



Universidade de Aveiro
2023

**ANA ISABEL DUARTE
MATOS**

**IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NA REDUÇÃO
DE TEMPOS DE *SETUP***



Universidade de Aveiro
2023

**ANA ISABEL DUARTE
MATOS**

**IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NA REDUÇÃO
DE TEMPOS DE *SETUP***

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Prof.^a Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais.

o júri

presidente

Prof.^a Doutora Marlene Paula Castro Amorim

professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro

vogais

Prof. Doutor João Cristóvão Silva

professor associado com agregação à Universidade de Coimbra

Prof.^a Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos

professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à OLI pela oportunidade de estágio que tanto contribuiu para o meu crescimento profissional e principalmente pessoal.

Ao meu orientador, engenheiro Paulo Ferro, ao engenheiro João Martins, à engenheira Catarina Carvalho e ao engenheiro Carlos Monteiro por todo o conhecimento e conselhos transmitidos. A todos os colaboradores que de alguma forma cruzaram o meu percurso na OLI, em particular, aos operadores das estruturas e tampas e à equipa de técnicos de injeção do Departamento de Montagem.

À minha orientadora da Universidade de Aveiro, a professora Helena Alvelos, pela disponibilidade e apoio na concretização deste projeto.

Aos meus amigos, todos os que já vinham e todos os que de alguma forma se juntaram à festa durante esta etapa. Vânia, Miguel, Raquel e Eliana, a vocês que, a mais ou menos quilómetros de distância, são apoio constante. Carol, Catarina e Fabs, a vocês e a todas as histórias inesquecíveis que criamos ao longo dos últimos 5 anos.

Por último, mas não menos importante, aos meus pais, senhor Raúl e Dona Rosa, ao meu irmão, Pedro, e à Soraia pelo exemplo, pela paciência e por todas as palavras de apoio que nunca vos faltaram ao longo desta e de todas as etapas da minha vida. À minha família, obrigada pelo amor e confiança incondicional, sou uma sortuda.

palavras-chave

Setup, Lean manufacturing, SMED, Standard Work

resumo

O presente relatório descreve dois projetos desenvolvidos no Departamento de Montagem da empresa OLI – Sistemas Sanitários, S.A. que, apesar de muito distintos, se unem num objetivo comum: a redução de tempos de *setup*.

O primeiro projeto, o Caso Prático 1, incidiu sobre o processo de mudança de código nas células de produção de estruturas e o segundo, o Caso Prático 2, sobre o processo de mudança de molde nas máquinas de injeção semiautomáticas das células de produção de tampas para autoclismos exteriores.

Em ambos os casos, numa fase inicial, foi realizada a recolha e análise de dados com o objetivo de identificar os principais desperdícios e, consequentemente, as oportunidades de melhoria nos processos de *setup*. Para isso, foram utilizadas diversas ferramentas tais como a Análise de Pareto, o Diagrama de *Ishikawa* e os 5 Porquês.

Tendo em conta as oportunidades identificadas, foram planeadas e desenvolvidas diversas ações de melhoria que incluíram a aplicação de metodologias e ferramentas *Lean*, nomeadamente: SMED, *Standard Work*, 5S e Gestão Visual, e a aplicação de um método heurístico de programação de operações.

A implementação das ações referidas resultou numa redução de 18% no tempo médio de mudança de código nas Estruturas e de 24% no tempo médio de mudança de molde nas Tampas. Para além dos resultados quantitativos obtidos, faz-se também um balanço positivo em relação à padronização dos processos e à preservação e manutenção de ferramentas e equipamentos, que são cruciais para que não ocorram esperas e atividades desadequadas durante o *setup*.

keywords

Setup, Lean manufacturing, SMED, Standard Work

abstract

This report discusses two projects undertaken in the Assembly Department of OLI - Sistemas Sanitários, S.A. that, despite being very different, have a common goal: the reduction of setup times.

The first project, Case Study 1, focused on the process of changing production codes within the in-wall cistern structures manufacturing cells. The second, Case Study 2, focused on the process of changing molds within the semi-automatic injection machines in the manufacturing cells responsible for lids used in exposed flush cisterns.

In both cases, data was initially gathered and analyzed to identify the greatest wastes and, consequently, the improvement opportunities in the setup processes. To this end, various tools were used, such as Pareto Analysis, the Ishikawa Diagram, and the 5 Whys.

Considering the opportunities identified, various improvement actions were planned and developed, including the use of Lean methodologies and tools such as SMED, Standard Work, 5S, and Visual Management, and the use of a heuristic method for scheduling operations.

The implementation of these actions resulted in an 18% reduction in the average time for changing Structures codes and a 24% reduction in the average time for changing Lids molds. In addition to the quantitative results obtained, there is also a positive balance in terms of the standardization of processes and the preservation and maintenance of tools and equipment, which are crucial in ensuring that no waiting and no inappropriate or extraneous activities occur during setup.

Índice

Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas	v
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	vi
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação e contextualização do trabalho	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura do Relatório.....	5
2. Contextualização teórica.....	7
2.1. <i>Lean manufacturing</i>	7
2.2. Valor e desperdício.....	8
2.2.1. Os 8 desperdícios	9
2.3. Ferramentas <i>Lean</i>	9
2.3.1. <i>Gemba Walk</i>	9
2.3.2. Gestão Visual.....	10
2.3.3. 5S.....	12
2.3.4. <i>Standard Work</i>	14
2.3.5. SMED	15
2.4. Ferramentas da Qualidade.....	19
2.4.1. SIPOC	19
2.4.2. Análise de Pareto	20
2.4.3. Diagrama de <i>Ishikawa</i>	21
2.4.4. 5 Porquês.....	22
2.5. Escalonamento de operações	22
2.5.1. <i>Project Scheduling</i>	23
2.5.2. Métodos heurísticos construtivos.....	26
3. Os setups na OLI: estudo de dois casos	29
3.1. Apresentação da empresa	29
3.2. Processo produtivo	32
3.3. O Departamento de Montagem.....	33

3.4.	Caso prático 1: Redução do tempo de mudança de código.....	35
3.4.1.	Descrição do objeto de estudo	35
3.4.2.	Processo de mudança de código nas estruturas.....	38
3.4.3.	Caracterização da situação inicial	38
3.4.4.	Identificação de oportunidades de melhoria	42
3.4.5.	Ações de melhoria desenvolvidas	45
3.4.6.	Avaliação de melhorias desenvolvidas.....	60
3.5.	Caso prático 2: Redução do tempo de mudança de molde nas SMA	61
3.5.1.	Processo de mudança de molde numa SMA.....	61
3.5.2.	Escolha do objeto de estudo	63
3.5.3.	Descrição do objeto de estudo	66
3.5.4.	Caracterização da situação inicial	67
3.5.5.	Identificação de oportunidades de melhoria	71
3.5.6.	Ações de melhoria desenvolvidas	78
3.5.7.	Avaliação das melhorias implementadas.....	93
4.	Conclusão	97
4.1.	Considerações Finais	97
4.2.	Limitações	99
4.3.	Trabalho Futuro.....	100
	Referências	103
	Anexos	109

Índice de Figuras

Figura 1 - Ciclo de AR.....	3
Figura 2 - Exemplo de quadro e cartão Kamishibai.....	12
Figura 3 - Impacto das etapas da metodologia SMED no tempo de setup.....	16
Figura 4 - Representação genérica do SIPOC	19
Figura 5 - Representação genérica de um diagrama de Ishikawa.....	21
Figura 6 - Exemplo de diagrama de precedências	24
Figura 7 - Estrutura geral de DR	26
Figura 8 - Representação estrutural do grupo Silmar	29
Figura 9 - Principais gamas de produtos da OLI	30
Figura 10 - Organograma da OLI	31
Figura 11 - Layout da fábrica	32
Figura 12 - Fluxograma do processo produtivo da OLI	33
Figura 13 - Hierarquia do DMO	34
Figura 14 - Layout dos centros de trabalho ES001 e ES002	36
Figura 15 - Vista explodida de uma estrutura	37
Figura 16 - SIPOC do processo de montagem e embalagem de estruturas.....	37
Figura 17 - Tempo de mudança de código inicial por observação.....	39
Figura 18 - Percentagem do tempo de tarefas registado na amostra inicial por tipo de setup	42
Figura 19 - Diagrama de Pareto para as categorias de tarefas da mudança de código.....	43
Figura 20 - Comparação do tempo da mudança de código com a ocupação de cada operador.....	44
Figura 21 - Diagrama de Ishikawa para o tempo de mudança de código elevado	45
Figura 22 - Antes e depois do dispensador de etiquetas de varão	46
Figura 23 - Instrução de abastecimento do carro de estruturas após melhoria.....	47
Figura 24 - Instrução de abastecimento das caixas de cartão após melhoria	48
Figura 25 - Procedimento de auditoria ao BL.....	48
Figura 26 - Esquema do BL das estruturas e sentido da auditoria.....	49
Figura 27 - Antes e depois do suporte para a aparafusadora	50
Figura 28 - Antes e depois do armário partilhado	51
Figura 29 - Gráfico de precedências das tarefas finais da mudança de código	54
Figura 30 - Diagrama de Gantt da solução obtida para o escalonamento das tarefas	57
Figura 31 - Aplicação dos 5 porquês ao problema da movimentação desnecessária	58
Figura 32 - Aplicação da metodologia 5S ao problema do desaparecimento de ferramentas.....	58
Figura 33 - Armário da ES001 com quadro sombra	59
Figura 34 - Procedimento de auditoria ao armário de ferramentas.....	59
Figura 35 - Tempo de mudança de código após melhorias implementadas	60
Figura 36 - Exemplo de um programa de mudança de moldes no DMO.....	62
Figura 37 - Esquematização do processo de mudança de molde numa SMA	63
Figura 38 - Vista de um autoclismo exterior	63
Figura 39 - Tempo médio de mudança de molde por máquina.....	64
Figura 40 - Diagrama de Pareto da frequência anual de trocas de molde por máquina	64

Figura 41 - Diagrama de Pareto do custo anual da troca de molde por máquina	65
Figura 42 - Layout dos centros de trabalho das Tampas	67
Figura 43 – Tempo de mudança de molde inicial	68
Figura 44 - Esquematização do momento de afinação do prato	72
Figura 45 - Tempo de espera do operador e do técnico e respetivo diagrama de Pareto	73
Figura 46 - Diagrama de Pareto para as categorias das tarefas desadequadas.....	75
Figura 47 - Diagrama de Ishikawa para os problemas na mão do robot	75
Figura 48 - SIPOC do processo de mudança de molde.....	76
Figura 49 -Desvios à IT para o técnico e operador na amostra inicial (min).....	77
Figura 50 - Local de armazenamento das mãos do robot antes e depois da melhoria	78
Figura 51 - Fluxogramas relativos à troca de informação entre CE e técnicos	79
Figura 52 - Coordenação da abertura de OT entre turnos.....	80
Figura 53 - Definição e identificação da posição standard para o comando da ponte.....	81
Figura 54 - Suportes criados para colocar a mão do robot antes e após a troca.....	87
Figura 55 - Exemplo de alternativa utilizada à arrumação da mão do robot.....	87
Figura 56 - Movimento para trocar a mão do robot antes e depois da instalação do suporte	88
Figura 57 - Identificação da posição do carro de ferramentas durante o setup.....	89
Figura 58 – Ferramenta utilizada para apertar os parafusos dos tirantes (antes e depois)	91
Figura 59 - Dispositivo de afinação automática implementado na MIP44	92
Figura 60 - Evolução mensal do tempo médio e desvio padrão das mudanças de molde	93

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros comuns no problema de escalonamento de operações	27
Tabela 2 - Centros de trabalho por área	34
Tabela 3 - Estatísticas associadas à mudança de código da amostra inicial (em min).....	39
Tabela 4 - Tarefas da mudança de código.....	41
Tabela 5 – Estatísticas associadas ao tipo de setup na amostra inicial (em min)	42
Tabela 6 - Estatísticas associadas às categorias na amostra inicial (em min)	42
Tabela 7 - Estatísticas associadas às tarefas NVA da amostra inicial (em min)	44
Tabela 8 - Estatísticas associadas à auditoria do BL com a OF organizada (em min)	49
Tabela 9 - Aspectos práticos do processo de mudança de código nas estruturas	51
Tabela 10 - Redefinição de algumas tarefas de mudança de código	52
Tabela 11 - Tarefas standard finais da mudança de código	53
Tabela 12 - ES, EF, LS e LF das tarefas da mudança de código	54
Tabela 13 - Resolução do algoritmo de escalonamento com a regra EDD	56
Tabela 14 - Redução do tempo de mudança de código nas estruturas.....	60
Tabela 15 - Aumento da produtividade mensal esperado numa célula de estruturas.....	61
Tabela 16 - Caracterização da amostra inicial de mudanças de molde nos exteriores	63
Tabela 17 - Teste F à igualdade de variâncias entre a MIP51 e a MIP 44 (bilateral)	65
Tabela 18 - Teste Z à igualdade de médias entre a MIP51 e a MIP44 (bilateral).....	66
Tabela 19 - Estatísticas associadas à mudança de molde da amostra inicial (em min)	68
Tabela 20 - Estatísticas associadas ao setup, esperas e tarefas desadequadas (min)	69
Tabela 21 - Tarefas “setup” registadas na situação inicial.....	69
Tabela 22 - Número de setups e estatísticas relativas aos tempos de espera por categoria (min)	72
Tabela 23 - Número de setups e estatísticas relativas às operações desadequadas (min)	74
Tabela 24 - Desvios à IT	81
Tabela 25 - Casos particulares de mudança de molde.....	82
Tabela 26 - Lista de tarefas standard	83
Tabela 27 - Tarefas externas registadas durante a paragem na amostra inicial	86
Tabela 28 - Redução do tempo de mudança de molde nas tampas.....	94
Tabela 29 - Teste F à igualdade de variâncias entre a situação inicial e a situação final (bilateral)	94
Tabela 30 - Teste Z à igualdade de médias entre a situação inicial e a situação final (unilateral) ..	94

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

AE – Autoclismos Exteriores
AI – Autoclismos Interiores
AR – *Action Research*
BL – Bordo de Linha
CE – Chefe de Equipa
CPM – *Critical Path Method*
CR – *Critical Ratio*
DD – Dupla Descarga
DEN – Departamento de Engenharia
DI – Descarga Interrompível
DIN – Departamento de Injeção
DMC – Departamento de Melhoria Contínua
DMI – Departamento de Manutenção Industrial
DMO – Departamento de Montagem
DR – *Dispatching Rules*
EDD – *Earliest Due Date*
EF – *Earliest Finish*
ES – *Earliest Start*
FE – Ficha de Embalagem
FP – Ficha do Produto
GFM – Guia de Funcionamento do Molde
GRPW – *Greatest Rank Positional Weight*
H1 – Primeiro turno
H2 – Segundo turno
H3 – Terceiro turno
IFS – *Industrial and Financial Systems*
IM – Instrução de Montagem
IT – Instrução de Trabalho
JIT – *Just-In-Time*
LF – *Latest Finish*
LNS – *Largest Number of Successors*
LPT – *Longest Processing Time*
LS – *Latest Start*
MES – *Manufacturing Execution System*
MIP – Máquina de Injeção de Plástico
MOL – Molde
MSLK – *Minimum Slack*
MTS – *Most Total Successors*
NVA – *Non-Value Added*
OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OF – Ordem de Fabrico
OT – Ordem de Trabalho
PERT – *Program Evaluation Review Technique*
PA – Produto Acabado
PF – *Priority Function*
POS – Postiços
PT1 – Posto de trabalho 1
PT2 – Posto de trabalho 2
RCPS – *Resource-Constrained Project Scheduling*
SGS – *Schedule Generation Scheme*
SIPOC – *Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer*
SMA – Semiautomáticas
SMED – *Single-Minute Exchange of Die*
SPT – *Shortest Processing Time*
TPM – *Total Productive Maintenance*
TPS – *Toyota Production System*
WIP – *Work in Progress*
5S – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

1. Introdução

Neste capítulo será realizado o enquadramento do trabalho desenvolvido na OLI - SISTEMAS SANITÁRIOS, S.A. no âmbito da unidade curricular Dissertação/Projeto/Estágio que integra o Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro. Como tal, primeiramente serão expostas as principais motivações para o mesmo, bem como os objetivos e a metodologia adotada para os atingir, sendo também descrita a estrutura do documento.

