. Assim, para cada destas duas referências, empregou-se a média.

Aplicando a ferramenta do gráfico de Pareto, representou-se inicialmente a projeção de peças finais vendidas totais nos próximos 5 anos em função de cada uma das referências, e, posteriormente, em função das três famílias definidas. Os gráficos apresentam-se na Figura 26.1 e Figura 26.2, respectivamente, e os valores calculados na Tabela 10 do Apêndice VII. Analisando estes, destaca-se o relevo do volume de vendas das referências da família X em relação às restantes, representando 65,26% das vendas previstas dos próximos 5 anos.

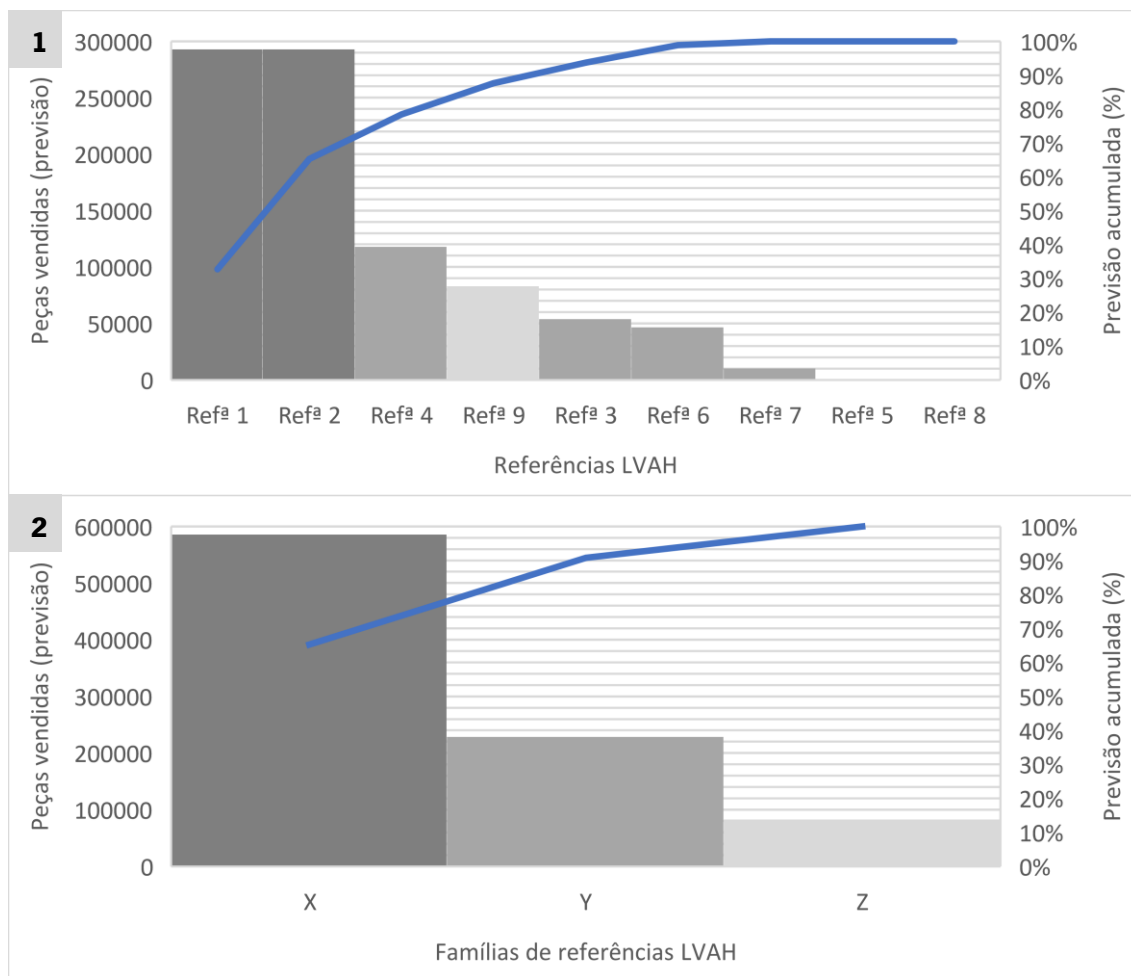


Figura 26: Gráficos de Pareto da previsão de vendas, em unidades e cumulativo (%), em função de: (1) cada referência LVAH; (2) cada família de referências LVAH.

Dado que as referências LVAH diferem entre si nos custos de fabrico e de venda, procedeu-se também à análise do lucro projetado. Assim, foi calculado, para cada referência, o lucro estimado por peça, e, multiplicando pela previsão de vendas, obteve-se o lucro projetado ao longo dos próximos 5 anos. O lucro projetado, apresentado na Tabela 10 do Apêndice VII, foi representado na forma de um gráfico de Pareto, em função de cada referência e de cada família, respetivamente na Figura 27.1 e Figura 27.2.

Neste caso, a família Y conta com 82,88% do lucro total projetado, contrastando com a família X com 6,99% e a família Z com 10,13%. De destacar que dentro dos 82,88% da família Y, 62,74% correspondem unicamente à referência 4.

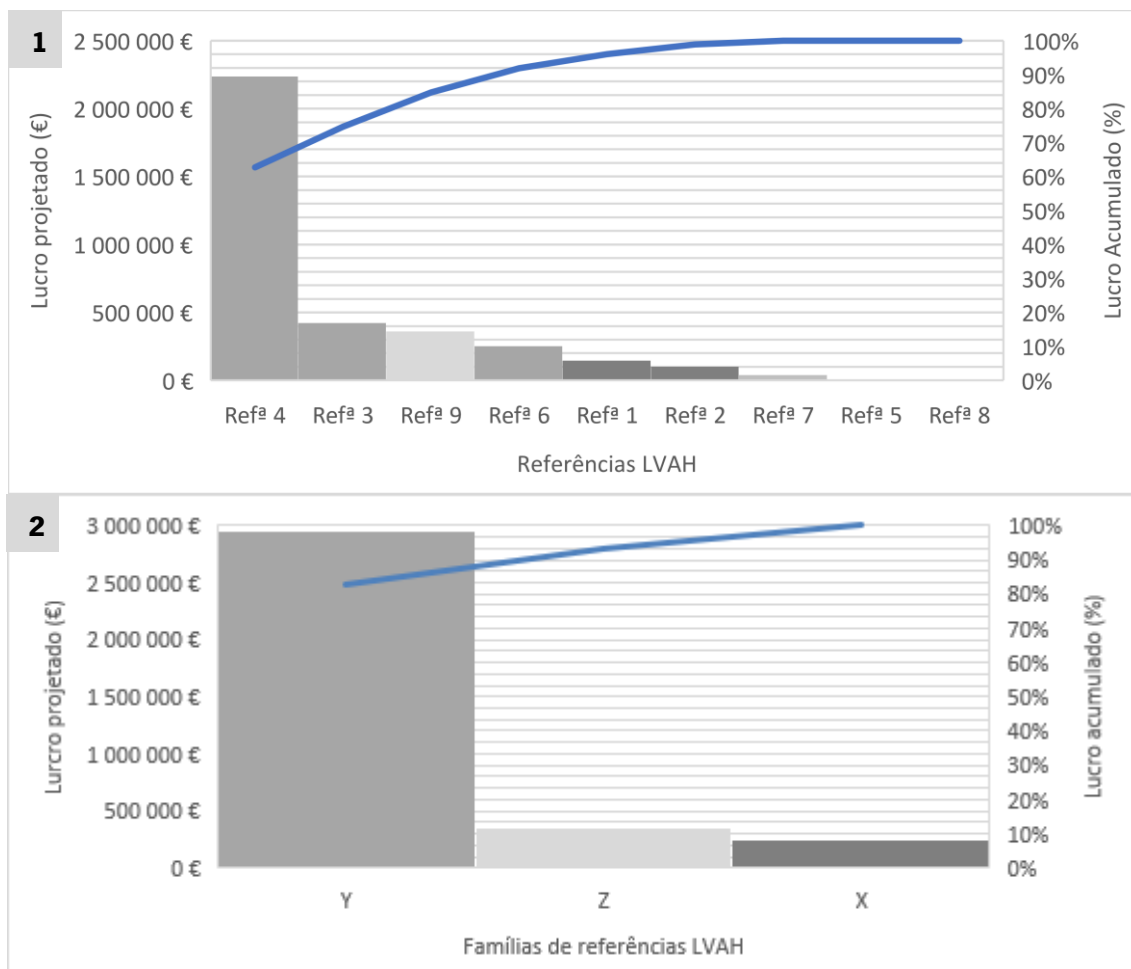


Figura 27: Gráficos de Pareto do lucro projetado, em euros (€) e cumulativo (%), em função de: (1) cada referência LVAH; (2) cada família de referências LVAH.

Para uma melhor percepção da relação entre o volume de peças vendidas e o lucro projetado, recorreu-se a um diagrama de dispersão. Assim, na Figura 28, representou-se a percentagem relativa do lucro projetado para cada referência em função da percentagem relativa de vendas projetadas de peças. Neste é possível identificar 3 *clusters*:

- Primeiro *Cluster* (Refª 4): Volume projetado de vendas médio e de lucro alto;
- Segundo *Cluster* (Refª 1, 2): Volume projetado de vendas alto e de lucro baixo;
- Terceiro *Cluster* (Refª 3, 5, 6, 7, 8, 9): Volume projetado de vendas baixo e de lucro baixo.

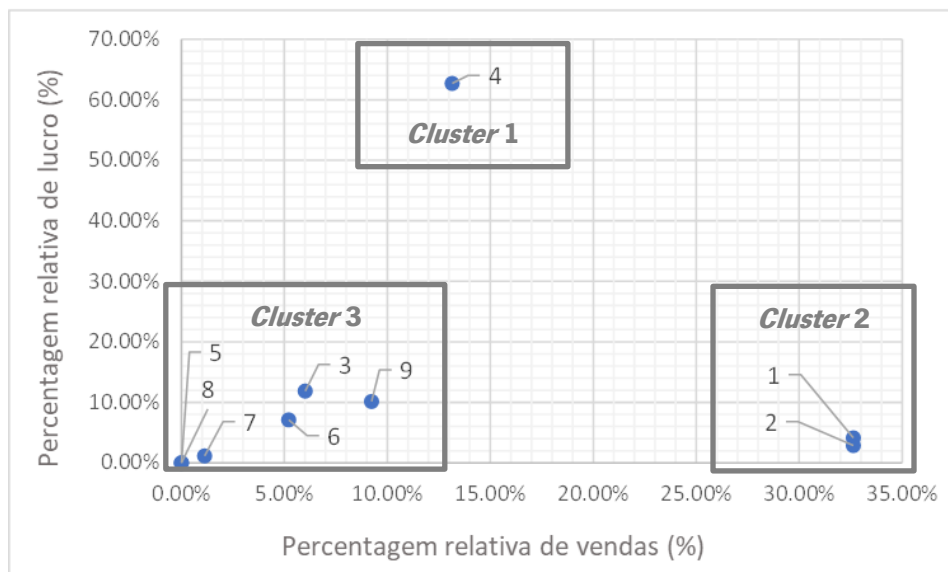


Figura 28: Gráfico de Dispersão da percentagem relativa de lucro (%) das referências LVAH em função da percentagem relativa de vendas (%), e respetivos clusters identificados.

Para a realização do VSM, decidiu-se proceder à escolha da referência mais relevante de cada uma de duas famílias. Tendo em conta a análise realizada, determinou-se a seleção das famílias X e Y, representativas dos *clusters*. Na família X, sendo as referências 1 e 2 idênticas, distinguindo-se apenas pela localização do cliente, estas foram consideradas como um conjunto. Para a família Y, devido ao volume projetado de vendas considerável, e correspondente alta margem de lucro, selecionou-se a referência 4.

Com o mapeamento de processo já realizado na Secção 5.2, deu-se início à recolha dos dados necessários, dividindo-se em duas fases. Na primeira, com o apoio da equipa de logística, reuniu-se informação relativa aos clientes e aos fornecedores, destacando-se a procura verificada e frequência dos envios, respetivamente. Numa segunda fase, os processos foram acompanhados, permitindo adicionar conhecimento atual do que foi observado aos registos históricos das linhas.

A criação e preservação de registos na linha de produção é essencial para garantir uma base de conhecimento para um projeto que tenha em vista a melhoria da mesma. No caso das linhas de produção LVAH, estes são feitos em papel e preenchidos pelos colaboradores. Durante o estudo dos dados históricos das linhas a partir destes mesmos registos, verificaram-se situações com informação inconsistente ou mesmo em falta. Nestas incluem-se dois pontos principais: irregularidades no número de peças sucateadas e retrabalhadas; uma regular escassez a nível da indicação das paragens realizadas, assim como o seu motivo. Como tal, nas caixas de dados dos processos do VSM, a apresentação de certos parâmetros revelou-se mais desafiante do que outros. Neste âmbito, destaca-se a dificuldade de obtenção do valor de OEE, nomeadamente do fator qualidade.

Tendo em conta as vendas durante o mês correspondente ao estado atual da realização do VSM, calculou-se a procura diária para as referências 1 e 2, assim como a 4. A partir deste valor, calculou-se também o *Takt Time* (T_t) para as mesmas:

$$T_{t\ Ref^a\ 1,2} = \frac{\text{Tempo Disponível p/ dia}}{\text{Procura Diária}} = \frac{864\ \text{min.}}{345,04} = 2,50\ \text{minutos}$$

$$T_{t\ Ref^a\ 4} = \frac{\text{Tempo Disponível p/ dia}}{\text{Procura Diária}} = \frac{864\ \text{min.}}{191,74} = 4,51\ \text{minutos}$$

Nas Figura 29 e Figura 30, e posteriormente, para uma melhor percepção visual, no Apêndice XVIII dividido em múltiplas secções, encontram-se representados os VSM de estado atual para as referências 1 e 2, assim como para a referência 4, respetivamente.

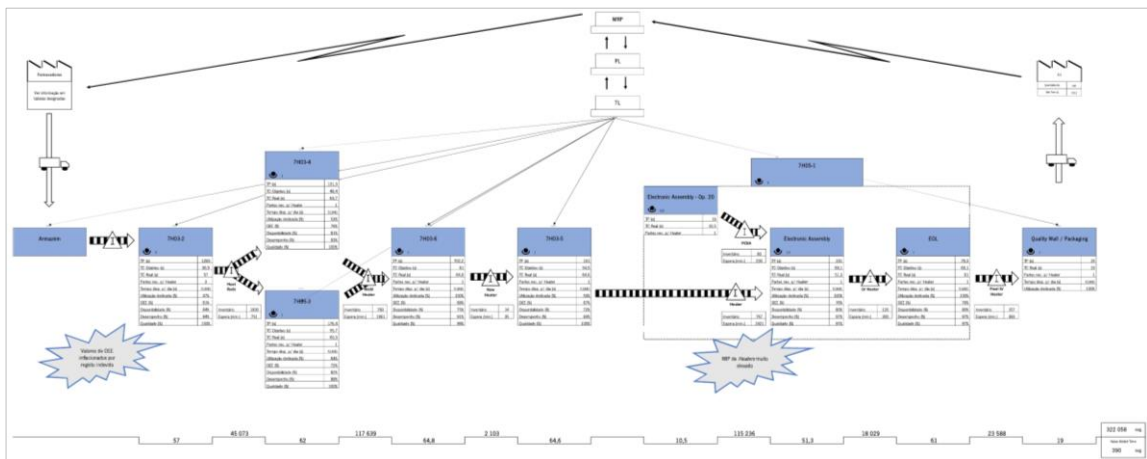


Figura 29: VSM do estado atual para a ref^a 1-2.

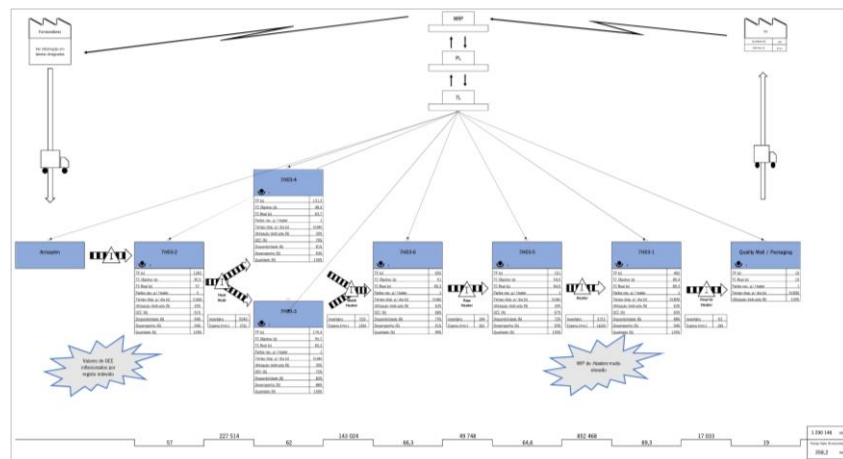


Figura 30: VSM do estado atual para a ref^a 4.

Devido a constrangimentos de espaço nos VSM, as informações relativas aos fornecedores e componentes, cujas codificações foram agrupadas na Tabela 11, são apresentados na Tabela 12 e Tabela 13. Todas estas tabelas encontram-se no Apêndice IX.

Uma parte fulcral de um VSM são as medidas utilizadas para a avaliação do processo. Como tal, as medidas utilizadas nos VSM apresentados são de seguida descritas:

- TP: correspondente a tempo do processo, equivalente ao *lead time* do mesmo, ou seja, o intervalo de tempo entre a entrada de uma peça e a saída da mesma, em segundos;
- TC Objetivo: tempo de ciclo objetivo, ou seja, o intervalo de tempo, definido pela equipa, segundo o qual é objetivado a saída de cada produto, em segundos;
- TC Real: tempo de ciclo real, ou seja, o intervalo de tempo segundo o qual se verificou nas linhas a saída de cada produto, em segundos;
- Partes nec. p/ *heater*: equivalente ao número de componentes necessários para cada *heater* completo;
- Tempo disp. p/ dia: tempo disponível por dia, em segundos;
- Utilização dedicada: correspondente à utilização dedicada da máquina, segundo o histórico de vendas, para a respetiva referência, em percentagem;
- OEE: índice OEE verificado na linha segundo os registos históricos, em percentagem;
- Disponibilidade: componente do índice OEE verificado na linha segundo os registos históricos, em percentagem;
- Desempenho: componente do índice OEE verificado na linha segundo os registos históricos, em percentagem;
- Qualidade: componente do índice OEE verificado na linha segundo os registos históricos, em percentagem;
- Inventário: número de peças em inventário;
- Espera: tempo de espera calculado tendo em conta o inventário e o *takt time*, em minutos;
- Quantidade/dia: procura diária de um dado cliente;
- *Takt Time*: valor de *Takt Time*, em segundos.

Por análise destes pontos nos VSM desenvolvidos, pode destacar-se determinadas situações aptas a melhorar. Logo de início, tal como discutido previamente, os valores de OEE, e consequentemente as componentes de disponibilidade, desempenho e qualidade, não vão de encontro à realidade. Devido ao que se teoriza serem falhas nos registos históricos, estes são muito inflacionados. A componente na qual isto é de maior relevo é a qualidade, sendo em algumas linhas igual a 100%, apesar de se saber (por acompanhamento das linhas) que o mesmo não é verídico. Outro ponto destacado, são os valores de WIP após a área mecânica, ou seja, após a linha 7H03-5. É também de destacar que, com o aumento da procura diária, também o valor de *Takt Time* terá tendência a diminuir.

Relativamente ao *bottleneck*, para a ref^a 4, pode-se dizer que corresponde à linha 7H03-1. Porém, o mesmo raciocínio linear não se aplica às ref^a 1 e 2. Para estas existe uma diferença entre o teorizado,

segundo o tempo de ciclo objetivo, e o tempo de ciclo real (observado diretamente nas linhas). Tendo em conta apenas o tempo de ciclo objetivo, o *bottleneck* corresponde à linha final 7H05-1. Porém, segundo os valores de tempo de ciclo reais, este título pertence à linha 7H03-6. Assim, seria relevante a nivelção dos tempos do processo.

Por fim, calculou-se as proporções de valor acrescentado: 0,12% e 0,03% para as referências 1-2 e 4, respetivamente. Estes valores são de baixa magnitude, o que indica a presença de muitos desperdícios no processo, nomeadamente no tempo associado ao WIP excessivo.

5.7. Considerações finais do estado atual

Ao longo do presente capítulo foram descritos múltiplos pontos com o intuito de apresentar uma ideia do estado atual das linhas LVAH, logo após a realização da normalização inicial das mesmas. Considera-se importante mencionar que, devido a constrangimentos na obtenção de informação, não foi viável a realização de uma análise estatística mais profunda. Partindo da exposição realizada, parte-se assim, no capítulo seguinte, para a identificação de problemas.

6. IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

Ao longo deste capítulo é apresentada uma análise crítica aos problemas identificados nas linhas LVAH. A recolha de dados para identificação dos problemas foi realizada por observação *in-loco*, culminando na análise ao VSM desenvolvido e apresentado no capítulo anterior.

6.1. Irregularidades e ineficiências no preenchimento da documentação

A realização do VSM do estado atual das linhas LVAH revelou-se uma ferramenta eficaz para a identificação de um problema de importante relevo. Como inicialmente mencionado na Secção 5.6, verificaram-se algumas irregularidades no preenchimento da documentação das linhas. Esta era por vezes realizada incorretamente, nomeadamente na especificação da referência produzida, peças separadas para retrabalho ou até mesmo paragens realizadas. Isto leva a uma maior dificuldade na avaliação do desempenho da linha, assim como na definição de um ponto inicial para a implementação de ações de melhoria.

Para além das irregularidades encontradas, encontrou-se também alguma ineficiência no preenchimento da documentação. Num ambiente de Indústria 4.0, tem-se como objetivo a digitalização da informação. Opostamente, o operador realiza tudo manualmente, impossibilitando o acesso em tempo real a índices de desempenho das linhas. Na Figura 31 exemplifica-se um registo preenchido pelo operador. Adicionalmente, estes valores são transferidos no final do turno, também manualmente, para o computador pelo *Team Leader*. Este identifica-se como um processo em certa medida redundante, ocupando tempo que poderia de outra forma ser mais bem utilizado.

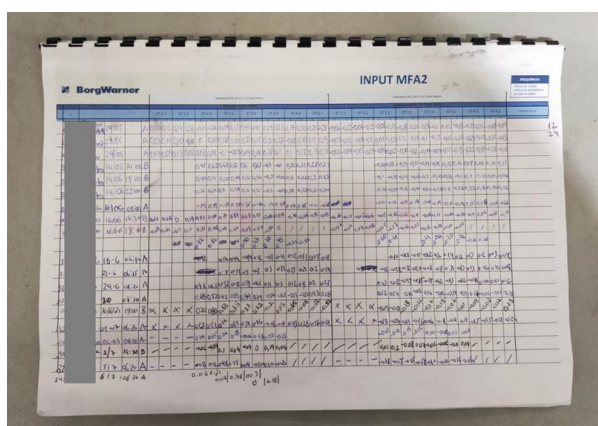


Figura 31: “Registo SPC” preenchido pelos operadores.

6.2. Retrabalho da linha 7H03-2

Como mencionado na Secção 6.1, verificaram-se irregularidades relativamente ao preenchimento dos registos de produção, nomeadamente o registo de peças retrabalhadas. Apesar de não constar nos registos de linha, verificou-se durante um turno a existência de 300 *rods* para retrabalho, por falharem no teste de câmara que mede o comprimento da *tab*. Retirou-se então uma amostra de 30 *rods*, sendo estes medidos manualmente no útil designado. Tendo em conta as tolerâncias do processo, os *rods* foram classificados como OK ou NOK, e apresentados no gráfico da Figura 32. Verifica-se claramente uma discrepância no teste, visto que, do total de 30 *rods* chumbados, 28 estão dentro da tolerância.

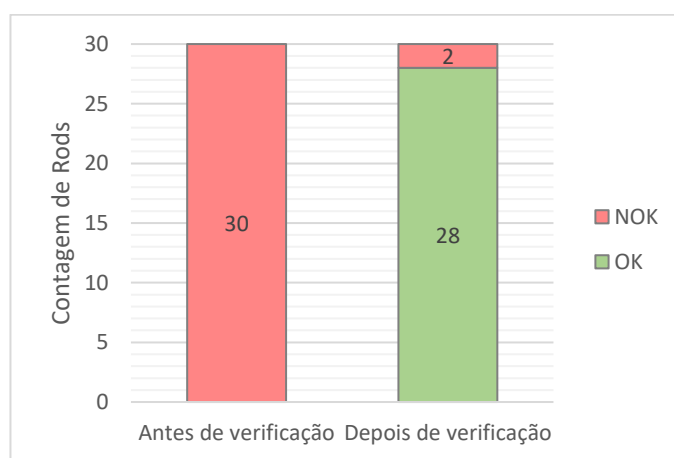


Figura 32: Gráfico de barras referente à proporção de rods OK e NOK inseridos numa amostra de 30 rods que falharam o teste de câmara da linha 7H03-2.

Realizou-se então uma reunião de equipa para discutir as possíveis causas para a falha identificada. Estas foram divididas em seis categorias – tecnologia, pessoas, controlo, ambiente, material e processo – e foram então representadas no Diagrama de *Ishikawa* apresentado na Figura 33.

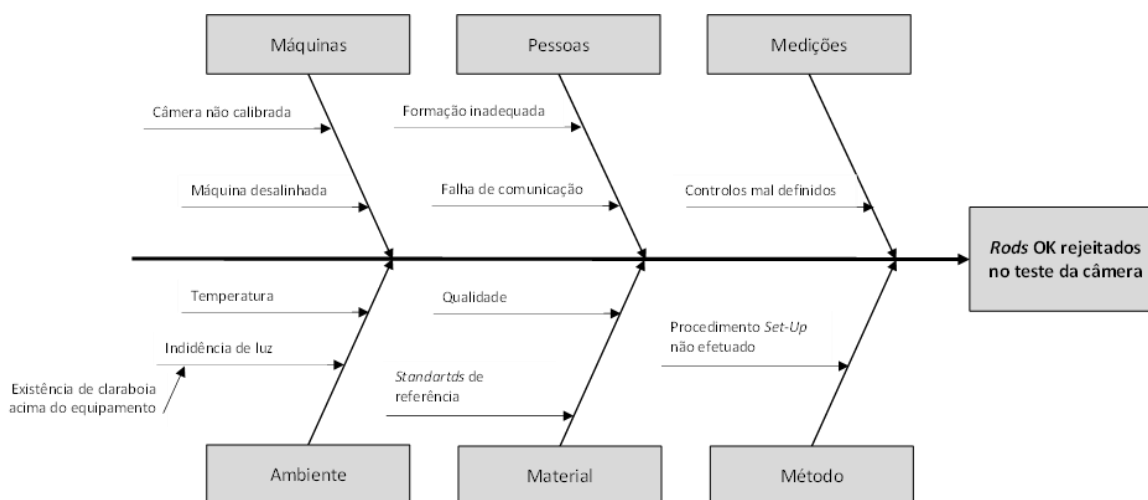


Figura 33: Diagrama de Ishikawa relativo a uma amostra do retrabalho verificado na linha 7H03-2.

Após análise das possíveis causas, teorizou-se que a mais provável teria a ver com o ambiente, especificamente a luminosidade associada. Uma das maiores diferenças na linha em relação às instalações anteriores, é a existência de uma claraboia a incidir luz diretamente acima do teste, tal como ilustrado na Figura 34. Ao longo do dia, a incidência da luz vai variando, causando um ambiente luminosamente inconstante. Assim, realizaram-se testes recorrendo ao bloqueio do feixe de luz da claraboia com uma caixa opaca, verificando-se instantaneamente uma maior precisão da câmara.

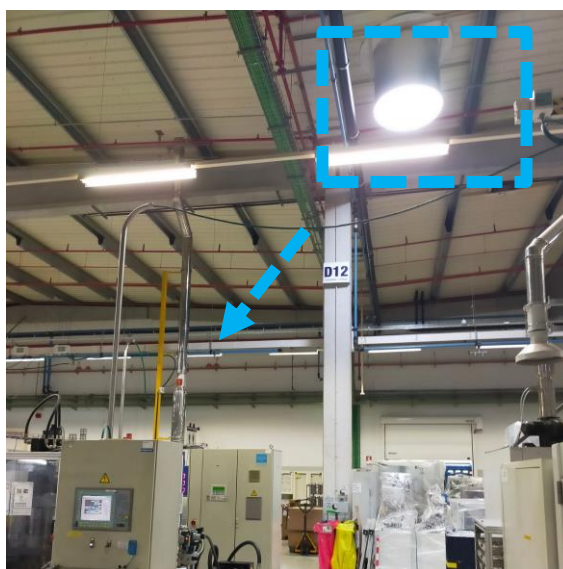


Figura 34: Claraboia presente acima da estação de teste de câmara ao comprimento da tab no rod.

6.3. Deficiente rastreabilidade na linha 7H05-1

6.3.1. Base de dados

Na recolha de dados a partir do sistema de rastreabilidade na linha 7H05-1, identificou-se uma falha no seu modo de funcionamento. O mecanismo da base de dados possuía apenas a capacidade de guardar o valor de tempo e data do início do ciclo. Assim, caso uma peça se verificasse NOK no fim do ciclo da máquina, o sistema de rastreabilidade não fazia distinção em relação a uma peça considerada OK, criando desta forma um *input* falso na base de dados.

6.3.2. Resina em utilização

Na estação 10 da linha 7H05-1 procede-se à dispensação de resina no *housing*, para posterior fixação do PCBA. A resina empregue nesta operação é guardada na forma de cartuchos num reservatório, apresentado na Figura 35. Quando esta acaba, o responsável procede à troca dos cartuchos esgotados

por novos. O problema surge relativamente à rastreabilidade da resina que se encontra no reservatório, não sendo possível saber o seu lote de origem ou se esta se encontra ainda dentro do prazo de validade.

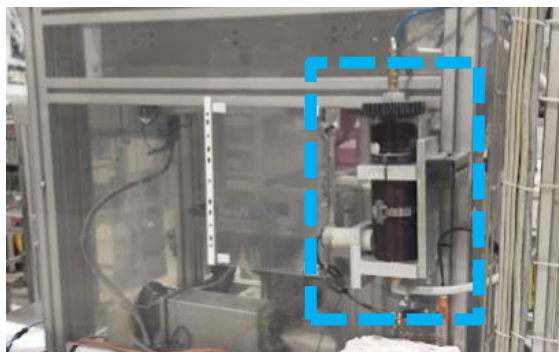


Figura 35: Recipiente de armazenagem de resina da estação 10 da linha 7H05-1.

6.4. Falta de organização

6.4.1. Falta de organização das linhas

A falta de organização na área de trabalho é responsável pela existência de ineficiências associadas. Ao inspecionar as linhas LVAH, identificaram-se vários problemas relacionados com a organização das mesmas, descritos brevemente seguidamente.

O primeiro ponto verificado foi a falta de identificação de ferramentas, meios e componentes de forma geral em todas as linhas. Tanto para um operador como para um técnico de manutenção, a falta de identificação origina ineficiências, tanto do ponto de vista temporal como operacional. Posteriormente, na linha 7H03-1, identificou-se a falta da placa de linha. Esta garante um acesso rápido aos índices de desempenho da linha, fornecendo uma base para a arrumação da documentação da mesma. Adicionalmente, na linha 7H03-2, averiguou-se a falta de caixas para separação do material, nomeadamente material para sucata e para retrabalho. Por fim, correspondeu-se ao muro de qualidade um elevado nível de desorganização. Este carecia de organização dos materiais, identificações, assim como as instruções para o operador.

6.4.2. Falta de organização e procedimento da jaula de qualidade

Ao analisar a jaula de qualidade dos LVAH, utilizada na separação do material NOK, verificou-se uma lacuna na definição do seu funcionamento. Exteriormente não existia qualquer tipo de identificação, nem qualquer indicação do procedimento a efetuar, tal como se pode verificar na Figura 36. Desta forma, a

sua utilização pode ser alvo de várias interpretações por parte da equipa, tornando-se também complicado saber a quantidade de material presente em qualquer dado momento.

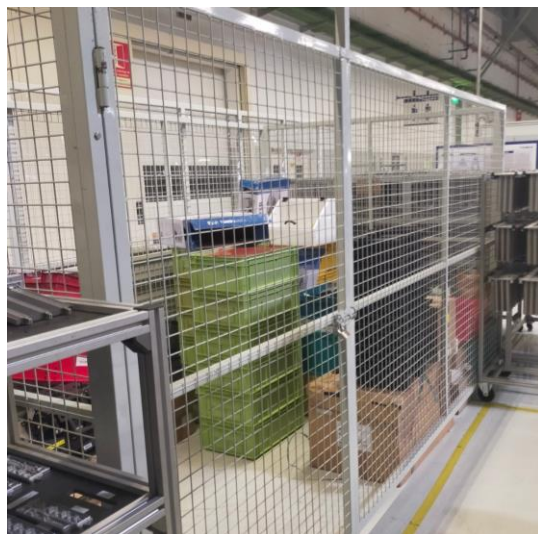


Figura 36: Estado inicial do exterior da jaula de qualidade.

Adicionalmente, no interior da jaula, verificou-se um nível considerável de falta de organização do material, tal como exemplificado na Figura 37. Destacou-se a falha na identificação de cada caixa, tanto o seu conteúdo como o porquê de ter sido separado, assim como a forma perigosa segundo foi empilhado o material. Aliado à falta de organização, apurou-se também o uso da jaula como um armazém temporário, sendo aproveitado para o armazenamento de múltiplos artigos, assim como paletes, equipamentos e embalagens.



Figura 37: Estado inicial do interior da jaula de qualidade

6.5. Falhas de segurança dos equipamentos

Os *standards* de segurança variam muitas vezes de fábrica para fábrica, o que se confirmou com a transferência das linhas da localização irlandesa para Portugal. Procedendo a uma verificação das máquinas transferidas, verificaram-se múltiplas situações onde o risco de acidente era elevado. Estas prendiam-se principalmente ao risco de o operário ter acesso ao interior da máquina durante o funcionamento da mesma, e, equivalentemente, de esta não interromper o seu ciclo aquando da aproximação do operário. Neste âmbito, destacam-se os casos da prensa da linha 7H05-1, tapete de entrada de *rods* no forno da linha 7H03-2, marcação das flanges da linha 7H06-1 e laser L2 da linha 7H03-4, respetivamente, representados na Figura 38.

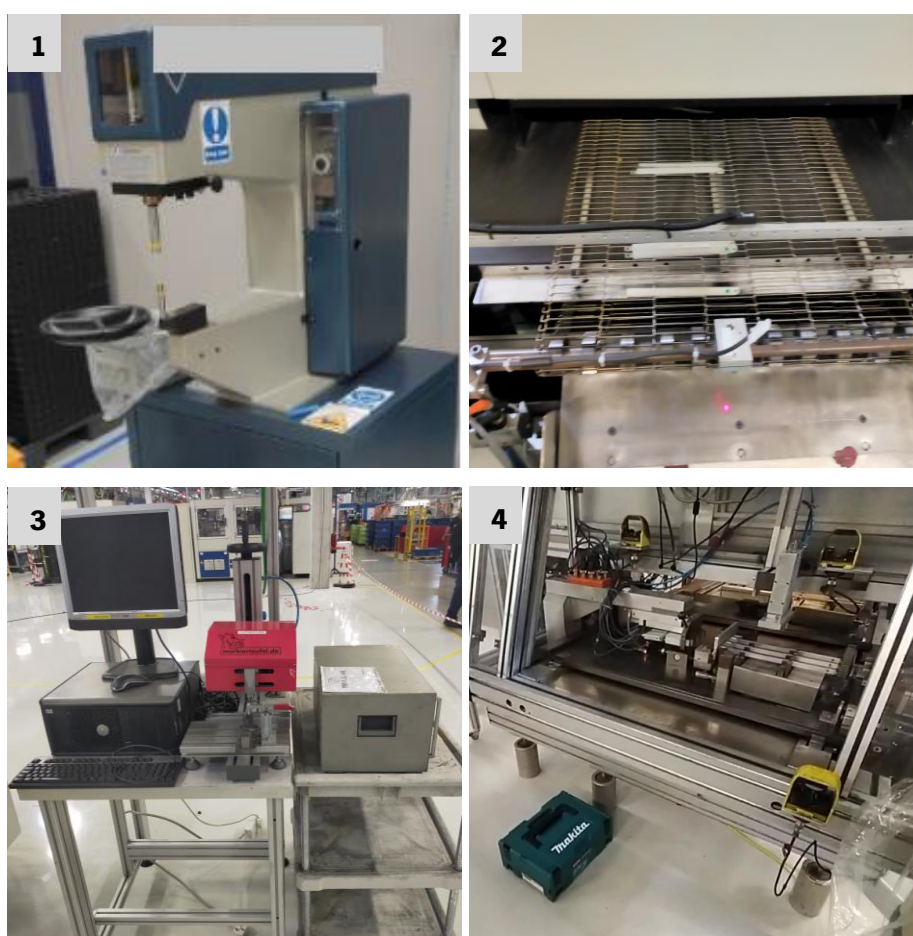


Figura 38: Máquinas transferidas associadas a falhas de segurança (1- Pressionamento de bolt da linha 7H05-1; 2- Tapete de entrada de rods no forno da linha 7H03-2; 3- Marcação da linha 7H06-1; 4- Laser L2 da linha 7H03-4).

7. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS

No presente capítulo é descrito o processo de desenvolvimento e implementação de melhorias, tendo em conta os problemas identificados anteriormente nas linhas LVAH. Com este propósito, o investigador realizou várias reuniões com a equipa, apresentando as suas sugestões de melhoria, e expondo o estado de implementação das mesmas.

7.1. Normalização do preenchimento da documentação

Tendo em conta o nível de irregularidades encontradas no preenchimento da documentação definiu-se uma atuação em duas fases. Na primeira, procedeu-se à formação da equipa. Foram abordados temas na ordem do preenchimento da documentação, esclarecendo questões baseadas nas seguintes perguntas chave: o quê; porquê; quem; quanto; como; quando; onde. Este tema foi alvo de um acompanhamento próximo, podendo-se classificar como um sucesso. Numa segunda fase, teorizou-se a simplificação deste processo através do desenvolvimento de um *software*, tal como será detalhadamente descrito na secção seguinte.

7.2. Desenvolvimento e implementação do *software*

Um dos fundamentos da *BorgWarner*Viana é a sustentabilidade. Como tal, esta encontra-se num esforço para a redução de desperdícios, nomeadamente papel. Adicionalmente, nas recolhas anteriores de dados, verificou-se alguma dificuldade associada, tanto qualitativa como quantitativa. Assim, adotando uma mentalidade de Indústria 4.0, foi decidido iniciar a transição de registos físicos para registos digitais. Numa primeira fase, foram identificadas as oportunidades, ou seja, em que áreas a transformação digital teria um impacto positivo imediato. Tendo uma ideia base do alcance pretendido, foi decidida a criação de um *software*, com base em programação VBA, que permitisse uma entrada fácil e lógica de dados, fornecendo análises e acesso instantâneo a qualquer membro da equipa, melhorando desta forma o nível de qualidade dos dados da empresa.

Sendo os *Team Leaders* responsáveis pela transferência de dados a partir dos registos em papel para computador, este novo *software* otimiza o tempo disponível dos mesmos. Tendo em conta o vencimento, e o tempo que cada um passa a poder dedicar a outras atividades, verifica-se uma poupança anual na ordem dos 1.872€.

O *software* desenvolvido divide-se então em três componentes principais: qualidade, operações e manutenção. Na interface inicial, representada na Figura 39, é oferecida ao utilizador a escolha entre cada um destes componentes, descritos mais pormenorizadamente nas subsecções seguintes.

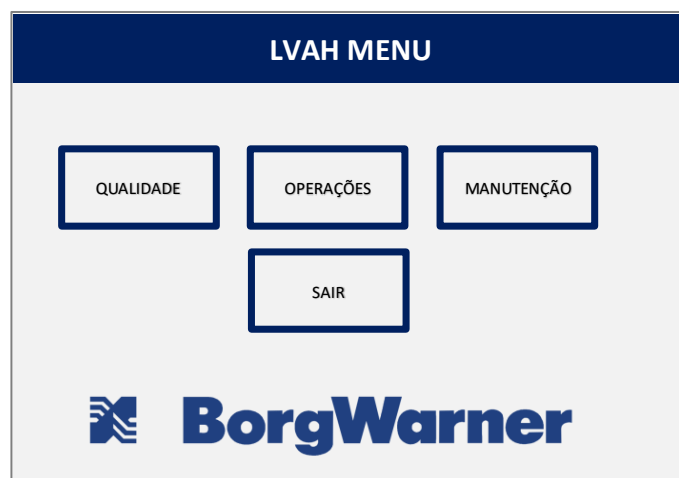


Figura 39: Interface inicial do software desenvolvido.