1.1. Motivação e contextualização do trabalho

Os projetos que servirão de base ao presente documento foram desenvolvidos no âmbito do trabalho realizado no Departamento de Montagem (DMO) da OLI - SISTEMAS SANITÁRIOS, S.A. Esta empresa dedica-se principalmente ao desenvolvimento, produção e comercialização de autoclismos e mecanismos para a indústria cerâmica e, o DMO em particular, à montagem e embalagem do produto final.

No mundo em que vivemos atualmente, as necessidades dos clientes estão em constante mudança e são cada vez mais diversificadas. Uma estratégia eficaz para as empresas ultrapassarem esta situação consiste na personalização dos produtos de acordo com as especificidades de cada cliente. Na OLI, esta estratégia espelha-se no lema “Antecipar necessidades. Encontrar soluções de futuro”, que demonstra o seu compromisso com as exigências dos seus clientes e a sua preocupação em apresentar diferentes soluções com especificidades e características únicas para as necessidades particulares de cada um.

O trabalho desenvolvido surgiu da necessidade da empresa aumentar a sua capacidade produtiva em dois contextos distintos que, no presente relatório, serão identificados por caso prático 1 e caso prático 2. O primeiro incide sobre as células de produção de estruturas de autoclismos interiores, um processo inteiramente manual e, o segundo, nas células de produção de tampas de autoclismos exteriores, um processo denominado semiautomático, uma vez que, embora inclua uma máquina de injeção plástica, a montagem dos componentes é desempenhada por um operador.

Da estratégia descrita advêm algumas exigências, das quais se pode destacar a agilidade da produção, pois quanto maior a variabilidade de produtos maior o número de *setups* a realizar. Por *setup* entenda-se as operações de preparação e ajuste realizadas entre o processamento de dois lotes. Assim, uma das principais formas de dotar as empresas da flexibilidade necessária para responder à procura por produtos mais variados, é a redução do tempo despendido nestas operações, permitindo que sejam realizadas mais vezes e que o seu impacto na produtividade seja reduzido (Yash & Nagendra, 2012). Assim, com vista a satisfazer esta necessidade da empresa, o desafio proposto à autora foi a redução dos tempos de *setup*, sendo que, no primeiro caso, o processo de *setup* sob análise é denominado mudança de código, e no segundo, mudança de molde.

Quando se trata da redução de tempos de *setup*, a metodologia mais referenciada é o SMED (*Single Minute Exchange of Die*). O SMED foi criado nos anos 50 por Shigeo Shingo e, segundo o próprio, torna possível que um *setup* se realize em menos de 10 minutos (Shingo, 1985). Embora nem sempre seja possível reduzir o tempo a esse valor, o sucesso deste método tem sido provado em diversas áreas de

aplicação ao longo dos anos, incluindo a injeção plástica (Bhade & Hegde, 2020; Ribeiro et al., 2019). Sucesso esse que é ainda maior quando se combina o SMED com outras ferramentas *Lean* tais como a Gestão Visual e os 5S (Yash & Nagendra, 2012). Assim, o SMED foi a metodologia utilizada como base para a análise e resolução dos problemas identificados na OLI, e que motivou a identificação e aplicação de outras, tais como *Gemba Walk*, Gestão Visual, 5S e *Standard Work*.

1.2. Objetivos

Tal como referido anteriormente, o trabalho descrito no presente relatório pode ser dividido em dois casos práticos, cada um com o seu objetivo principal. Especificando, o caso prático 1 visa a redução do tempo de mudança de código nas células de montagem de estruturas de autoclismos interiores e, o caso prático 2, a redução do tempo de mudança de molde nas máquinas semiautomáticas (SMA) das células de produção de tampas para autoclismos exteriores.

Para atingir os objetivos gerais mencionados, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos, transversais aos dois casos práticos:

- Compreensão e aplicação prática da metodologia SMED;
- Análise aos dois processos e diagnóstico do seu estado inicial, de maneira a identificar os principais problemas e respetivas oportunidades de melhoria;
- Análise de causas dos problemas identificados;
- Planeamento e implementação de ações de melhoria que permitam eliminar ou reduzir esses problemas;
- Avaliação dos resultados obtidos com a implementação das ações de melhorias;
- Promoção da normalização e controlo dos processos através da criação e atualização de *standards*;

1.3. Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, a metodologia utilizada teve como base a metodologia *Action Research* (AR). AR, em português denominada Investigação-Ação, é uma abordagem à investigação que trata o problema ou o tema a investigar agindo sobre o mesmo e envolvendo a colaboração e cooperação entre os investigadores e membros do sistema organizacional que lidam diretamente com a problemática em estudo (Coughlan & Coughlan, 2002). Importa, assim, esclarecer que o primeiro projeto foi desenvolvido em conjunto com o responsável de área, com quem eram feitas reuniões de acompanhamento frequentes, e seguido também pelo responsável do DMO. Por sua vez, o segundo projeto, foi desenvolvido em conjunto com um elemento do Departamento de Melhoria Contínua (DMC), tendo sido acompanhado pelo responsável de área e pelos responsáveis do DMO e do DMC através de *workshops* semanais, onde era apresentado o trabalho desenvolvido e onde se definiam as principais ações a realizar para atingir os objetivos propostos.

A metodologia AR pode materializar-se em diferentes estruturas, mas, no geral, é um processo cíclico e iterativo que segundo Coughlan e Coughlan (2002), tem 3 tipos de etapas: (i) a “pré-etapa”, que tem como finalidade perceber o contexto e o objetivo da investigação, (ii) as etapas principais, de recolha,

feedback e análise dos dados e planeamento, implementação e avaliação de ações, e (iii) a meta-etapa, que denomina monitorização e ocorre ao longo de todo o ciclo. Esta última está relacionada com o investigador que, para além do acompanhamento dos resultados práticos, deve preocupar-se com o acompanhamento do processo de aprendizagem e refletir sobre o que está a acontecer, sobre como cada etapa está a ser conduzida e quais os pressupostos subjacentes.



*Figura 1 - Ciclo de AR
(Adaptado de Coughlan e Coughlan (2002))*

Tendo em conta esta breve definição de AR e a natureza dos projetos, a metodologia adotada pode ser dividida nas seguintes fases:

1) Contextualização e integração na empresa:

Esta fase consistiu na familiarização não só com o funcionamento do DMO, mas também com a empresa e o seu processo produtivo de um modo geral, de forma a compreender como os diferentes departamentos se relacionam entre si. Assim, o seu principal objetivo foi a compreensão da dinâmica organizacional onde os projetos se inseriam, bem como o objetivo de cada um.

2) Diagnóstico da situação inicial:

Esta fase começou com a identificação e limitação do objeto de estudo. Em ambos os casos práticos as áreas e os processos a serem estudados foram previamente selecionados pela empresa, pelo que foi apenas necessário selecionar as células de produção alvo do estudo que, na OLI e ao longo do presente relatório, são também denominadas centros de trabalho.

No caso prático 1, o projeto foi aplicado a duas das três células de produção de estruturas metálicas pela compatibilidade de horários. Relativamente ao caso prático 2, a área dos exteriores, sinalizada pela empresa, possui dois tipos de centros de trabalho com SMA, tendo a primeira fase do projeto consistido na análise do potencial de melhoria de cada um por forma a identificar qual dos dois era prioritário. Para isso, foram feitas análises de Pareto ao custo e frequência de trocas e um teste de hipóteses à diferença de tempos médios entre máquinas, que suportaram a seleção dos centros de trabalho das tampas.

Depois de identificado o foco da investigação, procedeu-se à caracterização da situação inicial. Esta fase exigiu a recolha e posterior análise de dados quantitativos e qualitativos relativos às operações de *setup* por forma a caracterizar o ponto de partida dos projetos.

Seguindo o princípio de Ohno (1988), "*Plant-First principle*", que defende a fábrica como a maior fonte de informação da produção, em ambos os casos práticos a recolha de dados foi desempenhada no chão de fábrica, em contacto direto com os operadores, técnicos e chefes de equipa (CE) envolvidos nos diferentes processos analisados. Primeiramente, foi feito o levantamento das operações, através da observação e gravação das tarefas desempenhadas durante os processos de *setup*, assim como de entrevistas informais aos envolvidos por forma a obter um conhecimento mais profundo sobre as mesmas, nomeadamente a sua finalidade. No caso prático 2, foram ainda lideradas duas reuniões em sala com dois dos técnicos de injeção, por se tratar de um processo mais exigente e complexo. No que diz respeito à recolha de tempos, para a cronometragem de cada tarefa foram utilizados os vídeos gravados e um cronómetro.

Em paralelo com esta etapa foi iniciado o enquadramento teórico por forma a adquirir um conhecimento mais profundo sobre as metodologias e ferramentas utilizadas ao longo de todo o projeto. O enquadramento teórico serviu, ainda, para conhecer casos de sucesso da implementação destas ferramentas em contextos semelhantes, por forma a seguir as boas práticas identificadas.

Após a recolha dos dados, procedeu-se à sua análise tendo por base os conhecimentos *Lean* aprofundados com o enquadramento teórico e as contribuições dos operadores, técnicos e CE que conheciam melhor os processos na prática. O objetivo desta etapa foi sobretudo identificar e priorizar os problemas sobre os quais as ações de melhoria deveriam incidir.

3) Planeamento de ações de melhoria:

No seguimento da análise dos dados, foram identificadas e especificadas as propostas de melhoria envolvendo as ferramentas e metodologias *Lean* mais adequadas, nomeadamente a metodologia SMED por se tratar de uma metodologia especialmente útil na redução dos tempos de *setup*. Desta etapa resultou um plano de ações de melhoria a implementar na etapa descrita a seguir.

4) Implementação de melhorias:

Esta fase correspondeu à execução das ações planeadas na etapa anterior. Em conjunto com a implementação das melhorias planeadas foi feita a recolha dos dados necessários para avaliar o seu contributo na resolução dos problemas identificados.

5) Avaliação das melhorias implementadas:

Nesta fase foi realizada a análise e interpretação dos resultados das melhorias implementadas para compreender se as ações desenvolvidas foram ao encontro das expectativas e se os objetivos propostos foram atingidos. Assim, nesta etapa, foi necessário quantificar as melhorias através da comparação da situação final com a inicial, tendo sido utilizado, no caso prático 2, um teste de

hipóteses à diferença de médias entre os resultados das duas situações. É nesta etapa que se podem levantar novas questões ou ideias de melhoria, e desencadear um novo ciclo de AR.

6) Conclusão do projeto:

Nesta fase foi feita uma reflexão sobre o projeto como um todo e as lições aprendidas e, por último, fomentando a melhoria contínua, foram deixadas sugestões de trabalho futuro.

1.4. Estrutura do Relatório

O presente relatório está organizado em quatro capítulos. Esta secção insere-se no primeiro capítulo, a Introdução, onde foram apresentadas a motivação e a contextualização do trabalho desenvolvido, a definição dos objetivos e a descrição da metodologia seguida.

O capítulo que se segue é a Contextualização Teórica que consiste na exposição teórica dos temas mais relevantes para a compreensão dos casos práticos. É, portanto, abordado o *Lean Manufacturing*, como filosofia de produção base para todo o trabalho desenvolvido. São ainda definidos os conceitos de valor e desperdício, destacando os tipos de desperdício *Lean*, e os conceitos de *setup* e tempo de *setup*. Depois, são introduzidas as ferramentas *Lean* utilizadas nos casos práticos, onde se inclui a metodologia SMED, que constituiu a ferramenta base dos projetos. Posteriormente são descritas outras ferramentas utilizadas, nomeadamente ferramentas da qualidade e de escalonamento de operações.

O terceiro capítulo diz respeito à componente prática e, como tal, inicia-se com a apresentação da empresa e respetivo processo produtivo, tendo sido destacado o DMO, departamento onde os casos práticos se inseriram. Depois da empresa segue-se o desenvolvimento propriamente dito dos casos práticos. O primeiro, denominado “caso prático 1”, é relativo à redução do tempo de mudança de código nas estruturas. O segundo, o “caso prático 2”, corresponde à redução do tempo de mudança de molde nas máquinas SMA das tampas.

O quarto capítulo diz respeito à conclusão e inclui as considerações finais do trabalho exposto ao longo do documento, as principais limitações do mesmo e, por último, as sugestões de trabalho futuro.

2. Contextualização teórica

Neste capítulo será feito o enquadramento teórico dos conceitos mais relevantes para a compreensão e fundamentação do trabalho desenvolvido. Para contextualização do tópico base do trabalho, o SMED, e das restantes ferramentas *Lean* abordadas, primeiramente serão descritos os tópicos de *Lean Manufacturing*, valor e desperdício, listando os desperdícios do *Lean*, *setup* e tempo de *setup*. Depois das ferramentas *Lean* serão expostas as restantes ferramentas aplicadas.

2.1. *Lean manufacturing*

Lean manufacturing é a capacidade de produzir mais com menos recursos, e visa a integração de todos os processos de negócio, funções e operadores de uma empresa no objetivo comum de aumentar a produtividade, reduzir custos, promover flexibilidade e entregar mais valor aos clientes através da melhoria contínua e da utilização dos princípios e ferramentas *Lean* (Alsmadi et al., 2014; Mrugalska & Wyrwicka, 2017; Otero & Lopes, 2018; Russel & Taylor, 2011).

Womack & Jones (1996) definem o pensamento *Lean* como a “forma de especificar valor, alinhar as ações que criam valor na melhor sequência, conduzir estas atividades sem interrupção sempre que alguém as solicite, e executá-las cada vez mais eficazmente”.

Segundo Dave (2020) a origem do conceito *Lean* pode ser associada ao receio da indústria automóvel americana em ser ultrapassada pelos seus concorrentes japoneses. Foi este receio que motivou o seu interesse em perceber o sucesso da *Toyota Motor Company* que, após a crise petrolífera de 1973 e a recessão económica se seguiu, se destacou por conseguir lucros elevados comparativamente a outras empresas que continuavam a utilizar o sistema de produção em massa americano. Deste interesse ocidental resultaram várias atividades de benchmarking e em 1990 o termo *Lean* é amplamente divulgado por James Womack e Daniel Jones através do seu livro “*The Machine that Changed the World*, no qual descrevem o *Toyota Production System* (TPS) (P. Dave, 2020; Fritze, 2016; Otero & Lopes, 2018; Russel & Taylor, 2011).

O TPS, desenvolvido entre 1948 e 1975 por Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, baseia-se na redução de custos através da eliminação de desperdícios e na maximização da capacidade dos trabalhadores, combinando o conhecimento e as capacidades dos mais experientes com os conceitos de padronização e trabalho em equipa. Assim, o princípio básico do TPS é a eliminação dos desperdícios através da melhoria contínua dos *standards* definidos em colaboração com os próprios trabalhadores (P. Dave, 2020; Silva et al., 2020).