7.2.1. *Software* desenvolvido – componente qualidade

O primeiro componente do *software* é intitulado “Qualidade”. Tal como o nome sugere, neste componente, cujo menu é apresentado na Figura 40, inserem-se pontos relacionados com a qualidade do produto.



Figura 40: Menu da componente Qualidade do software desenvolvido.

O registo de defeitos de linha, posteriormente apresentado na Figura 79 do Apêndice X, permite especificar, para cada linha e referência, a quantidade de peças e componentes não conformes, assim como o motivo para tal. Para o registo de defeitos no muro de qualidade, cuja interface se ilustra na Figura 80 do Apêndice X, seguiu-se o mesmo raciocínio. Porém, este difere do anterior por ser realizado

para cada peça não conforme. Utilizando um leitor de código de barras, o operador lê o código atribuído ao *heater*, preenchendo automaticamente os campos de identificação da peça. Este indica depois o seu número, o defeito apurado a partir de uma lista predefinida, e se a peça pode ser retrabalhada. Em caso de dúvida, tem também acesso ao catálogo de defeitos. Ao pressionar registar, a entrada é guardada numa base de dados. Por fim, para facilitar a análise destes dados, no *dashboard* representado na Figura 81 do Apêndice X, são apresentadas diversas representações gráficas, representativas de aspetos tais como: total de cada tipo de defeito; total e percentagem de defeitos por referência; total de defeitos encontrados por operador; percentagem de peças para retrabalho; total de defeitos por turno; total de defeitos por dia e por semana; percentagem de defeitos por turno. Um excerto deste dashboard é também apresentado na Figura 41.

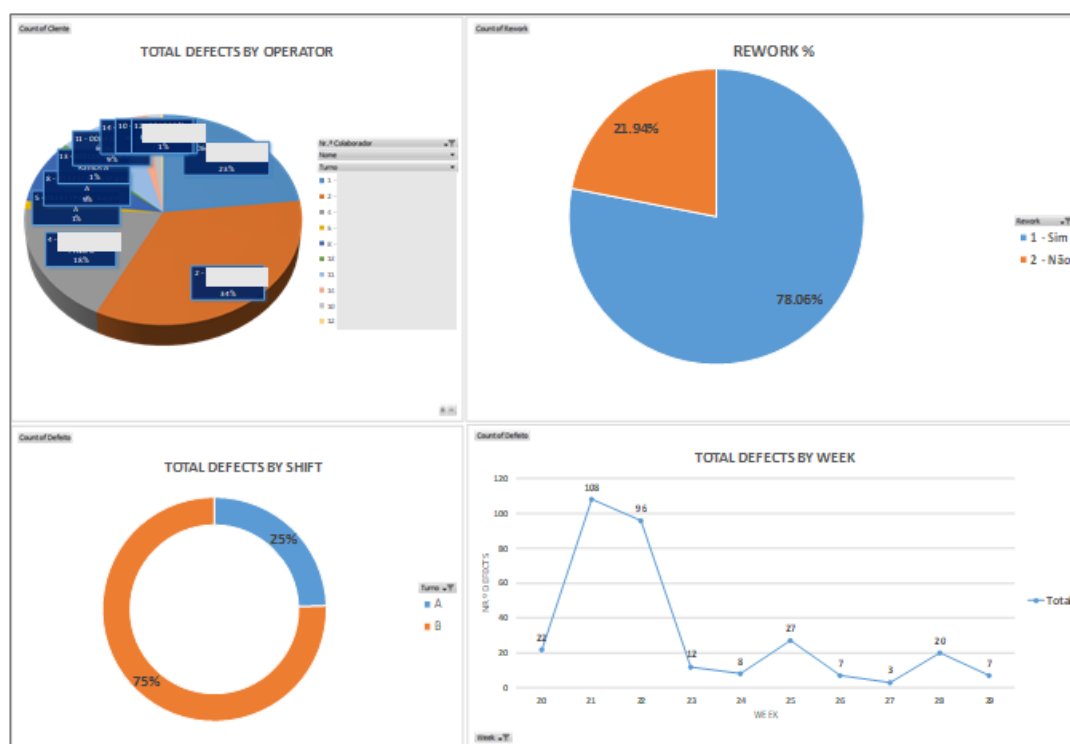


Figura 41: Excerto de dashboard dos dados resultantes do registo de defeitos no muro de qualidade.

Adicionalmente, a partir do menu da componente qualidade, o operador tem também a possibilidade de proceder ao registo da quantidade total de peças revisadas no muro de qualidade, tal como exibido na Figura 82 do Apêndice X.

Especificamente para o registo realizado a cada quatro horas, relativo às medições de cotas de peças, nas linhas 7H03-2, 7H03-6 e 7H06-1, foi implementada a opção “SPC”. Nesta, através de um segundo menu, reproduzido na Figura 83 do Apêndice X, o operador seleciona a linha pretendida. Este é então transportado para uma janela de entrada dos valores medidos, ilustrada na Figura 84 do Apêndice X, e

adaptada às necessidades de cada conjunto de medições, sendo também as tolerâncias apresentadas. Assim que os valores sejam registados, caso algum se encontra fora das tolerâncias definidas, o operador verá uma caixa vermelha destacando a ocorrência. Por fim, numa janela de *dashboard* são apresentados os valores inseridos representados num conjunto de gráficos, nomeadamente em cartas de controlo e gráficos de *pizza*, como se pode observar na Figura 42.

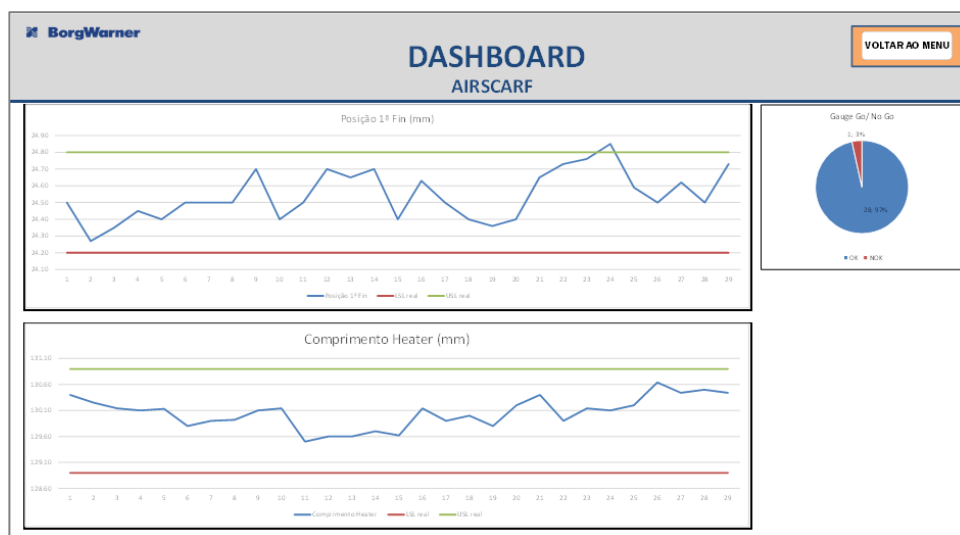


Figura 42: Dashboard da análise “SPC” realizada na componente Qualidade do software desenvolvido.

7.2.2. Software desenvolvido – componente operações

O segundo componente do *software* corresponde às operações, e tem como objetivo base prestar apoio à produção. É composto pelo menu representado na Figura 43.



Figura 43: Menu da componente Operações do software desenvolvido.

A partir do menu inicial, o operador procede ao registo da produção, utilizando a janela de *input* representada na Figura 85 do Apêndice XI. Aqui, é possível especificar para um determinado intervalo

de tempo, a equipa envolvida, a produção conseguida, a quantidade de peças sucateadas e retrabalhadas, assim como o *batch* de cada componente envolvido. Estas informações revelam-se extremamente úteis na avaliação do desempenho da linha, assim como de uma dada equipa. Facilita também a rastreabilidade da utilização de um determinado *batch* de componentes. Na componente operações, o utilizador tem também acesso à documentação da linha (como por exemplo instruções de operação) em formato digital, salvaguardando a documentação física em falta.

7.2.3. Software desenvolvido – componente manutenção

O terceiro componente do *software* diz respeito à manutenção. Tendo sido dada prioridade aos outros dois componentes, este ainda não está terminado. Ainda assim, como trabalho futuro, neste é pretendida a realização do registo de todas as manutenções realizadas, assim como a visualização da documentação da mudança de referência. O menu visionado da componente manutenção encontra-se na Figura 44.



Figura 44: Menu da componente Manutenção do software desenvolvido.

7.3. Melhoria ao controlo de câmara dos *rods*

Tendo em conta a interferência causada pela luz ambiente no teste de câmara ao comprimento da *tab* no *rod*, foi decidido mitigar o impacto da mesma. Como tal, achou-se relevante a criação de uma barreira à luminosidade exterior. Assim, foram montados, em torno do teste da câmara, painéis negros opacos, estabelecendo um ambiente luminosamente constante no seu interior.

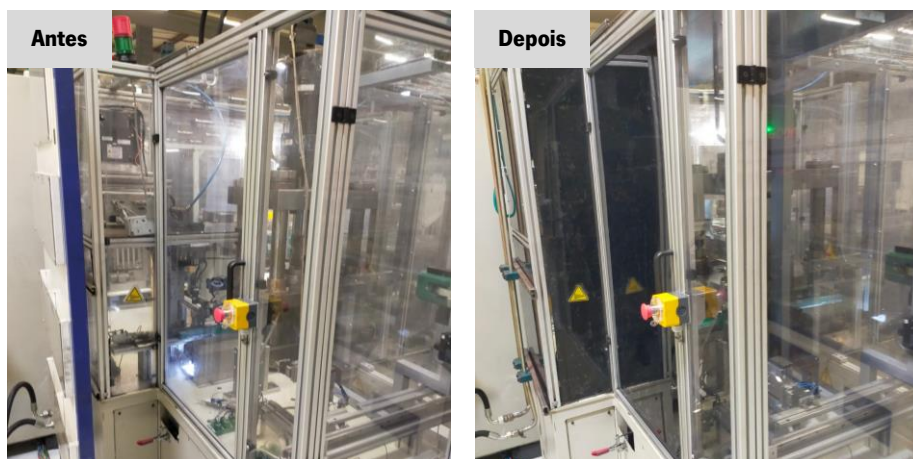


Figura 45: Antes e depois da melhoria implementada na estação de teste de câmara ao comprimento da tab no rod.

Com a melhoria implementada, procedeu-se à confirmação da veracidade do teste, opostamente ao verificado anteriormente. Retirou-se uma nova amostra de 30 *rods* rejeitados e considerados NOK no teste. Tal como demonstrado na Figura 46, dos 30 *rods* rejeitados pela câmara, apenas 29 se verificaram efetivamente NOK. Contrastando com a situação inicial, na qual 28 dos *rods* foram incorretamente rejeitados, pode-se dizer que se verificou uma melhoria.

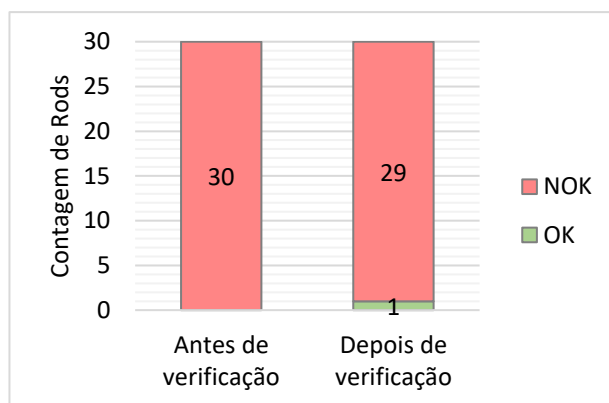


Figura 46: Gráfico de barras referente à proporção de rods OK e NOK inseridos numa amostra de 30 rods que falharam o teste de câmara da linha 7H03-2 após a melhoria.

A nível de poupanças projetadas para esta melhoria, é difícil atingir um nível elevado de precisão, principalmente devido à falta inicial de dados. A taxa de sucata proveniente da falha de *rods* no teste de câmara respetiva, ao momento da identificação do problema, não é conhecida. De modo a contornar este obstáculo, realizou-se uma análise inversa para estimar a mesma.

Como discutido previamente, encontraram-se 300 *rods* rejeitados, que, por discussão com a equipa, se estimaram ser relativos à respetiva última semana de trabalho. Analisando o registo, sabe-se que nesse período de tempo foram produzidos 7.862 *rods* OK. Assim, estima-se uma taxa de rejeição de 3,7%, que, quando ajustada tendo em conta, e hipoteticamente aceitando, os *rods* indevidamente rejeitados (dos 300 *rods* considerados NOK, considera-se que 280 estariam efetivamente OK), passa para 0,3%.

Posteriormente, já numa fase de controlo, segundo os registos da empresa, verificou-se que a taxa de rejeição diminuiu para 0,2%. Estes dados encontram-se resumidos na Tabela 6. É de destacar que a redução da taxa de rejeição de 3,7% para 0,2% vai de encontro ao esperado na implementação da melhoria, devido à proximidade da taxa de rejeição ajustada calculada inicialmente de 0,3%.

Tabela 6: Valores da taxa de rejeição.

Taxa de rejeição estimada inicial	Taxa de rejeição estimada inicial ajustada	Taxa de sucata final
3,7%	0,3%	0,2%

Relativamente ao custo de produção de cada *rod* para a empresa, este equivale a 1,84€. Adicionalmente, são necessários 3 *rods* para cada *heater* final. Tendo em conta a redução da taxa de rejeição e a quantidade e preço dos *rods* necessários para cada *heater*, procedeu-se à estimativa das poupanças futuras para a empresa tendo em conta a melhoria efetuada. Assim, aplicando os valores de previsão de vendas expostos na Tabela 9 do Apêndice VII calculou-se, para cada ano futuro até 2026, a previsão do custo associado à rejeição dos *rods*. Tal como demonstrado na Tabela 7, apenas em 2022 estima-se uma poupança de cerca de 30.510€, totalizando até ao final de 2026 uma poupança acumulada de cerca de 113.237€.

Tabela 7: Estimativa de poupança relativa à redução da taxa de rejeição dos rods.

Previsão de Vendas da Refª 1-2		Previsão Custo de Rejeição <i>Rods</i>		Diferença
Ano	Quantidade	Antes da melhoria	Depois da melhoria	
2022	157.917	32.252,97 €	1.743,40 €	30.509,56 €
2023	159.557	32.587,92 €	1.761,51 €	30.826,41 €
2024	131.923	26.943,95 €	1.456,43 €	25.487,52 €
2025	90.298	18.442,46 €	996,89 €	17.445,57 €
2026	46.416	9.480,00 €	512,43 €	8.967,57 €
			TOTAL	113.236,65 €

7.4. Atualização do sistema de rastreabilidade da linha 7H05-1

De modo a evitar o *input* de dados falsos, derivados da não distinção entre peças OK e NOK pelo sistema de rastreabilidade, procedeu-se à atualização do mesmo. Com o apoio da equipa de *Digital*

Transformation, o presente sistema foi reprogramado de modo a apenas guardar o valor da peça no fim do ciclo, tendo em conta se a peça foi considerada conforme ou não.

7.5. Implementação de registo para a resina na linha

Para suprimir a falta de rastreabilidade da resina utilizada na estação 10 da linha 7H05-1, foi implementado um registo de troca de resina (Figura 47). Como o nome indica, este é preenchido cada vez que se faz a substituição dos cartuchos de resina, contendo campos relativos à data e responsável pela operação de troca, assim como o lote e data de validade da resina. Para garantir o preenchimento e verificação do registo, a equipa foi informada e formada, e a verificação da data de validade da resina atual foi incorporada no Registo de Parâmetros de Início de Turno, tal como demonstrado na Figura 69. A incorporação deste registo tem como objetivo diminuir o risco de problemas de qualidade, nomeadamente reclamações por parte do cliente. Segundo a empresa, a nível de custos administrativos, a gestão de uma reclamação ronda entre os 250€ e os 500€, enquanto a realização de um *sorting* interno implicaria um custo de cerca de 320€. Este *sorting* é realizado por dois colaboradores ao *stock* interno, ao longo de um dia.



Figura 47: Registo de validade e lote implementado, referente à resina da estação 10 da linha 7H05-1.

7.6. Aplicação de 5S's

7.6.1. Organização das linhas

Um dos problemas inicialmente identificados foi a falta de organização nas linhas. Como tal, destacou-se a pobre identificação de ferramentas, componentes do processo e tolerâncias dos controlos efetuados.

Assim, de forma geral, procedeu-se à identificação dos elementos que se tenham verificado em falta. Na Figura 48 encontram-se ilustradas situações representativas a exemplificar a identificação realizada.

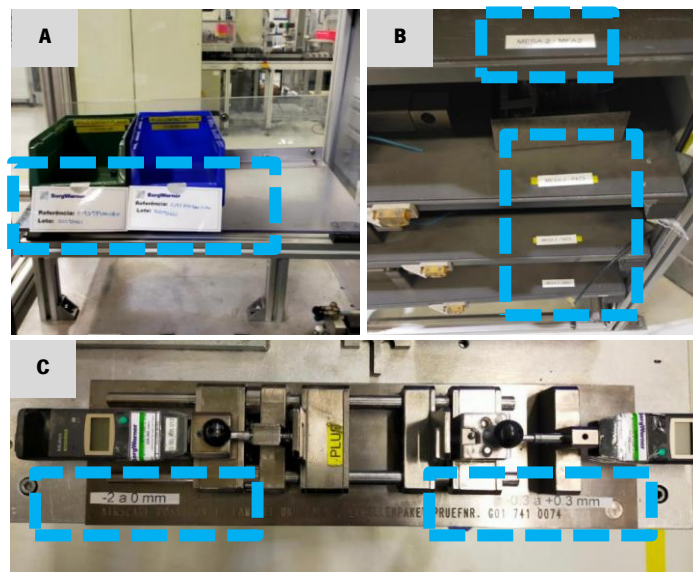


Figura 48: Exemplos de aplicação de 5S's às linhas. A - Identificação de componentes; B - Identificação de ferramentas; C - Identificação de tolerâncias nos úteis.

Relativamente à falta de local designado para efetuar a separação de peças para sucata e retrabalho, tal como apresentado na Figura 49, foram adicionadas caixas de modo a preencher essa lacuna. Assim, a caixa vermelha corresponde à caixa de sucata, e a amarela à de retrabalho.

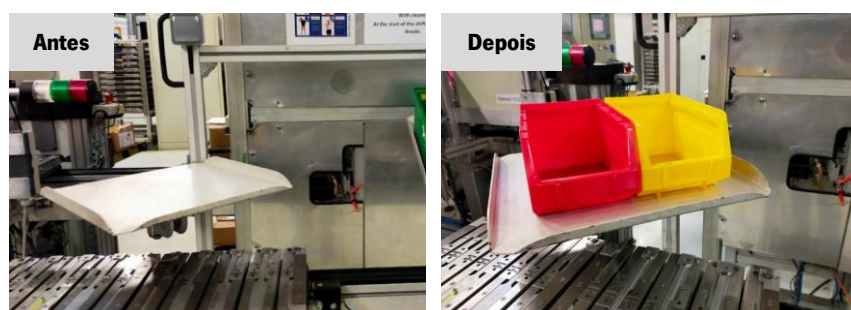


Figura 49: Representação das caixas implementadas para separação de peças para sucata e retrabalho.

Na *BorgWarner* Viana, cada linha é equipada com um quadro no qual se pode seguir alguns indicadores de desempenho da mesma, assim como a documentação referente. Tendo em conta que este se encontrava em falta na linha 7H03-1, após definição do local mais apropriado, efetuou-se a instalação do mesmo, tal como representado frontalmente e traseiramente na Figura 50. Este foi devidamente identificado e dotado da documentação necessária para o trabalho da linha.

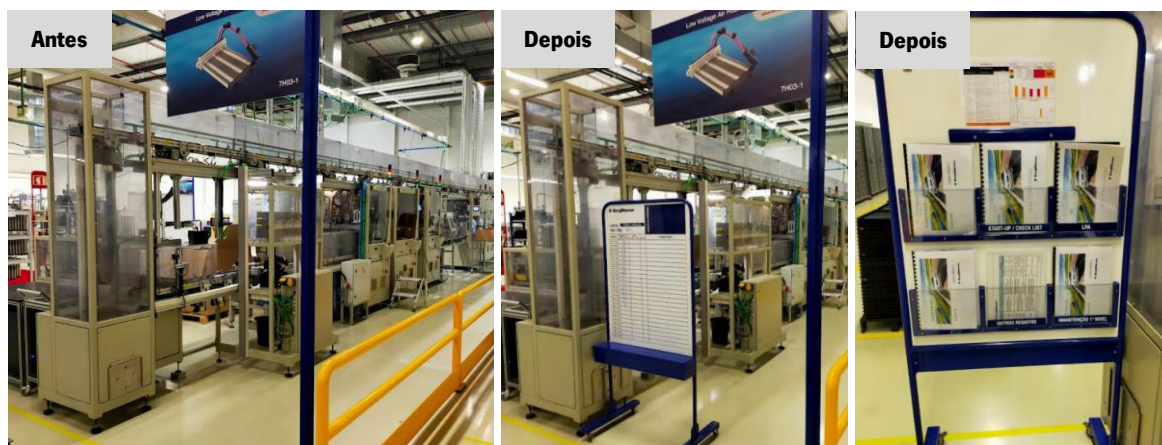


Figura 50: Representação da linha 7H03-1 antes e depois da aplicação da técnica 5S's.

Tendo em conta o estado inicial do muro de qualidade discutido previamente, decidiu-se proceder à implementação de várias melhorias, tal como se pode verificar na Figura 51. Primeiramente, a estação foi organizada. O material não necessário foi retirado, e ao necessário foi atribuído um local designado. Uma placa identificativa foi também adicionada. Esta menciona o tipo de estação, assim como os *EP/s* necessários. Seguidamente, a documentação necessária à operação, nomeadamente as instruções de embalagem e gama de controlo foram afixadas, dotando o operador de toda a informação necessária para as suas tarefas. Foi também adicionado um teclado para facilitar a inserção de dados no computador. Por fim, também foi delimitada a zona na qual deve ser realizada a inspeção à peça.

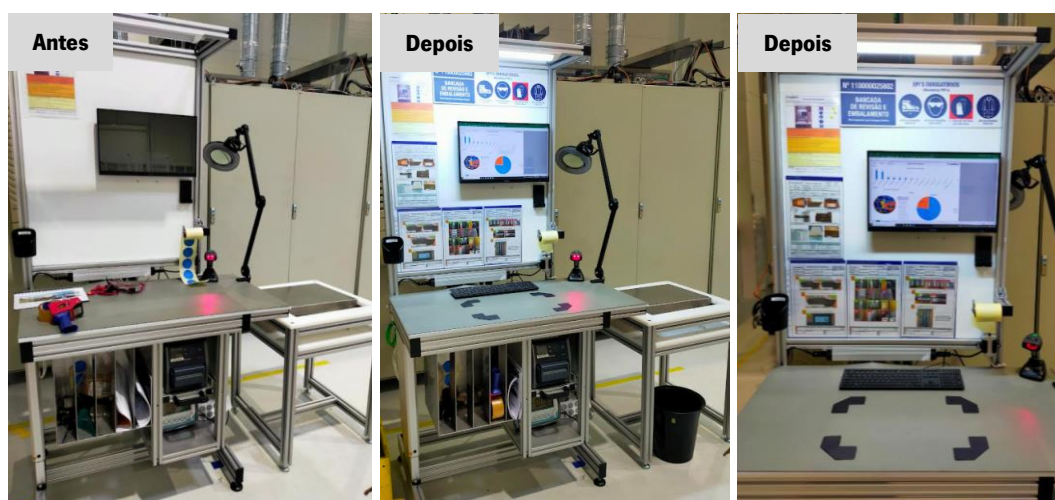


Figura 51: Representação do muro de qualidade antes e depois da aplicação da técnica 5S's.

7.6.2. Jaula de qualidade

Tendo em conta a indefinição associada à jaula de qualidade descrita previamente, começou-se pela definição de um procedimento normalizado de utilização. Assim, empregando como referência e adaptando outras jaulas preexistentes na empresa, o procedimento definido descreve-se seguidamente:

- 1) Bloqueio do material em SAP;
- 2) Preenchimento da tabela de entrada e saída de material;
- 3) Identificação do material com o cartão correspondente;
- 4) Colocação do material na jaula;
- 5) Avaliação do problema e retirada do material da jaula, o mais cedo possível.

Para a aplicação dos segundo e terceiro passos, procedeu-se à criação das tabelas de entrada e saída de material, assim como dos cartões para identificação, representados na Figura 52. Os cartões dividem-se em quatro categorias: para material bloqueado; para material a recuperar; para material de validação; para produto não conforme de cliente.



Figura 52: Cartões e registo implementados na jaula de qualidade.

Na parte exterior da jaula, expuseram-se as tabelas para a realização de entrada e saída de material, tal como apresentado na Figura 53. Estas, tal como definido no procedimento, devem ser preenchidas a cada utilização da jaula, e permitem a qualquer membro da equipa ter uma noção do que se encontra no interior da mesma, assim como com que objetivo.



Figura 53: Estado final do exterior da jaula de qualidade.

Por último, procedeu-se à organização do material preexistente na jaula. Todo este material foi devidamente identificado, e posteriormente selecionado. Sendo que na jaula só se pretende que existam peças para quarentena, todo o restante material, tal como equipamentos ou caixas, foi, após avaliação, descartado ou guardado em armazém. O material que ficou foi devidamente organizado de forma estruturada e segura, tal como demonstra a Figura 54.



Figura 54: Estado final do interior da jaula de qualidade.

7.7. Implementação de barreiras de segurança

Tendo em conta as falhas de segurança verificadas nas máquinas transferidas, resolveu-se dinamizar a implementação de barreiras de segurança. Estas dividiram-se em dois tipos: barreiras físicas e sensores de barreira e encontram-se representadas na Figura 55. Para o tapete de entrada de *rods* no forno da linha 7H03-2, optou-se pelo uso de uma barreira física, tal como perceptível na Figura 55.2. Esta consiste numa proteção de acrílico que impede o operador, ou outro interveniente, de colocar um membro no tapete metálico, evitando assim um possível acidente. Na prensa do *bolt* da linha 7H05-1, marcação da flange na linha 7H06-1 e laser L2 da linha 7H03-4, foram implementados sensores de barreira, representados, respetivamente, nas Figura 55.1, Figura 55.3, e Figura 55.4. Estes indicam à máquina para interromper o seu ciclo no caso de a barreira ser atravessada, acrescentando assim à segurança do operador.



Figura 55: Máquinas após implementação de barreiras de segurança (1- Pressionamento de bolt da linha 7H05-1; 2- Tapete de entrada de rods no forno da linha 7H03-2; 3- Marcação da linha 7H06-1; 4- Laser L2 da linha 7H03-4).

7.8. Resumo das melhorias implementadas

Um resumo dos problemas identificados, assim como das melhorias implementadas e ganhos projetados associados é fornecido na Tabela 8.

Tabela 8: Resumo dos problemas identificados, melhorias implementadas e ganhos associados.

Problema	Melhoria	Ganhos projetados
Irregularidades e ineficiências no preenchimento da documentação	Regularização do preenchimento e desenvolvimento de <i>software</i>	Poupança anual de 1.872€
Retrabalho de <i>rods</i> na linha 7H03-2	Implementação de bloqueio luminoso	Até final de 2022 (1 ano): 30.510€ Até final de 2026 (5 anos): 113.237€
Falta de rastreabilidade da resina	Implementação de registo	Prevenção de reclamações com custo associado entre 570 e 820 €
Organização	Aplicação de 5S's com desenvolvimento de procedimento de jaula de qualidade	Redução de desperdícios e melhor ambiente para colaboradores
Falhas de segurança dos equipamentos	Implementação de barreiras de segurança	Prevenção de lesões
Rastreabilidade da linha 7H05-1	Atualização do sistema de traçabilidade	Maior confiabilidade

8. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO

No desenvolvimento da presente dissertação, a realização de uma revisão da literatura revelou-se como um ponto-chave para o sucesso da mesma. Esta munuiu o investigador das ferramentas e conhecimentos necessários para atacar a problemática em estudo, apoiando a implementação da metodologia *Lean Six Sigma* no contexto do projeto de melhoria. Adicionalmente, a recolha de informação no terreno permitiu polir aptidões que, de outra forma, estagnariam. Um dos objetivos base do projeto passou pela normalização de procedimentos e documentação resultantes da transferência das linhas LVAH para a sua nova localização em Viana do Castelo. Após considerável trabalho, com mais de 200 documentos de linha desenvolvidos, foi possível dar início à produção, assegurando todas as condições necessárias para tal.

Na *BorgWarner*, a segurança e bem-estar dos seus colaboradores é a maior prioridade. É dado um foco na prevenção de acidentes, tanto diretamente como indiretamente. Desta forma, a melhoria de segurança dos equipamentos das linhas LVAH vai além da prevenção de custos relacionados com lesões ou baixas de operadores, revelando-se assim como um pilar indispensável e uma mais-valia para o futuro, segundo a visão da empresa.

A implementação das técnicas 5S's reforçou a estrutura de organização dos postos de trabalho. Como resultado, é possível enumerar alguns benefícios, nomeadamente a redução de desperdícios, melhoria de qualidade e segurança, assim como um melhor ambiente e envolvimento dos operadores.

A redução da taxa de retrabalho dos *rods*, resultante da falha indevida no teste de câmara, será inequivocamente responsável por poupanças para a empresa. Porém, devido à falta e incoerência dos dados iniciais, torna-se mais complicado especificar pormenorizadamente a dimensão desta poupança. Não obstante, estimou-se um ganho ao longo de 2022 na ordem dos 30.510€, e até 2026 por volta dos 113.237€.

Com a implementação do registo da resina e obrigatoriedade de verificação do mesmo, é mitigado o risco de aplicação de resina fora da validade. Esta aplicação poderia, por si só, ser responsável pelo surgimento de problemas de qualidade, e subsequentemente uma reclamação, que a nível de custos implicaria um gasto de até 820 €.

A implementação do *software* fornece à equipa ferramentas para acompanhar de uma forma mais ativa os índices de desempenho da linha. Isto leva a que seja possível reagir muito mais rapidamente a situações que se verifiquem fora da conformidade, prevenindo, portanto, defeitos a jusante. Os *Team*

Leaders são responsáveis pela passagem dos dados a partir dos registos em papel para computador. Assim, com o novo *software*, existe uma otimização do tempo despendido pelos mesmos apenas a mover dados, já que este passo se tornou obsoleto para vários registos. Tendo em conta o tempo que cada *Team Leader* pode dedicar a outras atividades, verifica-se uma poupança anual na ordem dos 1.872€. Adicionalmente, um dos objetivos da *BorgWarner* como empresa é a procura de soluções para um futuro sustentável. Assim, a redução da quantidade de recursos utilizados, principalmente papel, na passagem para um meio digital, vai de encontro com esse mesmo objetivo.

Para além dos ganhos para a empresa, considera-se também significativo mencionar os ganhos a nível pessoal. O desenvolvimento do presente projeto foi encadeador de um enorme crescimento profissional. Permitiu ganhar uma visão do mundo empresarial, para além de impulsionar a aquisição de incontáveis novos conhecimentos, tanto direta como indiretamente. Considera-se, portanto, que todos os objetivos enumerados inicialmente foram atingidos. Obviamente, existiram também algumas limitações, nomeadamente o facto de o projeto ter sido realizado a meio das transferências das linhas, acrescendo ainda o fator de esta transferência ter decorrido durante uma pandemia (virus SARS-CoV-2, doença COVID-19) e correspondentes períodos de confinamento e outras medidas sanitárias, restritivas das atividades pessoais e empresariais. O surgimento de problemas, por diferentes motivos, impossibilitou a melhor análise de ideias e subsequentes melhorias. Devido à sua possível utilidade futura, estas são de seguida descritas.

Relativamente à jaula de qualidade, para garantir um fácil acesso e manutenção da organização, orçamentaram-se duas placas, semelhantes às apresentadas como exemplo na Figura 86 do Apêndice XII. Estas deverão ser afixadas na jaula de qualidade, servindo como ponto de armazenamento dos cartões e registos criados, ao mesmo tempo informando do procedimento a efetuar. Relativamente ao *software* desenvolvido, será relevante realizar uma sondagem aos utilizadores, recolhendo dados sobre a utilização do mesmo. Será ainda importante terminar a componente da manutenção. Sugere-se também uma atualização do *software* que incorpore o procedimento da jaula de qualidade.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Hamid, M., & Abdelhaleem, H. M. (2019). Improving the Construction Industry Quality Using the Seven Basic Quality Control Tools. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 7(6), 412–420. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2019.76028>
- Abhishek Dixit, Vikas Dave, & Alakshendra Pratap Singh. (2015). Lean Manufacturing: An Approach for Waste Elimination. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 4(4), 532–536. <https://doi.org/10.17577/IJERTV4IS040817>
- Alves, A. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *Learning Organization*. <https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- Antony, J., Snee, R., & Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 34(7), 1073–1093. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2016-0035>
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020>
- Barsalou, M. (2017). Revisiting the Old Seven. *Quality Progress*, 50(4), 42–45.
- Braude, E., & Bernstein, M. (2016). *Software Engineering: Modern Approaches* (II). Long Grove, Illinois: Waveland Press, Inc.
- Čiarnienė, R., & Vienažindienė, M. (2012). Lean Manufacturing: Theory and Practice. *Economics and Management*, 17(2), 726–732. <https://doi.org/10.5755/j01.em.17.2.2205>
- Cooper, R. (1996). Lean enterprises and the confrontation strategy. *Academy of Management Executive*, 10(3), 28–39.
- Coskun, A., Serteser, M., & Ünsal, I. (2019). Sigma metric revisited: True known mistakes. *Biochemia Medica*, 29(1), 142–148. <https://doi.org/10.11613/BM.2019.010902>
- Costa, T., Silva, F. J. G., & Pinto Ferreira, L. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing*, 13, 1104–1111. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.171>
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Coutinho C P, Sousa A, Dias A, Bessa F, Ferreira M J, & Vieira S. (2009). Investigação-Ação: Metodologia Preferencial nas Práticas Educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*, XIII(2), 445–479. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/10148>

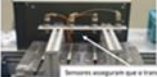
- Dias, P., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., & Santos, T. (2019). Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 1444–1452. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.143>
- Dilanthi, M. G. S. (2015). Conceptual Evolution of Lean Manufacturing. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, III(10). Retrieved from <http://ssrn.com/abstract=2678896><http://ijecm.co.uk/>
- Dudek-Burlikowska, M., & Szewieczek, D. (2009). The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, 36(1), 95–102. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/44385664>
- El Kihel, Y., Amrani, A., Ducq, Y., & Amegouz, D. (2019). Implementation of Lean through VSM modeling on the distribution chain: Automotive case. In *2019 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)* (pp. 1–7). Montreuil - Paris: IEEE. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2019.8907282>
- Garza-Reyes, J. A., Eldridge, S., Barber, K. D., & Soriano-Meier, H. (2010). Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: A relationship analysis. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 27(1), 48–62. <https://doi.org/10.1108/02656711011009308>
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity*. McGraw-Hill.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going lean: a guide to implementation*. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School.
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2011). *Staying Lean: Thriving, Not Just Surviving* (2nd ed.). Nova Iorque: Productivity Press.
- Hodges, J. L. (2019). Classes. In *Software Engineering from Scratch: A Comprehensive Introduction Using Scala* (pp. 129–149). Berkeley, CA: Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5206-2_8
- Jain, A., Bhatti, R., Singh Deep, H., & Kumar Sharma, S. (2012). *Implementation of TPM for Enhancing OEE of Small Scale Industry*. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research* (Vol. 1).
- Jasti, N. V. K., Kota, S., & Sangwan, K. S. (2020). An application of value stream mapping in auto-ancillary industry: a case study. *TQM Journal*, 32(1), 162–182. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2018-0165>
- Johnson, C. N. (2002). The benefits of PDCA. *Quality Progress*, 35(5), 120–120.
- Kehr, T. W., & Proctor, M. D. (2017). People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. *Quality and Reliability Engineering International*, 33(4), 921–930. <https://doi.org/10.1002/qre.2059>

- Keim, E. M. (2019). Rethinking the Basics: Takt Time and Workload Balancing. *The Journal for Quality and Participation*, 41(4), 30–32. Retrieved from www.asq.org/pub/jqp
- Kent, R. (2016). Statistical process control (SPC). In *Quality Management in Plastics Processing* (pp. 125–182). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102082-1.50005-8>
- Kumar, P., Khan, M. A., Mughal, U. K., & Kumar, S. (2020). Exploring the Potential of Six Sigma (DMAIC) in Minimizing the Production Defects. In *Proceedings of the International Conference on Industrial & Mechanical Engineering and Operations Management*. Dhaka, Bangladesh.
- Lee, M.-X., Lee, Y.-C., & Chou, C. J. (2017). Essential Implications of the Digital Transformation in Industry 4.0. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 76, 465–467.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development Executive Overview. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.5465/amp.2006.20591002>
- Liker, Jeffrey K, Meier, & David. (2006). *Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1036/0071448934>
- Magar, V. M., & Shinde, V. B. (2014). Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(4), 364–371. Retrieved from www.ijergs.org
- Markarian, J. (2004). What is Six Sigma? *Reinforced Plastics*, 48(7), 46–49. [https://doi.org/10.1016/S0034-3617\(04\)00377-7](https://doi.org/10.1016/S0034-3617(04)00377-7)
- Montgomery, D. C., & Woodall, W. H. (2008). An Overview of Six Sigma. *International Statistical Review*, 76(3), 329–346.
- Nunes, I. L., & Machado, V. C. (2007). Merging Ergonomic Principles into Lean Manufacturing. In *Proceedings of the 2007 Industrial Engineering Research Conference* (pp. 837–841).
- Ogunwolu, F. O., Olumide, O. F., & Oluwaji, O. A. (2021). A Review of Lean Manufacturing, Six Sigma and Lean Six Sigma. *The Pacific Journal of Science and Technology*-77, 22(1), 77–90. Retrieved from <http://www.akamaiuniversity.us/PJST.htm>
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. In *Procedia CIRP* (Vol. 60, pp. 380–385). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Patel, A. S., & Patel, K. M. (2021). Critical review of literature on Lean Six Sigma methodology. *International Journal of Lean Six Sigma*, 12(3), 627–674. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2020-0043>

- Pereira, R. (2009). The Seven Wastes. *ISixSigma Magazine*, 5(5), 1–2. Retrieved from www.isixsigma-magazine.com/reprints
- Perez-Wilson, M. (1999). *Six sigma: understanding the concept, implications and challenges*. Advanced Systems Consultants.
- Pinto, J. L. Q., Matias, J. C. O., Pimentel, C., Azevedo, S. G., & Govindan, K. (2018). Lean Manufacturing Tools. In *Just in Time Factory* (pp. 39–112). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77016-1_4
- Powell, D. J. (2018). Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2018.08.248>
- Rathi, R., Singh, M., Kumar Verma, A., Singh Gurjar, R., Singh, A., & Samantha, B. (2021). Identification of Lean Six Sigma barriers in automobile part manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.05.221>
- Rewers, P., Trojanowska, J., & Chabowski, P. (2016). Tools and methods of Lean Manufacturing - a literature review. In *7th International Technical Conference TECHNOLOGICAL FORUM 2016* (pp. 135–139). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/308171328>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Brookline, Massachusetts: The Lean Enterprise Institute.
- Santos, J. R. dos, Oliveira, M. A. de, Vieira, R. K., & Melo, E. S. de. (2021). Use of DMAIC to Elaborate a Proposal to Improve the Purchase Processes of the Material Department of the Federal University of Amazonas: A Study on Public Procurement Management. *European Journal of Business and Management Research*, 6(3), 155–160. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2021.6.3.887>
- Sedano, T., Ralph, P., & Peraire, C. (2017). Software Development Waste. In *Proceedings - 2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering, ICSE 2017* (pp. 130–140). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICSE.2017.20>
- Seth, D., & Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. *Production Planning & Control*, 16(1), 44–59. <https://doi.org/10.1080/09537280512331325281>
- Setter, C. J. (2018). *Six Sigma: A Complete Step-By-Step Guide*. The Council for Six Sigma Certification.
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*. Milwaukee: American Society for Quality.
- Smith A, & Thangarajoo Y. (2015). Lean Thinking: An Overview. *Industrial Engineering and Management*, 04(2). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000159>
- Sodhi, H. (2020). When Industry 4.0 meets Lean Six Sigma: A review. *Industrial Engineering Journal*, 13(1). <https://doi.org/10.26488/iej.13.1.1214>

- Suárez-Barraza, M. F., & Rodríguez-González, F. G. (2019). Cornerstone root causes through the analysis of the Ishikawa diagram, is it possible to find them?: A first research approach. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 11(2), 302–316. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-12-2017-0113>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. In *Procedia Engineering* (Vol. 97, pp. 1875–1885). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Nova lorque: Macmillkin Publishing Cumpany.
- Wong, K. C., Woo, K. Z., & Woo, K. H. (2016). Ishikawa diagram. In *Quality Improvement in Behavioral Health* (pp. 119–132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26209-3_9
- Yamamoto, K., & Lloyd, R. (2019). A review of the development of lean manufacturing and related lean practices: The case of Toyota production system and managerial thinking. *International Management Review*, 15(2), 21–40. Retirado de <https://www.researchgate.net/publication/340449306>
- Yasmeen, G., & Ghazala, Y. (2008). ACTION RESEARCH: AN APPROACH FOR THE TEACHERS IN HIGHER EDUCATION. *The Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 7(4), 46–53.
- Zhang, P. (2010). Industrial control engineering. In *Advanced Industrial Control Technology* (pp. 41–70). William Andrew Publishing. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4377-7807-6.10002-6>

APÊNDICE I – INSTRUÇÕES DE LINHA

		INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO		Nº interno: 10.005.176 Data revisão: 21-05/2017 Página: 1 de 4
<div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>				
N.º da folha: 71413-2	Nº de máquina: 1-1000002/1061	Código de operação:	Código de sub-operação:	Descrição da sub-operação:
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> Descrição Modo Operatório </div>				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> A) Montagem de ceramix strip e contact path em transportador </div>				
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 5%;"> 1 </div> <div style="width: 95%;"> <p>Insere ceramix strip na encosta do contact frame.</p>  </div> </div> </div>				
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 5%;"> 2 </div> <div style="width: 95%;"> <p>Insere conjunto contact frame + ceramix strip na guia do transportador</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Assegurar que o ceramix strip e contact frame estão totalmente encaixados no transportador. Deve-se fazer um teste de "click" quando totalmente encaixado.</p> </div> </div> </div> </div> </div>				
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 5%;"> 3 </div> <div style="width: 95%;"> <p>Quando se vê o(s) do transportador estiver(em) ocupado(s), o transportador pode ser ligado, pressionando o botão como se vê na seguinte figura.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> </div> </div> </div>				

© Springer 2006

Revisi 2017: Aktualisasi/kegunaan untuk format.