O TPS surgiu da incapacidade da Toyota em aplicar o modelo de produção em massa introduzido por Henry Ford nos Estados Unidos, fundador da *Ford Motor Company*, pois a procura no Japão não só era mais reduzida como mais diversificada. Assim, ao contrário do sistema de produção em massa, que visa a produção da maior quantidade possível de uma reduzida gama de produtos ao mínimo custo, e assim conquista o mercado através de preços de venda mais atrativos, o TPS prima pela produção de uma gama de produtos diversificada em quantidades reduzidas (Oliveira et al., 2017; Ribeiro et al., 2019; Silva et al., 2020).

Contudo, a concepção do sistema de produção *Lean* não advém exclusivamente do TPS, tendo sido iniciada muito antes da publicação do livro mencionado, com contribuições que datam desde o fim do século XIX e o início do século XX. Nessa época alguns intervenientes chave foram Eli Whitney, que desenvolveu o conceito de peças intermutáveis, Taylor, que introduziu o estudo de tempos e o trabalho padronizado, Gilbreth, que acrescentou o estudo de movimentos e o mapeamento de processos e Henry Ford, responsável pela primeira linha de montagem e, portanto, pela primeira abordagem sistemática de um processo em fluxo (P. Dave, 2020).

2.2. Valor e desperdício

Segundo Womack e Jones (1996), *Lean* é um “antídoto poderoso” para o desperdício e Dave (2020) afirma que uma prática de produção *Lean* considera como desperdício o consumo de recursos para qualquer objetivo que não seja a criação de valor. Desta forma, torna-se necessário distinguir dois conceitos chave: valor e desperdício.

Desperdício, tal como definido por Toyoda (citado em Russel & Taylor (2011)) consiste em "qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamento, materiais, peças, espaço e tempo absolutamente essencial para acrescentar valor ao produto". A palavra japonesa que define desperdício é *Muda*. Esta palavra surge geralmente associada a outras duas, *Mura* e *Muri*, que na literatura surgem traduzidas para variabilidade ou inconsistência e excesso ou irracionalidade, respetivamente. Assim, considera-se que *Mura* e *Muri* são condições que levam à produção de desperdício, ou seja, que são fontes de *Muda* (Thürer et al., 2017).

Thürer, et al (2017) distinguem duas visões para o significado de valor na literatura sobre *Lean*. Por um lado, valor pode ser definido pelos inputs e outputs do sistema produtivo, por outro, pode ser determinado pelas características do produto ou serviço. A primeira perspetiva relaciona-se com a eficiência das operações medida pela relação entre o trabalho de valor e de não valor acrescentado. Deste modo, todas as perdas de valor, ou seja, as ineficiências de um determinado processo, são consideradas desperdício, o que contribui para uma visão do *Lean* focada no desperdício e na redução de custos no chão de fábrica. A segunda perspetiva surgiu quando Womack e Jones (1996) definiram valor como o primeiro princípio do pensamento *Lean* numa abordagem que procura aumentar o valor não só com a remoção de desperdício, mas também com a adição de características ao produto ou serviço que satisfaçam as necessidades do cliente. Assim, a classificação de atividades em relação ao valor que acrescentam ou não ao produto tem em conta a perspetiva do cliente, ou seja, as atividades de valor acrescentado representam ações que transformam os inputs de um sistema num output valorizado pelo cliente, e as atividades sem valor acrescentado remetem para os esforços investidos no mesmo processo de transformação, mas que, do ponto de vista do cliente, não adicionam qualquer valor ao output (Thangarajoo & Smith, 2015).

Face à segunda perspetiva apresentada, valor deixou de ser definido apenas em relação ao seu oposto, o desperdício, e passou a ser determinado sobretudo pelo que o cliente está disposto a pagar para ter. Ainda assim, os dois conceitos, desperdício e valor, não podem ser vistos isoladamente, pois a incorporação, no produto, de características que não sejam valorizadas pelo cliente resulta em

processamento desnecessário, um dos sete tipos de desperdício identificados na metodologia *Lean*, que serão detalhados no tópico seguinte (P. Dave, 2020; Gupta & Jain, 2013; Thüerer et al., 2017).

2.2.1. Os 8 desperdícios

São muitos os desperdícios que se podem encontrar diariamente num ambiente de produção, no entanto, para os reconhecer é necessário compreender a sua natureza (Ohno, 1988). Originalmente, Ohno (1988) definiu estes desperdícios na lista que se segue, conhecida como os “sete *mudas*” (Ribeiro et al., 2022; Russel & Taylor, 2011).

1. Defeitos: produção ou correção de não conformidades, o que, na prática, se traduzirá em sucata ou retrabalho;
2. Sobreprodução: produção de peças ou produtos que não podem ser imediatamente usados ou vendidos, ou seja em quantidades que excedem a procura;
3. Espera: tempos de paragem de peças, máquinas ou operadores;
4. Transporte: movimentação desnecessária ou ineficiente de materiais, componentes ou produto acabado;
5. Inventário: excesso de matéria-prima, *work in progress* (WIP) ou produto acabado em *stock*, o que representa ocupação de espaço e dinheiro;
6. Movimentação: qualquer movimento de um operador que não acrescente valor ao produto, por exemplo na procura de ferramentas ou peças.
7. Sobre processamento: processamento desnecessário ou ineficiente de um dado componente.

A esta lista Liker (2004) acrescentou mais um desperdício: o talento não utilizado, ou seja, a desvalorização das competências ou criatividade dos operadores.

2.3. Ferramentas *Lean*

Para facilitar a implementação da filosofia *Lean* numa organização e, conseqüentemente, eliminar os fatores desperdício e aumentar a produtividade da sua cadeia de valor existe um conjunto de ferramentas conhecidas como ferramentas *Lean* (Otero & Lopes, 2018; Ribeiro et al., 2019). De seguida serão descritas as ferramentas *Lean* aplicadas nos casos práticos que serão expostos no capítulo 3.

2.3.1. *Gemba Walk*

Gemba é a palavra japonesa para “sítio real” (Hamed & Soliman, 2014). No universo *Lean*, o conceito de *Gemba Walk* refere-se ao momento em que um membro da gestão de topo de uma organização se desloca ao local onde o trabalho é desempenhado, ou seja, ao “sítio real” onde é criado valor (Rodrigues et al., 2020). Num contexto de produção, esse local é o chão de fábrica e Ohno (1988) desenvolveu as *Gemba Walks* como parte do Sistema de Produção Toyota defendendo no livro, um dos seus princípios que denomina de “*Plant-First principle*” onde refere a fábrica como a maior fonte de informação da produção.

Os objetivos principais de uma *Gemba Walk* são perceber a realidade através da observação direta e validar a informação em primeira mão. Desta forma, este termo surge muitas vezes a par com o termo *Genchi Genbutsu* que significa “vá e veja por si mesmo” (Emuze & Saurin, 2015).

Não há uma forma única para realizar uma *Gemba Walk*, no entanto, o processo de ir ao *gemba* pode ser sumarizado com 3 princípios básicos (Shook, 2023):

1. *go see* – que se traduz para “ir ver”, e diz respeito ao ato de observar tanto o processo como as pessoas para compreender o *gemba* como um sistema social e técnico. Sabendo o que se pretende alcançar tecnicamente, torna-se mais fácil perceber os problemas reais das pessoas e o que é preciso fazer para as ajudar.
2. *ask why* – traduz-se para “perguntar porquê”, no entanto, Shook (2023) defende que, para analisar, compreender e diagnosticar corretamente a situação observada no *gemba*, a primeira pergunta a fazer deve ser “o quê?”, depois “porquê?”, seguida de “e se?” e finalmente “porque não?”.
3. *show respect* – que significa “mostrar respeito” pelos trabalhadores, pelos clientes e pela própria organização. O desrespeito pode ser visto na sobrecarga dos trabalhadores, na entrega de produtos de qualidade reduzida aos clientes ou em quaisquer outros problemas e tipos de desperdício. Como tal, este princípio resume-se à valorização do trabalho do operador, eliminando todo e qualquer desperdício, envolvendo, desenvolvendo e desafiando as pessoas.

As *Gemba Walks* podem ser utilizadas para resolver problemas através de visitas ao local onde e quando eles acontecem, ou ser incluídas numa rotina diária para seguir e monitorizar a situação. Em qualquer um destes contextos, implicam tempo para observar o trabalho e perceber realmente como e porque é executado de determinada forma. Assim, são uma oportunidade para os líderes comunicarem com a sua equipa, lhe transmitirem confiança, demonstrarem respeito pelo seu trabalho e incentivarem a sua criatividade e cooperação (Gesinger, 2016; Hamed & Soliman, 2014; Rodrigues et al., 2020).

Fundamentalmente, a visita ao *gemba* constitui uma ferramenta valiosa para gerir, desenvolver e melhorar pessoas e processos, o que permite ao seu utilizador tomar decisões fundamentadas em factos reais, diagnosticando problemas e prescrevendo soluções o mais próximo possível das pessoas, quer no tempo, quer no espaço, e em parceria com quem desempenha o trabalho (Hamed & Soliman, 2014; Shook, 2023).

2.3.2. Gestão Visual

Os sistemas de gestão visual criam um ambiente de trabalho capaz de se organizar, explicar, regular e aperfeiçoar a si próprio devido a dispositivos visuais que permitem distinguir rapidamente as condições normais das anómalas (Niederstadt, 2018; Oliveira et al., 2017).

Esta ferramenta utiliza, por exemplo, quadros de informação, delimitação e identificação de espaços, *Andons* (sinais luminosos ou sonoros utilizados para alertar defeitos ou problemas na produção), ou

instruções de trabalho, para tornar disponível e facilmente acessível para todos, toda a informação pertinente numa organização. É, portanto, um meio de comunicação rápido e intuitivo, que “não utiliza nem palavras nem voz” (Oliveira et al., 2017; Ribeiro et al., 2019).

A gestão visual é frequentemente associada a outras ferramentas *Lean*, tais como 5S e *Standard Work* (Oliveira et al., 2017), definidos nas secções 2.3.3 e 2.3.4, respetivamente.

Algumas das vantagens da sua implementação são (Ribeiro et al., 2019; Rodrigues et al., 2020):

- Facilitar a transmissão das informações relevantes aos funcionários e, conseqüentemente, proporcionar maior facilidade e autonomia na realização das suas tarefas;
- Reduzir a desorganização e sujidade do posto de trabalho;
- Reduzir a variabilidade dos métodos de trabalho entre diferentes trabalhadores ou equipas;
- Reduzir o tempo para localizar materiais e reposição quando necessário, ou seja, aumentar o controlo de *stocks*;
- Indicar, de forma rápida, simples e eficaz, o estado produtivo a toda a organização, desde a administração até aos operadores.

O objetivo de um sistema de gestão visual é capacitar os trabalhadores para a gestão do seu próprio ambiente de trabalho, reduzindo erros e outras formas de desperdício facilitando não só a execução das tarefas de acordo com as respetivas instruções de trabalho, mas também a própria perceção dos mesmos relativamente ao seu desempenho e promovendo o seu envolvimento. Promove, também, o envolvimento dos restantes *stakeholders* do processo ao informá-los rapidamente do seu estado, permitindo o planeamento e execução de ações oportunas (Oliveira et al., 2017; Ribeiro et al., 2019; Rodrigues et al., 2020).

Na secção que se segue será detalhado um exemplo de um sistema de gestão visual denominado *Kamishibai*.

2.3.2.1. Kamishibai

Kamishibai refere-se à arte tradicional japonesa de contar histórias através de imagens, que inicialmente era usada como uma forma simples e eficaz de comunicar com pessoas analfabetas (Knop & Ulewicz, 2018). Atualmente, num contexto de produção *Lean*, *Kamishibai* é um sistema de gestão visual que utiliza cartões de verificação para rever e controlar sistematicamente determinados pontos críticos de um processo, geralmente relacionados com métricas de avaliação tais como segurança, qualidade, produtividade ou custos (Niederstadt, 2018).

Segundo Niederstadt (2018), quando uma ferramenta é implementada e não é sustentada, eventualmente terá de se “lutar para a reimplementar”. A melhor forma de evitar esse desperdício é auditando o sistema através de mecanismos como o *Kamishibai* que são usados exatamente para criar, apoiar e sustentar os processos implementados e a sua estabilidade. Trata-se de uma ferramenta simples e *standard* que assegura que as tarefas são auditadas de acordo com o padrão pré estabelecido, da mesma forma que confirma a todas as pessoas qual é esse mesmo padrão,

permitindo, assim, a fácil e célere distinção entre o que são as condições normais e anómalas para a tarefa ou verificação em causa (Niederstadt, 2018).

Os cartões *Kamishibai* colocados no quadro (ver Figura 2) indicam visualmente o que foi avaliado positivamente e o que não foi através de um sistema de cores que indica o resultado da auditoria: verde para indicar um resultado positivo e vermelho para um resultado negativo. Cada cartão *Kamishibai* contém o mesmo conjunto de questões a auditar e normalmente é verde de um lado e vermelho do outro. Um resultado negativo, ou seja, o lado vermelho, significa que pelo menos uma das perguntas da auditoria foi respondida negativamente (Knop & Ulewicz, 2018; Niederstadt, 2018).

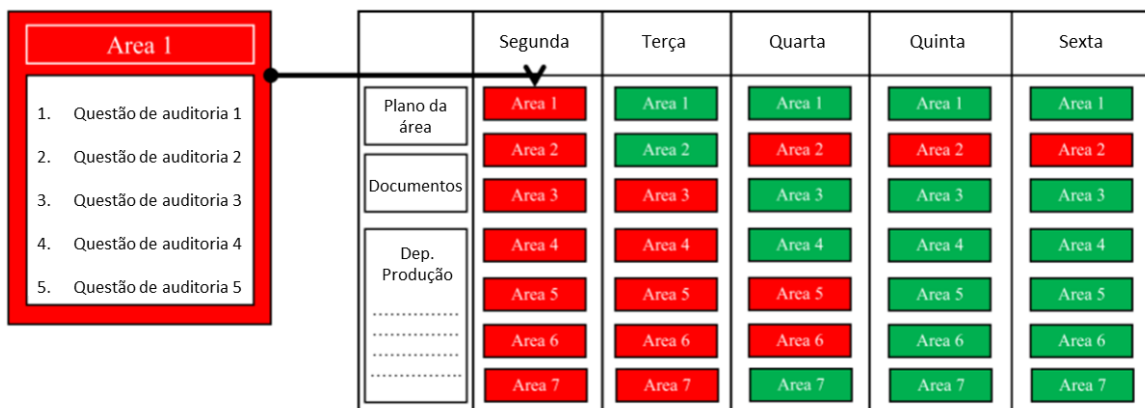


Figura 2 - Exemplo de quadro e cartão *Kamishibai*
(Adaptado de Knop & Ulewicz 2018)

Tanto os cartões como o quadro podem ter diferentes estruturas e modos de execução. Podem incluir tarefas diárias, semanais, mensais, semestrais ou anuais, de segurança, qualidade, 5S, trabalho normalizado, TPM (*Total Productive Maintenance*), auditorias em camadas (quando é aplicado aos vários níveis de uma organização), etc. São, por isso, flexíveis e podem ser utilizados em qualquer ambiente de trabalho, desde o chão de fábrica aos escritórios administrativos. Assim, através de observação direta, o *Kamishibai* permite, a qualquer pessoa na organização, confirmar se o sistema em causa está a funcionar corretamente e reagir e repor a normalidade mais rapidamente no caso de não estar, permitindo, assim, a redução do desperdício (Knop & Ulewicz, 2018; Niederstadt, 2018).