 BorgWärner	INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO		Nº técnico: 40 20011-0 Data revisão: 21-05-2007 Página: 3 de 4
Modelo:	Referência técnica:	Designação da peça:	
Nº.º de folha: TW32.2 Nº de máquina: 110000021261 Código de operação: Código da sub-operação: Denominação da sub-operação:			
Descrição Modo Operação			
B) Montagem e teste do cartucho de PTC stores para inserção dos PTC Stores em contato path			
4	Preencher os 6 cartuchos		
A porta deve permanecer aberta na primeira de teste, já que o fecho do mesmo indica que a substituição de peça foi concluída.			
5	Posicionar no eixo cartucho de PTC stores e pack de PTC stores (Referência E220005984) como na figura seguinte		
		Verificar se o pack de PTC Stores apresenta algum grampo deformado.	
6	Continuamente empurrar pack de PTC stores para dentro do cartucho de PTC stores.		
			
7	Repetir desde o passo 1 para os restantes 3 cartuchos, assegurando que todos cartuchos estão preenchidos com o mesmo número de PTC stores e que é seguida a receta de PTC stores (representada abaixo).		
			
8	Verificar e colocar os cartuchos na estação. Assegurar que os cartuchos estão totalmente fixados na porta de fixação. A porta de estacção pode agora ser fechada.		
			

© 2009 Pearson Education, Inc. All rights reserved. Cengage Learning reserves the right to remove additional content at any time if subsequent rights restrictions require it.

Rev 01 - Atualização para novo formato

 BorgWarner	<h1>INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO</h1>	Nº Instrução: IO 2020-136 Data emitida: 21-05-2021 Página: 3 de 4									
Nº de folhas: 71403-2	Nº de máquina: 110000021361	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="432 1205 499 1218">Código de operação:</th> <th data-bbox="499 1205 566 1218">Código de sub-operação:</th> <th data-bbox="566 1205 692 1218">Descrição da sub-operação:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" data-bbox="432 1218 692 1234" style="text-align: center;"> Descrição Modo Operatório </td> </tr> <tr> <td colspan="3" data-bbox="432 1234 692 1247" style="text-align: center;"> (C) Montagem de Profile Tube </td> </tr> </tbody> </table>	Código de operação:	Código de sub-operação:	Descrição da sub-operação:	Descrição Modo Operatório			(C) Montagem de Profile Tube		
Código de operação:	Código de sub-operação:	Descrição da sub-operação:									
Descrição Modo Operatório											
(C) Montagem de Profile Tube											
10											
Insere o bulbo de perfil no slot.											
											
11											
Carregar em bulbo para permitir a entrada de transportador na estação. Com peça auxiliar, empurrar os perfis tubos o máximo possível. Carregar em bulbo de START.											
<table border="0"> <tr> <td data-bbox="349 1424 445 1527" style="text-align: center;">  </td> <td data-bbox="445 1424 588 1527" style="text-align: center;">  </td> <td data-bbox="588 1424 692 1527" style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>											
											
12											
Após a montagem terminar, retirar os 4 feeder rods. Verificar a correta inserção de componentes nos mesmos, assegurando que não existam serragem aliq saliente.											
											

Copyright (C) 2015

Rev D1 - Actualizație pentru noul format

[illegible]

© Copyright 2006 Cengage Learning. All Rights Reserved. May not be copied, scanned, or duplicated, in whole or in part. WCN 02-200-203

Rev 01 - Actualizație pentru noul format

Figura 56: Exemplo de Instrução de Operação criada.

BorgWarner		INSTRUÇÃO DE EMBALAGEM		Nº Instrução:	IE 2021/045
				Data revisão:	05/05/2021
				Página:	1 de 1

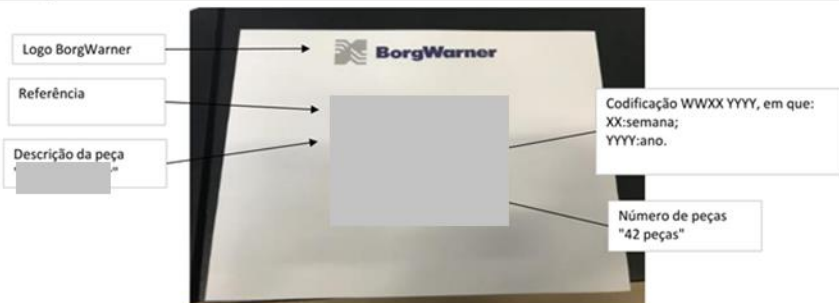
N.º de linha:	Operação Seguinte:
7H06-1	

☒ Final	☐ Interna	☒ Série	☐ Alternativa	☐ Substituição	☐ Garantia
---	----------------------------------	---	--------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------

1 Colocar 42 peças por caixa; 14 peças em cada bandeja; 3 níveis por caixa.



2 Colocar papel de identificação em cada caixa segundo exemplo abaixo:



3 Colocar 8 caixas por paleta.

ACONDICIONAMENTO		
Descrição	Qtd.	Peso (Kg)
Peças por nível por caixa	14	
Níveis por caixa	3	
Peças por caixa	42	
Peso por caixa		
Caixas por nível	4	
Níveis por paleta	2	
Caixas por roller		
Peças por paleta	336	
Peso Total		



CARACTERIZAÇÃO COMPONENTES					
Designação SAP	Referência SAP	Quant.	ESD	Dimensões (mm)	Peso (kg)
		8	x	400x300x220	
		8	x	400x300x10	
		1	x	800x600x160	
		1	x	800x600x93	
		24	x	360x260x31	
		336			

Elaboração:	Validação MQE:	Validação PL:	Validação AE:	Validação Packaging:	Validação SST:
Hugo Costa			NÃO APLICÁVEL		NÃO APLICÁVEL

BorgWarner - 01.15.1.5.2 Rev.01 - Atualização para novo formato.

Figura 57: Exemplo de Instrução de Embalagem criada.



INSTRUÇÃO DE AJUSTE

1º Instrução

14.08.2017

Data revisão

01/08/2021

Página

2 de 4

Estação			Parâmetros MFA2			
BARTEC	Part 12		Over pass - Axis 1	—		
			Over pass - Axis 1	—		
			Over pass - Axis 2	—		
			Over pass - Axis 3	—		
			Over pass - Axis 4	—		
			Over pass - Axis 5	—		
			Over pass - Axis 6	—		
			Over pass - Axis 7	—		
BARTEC - Part 22						
W	IS	F	X	Y	Z	
1	0	1	0	0	0	
2	0	1	0	0	0	
3	0	1	0	0	0	
4	0	120	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	
32	0	0	0	0	0	
33	0	0	0	0	0	
34	0	0	0	0	0	
35	0	0	0	0	0	
36	0	0	0	0	0	
37	0	0	0	0	0	
38	0	0	0	0	0	
39	0	0	0	0	0	
40	0	0	0	0	0	
41	0	0	0	0	0	
42	0	0	0	0	0	
43	0	0	0	0	0	
44	0	0	0	0	0	
45	0	0	0	0	0	
46	0	0	0	0	0	
47	0	0	0	0	0	
48	0	0	0	0	0	
49	0	0	0	0	0	
50	0	0	0	0	0	
51	0	0	0	0	0	
52	0	0	0	0	0	
53	0	0	0	0	0	
54	0	0	0	0	0	
55	0	0	0	0	0	
56	0	0	0	0	0	
57	0	0	0	0	0	
58	0	0	0	0	0	
59	0	0	0	0	0	
60	0	0	0	0	0	
61	0	0	0	0	0	
62	0	0	0	0	0	
63	0	0	0	0	0	
64	0	0	0	0	0	
65	0	0	0	0	0	
66	0	0	0	0	0	
67	0	0	0	0	0	
68	0	0	0	0	0	
69	0	0	0	0	0	
70	0	0	0	0	0	
71	0	0	0	0	0	

E. Hoffmann 0000-0001-9000-0000

Page 101: Audiovisuals page now formatted.

[illegible]

J. Hoffmann 045-000-0000

Buy 10. Australia's new most famous.

BorgWarner		INSTRUÇÃO DE AJUSTE		1ºº Versão: 18.08.2017
				2ºº Versão: 01.08.2021
				Página: 1 de 4
W5000	Estação		Parâmetros WFAZ	
	Ponto 1 - Cluster Flange	Programa	10	
		Number	1000.00	
		Pump Width	2000.00	
		Stroke Width	7.000 mm	
		Induction Width	8.000 mm	
	Ponto 2 - Bell	Programa	10	
		Number	1000.00	
		Pump Width	2100.00	
		Stroke Width	7.000 mm	
		Induction Width	8.000 mm	
	Cluster - Ponto 1	Induction Center	0	
		Stroke Bias Center	0	
		Recessed Lateral 1 - P1	0	
		Lateral 1 - Ponto 1	0	
		Recessed Lateral 2 - P2	0	
Parâmetros grupo	Lateral 1 - Ponto 1	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
	Lateral 1 - Ponto 2	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
	Lateral 2 - Ponto 1	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
SEMI	Ponto 1 - Ponto 1	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
	Eixo X	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
	Eixo Z	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
Parâmetros Ponto 1	Eixo Z	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
	Ponto 1	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
	Configuração Ponto	Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	
		Stroke Bias Lateral 2 - P2	0	

© Springer 2006

Page 24. Attachment to page 23: none

[illegible]

4. Synthesis 100 mg (0.25 mmol) of 1 was dissolved in 10 mL of CH₂Cl₂ and 10 mL of 10% NaOH was added. The mixture was stirred at room temperature for 24 h. The mixture was then extracted with 10 mL of CH₂Cl₂. The organic phase was dried over anhydrous Na₂SO₄ and concentrated under reduced pressure. The residue was purified by silica gel chromatography (eluent: CH₂Cl₂/MeOH = 10/1) to give 2 (10 mg, 10%).

Buy in Australia and save money

Figura 58: Exemplo de Instrução de Ajuste criada.



Figura 59: Exemplo de Catálogo de Defeitos criado.

APÊNDICE II – DOCUMENTAÇÃO DE CONTROLO

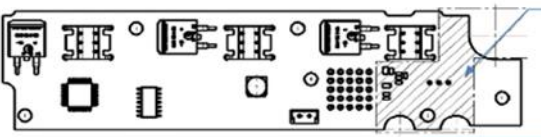
BorgWarner		INSTRUÇÃO AUDITORIA NA RECEÇÃO		COMPONENTE :														
Denominação e lote fornecedor:		Fornecedor:	Data auditoria:	Data: 22/06/2021														
Guia de transporte nº:		Data guia de transporte:	Nº lote de inspeção (SAP)															
Guia de transporte nº:		Data guia de transporte:	Quantidade peças guia de transporte:															
1.1	<p>Verificar que o material vem em paletes ESD.</p> 																	
1.2	<p>Atenção material sensível a descarga electro-estática.</p> <p>Utilizar EPI's de protecção contra ESD:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Luvas anti-estáticas - Pulseira dissipadora (no caso de não estar num piso protegido contra ESD) - Tapete condutivo (em caso de não estar numa superfície contra ESD)   																	
1.3	<p>Verificar a qualidade da soldadura e a posição dos componentes electrónicos no PCBA.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>NOK</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>NOK</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>OK</p>  </div> </div>																	
1.4	<p>1º.- Verificar referências dos IC's. 2º.- Inspeção Visual do PCBA em comparação com a Master Part (ver foto).</p>  <p>Altura máxima dos elementos dentro da área sombreada 1,5mm.</p>  <p>Folha de contato de mola de dupla face de 0,25.</p> <p>Conectores dourados.</p> <p>Plus Contact</p>																	
Controlo	Medida	Meio	Resultado peças controladas															
1	Aspecto	Ver indicações	1.1															
			1.3															
			1.4															
Aprovação	SDE	MQE	AE	Tec. Incoming:				Observações:										
				Data:				Data: 22/06/21 - Criação da instrução.										

Figura 60: Exemplo de Instrução de Auditoria na Receção criada.

BorgWarner **CONTROL PLAN PLANO DE CONTROLO**

Prototype / Protótipo
100 % / Pré-Série
Production / Produção

Control Plan nº: [Redacted] Contact Person: [Redacted] Telephone: [Redacted] Fax: [Redacted] Date (Dg): 17/04/2021 Revision: 1 Date (Dg): 23/06/2021

Part Number: [Redacted] Engineering Change Level: [Redacted] Core Team: [Redacted] Client Engineering Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted] Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted]

Name: [Redacted] Date Supplier Approval: [Redacted] Date Forwarder Approval: [Redacted] Client Quality Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted] Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted]

Organization: [Redacted] Site: [Redacted] Local: [Redacted] Supplier code: [Redacted] Other Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted] Date Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted] Other Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted]

Borgwarner - PT

No	NAME / DESCRIPTION NOME / DESCRIÇÃO	MACHINE/ EQUIPMENT MÁQUINA EQUIPAMENTO	CHARACTERISTIC CHARACTERISTICS		SPECIAL DIM. CLASS DIMENSÃO ESPECIAL	PRODUCT PROCESS TOLERANCE SPEC. ESPECIFICAÇÃO PRODUTO-PROCESSO TOLERÂNCIA	EVALUATION MEAS. TECH. TÉCNICA MEDIÇÃO/ AVALIAÇÃO	METHODS/METHODS		CONTROL METHOD MÉTODO DE CONTROLO	REACTION PLAN PLANO DE REACÇÃO
			PRODUCT PRODUTO	PROCESS PROCESSO				SIZE TAMANHO	SAMPLE FREQUENCY FREQ. FREQUÊNCIA		
01	RECEPC. ELEMENTOS COMPRA EXTERIOR EST. PURCHASED ELEMENTS RECEIPT				<80>						
			According to specific control sheet of each component. Si instrução controls recepção correspondente.			According to specific control sheet of each component. Si instrução controls recepção correspondente.	According to specific control sheet of each component. Si instrução controls recepção correspondente.				
					<80>						

Page 1 de 18

BorgWarner **CONTROL PLAN PLANO DE CONTROLO**

Prototype / Protótipo
100 % / Pré-Série
Production / Produção

Control Plan nº: [Redacted] Contact Person: [Redacted] Telephone: [Redacted] Fax: [Redacted] Date (Dg): 17/04/2021 Revision: 1 Date (Dg): 23/06/2021

Part Number: [Redacted] Engineering Change Level: [Redacted] Core Team: [Redacted] Client Engineering Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted] Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted]

Name: [Redacted] Date Supplier Approval: [Redacted] Date Forwarder Approval: [Redacted] Client Quality Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted] Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted]

Organization: [Redacted] Site: [Redacted] Local: [Redacted] Supplier code: [Redacted] Other Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted] Date Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted] Other Approval: [Redacted] Date (Dg): [Redacted]

Borgwarner - PT

No	NAME / DESCRIPTION NOME / DESCRIÇÃO	MACHINE/ EQUIPMENT MÁQUINA EQUIPAMENTO	CHARACTERISTIC CHARACTERISTICS		SPECIAL DIM. CLASS DIMENSÃO ESPECIAL	PRODUCT PROCESS TOLERANCE SPEC. ESPECIFICAÇÃO PRODUTO-PROCESSO TOLERÂNCIA	EVALUATION MEAS. TECH. TÉCNICA MEDIÇÃO/ AVALIAÇÃO	METHODS/METHODS		CONTROL METHOD MÉTODO DE CONTROLO	REACTION PLAN PLANO DE REACÇÃO
			PRODUCT PRODUTO	PROCESS PROCESSO				SIZE TAMANHO	SAMPLE FREQUENCY FREQ. FREQUÊNCIA		
01	Assembly of Contact Frame and Isolation Strip	Heater Rod Assembly Line Carner 110000021361	Appearance Correct Assembly			No heating No die misalignment No damage to Isolation Strip	Check by Operator as per instruction Manually record any unexpected incident		100%	Operator Operário	Stop Operation Inform the Team Leader Quarantine supplied part PG-13.01 DT 8.1.5.5
			Correct number of Contact Frames per Carner			Carner loading complete Instrução de Operação Work Instruction IO 2021143	Sensor		100%	Controls automatic of the equipment Automatic control of the equipment	Stop Process Isolate Carner Retain Carner PG-13.01 DT 8.1.5.5
02.26	Check PTC Stones	Heater Rod Assembly Line 110000021361	Correct PTC Stone Pack			PTC Stone part number: Instrução de Operação Work Instruction IO 2021144	Check by Operator as per instruction Manually record any unexpected incident		100%	Operator Operário	PTC Stones Rejected PG-13.01 DT 8.1.5.5
			PTC Stone appearance			No damage to PTC Stones	Visual check by Operator as per instruction	5 Stones per pack	100%	Operator Operário	Stop Operation Inform the Team Leader Quarantine supplied part PG-13.01 DT 8.1.5.5
03.30	Placement of PTC Stone on Contact Frame	Heater Rod Assembly Line 110000021361		PTC Stones Thickness		MOIS/008 2016 NOK Part 1.32mm NOK Part 1.52mm Instrução de Ajuste Setup instruction IA 2021133 1.42x0.08mm	Image Processing System	1 Part 1 Pack	Per Shift or Change Over	Operator Operário	Stop Operation Inform the Team Leader Stop Process Isolate Carner Retain Carner PG-13.01 DT 8.1.5.5
				PTC Stones Thickness		Instrução de Ajuste Setup instruction IA 2021133 1.42x0.08mm	Image Processing System		100%	Controls automatic of the equipment Automatic control of the equipment	Stop Operation Inform the Team Leader Quarantine supplied part PG-13.01 DT 8.1.5.5

Page 3 de 18

Figura 61: Exemplo de segmento de Plano de Controlo criado.

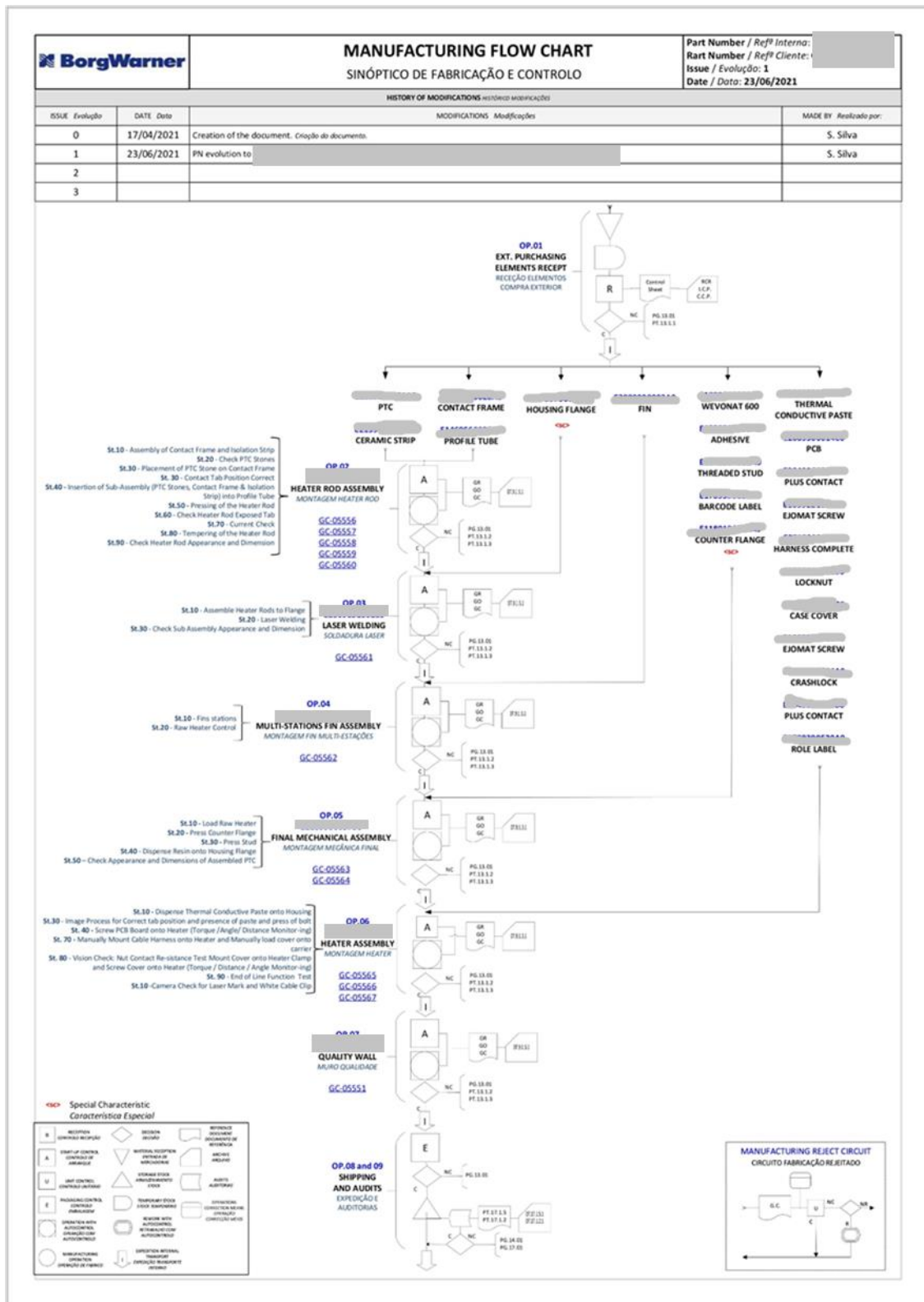


Figura 62: Exemplo de Fluxograma criado.



INSTRUÇÃO DE CONTROLO
Página 1 de 2

INSTRUÇÃO Nº: GC-05573
DATA: 07/06/21

Código Interno:
Refº Cliente:

Denominação Peça:
Denominação Operação:

Operação:

1- ASPECTO

Peças sem golpes, rebarbas nem deformações.

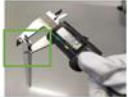
Verificação de presença do ponto verde no heater rod.

OK

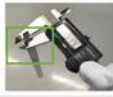


2- MEDIÇÃO DIMENSÕES ROD

Medição de altura e largura do rod.

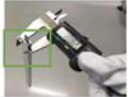


Medição de largura do rod
Tolerância: 10.9 ± 0.1 mm



Medição de altura do rod
Tolerância: 5.5 ± 0.1 mm

Deve medir o rod na zona do rod perto da tab.



3- CALIBRAÇÃO UTIL MEDIÇÃO



Peça Calibradora para Util de Medição.

Nº	Controlo a realizar	Medida e tolerância	Meio de controlo	A realizar por	Frequência	Registos
1	Aspecto	Ver indicações	Visual	Operário	SP Início de turno, a cada 4h	DT9.1.5.1
2	Medição Dimensões Rod	Ver indicações	Paquímetro	Operário	SP Início de pedido/turno, a cada 4h	Q-9666 DataRecord-8666
3	Calibração Util de Medição	Ver indicações	Peça Calibradora	Operário	1º Início de pedido/turno, a cada 4h	Q-9666

VISTOS: M G E R L A E

OBSERVAÇÕES:

Data: 07/06/21 - Criação da instrução.
07/06/21 - Revisão da instrução.

Causa:



INSTRUÇÃO DE CONTROLO
Página 2 de 2

INSTRUÇÃO Nº: GC-05573
DATA: 07/06/21

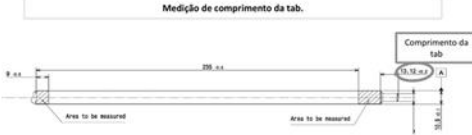
Código Interno:
Refº Cliente:

Denominação Peça:
Denominação Operação:

Operação:

4- MEDIÇÃO COMPRIMENTO TAB

Medição de comprimento da tab.



Util de medição 224-247
Medição de altura da tab
Tolerância: 13.12 ± 0.20 mm



Nº	Controlo a realizar	Medida e tolerância	Meio de controlo	A realizar por	Frequência	Registos
4	Medição comprimento tab	Util de medição	224-247	Operário	SP Início de pedido/turno, a cada 4h	Q-9666 DataRecord-8666

VISTOS: M G E R L A E

OBSERVAÇÕES:

Data: 07/06/21 - Criação da instrução.
07/06/21 - Revisão da instrução.

Causa:

Figura 63: Exemplo de Instrução de Controlo criada.

APÊNDICE III – DOCUMENTAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

INSTRUÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Nº Instrução: IR 2021.0026
 Data revisão: 22-03-2021
 Página: 2 de 3

METODO DE RECUPERAÇÃO

Caso a) Seguir todos os passos abaixo:

Caso b) Pular passo 2 à frente. Seguir todos os outros passos abaixo:

1 Colocar o heater no J01 da estação de retrabalho:

2 Com a aparafusadora, desaparafusar os parafusos presentes na cover (podendo existir de 1 a 3). Assim que retirados, remover a cover:

3 Com a aparafusadora, desaparafusar os parafusos presentes na PCB (podendo existir de 1 a 3). Ter cuidado para não fazer contacto com a aparafusadora na PCB. Remover as duas antenas:

INSTRUÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Nº Instrução: IR 2021.0026
 Data revisão: 22-03-2021
 Página: 1 de 3

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL OBRIGATORIOS

LUVAS:

OCULOS:

BOTAS:

MÁSCARA:

AURICULARES:

MANGUITOS:

OUTROS:

AValiação DE RISCOS

GRAVIDADE DO DANO (De acordo com tabela de matriz de risco)	3 MODERADO	PROBABILIDADE (De acordo com tabela de matriz de risco)	2 POUCO PROVÁVEL	NÍVEL de 1 a 60	6
--	---------------	--	---------------------	--------------------	---

EQUIPAMENTOS A UTILIZAR

OPERAÇÃO CORRESPONDENTE	MEIOS	CONSUMÍVEIS
2	Aparafusadora	N/A
3	Aparafusadora	N/A

CONTROLO DE QUALIDADE - ANTES DA RECUPERAÇÃO

Caso a) Parafusos da cover em falta e/ou mal apertados:

Caso b) Parafusos da PCB em falta e/ou mal apertados:

INSTRUÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Nº Instrução: IR 2021.0026
 Data revisão: 22-03-2021
 Página: 3 de 3

CONTROLO DE QUALIDADE- DEPOIS DA RECUPERAÇÃO

O controlo de qualidade das peças depois de recuperação deve ser regido pela instrução de controlo de qualidade GC-05451.

METODO DE EMBALAGEM E IDENTIFICAÇÃO DAS PEÇAS

Separar os componentes segundo apresentado abaixo:

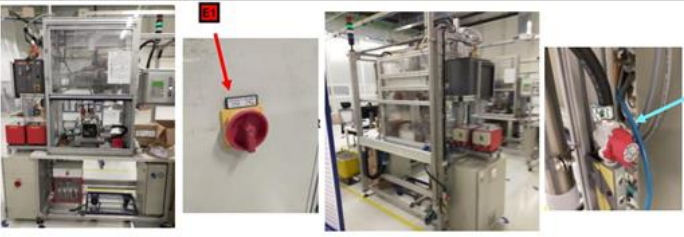
Reutilizar na linha. (Estação 40 - Aparafusadora)

Soterrar

Elaboração:	Validação MUE:	Validação PL:	Validação AE:	Validação Packaging:	Validação SOT:
Hugo Costa				NÃO APLICÁVEL	
Data de revisão:	Motivo de revisão:				
22-03-2021	Criação do documento				

Figura 64: Exemplo de Instrução de Recuperação criada.

APÊNDICE IV – DOCUMENTAÇÃO DE SEGURANÇA

BorgWarner		Instrução Técnica de Controlo de Energia			
Procedimento de Controlo de Energia - Lockout					
Identificação do Equipamento:		110000021371	PONTOS DE BLOQUEIO: 2		
Tipo de Equipamento:		Aparafusamento PCB e cover			
Equipamentos Associados:					
		ADVERTÊNCIAS Esta máquina pode ter mais do que um tipo de fontes primárias de energia, incluindo eléctricas, hidráulicas, pneumáticas, etc.. Aplique o sistema Lockout em todas! Se a energia primária da máquina está associada a outras máquinas, Aplique o sistema Lockout em todas! Não efectue procedimentos de manutenção nesta máquina a menos que tenha recebido formação em ECPL (Lockout/Tagout) e compreenda os procedimentos descritos no Manual ECPL. Salvo indicações em contrário, para reiniciar a máquina, verifique que todos os dispositivos de segurança estão activos e que as protecções fixas encontram-se devidamente posicionadas. Caso tenha alguma dúvida, por favor dirija-se ao responsável da UP.			
					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> ☐ Indica o Ponto de Bloqueio E Eléctrica </div> <div> ☐ Indica o Ponto de Acesso ou de Advertência P Pneumático </div> <div> H Hidráulico </div> <div> W PCW </div> <div> T Temperatura </div> </div>					
Esta máquina tem várias formas de alimentação e desconexão					
Procedimento de Desconexão - Apenas os funcionários autorizados podem executar este procedimento					
#	Tipo / Fonte de Energia	Disp. de Isolamento	Local	Procedimento para acção de bloqueio e/libertação de energia	Pontos de Verificação
1				Notifique os funcionários afectos à máquina e ao supervisor da área, que se vai iniciar um processo de bloqueio na máquina.	
2				O operador deve desligar a máquina e ausentar-se da área de trabalho.	
3	400 VAC Eléctrica	E E1 Central Eléctrica	Zona frontal do Quadro Eléctrico	Desligue o seccionador geral do Quadro Eléctrico, situado na zona frontal do mesmo. INSTALE CADEADO	Com o voltímetro certifique-se que não existe tensão < a 400Vac
4	6 bar Pneumático	P P1 Grupo de Pneumática	Zona traseira do equipamento	Fechre a válvula. Esta efectuará a despressurização do sistema. INSTALE CADEADO	Verificar a inexistência de pressão com o manómetro. Tenha em conta que posterior a válvulas de centros fechados pode existir pressão acumulada, caso tenha necessidade de atuar em algum desses circuitos efectue a respetiva despressurização.
5					
6					
7					

Realizado por: _____
 Data: ____/____/____

Revisto por: _____
 Data: ____/____/____

Validado por: _____
 Data: ____/____/____

Figura 65: Exemplo de Instrução de Lockout-Tagout de Equipamento criada.

 	
Instrução Técnica de Acesso de Forma Segura	
Procedimento de Acesso para Operadores	
Identificação do Equipamento:	EOL
Linha de produção:	7H05-1
Número da máquina:	110000021375
ADVERTÊNCIAS	
1. Esta máquina pode conter mais do que um tipo de fontes primárias de energia, incluindo elétricas, hidráulicas, pneumáticas, etc. 2. Apenas técnicos de manutenção devidamente formados estão habilitados a realizar o controlo/desenergização das fontes primárias da linha/máquina. 3. Este procedimento destina-se exclusivamente a operadores devidamente formados em Lockout/Tagout (LOTO) na BorgWarner Viana do Castelo. 4. Sempre que surjam dúvidas sobre este procedimento, recorrer a um técnico de manutenção ou à equipa de higiene e segurança no trabalho. 5. Cada colaborador tem de utilizar sempre os seus equipamentos LOTO individuais. Caso não os possua, não pode aceder ao interior da máquina.	
ESTA MÁQUINA PODE POSSUIR MAIS QUE UM LOCAL ADEQUADO PARA REALIZAR O ACESSO DE FORMA SEGURA!	
O local de bloqueio está identificado com o símbolo	
	
Nº de bloqueios a executar: 1	
Localização de pontos de bloqueio	
	
Procedimento de bloqueio	
1ª Pressionar botoneira de emergência	
 OU 	
2ª Colocar dispositivo de bloqueio	
	

Validado por: _____
Data: __/__/__

Preparado por: _____
Data: __/__/__

Figura 66: Exemplo de Instrução de Lockout-Tagout de Operador criada.

APÊNDICE V – DOCUMENTAÇÃO DE MANUTENÇÃO

BorgWarner		Manutenção 1º Nível		Ano:	2021	
REGISTO DE VALIDAÇÃO - A validação deste check-list deve ser devidamente evidenciado na Start-Up check-list		Nº de Linha:	7H05-1	Nº de Máquina:	TODAS	
PONTO	OPERAÇÃO	QUANDO	DESCRIÇÃO DA AÇÃO	TEMPO ESTIMADO	PLANO DE INTERVENÇÃO	PLANO DE AÇÃO
1		1 vez \ turno	Limpar posto e ferramentas de trabalho	5min	N/A	N/A
2		1 vez \ turno	Limpar chão da área	5min	N/A	N/A
3		1 vez \ dia	Verificar estado da agulha do aplicador de cola	1min	Avistar Técnico de Manutenção	Substituir agulha
4		1 vez \ dia	Verificar existência de fugas do sistema de doseamento	1min	Avistar Técnico de Manutenção	Substituir punção
5		1 vez \ dia	Verificar estado dos copos de sucção	1min	Avistar Técnico de Manutenção	Substituir copo de sucção
6		1 vez \ dia	Verificar deslocamento da placa de fixação do PCB	1min	Avistar Técnico de Manutenção	A determinar
7		1 vez \ dia	Verificar estado dos calçadores	1min	Avistar Técnico de Manutenção	Substituir calçador
8		1 vez \ dia	Verificar estado das ponteiros da aparafusadora	1min	Avistar Técnico de Manutenção	Substituir ponteira
9		1 vez \ dia	Verificar a abertura e fecho das portas	1min	Avistar Técnico de Manutenção	A determinar
10		1 vez \ dia	Verificar sistema de tranca da porta	1min	Avistar Técnico de Manutenção	A determinar

PONTOS DE INSPEÇÃO		
SIMBOLOGIA	LAYOUT	PERIODICIDADE

PONTOS DE INSPEÇÃO DEVEM ESTAR DEVIDAMENTE IDENTIFICADOS COM UMA ETIQUETA CONTENDO A RESPECTIVA SIMBOLOGIA

Elaboração:	Validação MGE:	Validação PL:	Validação AE:	Validação Packaging:	Validação SST:
Hugo Costa			NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL	
Data de revisão	Motivo da revisão				
09/03/2021	Criação do documento				
14/04/2021	Atualização do layout				

Figura 67: Exemplo de Instrução de Manutenção de 1º Nível criada.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA					
BorgWarner		Linha : 7H05-1		PL: Paulo Carvalho	
Máquina	Plano de Manutenção	Descrição	Manutenção Realizada		Proxima Manutenção
			Técnico	Nº Ordem	Data
110000021368	100005899	PRENSA PCBA - PARAFUSO			
110000021369	100005898	MÁQUINA DE APLICAÇÃO DE TIM			
110000021370	100005930	MÁQUINA DE MONTAGEM DO PCBA			
110000021371	100005931	MÁQUINA DE APARAFUSAMENTO DA PCBA/COVER			
110000021372	100005932	FORNO			
110000021373	100005933	FORNO			
110000021374	100005934	CABINE DE ARREFECIMENTO			
110000021375	100005935	EOL			
Realizado por:		Data:	Product Leader:	Data:	M&Q Engineer:

Figura 68: Exemplo de Registo de Manutenção Preventiva criado.

APÊNDICE VI – DOCUMENTAÇÃO DE INÍCIO DE TURNO

Q-7191

		REGISTO DE PARÂMETROS E REGISTOS DE PADRÕES		CODIGO Q-7191	
				DATA : 06/05/2021	
Numero de Ordem: AABCC AA: Últimos 2 dígitos da referência BB: Nº da semana CC: Ano Exemplo: 911021					
1º- FREQUÊNCIA: AO INÍCIO DE TURNO OU APÓS TROCA DE REFERÊNCIA 2º- ESTÁ PROIBIDO O TRABALHO SEM ESTAREM TODAS AS VERIFICAÇÕES OK. SEMPRE QUE HOUVER UMA ANOMALIA (FALTA DE PADRÃO, POSIÇÃO DA PEÇA NOK , PARAMETROS NOK...) ALERTAR DE IMEDIATO O CHEFE DE EQUIPA.					
ORDEM:					
St.	Equipamento	Descrição	Valor	Verificação (OK/NOK ou valor)	Comentários
10	110000021369 Aplicação de TIM	Programa			
		Referência Material TIM			
		Validade Material TIM			
		Pressão Pasta dispensada			
		Peso da Pasta Dispensada	1ª Peça		
20	110000021368 Prensa PCBA	Força Ajuste Setup Máquina			
30	1100000021370 Montagem PCBA	Peça referência Tabs OK			
		Programa			
		Programa de Controlo Wilhelm			
		Programa Sistema BV			
		Peça Padrão Pasta OK			
		Peça Padrão Pasta NOK			
		Peça padrão alinhamento NOK			
		Verificar Força da 1ª peça			
		Verificar Distancia da 1ª peça			
40	110000021371 Aparafusamento PCBA & Cover	Programa			
		Tipo de ponteira da aparafusadora			
		Verificar Torque dos parafusos do PCBA da 1ª peça	1ª parafuso		
			2ª parafuso		
			3ª parafuso		
		Verificar Ângulo dos parafusos do PCBA da 1ª peça	1ª parafuso		
			2ª parafuso		
			3ª parafuso		
		Verificar Torque dos parafusos da cover da 1ª peça	1ª parafuso		
			2ª parafuso		
			3ª parafuso		
		Verificar Ângulo dos parafusos da cover da 1ª peça	1ª parafuso		
			2ª parafuso		
			3ª parafuso		
50	Forno 110000021372	Temperatura			
	Forno 110000021373	Temperatura			
70	EOL 110000021375	Programa			
		Peça referência Comprimento			
		Peça Padrão OK			
		Peça Padrão NOK			
	Linha 7H05	Registo Semanal (Q-7191-A) atualizado			
Derrogação ativa na linha?		Quais as estações abrangidas?	Se sim a data/nº de peças foi ultrapassada?	Se a resposta a esta ultima pergunta foi sim, alertar imediatamente o Team Leader	
Parâmetros e padrões completos e verificados por:		Nº	Data:	Assinatura	
Aprovação extraordinário do arranque da linha no caso de ter sido detetado alguma anomalia.		Nº	Data:	Assinatura	

O:\Documentação Linhas\7H05\REGISTOS\4.- QF & Q\Q-7191

Figura 69: Exemplo de Registo de Parâmetros criado.