2.3.3. 5S

Os 5S foram desenvolvidos no Japão por Sakichi Toyoda, Kishiro Toyoda e Taiichi Ohno em 1960 e consistem num método para organizar o posto de trabalho através da organização do *layout*, da integração de gestão visual e da padronização do trabalho que se pode aplicar a qualquer tipo de negócio ou operação (Lopes et al., 2015; Oliveira et al., 2017; Rodrigues et al., 2020).

A designação 5S deriva de cinco palavras japonesas que iniciam com a letra S e correspondem aos 5 passos sequenciais desta ferramenta:

- *Seiri*: traduzido por senso de utilização ou triagem, consiste em definir os itens necessários no posto de trabalho e remover o que for considerado desnecessário (Míkva et al., 2016; Oliveira et al., 2017);
- *Seiton*: consiste na organização e arrumação de todos os itens identificados como necessários no primeiro passo pelo que, para cada um, deve ser definido e identificado um local exato de forma a possibilitar que sejam encontrados e armazenados rapidamente (Lopes et al., 2015; Míkva et al., 2016);
- *Seiso*: visa garantir a limpeza do local de trabalho e assegurar que tudo se encontra em boas condições de operação (Lopes et al., 2015; Míkva et al., 2016);
- *Seiketsu*: significa padronização e o seu objetivo é otimizar os três primeiros S, o que implica a definição e seguimento de *standards* que permitam assegurar as regras estabelecidas nos passos anteriores (Lopes et al., 2015; Oliveira et al., 2017);
- *Shitsuke*: a última etapa desta ferramenta é construir auto disciplina, desenvolvendo um método capaz de assegurar que tudo está no seu devido lugar, que os equipamentos se encontram operacionais e que a limpeza está a ser feita de forma regular. Normalmente são realizadas auditorias para garantir a sustentabilidade da metodologia (Lopes et al., 2015; Míkva et al., 2016; Oliveira et al., 2017).

A importância desta ferramenta advém do princípio básico de que a organização, a ordem, a limpeza, a normalização e a disciplina no local de trabalho são condições essenciais para a produção de produtos e serviços de elevada qualidade (Míkva et al., 2016). Como tal, os 5S são uma ferramenta simples e de custo reduzido, capaz de proporcionar vários benefícios às organizações como, por exemplo:

- Locais de trabalho mais ergonómicos, eficientes, organizados, limpos e seguros (Lopes et al., 2015; Míkva et al., 2016; Rodrigues et al., 2020);
- Aumento da flexibilidade e motivação dos colaboradores (Lopes et al., 2015);
- Maior perceção dos problemas, pois torna os postos de trabalho mais previsíveis, permitindo que as anomalias sejam identificadas mais cedo e, conseqüentemente, que a reação às mesmas seja mais célere (Lopes et al., 2015; Míkva et al., 2016);
- Redução de tempo, espaço e movimentos improdutivo e perdas relacionadas com falhas (Lopes et al., 2015);
- Aumento generalizado da produtividade organizacional e conseqüente redução dos custos (Lopes et al., 2015).

Embora simples em teoria, a aplicação prática dos 5S e a concretização das vantagens enumeradas anteriormente pode ser desafiante, pois o seu sucesso é amplamente determinado pela adesão dos trabalhadores, através da alteração dos seus hábitos e comportamentos e do compromisso e empenho da gestão de topo. Assim, as empresas devem esforçar-se por promover os 5S, por formar os seus funcionários em todos os seus aspetos e por garantir que cada um cumpre com a sua responsabilidade de forma a tornar a metodologia parte da cultura da empresa (Lopes et al., 2015; Míkva et al., 2016).

2.3.4. *Standard Work*

O *Standard Work* refere-se ao “método mais seguro e eficaz para realizar um trabalho no menor tempo repetível”, e resulta na utilização eficaz de todos os recursos necessários, sejam eles pessoas, máquinas ou materiais (Sundar et al., 2014).

O seu principal objetivo é eliminar a variação e a inconsistência dos resultados, orientando os colaboradores para a realização das atividades de produção seguindo diretrizes explicitamente estabelecidas, para realizar as ações à primeira, sem falhas, de modo eficiente, sem desperdícios e sem ter impacto negativo no ser humano nem no ambiente (Míkva et al., 2016; Oliveira et al., 2017).

Ohno (1988) defende que um procedimento de trabalho não pode ser escrito numa secretária, tem de ser experimentado e revisto muitas vezes no chão de fábrica, e acrescenta a importância de ser de fácil compreensão para que, caso necessário, um operador sem experiência consiga perceber o trabalho a desempenhar. Assim, um Procedimento Operacional Padrão (*Standard Work Procedure*) deve conter as etapas do processo e a ordem em que devem ser realizadas, o tempo de ciclo, isto é, o tempo alocado a essas tarefas, e a quantidade mínima de WIP necessária para as operações seguirem num fluxo contínuo, sem paragens. Desta forma, permite evitar a aleatoriedade na execução das operações (Bragança & Costa, 2015; Mor et al., 2019; Ohno, 1988; Sundar et al., 2014).

O *Standard Work* é uma etapa essencial para a melhoria contínua. Para alcançar melhorias é necessária a padronização do trabalho uma vez que os processos padronizados oferecem às empresas uma base estável a partir da qual podem mais facilmente transitar para novos e melhores padrões, o que torna o processo de mudança mais acessível, rápido e eficiente. A definição de um procedimento *standard* melhorado torna-se assim o ponto de referência a partir do qual é possível melhorar continuamente (Bragança & Costa, 2015; Mor et al., 2019; Oliveira et al., 2017).

São vários os benefícios identificados na implementação do *Standard Work* tanto para a empresa como para os operadores, destacando-se:

- Redução da variabilidade: permite maior controlo e estabilidade no processo e maior previsibilidade dos resultados e da ocorrência de não conformidades (Bragança & Costa, 2015; Oliveira et al., 2017);
- Melhoria da qualidade: a probabilidade de ocorrerem defeitos diminui quando as operações são realizadas sempre da mesma forma, independentemente da pessoa que as realiza (Oliveira et al., 2017);
- Redução de custos: advém da redução de desperdícios originados pela adoção de procedimentos de trabalho menos eficientes (Oliveira et al., 2017);
- Maior facilidade na formação dos colaboradores e maior flexibilidade da produção: o acesso à descrição clara das operações facilita a sua aprendizagem o que promove a polivalência dos trabalhadores (Bragança & Costa, 2015; Míkva et al., 2016);
- Maior envolvimento e participação dos operadores: por um lado impulsiona a sua criatividade ao fornecer uma referência a partir da qual podem avaliar as suas próprias ideias de melhoria por outro, promove a transparência interna e a honestidade das pessoas, pois, uma vez

seguido o procedimento *standard*, a responsabilidade de erros ou falhas é transferida do indivíduo em particular para o próprio sistema. Embora inicialmente se possa verificar alguma resistência por parte dos operadores devido à perda de autonomia ou flexibilidade na execução das tarefas, com o tempo, os benefícios desta ferramenta tornam-se evidentes e as preocupações são superadas (Bragança & Costa, 2015; Oliveira et al., 2017);

- Melhoria da *performance*: advém do aumento da produtividade e da redução de *lead times* (Bragança & Costa, 2015).

2.3.5. SMED

O SMED é uma das ferramentas *Lean* e consiste numa abordagem científica para a redução de tempos de *setup*. É o acrónimo de *Single Minute Exchange of Die* e evidencia o objetivo original desta metodologia que preconiza que todas as trocas de ferramentas devem ser concluídas num período de tempo inferior a 10 minutos, ou seja, num número de minutos representado por um único dígito (Lopes et al., 2015; Shingo, 1985; Silva et al., 2020).

2.3.5.1. Setup e tempo de setup

Um *setup*, também designado por mudança ou troca de ferramentas, corresponde ao conjunto de tarefas necessárias para configurar e preparar um dado sistema de produção para o fabrico de um produto diferente (Silva et al., 2020).

No geral, um processo de troca de ferramentas pode ser dividido em três momentos principais (Lopes et al., 2015):

1. *Run-down* ou *clean up*, que corresponde à remoção do material excedente da produção anterior e limpeza;
2. *Setup*, que diz respeito à alteração física da máquina para permitir o fabrico de novos produtos;
3. *Run-up* ou *start up*, que inclui os ajustes e afinações necessários para atingir a produção à cadência e padrões de qualidade normais após a mudança.

Assim, o tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido desde a saída da máquina do último produto bom de uma dada ordem de produção até que se obtém o primeiro produto bom da ordem de produção seguinte (Lopes et al., 2015; Silva et al., 2020).

2.3.5.2. Fases de implementação do SMED

A origem do SMED remonta aos anos 50, a um estudo de melhoria da eficiência na fábrica da Mazda em Hiroshima, na altura denominada por Toyo Kogyo, quando Shigeo Shingo percebe que as operações de *setup* podem ser divididas em dois tipos fundamentalmente diferentes (Shingo, 1985; Silva et al., 2020):

- *setup* interno, que inclui as operações que implicam a paragem do equipamento;
- *setup* externo, que inclui as operações que podem ser realizadas sem interromper a produção.

Segundo Shingo (1985), o SMED baseia-se em anos de teoria e experimentação prática, sendo que o desenvolvimento completo da metodologia se prolongou por cerca de dezanove anos ao longo dos quais o autor desenvolveu as 4 etapas de implementação do SMED:

- Fase 0: o *setup* não está distinguido em *setup* interno e *setup* externo;
- Fase 1: Separar *setup* interno de *setup* externo;
- Fase 2: Converter *setup* interno em *setup* externo;
- Fase 3: Simplificar as tarefas de *setup* (internas e externas).

As etapas enumeradas resultam na redução gradual do tempo de *setup*, tal como representado na Figura 3.

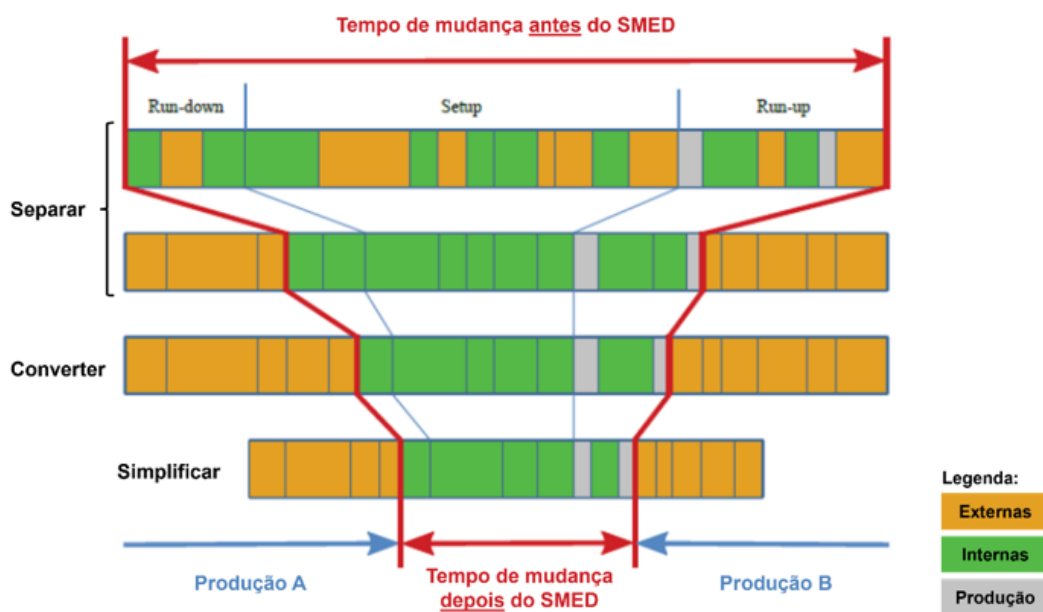


Figura 3 - Impacto das etapas da metodologia SMED no tempo de setup
(Adaptado de Lopes et al. (2015))

Um projeto de SMED deve começar com o estudo da situação inicial, que consiste em fazer uma análise detalhada dos procedimentos operacionais e condições iniciais do processo. Para isso, pode recorrer-se à observação direta do processo, à gravação de vídeos e ao diálogo com os responsáveis por desempenhar o *setup*. Nesta etapa pretende-se documentar todas as atividades desempenhadas, o tempo gasto em cada uma delas e as deslocações dos operadores, identificar todas as ferramentas necessárias e a sua localização e, ainda, compreender melhor o processo e identificar potenciais problemas (Otero & Lopes, 2018; Ribeiro et al., 2022; Simões & Tenera, 2010).

A segunda fase consiste em categorizar as atividades em internas e externas e separá-las de modo a garantir que todas as atividades externas ocorrem antes ou depois da paragem e que não contribuem desnecessariamente para o tempo de paragem. Para categorizar as tarefas podem ser utilizadas as

gravações em vídeo ou o diagrama de *Spaghetti*, que consiste numa representação gráfica dos movimentos realizados pelos operadores (Lopes et al., 2015; Silva et al., 2020). Alguns exemplos destas tarefas são o transporte das peças a maquina, por exemplo o molde, no caso das máquinas de injeção, ou a configuração e verificação funcional de matérias-primas, ferramentas e dispositivos de fixação (Parwani & Hu, 2021; Ribeiro et al., 2022). Segundo Shingo (1985) esta fase permite atingir reduções de 30 a 50% no tempo de *setup* e, por isso, considera que é a mais importante do SMED.

No passo seguinte aconselha-se a elaboração de uma análise de todas as atividades para detetar possíveis erros na classificação feita na etapa anterior, após o que o foco do trabalho deve ser converter o máximo possível das tarefas internas em externas através de melhorias organizacionais ou nos próprios equipamentos (Lopes et al., 2015; Silva et al., 2020; Simões & Tenera, 2010). Shingo (1985) sugere técnicas como a padronização de ferramentas e o uso de *gabarits* intermédios e afirma que esta fase permite melhorar o tempo de *setup* interno resultante da fase anterior em 10 a 30%.

O último passo da metodologia consiste na simplificação, melhoria e padronização de todo o processo tornando as tarefas mais rápidas, fáceis e seguras. Primeiramente, o foco desta etapa deve ser reduzir ou eliminar o trabalho interno. Assim, as atividades internas que não foram eliminadas ou convertidas em externas devem ser substituídas, combinadas ou simplificadas, por exemplo, através da implementação de operações paralelas, do uso de fixadores funcionais, da eliminação ou redução de ajustes ou do uso de ferramentas mais eficientes. Depois das tarefas internas deve fazer-se o mesmo para as externas, por exemplo, com melhorias no armazenamento ou no transporte dos elementos necessários para o processo de *setup*. Embora estas não tenham impacto no tempo de inatividade das máquinas, representam a ocupação de outros recursos e, por esse motivo devem, de igual forma, ser sujeitas a ações de melhoria (Parwani & Hu, 2021; Silva et al., 2020).

Para além das etapas detalhadas anteriormente, há outros aspetos que devem ser tidos em conta para garantir o sucesso da metodologia, tais como a escolha de uma equipa de trabalho adequada, a definição de metas alcançáveis e o tipo de indústria e equipamento onde se pretende aplicar a metodologia (Lopes et al., 2015).

2.3.5.3. Benefícios da aplicação do SMED

Foram identificados os seguintes benefícios para a metodologia do SMED:

- Redução dos tempos de *setup* que, segundo Shingo (1985), podem ser na ordem dos 70 a 90%, que, por sua vez, se reflete no aumento das taxas de utilização e eficiência das máquinas e conseqüente aumento da disponibilidade para produção, particularmente útil nos processos gargalo (Silva et al., 2020).
- Redução do tamanho dos lotes, que resulta na melhoria do fluxo produtivo e aumento da flexibilidade da produção, uma vez que passa a ser viável efetuar trocas mais frequentemente (Shingo, 1985; Silva et al., 2020). Lopes et. al (2015) referem que estes são os principais benefícios do SMED pois, são aspetos chave para uma organização medir a sua eficiência e competitividade e reduzir os seus custos eficazmente;

- Redução do *lead time*, que se reflete no aumento da capacidade de resposta à procura dos clientes, uma vez que a rápida troca de ferramentas significa, também, uma rápida alteração das ordens de produção (Otero & Lopes, 2018; Shingo, 1985);
- Redução de stocks, WIP e custos associados (Otero & Lopes, 2018; Shingo, 1985);
- A padronização e simplicidade dos processos de *setup* resulta na melhoria das condições de segurança, reduz o nível de qualificação e o número de ferramentas necessárias para realizar as operações, e diminui a probabilidade de ocorrerem erros (Shingo, 1985).

Em suma, a vantagem do SMED como metodologia para atingir uma troca de ferramentas rápida é a sua simplicidade e facilidade de aplicação, e os benefícios que traz são os que a redução do tempo e melhoria generalizada dos processos de *setup* proporcionam numa linha de produção, e que se refletem na redução de todos os tipos de desperdício e aumento do valor (Shingo, 1985; Silva et al., 2020).

2.3.5.4. Limitações e desafios da aplicação do SMED

Apesar de todos os casos de sucesso, ao longo da pesquisa elaborada sobre SMED foi possível identificar as limitações e os desafios que se seguem.

- A metodologia proposta é muito genérica pelo que a sua implementação implica a adaptação das ações de melhoria à realidade da empresa tendo em conta os objetivos e valores que se pretende alcançar (Simões & Tenera, 2010);
- A metodologia não refere ações ou ferramentas de análise específicas para apoiar a sua implementação, o que pode resultar na negligência ou perda de oportunidades de melhoria e, conseqüentemente, comprometer o seu sucesso (Silva et al., 2020);
- Segundo McIntosh et al. (2000), a contribuição de Shingo pode estar mais enraizada nas técnicas e estratégias práticas que apresenta do que na própria estrutura teórica geral do SMED;
- Para aplicar corretamente a metodologia é necessário compreender bem os aspetos técnicos intrínsecos dos equipamentos e ferramentas em causa e o próprio método de trabalho, isto é, saber quem faz o quê, quando, e porquê (Silva et al., 2020);
- O foco do SMED é a redução do tempo de preparação da máquina, no entanto, o fator humano é muito importante no desempenho da maioria das atividades pelo que a falta de consideração e motivação dos mesmos pode tornar-se uma grande limitação da metodologia (Silva et al., 2020);
- Idealmente, a aplicação do SMED resulta na redução de períodos de inatividade o que, por sua vez, torna o trabalho dos operadores mais repetitivo, com as desvantagens que isso representa para o esforço físico e mental dos trabalhadores. A longo prazo, é necessário pesar o ganho financeiro proveniente do aumento da produtividade e qualidade e o potencial custo de compensação reivindicado pelos trabalhadores devido a esse esforço (Silva et al., 2020);
- A teoria de Shingo prioriza a redução do tempo de *setup* interno. Segundo McIntosh et al. (2000), neste tempo inclui-se o tempo de *run-up* e, em alguns setores industriais, também o tempo de *run-down*. Uma das limitações apontadas ao método de Shingo é precisamente o

facto de não referir estes dois momentos e apenas distinguir o tempo em que a máquina está parada (*setup* interno) do tempo em que não está (*setup* externo) (McIntosh et al., 2000).

Ao longo dos anos, a metodologia SMED tem sido alargada e conjugada com outras ferramentas que permitem colmatar as limitações e desafios apresentados e assim melhorar o seu sucesso e aplicabilidade, verificando-se um grande número de implementações bem sucedidas da metodologia (Lopes et al., 2015).

2.4. Ferramentas da Qualidade

Resolver problemas requer a sua compreensão e a identificação das suas principais causas. A necessidade de identificar e prevenir as causas de problemas de qualidade ou defeitos faz parte do compromisso com a melhoria da qualidade. Como tal, existe o conjunto das ferramentas da qualidade, utilizadas para mapeamento de processos e apuramento das causas-raiz dos problemas que se pretendem solucionar. Neste conjunto incluem-se o SIPOC, os gráficos de Pareto, os fluxogramas de processo, os histogramas e os diagramas de causa e efeito (Barsalou, 2023; Russel & Taylor, 2011). Para apuramento da causa-raiz, Braglia et. al (2017) acrescenta a esta lista a análise dos 5 Porquês. Nas próximas secções serão apresentadas as ferramentas da qualidade utilizadas nos casos práticos.

2.4.1. SIPOC

O SIPOC é uma ferramenta de mapeamento de processos que oferece uma visão geral e simplificada dos mesmos, identificando os seus principais limites e *stakeholders*. É útil na identificação dos fatores relevantes de um projeto de melhoria e dos riscos que o podem afetar (Bevilacqua et al., 2015; Kale, 2019; Machac et al., 2017).

É geralmente representado em formato de tabela sendo que, o acrónimo SIPOC, deriva das palavras *Supplier* (Fornecedor), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Saídas) e *Customer* (Cliente) que constituirão as colunas dessa tabela (Rodrigues et al., 2020). Na Figura 4 apresenta-se uma representação genérica do SIPOC.

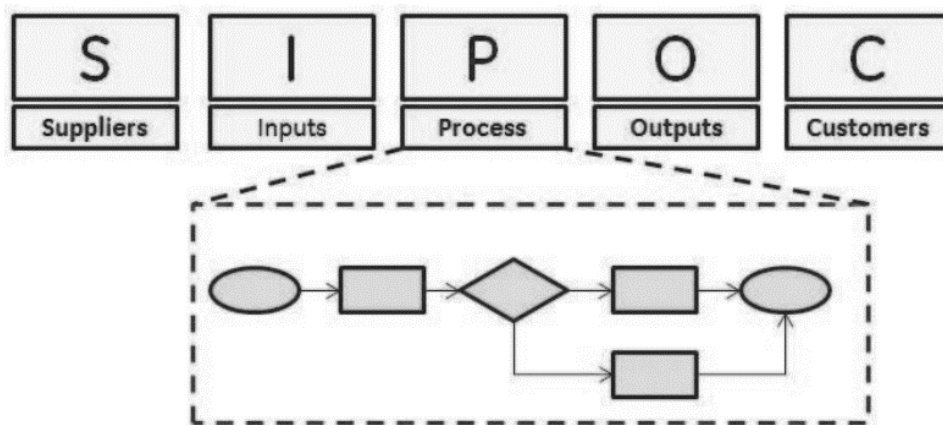


Figura 4 - Representação genérica do SIPOC
(Adaptado de Machac et.al (2017))

Para usar de maneira eficiente e eficaz o diagrama SIPOC, a sua construção deve ser iniciada com a coluna do processo, identificando as suas etapas mais importantes (recomendam-se não mais do que 6). Em seguida, identificam-se os resultados desse processo e depois os clientes que receberão cada um dos resultados especificados. Posteriormente, devem ser listadas as entradas, ou seja, os recursos necessários para que o processo decorra na normalidade e, por último, os fornecedores de cada um dos recursos (Bevilacqua et al., 2015; Machac et al., 2017).

2.4.2. Análise de Pareto

A análise de Pareto é uma técnica estatística utilizada para decidir onde concentrar a atenção e os esforços de melhoria baseada no facto de que a seleção de um número limitado de fatores ou causas terá um efeito global significativo. Este pressuposto é conhecido por princípio de Pareto. De acordo com este princípio, também conhecido por regra 80:20, 80% dos resultados são controlados ou determinados por 20% das atividades ou fatores. Embora deva o seu nome ao economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), a regra foi generalizada pelo guru da qualidade Joseph Juran que também cunhou a frase “os poucos vitais e os muitos triviais” para descrever este princípio. O objetivo é identificar os poucos fatores ou causas responsáveis por cerca de 80% da percentagem cumulativa de incidências dos problemas (por exemplo, queixas ou defeitos) que são, por isso, considerados “vitais”, e distingui-los dos muitos fatores “triviais” que ocupam apenas os restantes 20%. Assim, a análise de Pareto é utilizada para encontrar esses “poucos vitais” que podem realmente fazer a diferença para uma empresa seja qual for a área de negócio (Ahmad et al., 2018; Ahmed & Rezouki, 2020; Jack, 2013; Jana & Tiwari, 2021; Kent, 2016; Russel & Taylor, 2011).

No caso da análise das causas de determinado problema ou de determinada falha, o gráfico de Pareto é frequentemente utilizado, começando-se pela observação dos efeitos indesejados, ou seja, o problema, para o qual se identificam as possíveis causas. Seguidamente é feita a contagem do número de ocorrências do problema para cada uma das diferentes causas, e os seus valores são registados numa tabela e representados num gráfico de barras por ordem decrescente. Por último, é adicionada a linha de frequência acumulada. Esta distribuição de frequências constitui uma ajuda visual útil para destacar as áreas que terão o maior impacto na resolução do problema em análise (Ahmad et al., 2018; Jack, 2013; Russel & Taylor, 2011).

Esta análise pode ser aplicada a vários problemas e fatores, por exemplo, para identificar as máquinas responsáveis pelo maior número de defeitos num determinado produto, ou perceber quantas e quais as categorias de defeitos que causam maior impacto nos custos pois, é na correção desses que reside o maior impacto na redução dos custos (Russel & Taylor, 2011). Para além da frequência de ocorrência ou custos podem também ser utilizados dados temporais, por exemplo, Ahmad et al. (2018) utilizam o gráfico de Pareto para identificar as causas responsáveis pelo maior tempo de paragem das máquinas, para o que utilizam a soma do tempo de paragem em minutos. Singh & Khanduja (2010) integram a análise de Pareto na fase final do SMED e utilizam o gráfico para destacar as macro e micro atividades de *setup* que, em média, consomem mais tempo. Noutro estudo, Kale (2019) utiliza o gráfico de Pareto para identificar o fator que causa maior atraso no processo de *setup* de uma máquina de injeção e, portanto, utiliza a soma dos tempos recolhidos para cada fator.

2.4.3. Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido por diagrama de causa e efeito ou diagrama espinha-de-peixe, devido ao seu aspeto depois de concluído, oferece uma abordagem estruturada para a procura das possíveis causas de um problema. Esta ferramenta foi concebida pelo Professor Kaoru Ishikawa, um pioneiro da gestão da qualidade na década de 1960, para resolver problemas de qualidade causados por variação estatística. Estes diagramas são desenhados para ilustrar todos os potenciais fatores que podem contribuir para um problema, categorizando-os e organizando as relações causais entre si (Ahmed & Rezouki, 2020; Doggett, 2005).

Para construir este diagrama deve, numa primeira fase, identificar-se o problema, escrevendo-o na caixa de “efeito” a partir da qual se traça uma linha central. Da linha central traçam-se outras que a conectam às principais categorias de possíveis causas do problema, descritas numa caixa no final de cada uma dessas linhas secundárias. Depois disso, as causas devem ser anexadas como ramificações individuais ao longo da linha da categoria a que pertencem (Russel & Taylor, 2011). Geralmente, as categorias de causas utilizadas são os 6M: material, método, máquina, mão de obra, medida e meio ambiente, no entanto, as categorias podem ser adaptadas ao próprio problema. É, por exemplo, possível colocar as etapas do processo como categorias principais e adicionar a cada ramo os fatores que afetam essa etapa em específico (Doggett, 2005).

Na Figura 5 apresenta-se uma representação genérica do diagrama de Ishikawa.

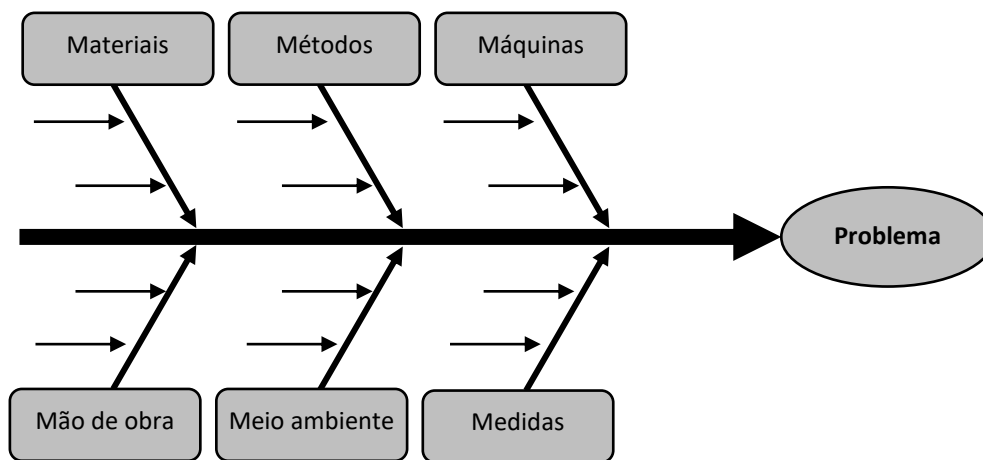


Figura 5 - Representação genérica de um diagrama de Ishikawa

Ao identificar as categorias de fatores que podem estar a causar o problema, esta ferramenta ajuda a estruturar a sua resolução e é, por isso, muitas vezes utilizada após sessões de brainstorming para organizar as ideias geradas. É muitas vezes utilizado a par com o diagrama de Pareto, detalhado na secção anterior, identificando, por exemplo, as causas cujas ocorrências serão depois contabilizadas no gráfico de Pareto, ou então as causas dos fatores ou efeitos que uma análise de Pareto inicial apurar como mais relevantes (Ahmed & Rezouki, 2020; Jack, 2013).

2.4.4. 5 Porquês

A ferramenta 5 porquês consiste num brainstorming no qual se questiona sucessivamente “porquê?” a fim de se determinar a causa raiz de um problema. O valor cinco, indicado no próprio nome da ferramenta é arbitrário. O objetivo é perguntar “porquê” um número suficiente de vezes para passar sucessivamente pelos sintomas ou efeitos de um problema até chegar à sua verdadeira causa raiz. (Ahmed & Rezouki, 2020; Braglia et al., 2017; Vijay & Prabha, 2021).

Braglia et al. (2017) refere algumas limitações desta técnica, tais como:

- Requer que o analista tenha o conhecimento adequado do sistema e do efeito a investigar, se assim não for, a utilização dos 5 porquês pode não conduzir a respostas válidas;
- Poder não ser capaz de identificar todas as causas comuns de um mesmo efeito, uma vez que um efeito nem sempre tem só uma causa;
- A “falta de rigor” por não envolver ferramentas estatísticas, pois os analistas não testam a suficiência das causas determinadas.

Em contrapartida, o autor também refere que é possível obter resultados tangíveis e úteis sem recorrer à análise estatística e que, comparado com outros métodos mais sofisticados, este é particularmente adequado para ser integrado em ferramentas operacionais (Braglia et al., 2017).