BorgWarner		POKA-YOKE		Ano: 2021 Data revisão: 02/09/2021 Página: 1 de 2																												
REGISTO DE VALIDAÇÃO		Nº de Linha:	7H05-1	Referência Interna:	E23000271910																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Janeiro																																
Fevereiro																																
Março																																
Abril																																
Mai																																
Junho																																
Julho																																
Agosto																																
Setembro																																
Outubro																																
Novembro																																
Dezembro																																

Nº do colaborador = Conforme X= Não conforme

NO CASO DE UMA "NÃO CONFORMIDADE", DESCREVÊ-LA NA TABELA "ANOMALIAS / OCORRÊNCIAS" E EFETUAR VALIDAÇÃO PELO TEAM LEADER/ PRODUCT LEADER

ANOMALIAS / OCORRÊNCIAS		VALIDAÇÃO (TL/PL):
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

CONSULTAR NO VERSO O PLANO DE INTERVENÇÃO PARA REALIZAR A VERIFICAÇÃO DE POKA-YOKES

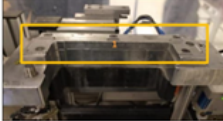
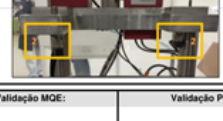
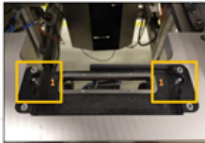
BorgWarner		POKA-YOKE		Ano: 2021 Data revisão: 02/09/2021 Página: 2 de 2			
PLANO DE INTERVENÇÃO		Nº de Linha:	7H05-1	Referência Interna:	E23000271910		
NÚMERO DE MÁQUINA 110000021369 COD. FERRAMENTA NOME 1-Encaixe de colocação da peça; 2-Sensores não detetam a colocação da peça. DESCRIÇÃO DA ANOMALIA 1-A peça não encaixa; 2-Sensores não detetam a colocação da peça. REACÇÃO Avistar Team Leader 1-Verificar o correto encaixe da peça no útil; 2-Verificar o correto encaixe da peça no útil.	 	NÚMERO DE MÁQUINA 110000021370 COD. FERRAMENTA NOME 1-Centradores de PCB; 2-Encaixe de alinhamento das tabs; 3-Encaixe de colocação da peça; 4-Sensores de colocação da peça. DESCRIÇÃO DA ANOMALIA 1-O PCB não encaixa corretamente; 2-Limbo no vértice tabs não encaixam; 3-A peça não encaixa; 4-Sensores não detetam a colocação da peça. REACÇÃO Avistar Team Leader 1-Verificar o correto posicionamento do PCB; 2-Verificar o alinhamento vertical das tabs; 3-Verificar o correto encaixe da peça no útil; 4-Verificar o correto encaixe da peça no útil.	 	NÚMERO DE MÁQUINA 110000021371 COD. FERRAMENTA NOME 1-Sensor de deteção de anilhas; 2-Sensores de colocação da peça. DESCRIÇÃO DA ANOMALIA 1-Sensor não deteta a ausência de anilhas; 2-Sensores não detetam a colocação da peça. REACÇÃO Avistar Team Leader 1-Verificar colocação das anilhas na peça; 2-Verificar o correto encaixe da peça no útil.	 	NÚMERO DE MÁQUINA 110000021375 COD. FERRAMENTA NOME 1-Centradores de colocação da peça. DESCRIÇÃO DA ANOMALIA 1-Peça não encaixa corretamente, há folgas ou a ferramenta está danificada. REACÇÃO Avistar Team Leader 1-Verificar o correto encaixe da peça nos centradores.	
Elaboração:	Validação MQE:	Validação PL:	Validação AE:	Validação Packaging:	Validação SST:		
Hugo Costa			NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL		
Data de revisão	Motivo da revisão						
05/09/2021	Criação do documento						

Figura 70: Exemplo de Registo Poka-Yoke criado.

REGISTO DE CONTROLO

Semana:
Linha: 7W03-1 - SCHILLER

REGISTO DE ARRANQUE (START UP CHECK LIST)

Nº DE OPERADOR	2ª FEIRA			3ª FEIRA			4ª FEIRA			5ª FEIRA			6ª FEIRA			SABADO			DOMINGO		
	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N
Últimos 4 dígitos da referência na vertical																					
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					

Conforme
Não conforme

REGISTO DE AUTOCONTROLO

Registando o seu número, o operador de produção manifesta ter lido e compreendido as instruções de operação e controlo e que as peças processadas estão OK segundo a instrução de Controlo situada no posto.

Registrar com uma letra "R":

- Quando no controlo frequencial as peças controladas são NÃO CONFORMES;
- Quando no controlo 100% a percentagem de rejeição é superior a 1% (>1%) desde o último registo realizado ou foram detetadas 5 peças NOK consecutivas.

Realizar registo horário nos boxes correspondentes do turno

M	T	N	2ª FEIRA			3ª FEIRA			4ª FEIRA			5ª FEIRA			6ª FEIRA			SABADO			DOMINGO		
7h	15h	23h																					
8h	16h	24h																					
9h	17h	1h																					
10h	18h	2h																					
11h	19h	3h																					
12h	20h	4h																					
13h	21h	5h																					
14h	22h	6h																					

INCIDÊNCIA (Explicar o problema encontrado no arranque ou no autocontrolo)	Data	Hora	Nº OP	AÇÕES CORRETIVAS TOMADAS PARA ARRANQUE OU PARA CONTINUAR A TRABALHAR OU DERROGAÇÃO	ASSINATURA TL/PL

NO CASO DE QUALQUER NÃO CONFORMIDADE AVISAR TEAM LEADER OU PL PARA DEFINIR AÇÕES. AS AÇÕES TOMADAS DEVEM SER REGISTRADAS NESTE DOCUMENTO OU NO SEU REVERSO.

DT 9.1.5.1

Figura 71: Exemplo de Registo de Controlo implementado.

Registo de Produção - 7W03-1 Schiller

Data:
Nº operador:

Manhã - Referência

Peças OK	
Peças NOK	
Peças Retrabalhadas	
Tempo de Ciclo Real (seg/peça)	

Tarde - Referência

Peças OK	
Peças NOK	
Peças Retrabalhadas	
Tempo de Ciclo Real (seg/peça)	

Noite - Referência

Peças OK	
Peças NOK	
Peças Retrabalhadas	
Tempo de Ciclo Real (seg/peça)	

Hora	Referência	Produção Hora	Peças OK	CBE Family						Arranque	Troca de referência	SMEI					Organização					Retrabalho					Defeito para Sucata					Comentários
				Manutenção Programada	Falta de Matéria Prima (Programada)	Paragem Programada	Estação 10	Estação 20	Estação 30			Estação 40	Estação 70	Estação 80	Estação 80	Falta de Matéria Prima não programada	Falta de Embalagem	Falta de peças montadas	Sem Fluxo	SS	Reparadas	Ajustamento	Teste elétrico	Doseamento de cola	Montagem cabos	Teste elétrico nok	Pinos danificados	Marcação Laser NOK				
6-7																																
7-8																																
8-9																																
9-10																																
10-11																																
11-12																																
12-13																																
13-14																																
Total																																
14-15																																
15-16																																
16-17																																
17-18																																
18-19																																
19-20																																
20-21																																
21-22																																
Total																																
22-23																																
23-00																																
00-01																																
01-02																																
02-03																																
03-04																																
04-05																																
05-06																																
Total																																

Figura 72: Exemplo de Registo de Produção Implementado.

APÊNDICE VII – PREVISÃO DE VENDAS LVAH

Tabela 9: Previsão de vendas para as referências LVAH de 2022 a 2026.

Referências	Previsão de Peças Vendidas (Quantidade)				
	2022	2023	2024	2025	2026
1	157.917	159.557	131.923	90.298	46.416
2					
3	18.000	18.000	18.000	0	0
4	63.750	38.320	16.000	0	0
5	0	0	0	0	0
6	27.600	19.200	0	0	0
7	10.120	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	24.000	20.000	18.000	12.000	9.000

Tabela 10: Cálculos auxiliares relativos à previsão de vendas para as referências LVAH e respectivas famílias.

Referências	Lucro p/ peça vendida (€)	Vendas totais previstas (quantidade)	Percentagem relativa de vendas totais previstas (%)	Lucro total previsto (€)	Percentagem relativa de Lucro total previsto (%)
1 - 2	0,43 €	586.111	65,26%	249.097,18 €	6,99%
3	7,85 €	54.000	6,01%	423.900,00 €	11,89%
4	18,94 €	118.070	13,15%	2.236.245,80 €	62,74%
5	10,40 €	0	0,00%	0,00 €	0,00%
6	5,42 €	46.800	5,21%	253.656,00 €	7,12%
7	3,99 €	10.120	1,13%	40.378,80 €	1,13%
8	3,73 €	0	0,00%	0,00 €	0,00%
9	4,35 €	83.000	9,24%	361.050,00 €	10,13%
Famílias					
X	N/A	586.111	65,26%	249.097,18 €	6,99%
Y	N/A	228.990	25,50%	2.954.180,60 €	82,88%
Z	N/A	83.000	9,24%	361.050,00 €	10,13%

APÊNDICE VIII – VSM DO ESTADO ATUAL

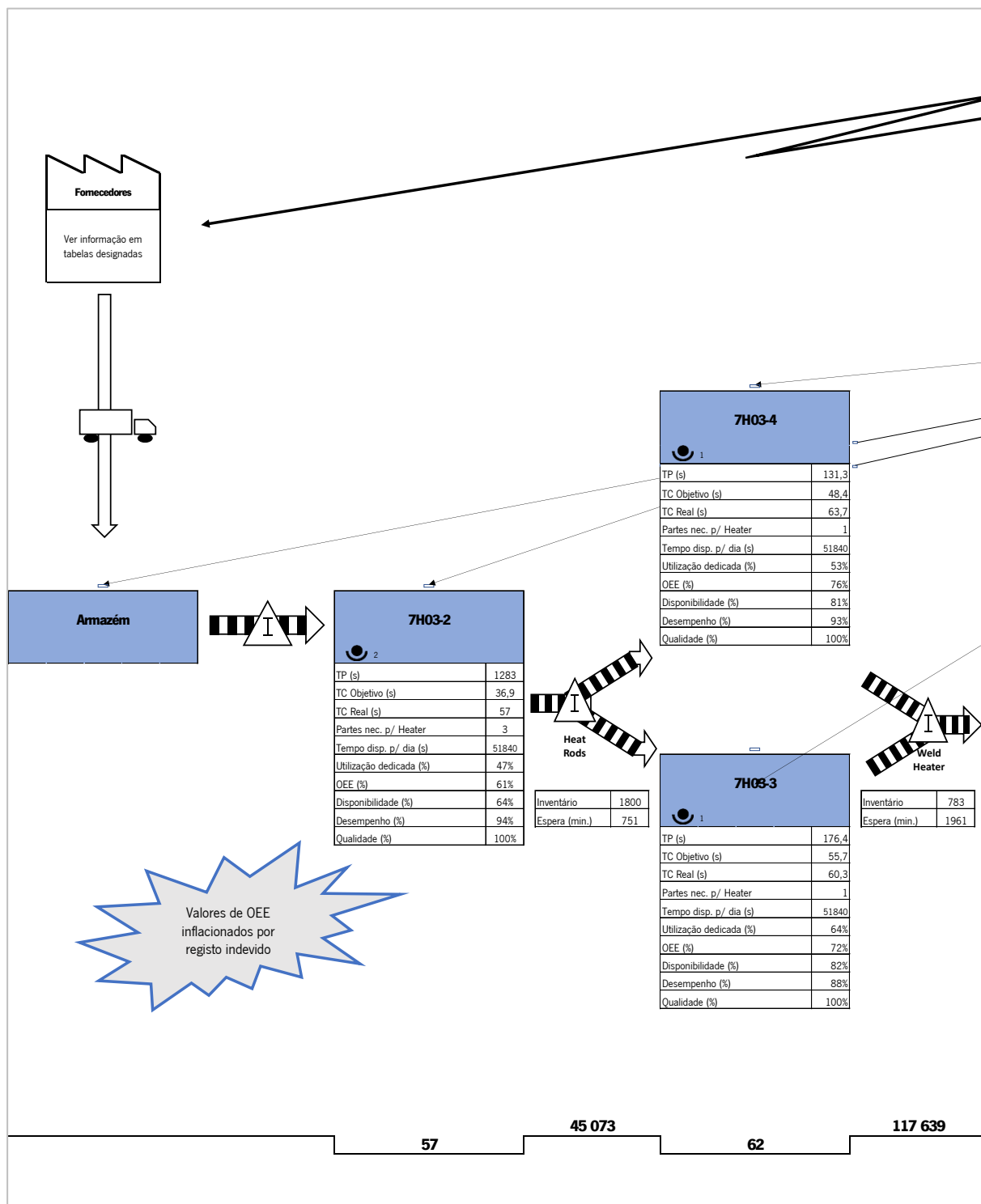


Figura 74.: VSM do estado atual para a refª 1-2 (secção 1 de 3).

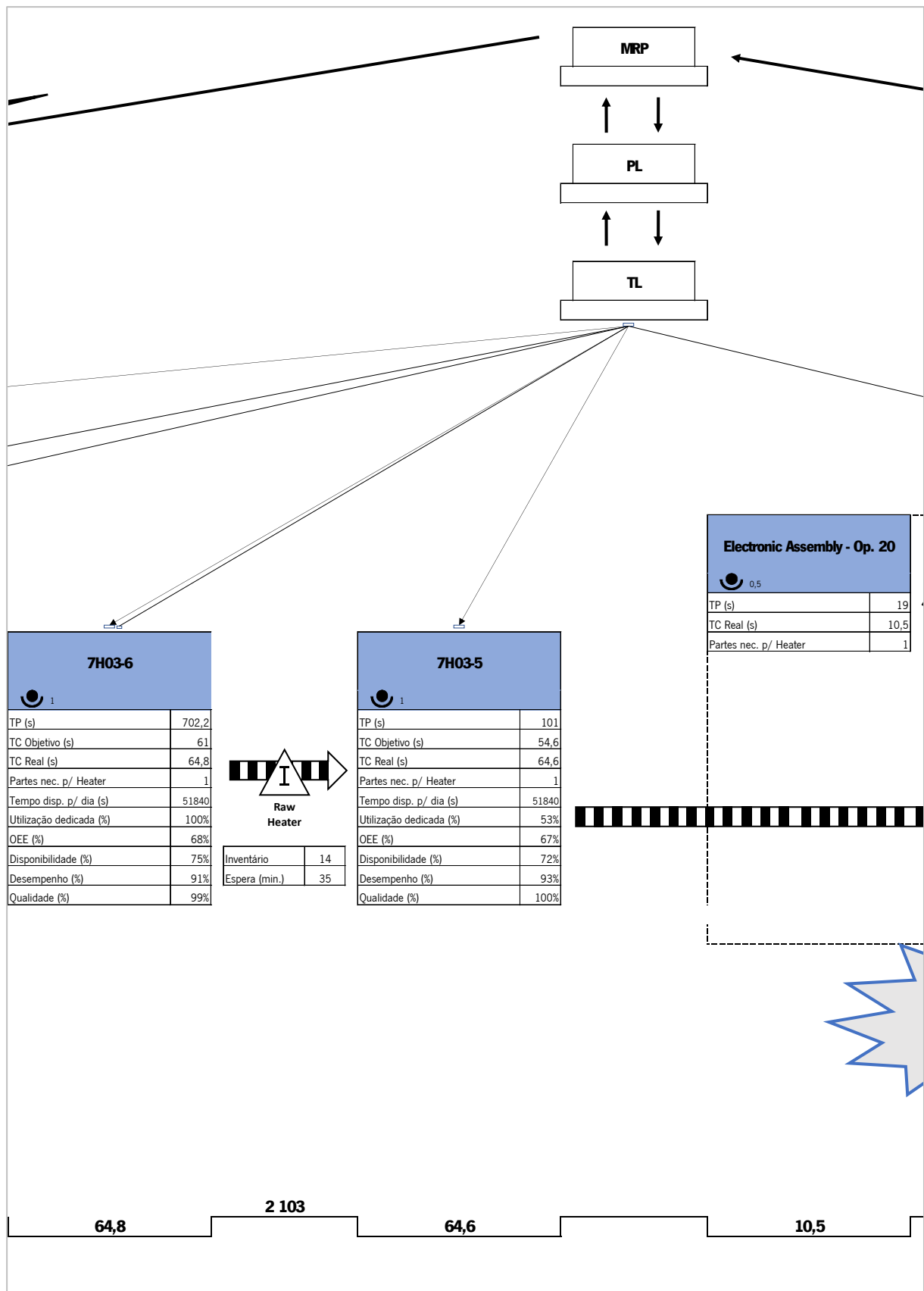


Figura 75: VSM do estado atual para a refª 1-2 (secção 2 de 3).

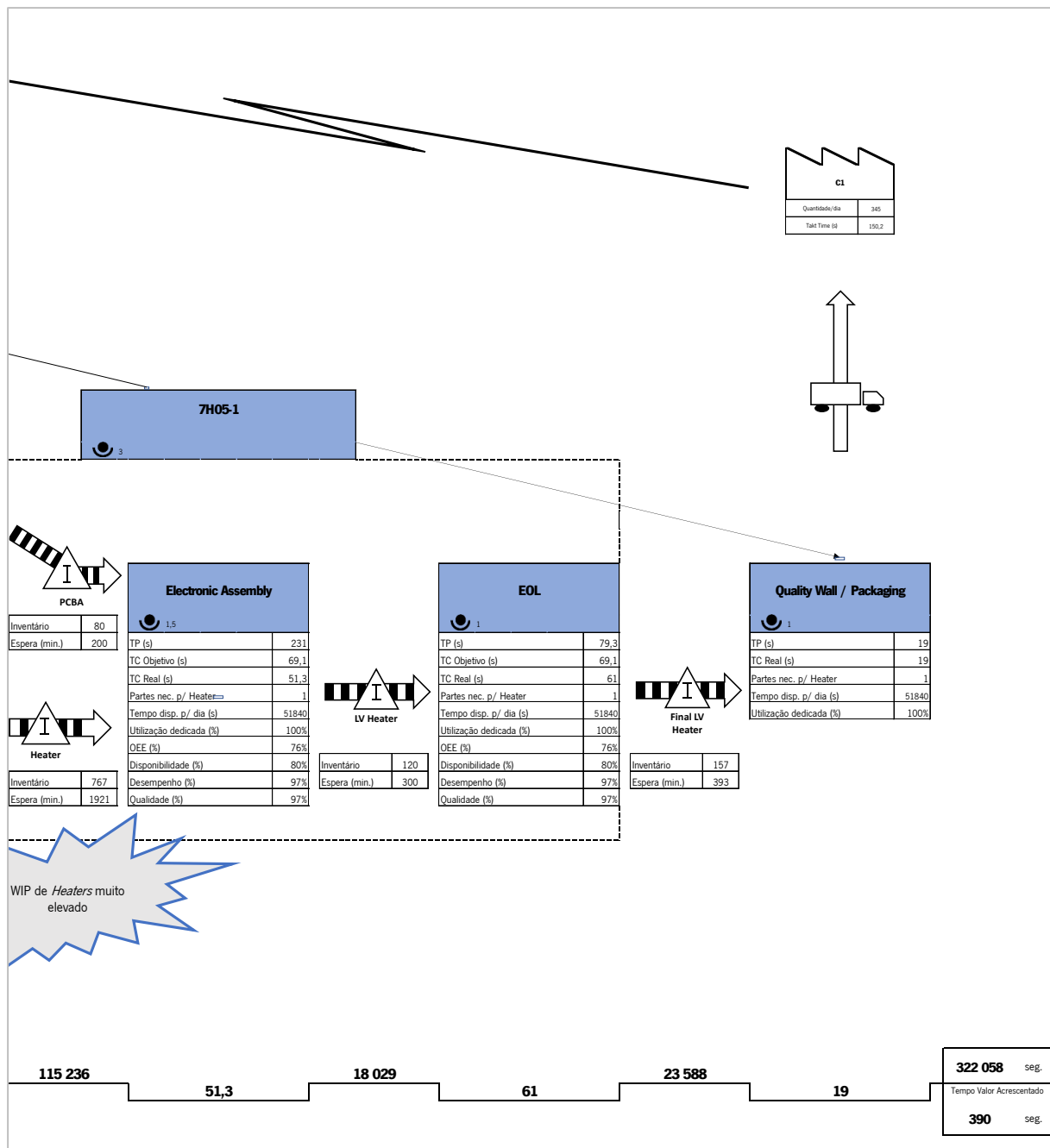


Figura 76: VSM do estado atual para a refª 1-2 (secção 3 de 3).