Esta técnica é universalmente aceite e praticada por profissionais *Lean* em todo o mundo, sendo já implementada com sucesso em vários contextos industriais para investigar questões igualmente variadas tais como nas áreas da saúde, da segurança, do ambiente, da fiabilidade, da qualidade e da produção (Braglia et al., 2017; Vijay & Prabha, 2021). No trabalho de Braglia et al. (2017) é integrada eficazmente no SMED, particularmente na fase 3 da metodologia.

2.5. Escalonamento de operações

A programação ou escalonamento de operações refere-se à distribuição de um conjunto de atividades (tarefas) por um conjunto de recursos (máquinas) ao longo do tempo, satisfazendo um conjunto de restrições de tempo, de relações entre as atividades, como por exemplo precedências, e ainda de recursos, que podem ser mais ou menos limitados, de forma a atingir um objetivo previamente especificado (Alharkan, 2005; Đurasević & Jakobović, 2020).

As diferentes condições do ambiente onde se insere um determinado problema como, por exemplo, as características das tarefas a serem processadas, a quantidade e tipo de recursos, os fatores que restringem a maneira como as atribuições podem ser feitas e os critérios pelos quais a solução é avaliada, levam a que exista uma variedade muito grande de classificações e, conseqüentemente, de métodos de resolução que podem ser aplicados (Alharkan, 2005; Đurasević & Jakobović, 2020).

Num modelo de escalonamento existem três objetivos de tomada de decisão comuns: (i) a utilização eficiente de recursos, (ii) a capacidade de responder rapidamente à procura e (iii) a conformidade com os prazos de entrega. Por exemplo, para conseguir uma utilização eficiente das máquinas (recursos), os critérios a utilizar podem ser a minimização do tempo total necessário para realizar todas as tarefas

(*makespan*), a minimização do número médio de máquinas paradas, a minimização do número médio de produtos em curso de fabrico ou a maximização da utilização média das máquinas (Alharkan, 2005).

A escolha do método de resolução do modelo depende da complexidade do problema, da qualidade que se pretende para a solução e dos recursos computacionais disponíveis. Os métodos exatos (que garantem soluções ótimas) tornam-se computacionalmente intensivos à medida que se aumenta a complexidade do problema, por exemplo com o aumento das alternativas de recursos. Por essa razão, para encontrar uma boa solução num período de tempo razoável, é comum o desenvolvimento de abordagens heurísticas específicas para o problema em análise e a aplicação de métodos meta heurísticos existentes tais como, *Simulated Annealing*, *Tabu Search* e *Genetic Algorithms* (Đurasević & Jakobović, 2020; Kaiafa & Chassiakos, 2015; Kolisch & Hartmann, 1999; Pinedo, 2009).

2.5.1. Project Scheduling

Um projeto consiste na combinação e sincronização de múltiplos inputs (humanos, máquinas, dinheiro, por exemplo) para alcançar um objetivo bem definido num período de tempo específico, gerindo e utilizando eficientemente os recursos disponíveis. Tipicamente, inclui um conjunto de atividades distintas interrelacionadas com restrições específicas de tempo e recursos, fatores que desempenham um papel decisivo na sua programação (Alharkan, 2005). Estas atividades são, frequentemente, representadas num diagrama de precedências, uma ferramenta visual utilizada na gestão de projetos para representar a ordem em que as tarefas ou atividades devem ser realizadas. Nestes diagramas, as atividades são representadas por nós e as suas relações de dependência são representadas por setas que apontam da atividade precedente para a atividade subsequente (ou que lhe sucede). Uma atividade precede outra quando tem que ser concluída antes de a outra ser iniciada e uma atividade sucede a outra quando o seu início depende da conclusão da atividade anterior (Kerzner, 2009; Pinedo, 2016).

Se um projeto não tiver restrições de recursos, a sua programação requer apenas dois parâmetros: os tempos de processamento das atividades (duração) e as relações de precedência entre si. Para resolver problemas deste género utilizam-se métodos como o CPM (*Critical Path Method*) e o PERT (*Program Evaluation Review Technique*) (Alharkan, 2005).

O CPM é uma técnica utilizada para determinar a sequência de atividades críticas, ou seja, aquelas que não podem ser atrasadas sem que o seu atraso tenha impacto na duração total do projeto. Esta sequência, denominada caminho crítico, é calculada tendo em conta os seguintes fatores (Kerzner, 2009; Pinedo, 2016):

- *Earliest Start* (ES): o momento mais cedo em que uma atividade pode começar tendo em conta as conclusões das suas precedentes;
- *Earliest Finish* (EF): o momento mais cedo em que uma atividade pode terminar tendo em conta o seu ES e o tempo necessário para a sua conclusão;
- *Latest Finish* (LF): momento mais tarde em que uma atividade pode terminar sem atrasar o projeto;

- *Latest Start (LS)*: o momento mais tarde em que uma atividade pode iniciar tendo em conta o seu LF e o tempo necessário para a sua conclusão.

Para calcular estes fatores primeiro atribui-se o valor 0 ao momento de início da primeira atividade no diagrama (que corresponde ao início do projeto). Em seguida, calcula-se o ES e EF para cada atividade no diagrama, percorrendo-o do início para o fim (no sentido das setas), tendo em conta que o momento mais cedo no qual uma determinada tarefa i pode ser iniciada (ES) corresponde ao maior valor entre os momentos que mais cedo cada uma das suas precedentes pode terminar. Por sua vez, o EF da atividade i obtém-se somando a sua duração ao seu ES (Kerzner, 2009; Pinedo, 2016).

Uma vez obtido o tempo mais cedo no qual é possível concluir a última atividade do diagrama, calculam-se os tempos de LS e LF percorrendo o diagrama do fim para o início (no sentido contrário das setas), considerando que o momento mais tarde em que uma determinada atividade i pode ser concluída (LF) corresponde ao menor valor entre os momentos em que mais tarde cada uma das que lhe sucedem pode ser iniciada. Por sua vez, o LS da atividade i obtém-se subtraindo a sua duração ao seu LF (Kerzner, 2009; Pinedo, 2016).

Tendo em conta estes quatro fatores, é possível calcular as folgas totais de cada tarefa e determinar o caminho crítico do projeto. A folga total de uma determinada tarefa é a diferença entre o momento mais tarde e o momento mais cedo no qual pode ser terminada ($LF - EF$), sendo que o caminho crítico de um determinado diagrama corresponderá à sequência de atividades cuja folga total é nula ($LF = EF$) (Kerzner, 2009; Pinedo, 2016).

A Figura 6 mostra um exemplo de um diagrama de precedências e do cálculo destes fatores.

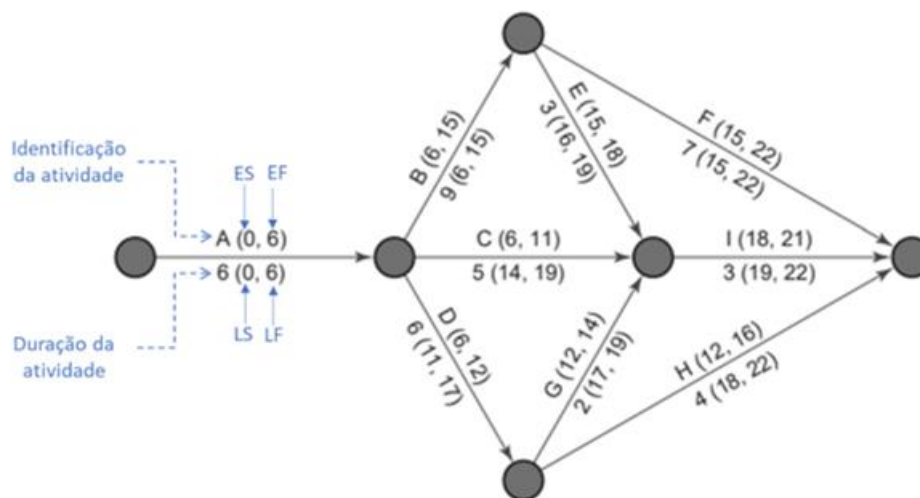


Figura 6 - Exemplo de diagrama de precedências
(Adaptado de Kerzner (2009))

Quando para além do tempo do projeto é necessário gerir recursos, existe uma classe específica de problemas denominada *Resource-Constrained Project Scheduling (RCPS)* que tem dois objetivos

principais: a minimização do tempo necessário para completar o projeto (makespan) e a alocação dos recursos disponíveis, otimizando a sua utilização (Alharkan, 2005).

O modelo de decisão para o problema de RCPS pode ser definido da seguinte forma (Kolisch & Hartmann, 1999):

$$\text{Minimizar } F_{n+1} \quad (1)$$

$$F_h \leq F_j - p_j \quad j = 1, \dots, n + 1; h \in P_j \quad (2)$$

$$\sum_{j \in A(t)} r_{j,k} \leq R_k \quad k \in K; t \geq 0 \quad (3)$$

$$F_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n + 1 \quad (4)$$

Em que:

- $J = \{0, 1, \dots, n, n + 1\}$ é o conjunto de atividades que constituem o projeto, no qual as atividades 0 e $n + 1$ devem corresponder ao “início do projeto” e ao “fim do projeto”, respetivamente;
- F_j corresponde ao instante de conclusão da atividade j . Assim, a equação (1) define o objetivo do modelo como o de minimizar o instante de conclusão da tarefa “fim do projeto”, ou seja, a duração total do projeto;
- p_j é a duração da atividade j ;
- P_j é o conjunto das atividades imediatamente precedentes da atividade j . A equação (2) representa, assim, as restrições de precedência do problema, exigindo que a atividade j não seja iniciada antes de todas as que a precedem terem sido concluídas;
- $A(t) = \{j \in J \mid F_j - p_j \leq t < F_j\}$ é o conjunto das atividades a serem processadas (ativas) num dado instante t ;
- $K = \{1, \dots, K\}$ representa o conjunto de K tipos de recursos e cada atividade j requer $r_{j,k}$ unidades do tipo de recurso $k \in K$ durante cada período de sua duração p_j . A equação (3) representa a restrição da capacidade de cada tipo de recurso k a um limite R_k em qualquer momento;
- A equação (4) define as variáveis de decisão que se referem a tempo pelo que devem ser positivas ou nulas;
- Os parâmetros p_j , $r_{j,k}$ e R_k são assumidos como determinísticos;
- Para as atividades de início e fim do projeto, temos $p_j = 0$ e $r_{j,k} = 0$, para todos os $k \in K$.

No final, pretende-se obter o cronograma S definido como um vetor de tempos de conclusão de cada atividade $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ com o menor tempo possível e a utilização mais eficiente dos recursos (Kolisch & Hartmann, 1999).

2.5.2. Métodos heurísticos construtivos

Existem duas categorias principais de algoritmos heurísticos: os algoritmos construtivos e os de pesquisa local. Os construtivos criam soluções a partir do zero, e vão adicionando gradualmente as tarefas ao cronograma, optando pela escolha que parece ser a melhor no momento. Por sua vez, as heurísticas de pesquisa local começam com um cronograma completo que pode ser selecionado de forma arbitrária, e procuram melhorá-lo através de transformações sucessivas. As heurísticas construtivas são utilizadas quando se pretende obter uma solução razoavelmente boa de forma rápida ou para fornecer soluções iniciais à heurística de pesquisa local (Pinedo, 2016).

Segundo Đurasević & Jakobović (2020), as abordagens heurísticas construtivas são frequentemente desenhadas sob a forma de *Dispatching Rules* (DR). As DR oferecem uma abordagem sistemática e flexível para o sequenciamento e alocação eficiente de operações. Ainda que normalmente sejam desenvolvidas “à medida” para satisfazer as necessidades específicas de um dado problema, um modelo DR típico (esquematizado na Figura 7) é essencialmente composto por uma *Priority Function* (PF) ou função de prioridade, e um *Schedule Generation Scheme* (SGS). A função de prioridade, tal como o nome indica, é utilizada para calcular as prioridades das tarefas. O SGS, seguindo a ordem dada pela PF, define a maneira como as tarefas são alocadas às diferentes máquinas, uma forma simples e comum de o fazer é selecionar a máquina onde a tarefa é concluída primeiro.

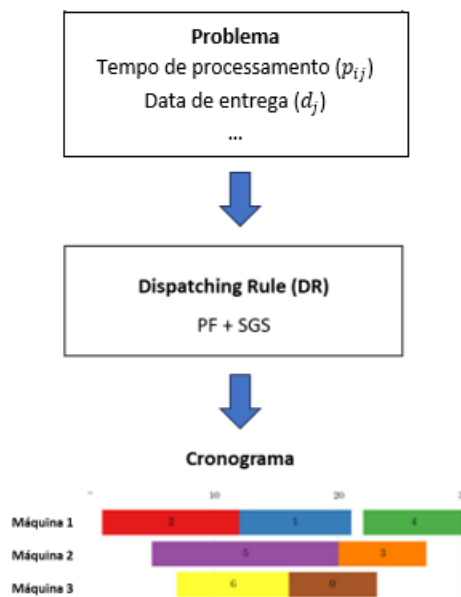


Figura 7 - Estrutura geral de DR
(Adaptado de Đurasević & Jakobović (2020))

A prioridade de uma dada tarefa j é determinada em função dos parâmetros da própria tarefa, das máquinas ou da fábrica. Na Tabela 1 estão listados alguns parâmetros comuns utilizados para estes cálculos (Pinedo, 2009).

Tabela 1 - Parâmetros comuns no problema de escalonamento de operações

Notação	Descrição
Tempo de processamento (p_{ij})	Tempo que o tarefa j demora a ser processada na máquina i
Data de entrega (d_j)	Momento em que a tarefa j deve ser concluída
Tempo de início (S_{ij})	Momento em que a tarefa j é iniciada na máquina i
Tempo de conclusão (C_{ij})	Momento em que a tarefa j é concluída na máquina i

Alguns exemplos de regras de prioridade são (Alharkan, 2005; Đurasević & Jakobović, 2020; Kolisch & Hartmann, 1999):

- LPT (*Longest Processing Time*): seleciona a atividade com maior tempo de processamento;
- SPT (*Shortest Processing Time*): seleciona a atividade com menor tempo de processamento;
- MTS (*Most Total Successors*) ou LNS (*Largest Number of Successors*): seleciona a atividade com o maior número de atividades que lhe sucedem (diretas e indiretas);
- GRPW (*Greatest Rank Positional Weight*): seleciona a atividade com maior valor de peso posicional calculado através da soma do seu tempo de processamento e o de todas as que lhe sucedem;
- EDD (*Earliest Due Date*): seleciona as tarefas por ordem crescente da data de entrega que, num projeto, representa o momento até ao qual a tarefa se pode prolongar sem atrasar o início das suas subsequentes;
- MSLK (*Minimum Slack*): seleciona uma atividade de acordo com a menor folga. A folga de uma atividade consiste no tempo entre o seu fim e a sua data de entrega. Esta regra depende do instante no tempo em que é calculada sendo, portanto, uma regra dinâmica;
- CR (*Critical Ratio*): seleciona a atividade com menor CR que consiste no quociente entre a folga e o tempo (restante) de processamento da tarefa;

Em caso de empate, devem ser aplicadas uma ou várias regras de desempate (Kolisch & Hartmann, 1999).

As regras a aplicar diferem consoante o objetivo esperado. Por exemplo, quando o *makespan* é a medida de desempenho a considerar, as regras com melhor desempenho são as que exprimem a prioridade em relação ao trabalho que ainda é necessário levar a cabo em operações a realizar (Carvalho, 2000). Segundo Kolisch & Hartmann (1999), SPT, CR e EDD são regras eficazes na redução do *makespan*.

Quanto aos SGS, segundo Kolisch & Hartmann (1999), podem ser distinguidos consoante fazem a incrementação em atividades ou tempo. No primeiro, designado por escalonamento em série, cada iteração do algoritmo inicia com a seleção de uma atividade de entre o conjunto de tarefas cujas precedentes já foram sequenciadas em iterações anteriores, respeitando também a disponibilidade dos recursos. A segunda abordagem considera os instantes de tempo, e é designada por escalonamento em paralelo. Neste caso, cada iteração inicia no instante de tempo em que uma dada atividade pode ser sequenciada, selecionando-a de um conjunto composto pelas atividades precedentes já concluídas até esse mesmo instante e para as quais há recursos disponíveis. Por sua

vez, Đurasević & Jakobović (2020) distinguem três variantes de SGS. O primeiro utiliza apenas uma regra tanto para escolher a atividade a sequenciar como para fazer a alocação dessa atividade à máquina, o segundo utiliza a regra apenas para priorizar as tarefas que depois aloca à máquina que oferecer o tempo de conclusão mais baixo, e o último usa duas regras diferentes, uma para selecionar a atividade e outra para fazer a alocação às máquinas disponíveis.

No geral, um SGS é um algoritmo iterativo onde, em cada iteração, a tarefa com o melhor valor da PF é escolhida e alocada a um recurso, de entre um conjunto de tarefas disponíveis tendo em conta, por exemplo, restrições de precedências e recursos. Cada iteração termina com o cálculo dos parâmetros necessários para obter o conjunto de tarefas elegíveis para a alocação seguinte (Đurasević & Jakobović, 2020; Kolisch & Hartmann, 1999).

3. Os setups na OLI: estudo de dois casos

Neste capítulo será feita a apresentação da empresa, do seu processo produtivo e do Departamento de Montagem, após a qual serão apresentados cada um dos casos práticos. Para cada caso começar-se-á por apresentar o processo e os centros de trabalho alvo de estudo. De seguida, será feita a análise da situação inicial que permitiu identificar as oportunidades de melhoria. Posteriormente, serão apresentadas as ações desenvolvidas. E, por fim, é feita uma reflexão sobre os resultados obtidos.

3.1. Apresentação da empresa

A OLI - SISTEMAS SANITÁRIOS, S.A. foi fundada em Aveiro no ano de 1954 como uma pequena empresa familiar (OLI, n.d.). Ao longo do tempo passou por várias áreas de negócio, até que, nos anos 80, com a construção da sua primeira unidade industrial de produção de autoclismos, direcionou a sua atividade para o setor dos sistemas sanitários (OLI, n.d.).

Em 1993, o crescimento da marca levou à sua integração no grupo italiano Silmar, cuja estrutura organizacional se apresenta na Figura 8. O grupo Silmar atua em quatro setores de atividade: aquecimento, fundição em alumínio, metalização em plásticos e redes de esgotos e águas (OLI, n.d.).

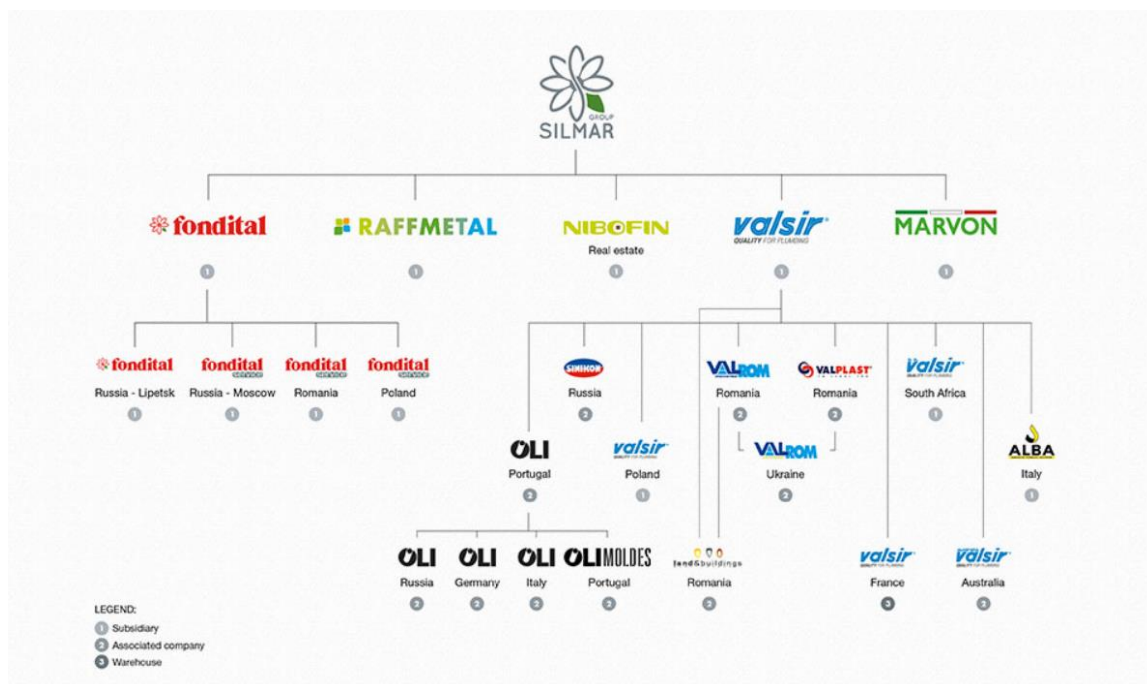


Figura 8 - Representação estrutural do grupo Silmar (Valsir, n.d.)

Apesar da sua origem familiar, atualmente a OLI é uma empresa de dimensão europeia com filiais em Itália, em Espanha, na Alemanha e na Rússia. Em 2018, acrescentou a OLIMOLDES a esta lista, uma empresa especializada no fabrico de moldes para injeção de componentes em materiais termoplásticos, também sediada em Aveiro. Deste modo, a OLI tornou-se independente no que diz respeito à reparação e produção de moldes, essenciais na sua cadeia de valor.

Ainda que o seu principal foco seja a Europa, a OLI exporta para mais de 80 países no mundo situando-se, assim, entre as maiores do seu setor de operação, com um volume de negócio de 70.4 milhões de euros (valor referente a 2021).

A OLI dedica-se à conceção, industrialização, produção e comercialização de soluções sanitárias com foco na produção de autoclismos (interiores e exteriores) e mecanismos de descarga. Os autoclismos interiores são concebidos para serem instaladas dentro da parede, enquanto os exteriores são instalados do lado de fora. O termo mecanismo refere as torneiras e válvulas que, em conjunto, controlam o fluxo de água no tanque, garantindo a descarga. São, portanto, produzidas para integrar os tanques fabricados na OLI e para venda em separado. Para além dos mencionados, a OLI produz uma vasta gama de produtos onde se incluem os autoclismos falsos (concebidos para integrar tanques cerâmicos), as estruturas de fixação para sanitários, as placas de comando (que controlam os mecanismos de descarga dos autoclismos interiores), os *easy move* (que permitem o utilizador variar a altura do sanitário) e os módulos sanitários. Na Figura 9 observam-se estes produtos.



Figura 9 - Principais gamas de produtos da OLI

A OLI organiza-se nos departamentos, representados no organograma da Figura 10, entre os quais, o DMO, assinalado com a seta azul, onde foram desenvolvidos os projetos que se incluem no presente documento.

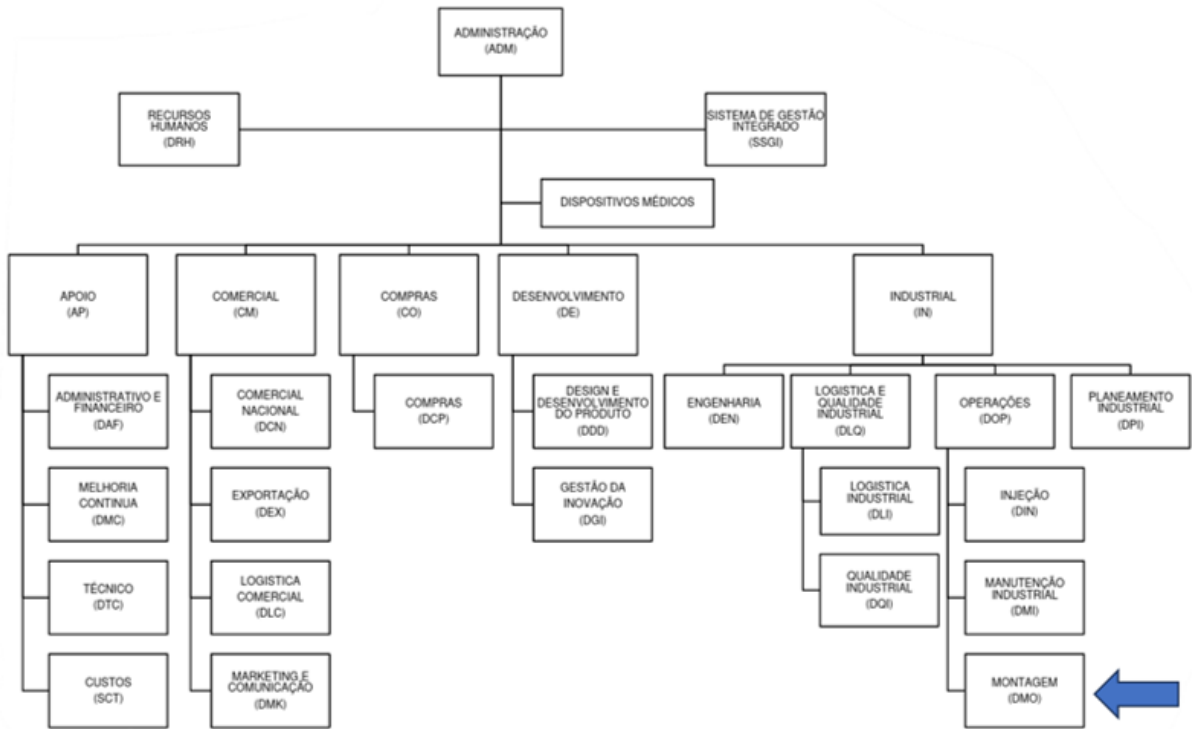


Figura 10 - Organograma da OLI

À data da elaboração do presente relatório, a OLI contava com cerca de 470 colaboradores a trabalhar na sua fábrica em Aveiro, que se estende por cerca de 180 000 m² e opera 24 horas por dia, 7 dias por semana. Na Figura 11 observa-se o *layout* da fábrica.

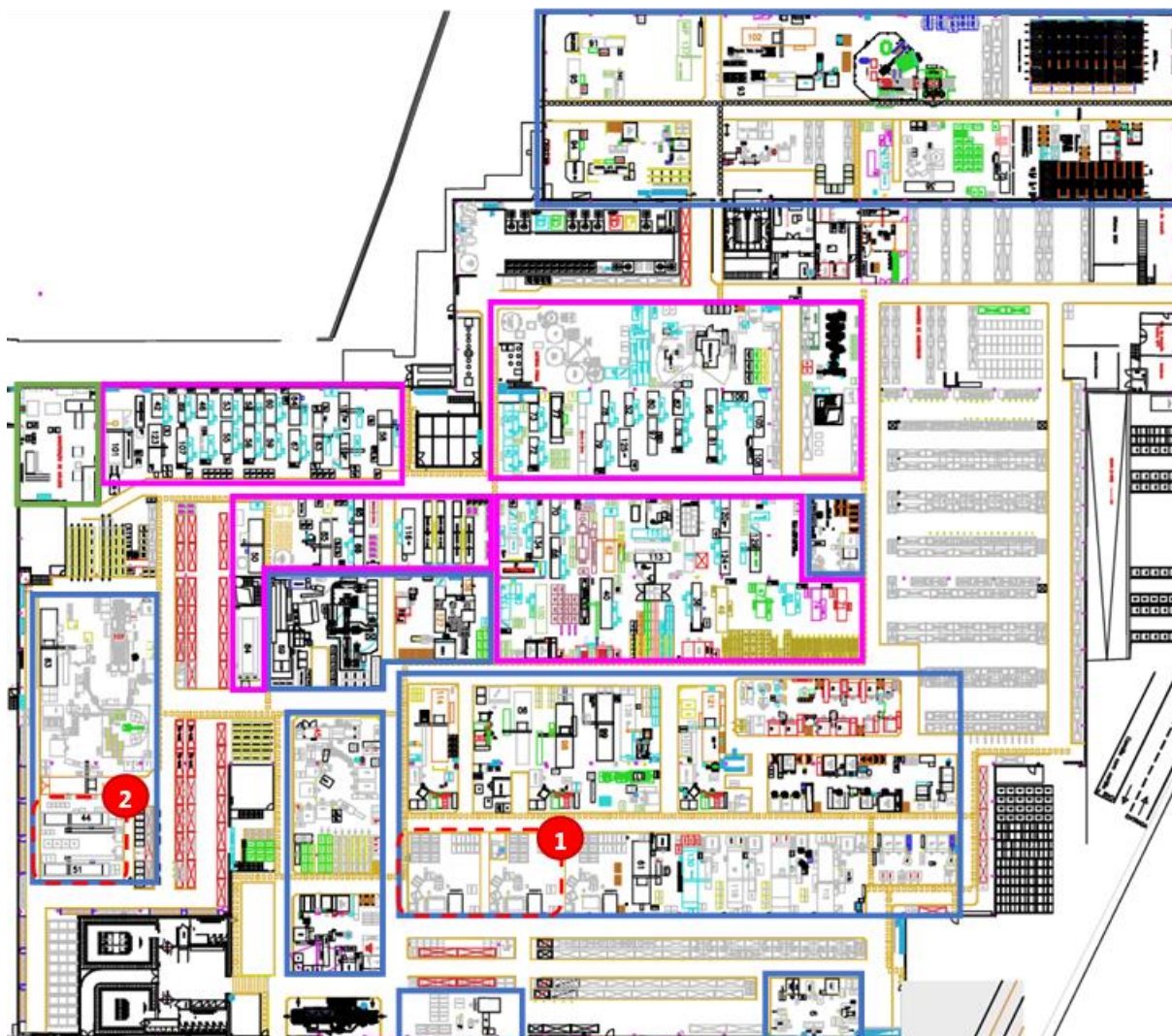


Figura 11 - Layout da fábrica

As áreas assinaladas a azul correspondem ao DMO, das quais se destacam a tracejado vermelho os centros de trabalho onde serão abordados os casos práticos (1 e 2, na Figura 11). A área a rosa corresponde ao Departamento de Injeção (DIN) e a verde à oficina de moldes que integra o Departamento de Manutenção Industrial (DMI). Os espaços não assinalados acomodam os armazéns e supermercados logísticos, escritórios e salas de reuniões, e os moinhos onde é feita a reciclagem de matéria-prima (MP).

3.2. Processo produtivo

O processo produtivo da OLI encontra-se esquematizado na Figura 12.