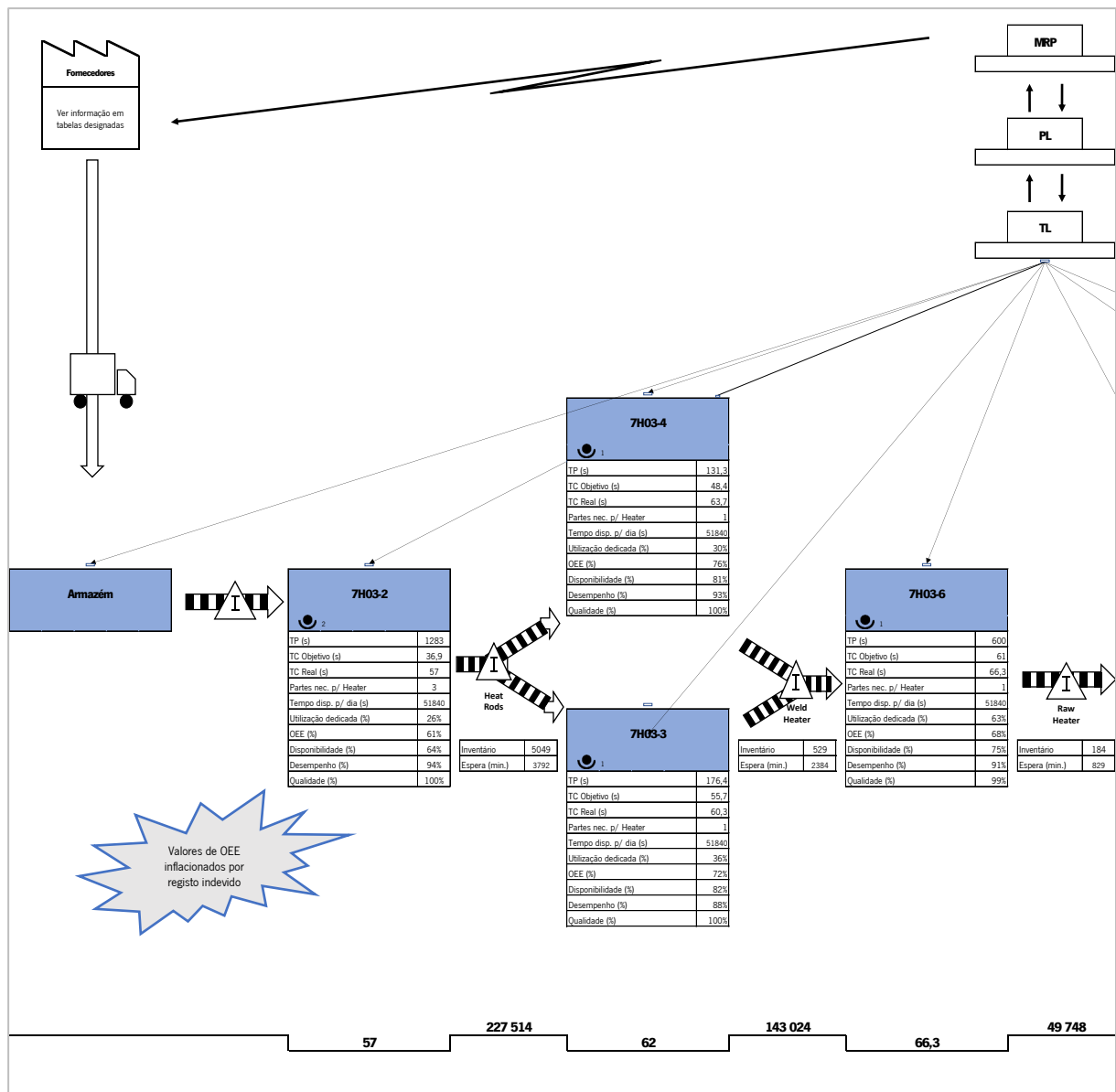


Figura 77: VSM do estado atual para a refª 4 (Secção 1 de 2).

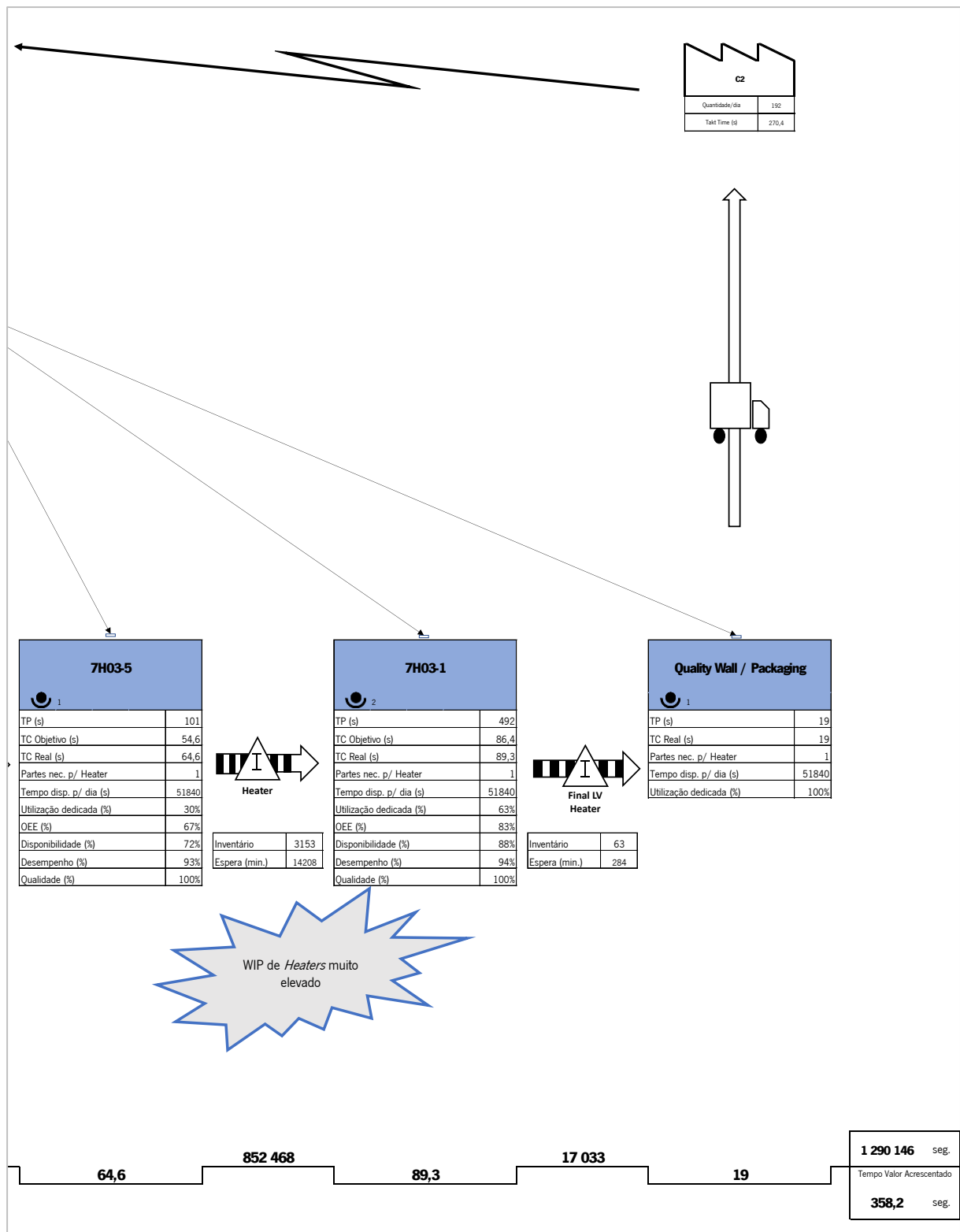


Figura 78: VSM do estado atual para a refª 4 (Secção 2 de 2).

APÊNDICE IX – FORNECEDORES LVAH

Tabela 11: Codificação atribuída aos fornecedores e componentes das referências 1-2 e 4, e correspondência entre os mesmos.

Fornecedor	Componente	
	Ref ^a 1-2	Ref ^a 4
F1	C1	C20
	C2	C21
F2	C3	C22
	C4	C23
F3	C5	
F4	C6	
	C7	
F5	C8	C24
F6	C9	N/A
F7	C10	
F8	C11	C25
F9	C12	
F10	C13	C26
F11	C14	C27
F12	C15	
	C16	C28
F13	C17	
F14	C18	N/A
F15	C19	
F16	N/A	C29
F17	N/A	C30
F18	N/A	C31
F19	N/A	C32
F20	N/A	C33

Tabela 12: Informação dos fornecedores de cada componente, por linha da referência 1-2.

Refª 1-2						
Linha	Componente	Fornecedor	Frequência	Tempo de Transporte	Tamanho do lote	Uso p/ Heater
7H03-2	C8	F5	Semanal	1 Semana	20.000	3
	C9	F6	Semanal	1 Semana	40.000	3
	C10	F7	Mensal	10 Semanas	2.000	3
	C11	F8	Semanal	1 Semana	1.920	12
7H03-3 / 7H03-4	C12	F9	Mensal	10 Semanas	10.368	1
7H03-6	C13	F10	Semanal	1 Semana	72.000	73
7H03-5	C1	F1	Semanal	1 Semana	N/A	1
	C3	F2	Semanal	1 Semana	64.800	1
	C5	F3	Semanal	1 Semana	N/A	1
	C6	F4	Semanal	1 Semana	50	1,26
	C7	F4	Semanal	1 Semana	120	3,79
7H05-1	C2	F1	Semanal	1 Semana	N/A	1
	C4	F2	Semanal	1 Semana	40.320	1
	C14	F11	Semanal	1 Semana	1.472	1
	C15	F12	Semanal	1 Semana	100.000	3
	C16	F12	Semanal	1 Semana	100.000	3
	C17	F13	Semanal	1 Semana	26.400	2
	C18	F14	Semanal	1 Semana	N/A	1
	C19	F15	Semanal	1 Semana	N/A	N/A
	C33	F20	Semanal	1 Semana	720	1

Tabela 13: Informação dos fornecedores de cada componente, por linha da referência 4.

Refª 4						
Linha	Componente	Fornecedor	Frequência	Tempo de Transporte	Tamanho do lote	Uso p/ Heater
7H03-2	C22	F2	Semanal	1 Semana	28.800	3
	C24	F5	Semanal	1 Semana	20.000	3
	C10	F7	Mensal	10 Semanas	2.000	3
	C25	F8	Mensal	10 Semanas	1.550	15
7H03-3 / 7H03-4	C30	F17	Semanal	1 Semana	24.000	3
7H03-6	C31	F18	Mensal	10 Semanas	20.384	1
7H03-5	C26	F10	Semanal	1 Semana	102.000	89
	C20	F1	Semanal	1 Semana	N/A	1
	C5	F3	Semanal	1 Semana	N/A	1
	C6	F4	Semanal	1 Semana	50	0,365
	C7	F4	Semanal	1 Semana	120	1,05
7H03-1	C29	F16	Semanal	1 Semana	N/A	1
	C21	F1	Semanal	1 Semana	N/A	2
	C23	F2	Semanal	1 Semana	15.840	1
	C27	F11	Semanal	1 Semana	1.320	1
	C15	F12	Semanal	1 Semana	100.000	2
	C28	F12	Semanal	1 Semana	30.000	3
	C19	F15	Semanal	1 Semana	N/A	N/A
	C32	F19	Semanal	1 Semana	N/A	1

APÊNDICE X – COMPONENTE QUALIDADE DO *SOFTWARE*

The screenshot displays two windows from the LV AH QUALIDADE software. The top window, titled 'MENU REGISTRAR DEFEITO', features a blue header with the text 'LV AH QUALIDADE' and a 'MENU' button. Below the header, there are five blue buttons arranged in a grid: 'HEATER RODS', 'TRUMPF LASER', 'LASER ROFIN', 'AUTOFIN', and 'FINAL ASSEMBLY'. The bottom window, titled 'REGISTRAR DEFEITO LASER ROFIN', shows a detailed data entry form. It includes a 'MENU' section with fields for 'Descrição', 'Nr.º Colaborador', 'PI', 'Linha', 'Nome', 'Data', and 'Turno'. To the right of these fields are input boxes for 'ANGULARIDADE ROK', 'SOLDADURA ROK', and 'QTD'. Below these are fields for 'QTD TOTAL' and 'QUANTIDADE COMPONENTES', with sub-fields for 'RODS' and 'FLANGES'. On the far right, there is a diagram showing the 'INPUT', 'PROCESS', and 'OUTPUT' stages of the laser refining process. The BorgWarner logo is visible at the bottom of both windows.

Figura 79: Registo de defeitos de linha. Menu e entrada de dados para a linha 7H03-4.

The screenshot shows the 'Quality Wall SW' interface. The main area contains a 'Main' section with a 'Heater ID Form' and an 'Operator Form'. The 'Heater ID Form' includes fields for 'Heater ID', 'Descrição', 'Linha', and 'PI'. The 'Operator Form' includes fields for 'Nr.º Colaborador', 'Nome', 'Data', and 'Turno', along with a 'Link Catálogo de Defeitos' button. Below these forms is a 'Defect Form' with fields for 'Defeito', 'Cliente', 'Linha', and 'Rework', and a large 'Observações' text area. At the bottom left, there are 'Options' buttons for 'Registrar' and 'Cancel'. On the right side, there is a 'Product Info' section featuring the BorgWarner logo and the text 'LV AH' with an image of a heater rod.

Figura 80: Registo de defeitos de muro de qualidade.

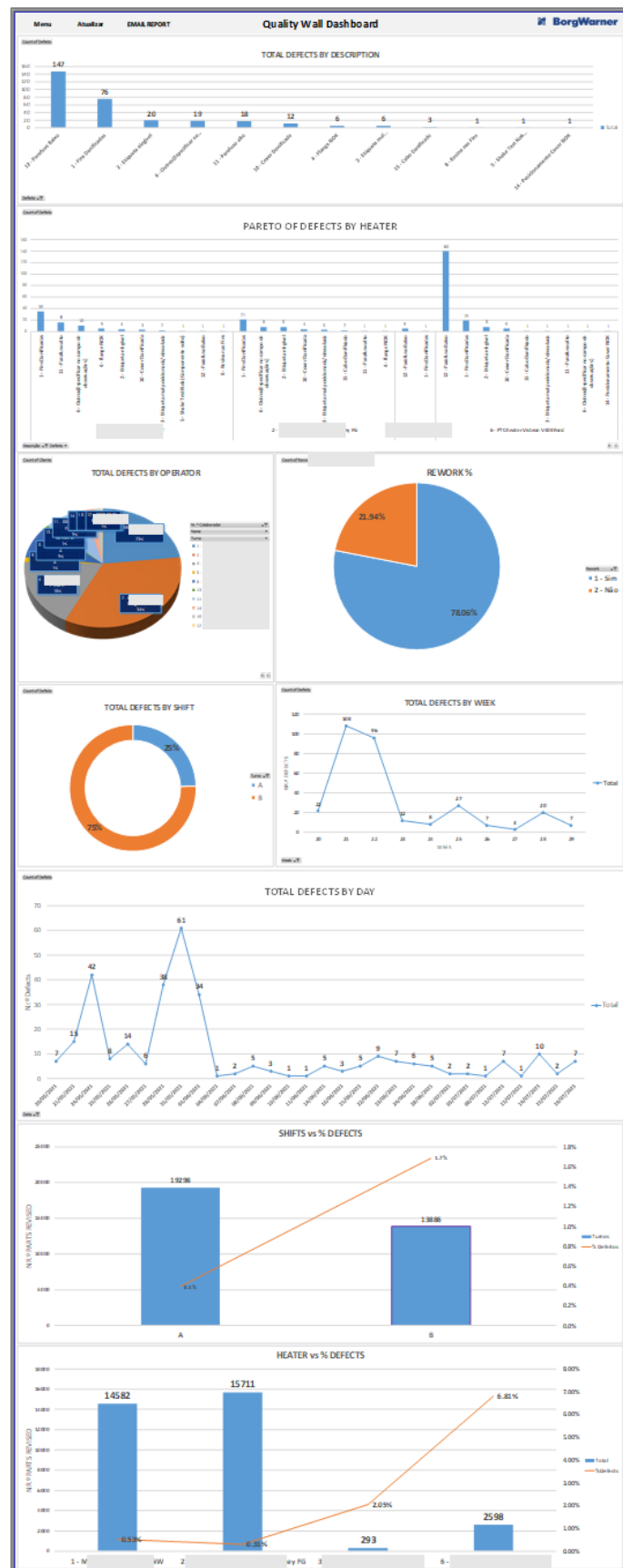


Figura 81: Dashboard dos dados resultantes do registo de defeitos no muro de qualidade.

Quantidade de peças Revisadas

PEÇAS REVISADAS

MENU

DESCRIÇÃO:

NIR.º COLABORADOR:

PN:

QUANTIDADE:

NOME:

DATA:

TURNO:



REGISTAR CANCELAR MENU

Figura 82: Registo de quantidades de muro de qualidade

Escolha da Linha para preenchimento de SPC



Escolha a linha:
Choose the line:

Linhas

Linha 7H03-2
HEATER RODS

Linha 7H03-6
AUTOFIN

Linha 7H06-1
AIRSCARF

SAIR

Figura 83: Menu de registo de SPC.

A

Informação da Referência

Escolha a referência: 7H03-2 Heater Rods

PN:

Cliente:

Linha: 7H03-2 Heater Rods

Informação de Colaborador

Nr.º Colaborador:

Nome:

Data:

Turno:

Tolerâncias

Comprimento da Tab: 12.92 a 13.32 Altura do Rod: 5.4 a 5.6 Largura do Rod: 10.8 a 11.0

Input de Medições

Rod 1

Comprimento da Tab:

Altura do Rod:

Largura do Rod:

Ponto Verde Presente:

Go/ No Go:

Rod 2

Comprimento da Tab:

Altura do Rod:

Largura do Rod:

Ponto Verde Presente:

Go/ No Go:

Rod 3

Comprimento da Tab:

Altura do Rod:

Largura do Rod:

Ponto Verde Presente:

Go/ No Go:

Rod 4

Comprimento da Tab:

Altura do Rod:

Largura do Rod:

Ponto Verde Presente:

Go/ No Go:

Rod 5

Comprimento da Tab:

Altura do Rod:

Largura do Rod:

Ponto Verde Presente:

Go/ No Go:

REGISTAR
COMO PREDEF?
SAIR
Comentários:

B

Informação da Referência

Escolha a referência: 7H03-6 Auto Fin

PN:

Cliente:

Linha: 7H03-6 Auto Fin

Informação de Colaborador

Nr.º Colaborador:

Nome:

Data:

Turno:

Tolerâncias

Posição de 1ª Fin: -1.0 a +1.0 Comprimento Fin Pack: -0.5 a +0.5

Input de Medições

ST	Posição de 1ª Fin	Comprimento Fin Pack
ST 1		
ST 1.1		
ST 1.2		
ST 2		
ST 2.1		
ST 2.2		
ST 3		
ST 3.1		
ST 3.2		
ST 4		
ST 4.1		
ST 4.2		
ST 5		
ST 5.1		
ST 5.2		
ST 6		
ST 6.1		
ST 6.2		
ST 7		
ST 7.1		
ST 7.2		
ST 8		
ST 8.1		
ST 8.2		
ST 9		
ST 9.1		
ST 9.2		

REGISTAR
COMO PREDEF?
SAIR
Comentários:

C

Informação da Referência

Escolha a referência: 7H06-1 Airscarf

PN:

Cliente:

Linha: 7H06-1 Airscarf

Informação de Colaborador

Nr.º Colaborador:

Nome:

Data:

Turno:

Tolerâncias

Posição 1ª Fin: -0.8 a 0 Comprimento Fin Pack: -0.3 a +0.3 Comprimento do Heater: -1.0 a +1.0 Teste de resistência: 0.550 a 1.004

Input de Medições

Heater 1

Posição 1ª Fin:

Comprim. do Fin Pack:

Comprim. do Heater:

Go/ No Go:

Teste de Resistência:

Heater 2

Posição 1ª Fin:

Comprim. do Fin Pack:

Comprim. do Heater:

Go/ No Go:

Teste de Resistência:

Heater 3

Posição 1ª Fin:

Comprim. do Fin Pack:

Comprim. do Heater:

Go/ No Go:

Teste de Resistência:

Heater 4

Posição 1ª Fin:

Comprim. do Fin Pack:

Comprim. do Heater:

Go/ No Go:

Teste de Resistência:

Heater 5

Posição 1ª Fin:

Comprim. do Fin Pack:

Comprim. do Heater:

Go/ No Go:

Teste de Resistência:

REGISTAR
COMO PREDEF?
SAIR
Comentários:

Figura 84: Entrada de dados para o registo de SPC (A- linha 7H03-2; B- linha 7H03-6; C- linha 7H06-1)

105

APÊNDICE XI – COMPONENTE OPERAÇÕES DO *SOFTWARE*

Registro de Produção

BorgWarner

Informação de Colaborador

Nr.º Colaborador

Nome Turno ☐

Informação da Referência

Escolha a Linha:

Escolha a referência:

PN

Restantes Colaboradores

Nr.º Colaborador Nome

Nr.º Colaborador Nome

Nr.º Colaborador Nome

Produção

Batch

Peças Produzidas QTD

Retrabalho QTD

Sucata QTD

Hora Inicial hh:mm

Hora Final hh:mm

Data

Comentários

REGISTAR SAIR

Figura 85: Entrada de dados para o Registo de Produção.

APÊNDICE XII – PLACAS PARA A JAULA DE QUALIDADE



Figura 86: Exemplo de placas para jaula de qualidade.