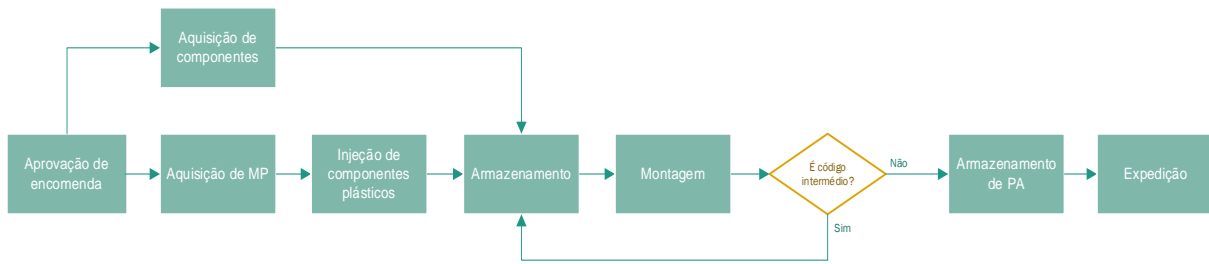


Figura 12 - Fluxograma do processo produtivo da OLI

O processo de fabrico inicia-se com a encomenda do cliente. Após a abertura e aprovação da mesma, segue-se a aquisição de matérias-primas, que são principalmente Poliestireno, Acrilonitrila Butadieno Estireno, Polipropileno e Polioximetileno, e a aquisição de quaisquer outros componentes necessários, a fornecedores externos.

De seguida, ocorre a transformação da MP através de um processo de moldagem por injeção. Na OLI este processo ocorre em dois departamentos, no DIN onde as Máquinas de Injeção de Plástico (MIP) são automáticas, e no DMO onde são semiautomáticas. No caso das máquinas automáticas, as peças são injetadas diretamente para caixas de diversos tamanhos e, caso o seu consumo seja elevado, seguem para os supermercados adequados, caso contrário são recolhidas para o armazém logístico. No caso das semiautomáticas, a injeção é feita diretamente na linha de montagem.

O passo seguinte está totalmente ao encargo do DMO e consiste na montagem dos componentes injetados e adquiridos. Tal como referido, as peças injetadas podem ser provenientes do DIN e, nesse caso, o seu abastecimento, assim como o dos adquiridos, é da responsabilidade da logística. Da montagem podem resultar códigos intermédios que servirão de input noutros centros de trabalho do DMO, ou então produto acabado (PA). Por exemplo, no caso dos mecanismos, nomeadamente válvulas e torneiras, os produtos podem ser embalados e vendidos individualmente como peças de substituição, ou podem seguir a cadeia de valor na fábrica e ser integrados num autoclismo interior, exterior ou falso, no centro de trabalho respetivo. No caso de ser produto acabado segue para o armazém de PA e depois é expedido para o cliente ou transportado para centros logísticos.

3.3. O Departamento de Montagem

O Departamento de Montagem (DMO) é diretamente responsável pela obtenção do produto acabado, pelo que tem como principal objetivo o cumprimento do plano semanal de montagem, garantindo que tudo é produzido de forma segura, de acordo com as regras definidas e zelando pelo bom funcionamento de todos os equipamentos. Para além disso, prima por manter uma relação eficiente cliente-fornecedor interno em todos os seus processos, interagindo principalmente com os departamentos de Injeção, Qualidade Industrial, Compras, Engenharia, Logística Industrial, Design e Desenvolvimento, Expedição, Marketing e Planeamento Industrial.

O DMO conta com cerca de 250 colaboradores distribuídos por seis áreas: Exteriores, Torneiras, Mecanismos, Placas, Interiores e Twins, que se subdividem em centros de trabalho, tal como representado na Tabela 2. Os centros de trabalho são identificados por uma sigla composta por duas

letras, seguida de um número, por exemplo, o centro de trabalho TP001 (por extenso “Tampas um”) corresponde à célula de produção de tampas número um. Na Tabela 2 organizam-se os centros de trabalho, a respetiva sigla e a quantidade que existe de cada um por área. A azul destacam-se os centros de trabalho sobre os quais incidiram os casos práticos.

Tabela 2 - Centros de trabalho por área

Área	Centro de Trabalho	Sigla	Número de células
Exteriores	Autoclismos Exteriores	AE	4
	Tampas	TP	2
	Válvulas de Descarga	VD	4
	Embalagem de Exteriores	EE	2
Torneiras	Torneiras	TB	12
Mecanismos	Válvulas de Descarga	VD	3
Placas	Placas de Comando	PC	7
	Placas de Proteção	PP	1
	Botões	BT	1
Interiores	Autoclismos Interiores	AI	4
	Estruturas (metálicas)	ES	3
	Caixas de Fole	CF	1
	Embalagem de Interiores	EI	1
	Pré Montagens	PM	10
	Estruturas Exóticas	ES	2
Twins	Autoclismos Falsos	AF	1
	Pré Montagens	PM	1
	Válvula de Descarga	VD	2
	Termostáticas	CT	1
	Embalagem	EE	2

A hierarquia do DMO encontra-se representada na Figura 13.

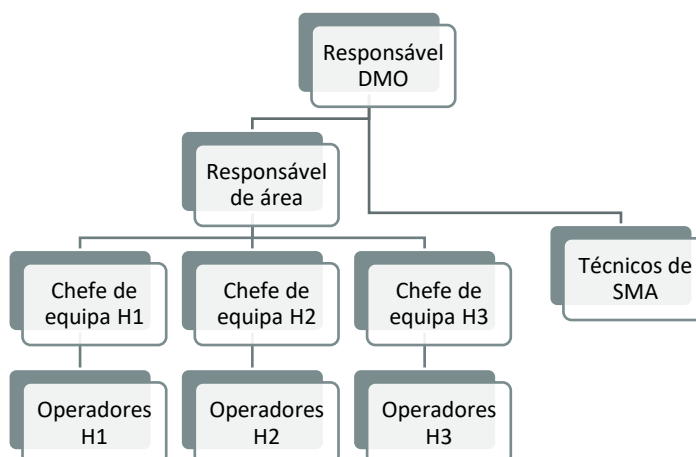


Figura 13 - Hierarquia do DMO

Assim, cada área é constituída pelos operadores e respetivo CE, existindo um CE por turno, que se designam por H1 (primeiro turno), H2 (segundo turno) e H3 (terceiro turno). Para as áreas dos Interiores e Exteriores, em H1 existe, ainda, uma pessoa de apoio ao CE. Os responsáveis de área no DMO são três sendo, um responsável pelas Placas, Twins e Mecanismos, outro pelos Exteriores e Torneiras, e outro pelos Interiores. Por sua vez, estes três responsáveis de área respondem diretamente ao responsável do departamento, que é também responsável por gerir a equipa dos técnicos de injeção das máquinas SMA. Existem seis técnicos de injeção afetos ao DMO, cinco que praticam horários rotativos e um sempre afeto ao segundo turno. Assim, os técnicos distribuem-se da seguinte forma pelos três turnos de trabalho: dois em H1, três em H2 e um em H3. Em cada turno, exceto em H3 no qual apenas existe um técnico, cada um é alocado a um de dois setores, que dividem as áreas do DMO da seguinte forma: setor A, que inclui Exteriores e Twins, com 11 máquinas no total, e setor B, que inclui Interiores e Placas, com 12 máquinas ao todo. Para além das trocas de molde, o trabalho dos técnicos de injeção do DMO inclui também trocas de postigos (componentes variáveis que se colocam na cavidade do molde para modificar a sua forma permitindo que, de um mesmo molde, se obtenham diferentes produtos), trocas de cor e MP, arranques e paragens das máquinas SMA, afinações para corrigir não conformidades nas peças injetadas e ainda tarefas de manutenção como limpeza e substituição de filtros.

3.4. Caso prático 1: Redução do tempo de mudança de código

De seguida será detalhado o caso prático 1 cujo objetivo principal foi a redução do tempo de mudança de código nos centros de trabalho das estruturas.

3.4.1. Descrição do objeto de estudo

O objeto de estudo deste projeto foram dois dos centros de trabalho dedicados à produção de estruturas metálicas, inseridos na área dos interiores do DMO. Estas células denominam-se “Estruturas 1” (ES001) e “Estruturas 2” (ES002) e operam 3 turnos de 8 horas por dia, 5 dias por semana. Em cada turno são necessários 2 operadores, o primeiro é responsável pela montagem do produto e o segundo pela sua embalagem. Ao longo do trabalho serão utilizadas as siglas PT1 (Posto de trabalho 1) e PT2 (Posto de trabalho 2) para referir os postos de montagem e embalagem, respetivamente. A terceira célula de estruturas metálicas, denominada “Estruturas 5” (ES005), não foi incluída na análise por não operar no primeiro turno (H1), horário privilegiado para o estudo. Na Figura 14 encontra-se um esboço do *layout* das células mencionadas anteriormente.

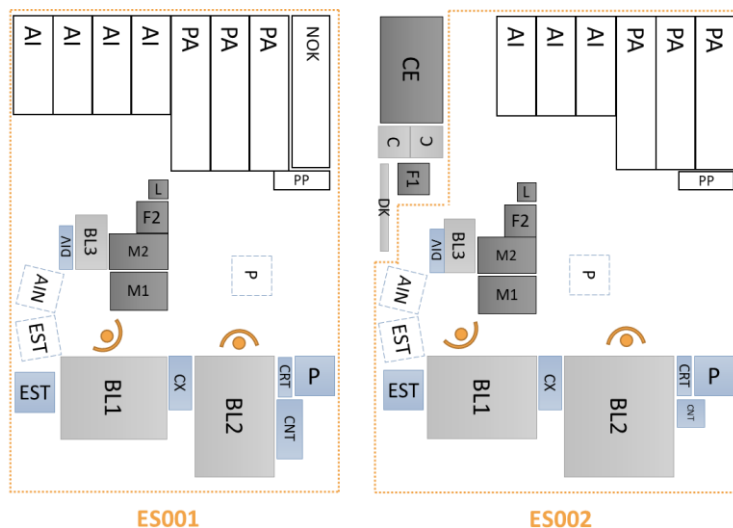


Figura 14 - Layout dos centros de trabalho ES001 e ES002

Legenda:

- | | |
|---|---|
| AI – Buffer de autoclismos intermédios | BL1 – Bordo de linha da montagem |
| PA – Zona de produto acabado (ou parque) | BL2 – Bordo de linha da embalagem |
| NOK – Zona de não conformidades | BL3 – Bordo de linha de apoio |
| PP – Porta-paletes | AIN – Autoclismos a uso |
| CE – Zona do chefe de equipa | EST – Estruturas (a tracejado: a uso; a cheio: zona de abastecimento) |
| DK – Quadro Daily Kaizen dos interiores | CX – Zona de abastecimento de caixas |
| C – Computador com acesso a IFS (<i>Industrial and Financial Systems</i>) | CRT – Zona de abastecimento de separadores de cartão |
| F1 – Armário de ferramentas partilhadas | CNT – Zona de abastecimento de cantos de cartão |
| F2 – Armário de ferramentas da célula | DIV – Carro de divisórias de plástico e separadores de cartão |
| L – Caixote do lixo | |
| M1 – Mesa de trabalho | |
| M2 – Mesa de apoio | |
| P – Paletes (a tracejado: a uso; a cheio: zona de abastecimento) | |

Na Figura 15 encontra-se o desenho de um dos códigos de autoclismos interiores mais produzidos. Importa referir que, como um todo, o produto pode ser denominado “autoclismo interior” ou simplesmente “estrutura”, assim, neste relatório, será utilizado o termo “estrutura” para referir o produto como um todo, e os termos “autoclismo interior” e “estrutura metálica” para as respetivas partes integrantes.

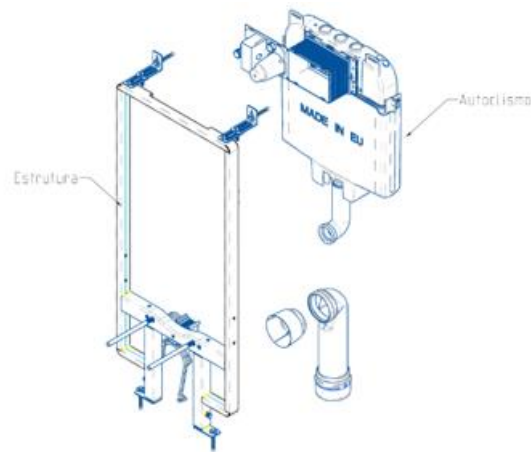


Figura 15 - Vista explodida de uma estrutura

De um modo geral, o processo produtivo das células referidas anteriormente pode ser representado pelo diagrama SIPOC da Figura 16.

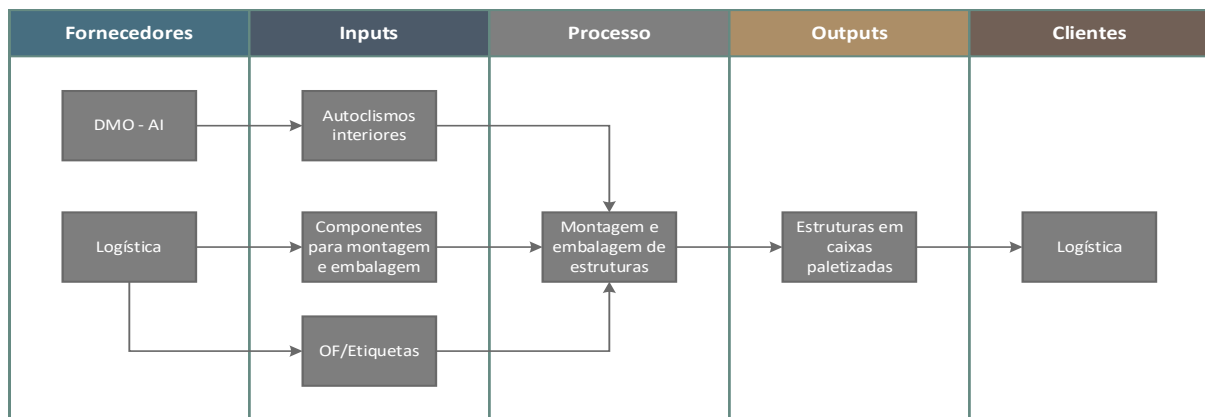


Figura 16 - SIPOC do processo de montagem e embalagem de estruturas

Assim, como *inputs* do processo têm-se os autoclismos interiores, produzidos nos centros de trabalho de autoclismos interiores (AI) e armazenados na zona de autoclismos intermédios, os componentes para montagem e embalagem, abastecidos pela logística e, por último, as ordens de fabrico (OF) e as etiquetas necessárias que, apesar de serem impressas pelo CE, são também abastecidas no bordo de linha pela logística. Por “componentes para montagem” entenda-se todos os elementos, abastecidos essencialmente no bordo de linha 1 (BL1), necessários à montagem da estrutura que é feita pelo primeiro operador. Estes são, por exemplo, as diversas peças plásticas previamente injetadas em máquinas automáticas no DIN, ou então componentes provenientes de fornecedores externos tais como, parafusos ou a própria estrutura metálica. Por sua vez, os componentes para embalagem são as caixas de cartão onde o segundo operador embala a estrutura montada pelo primeiro, os componentes de paletização (paletes e cantos de cartão) e todos os elementos que vão na caixa juntamente com a estrutura para o cliente. Estes últimos são abastecidos no bordo de linha 2 (BL2) e recolhidos pelo segundo operador através de um sistema de “*picking by light*” (sistema de luzes programadas para acender e apagar de forma a orientar os operadores a recolher os componentes

certos, na ordem certa) e incluem, por exemplo, sacos de acessórios provenientes das células de pré-montagens, folhas de instruções, entre outros. O *output* deste processo são as estruturas montadas e embaladas em caixas paletizadas que são recolhidas pelos operadores da logística para o armazém de PA.

3.4.2. Processo de mudança de código nas estruturas

Uma mudança de código é um processo de *setup* que, tal como o nome indica, consiste na troca de código a produzir e, na prática, ocorre sempre que se inicia uma nova OF. As mudanças de código são desempenhadas pelos dois operadores afetos à produção nas células e, de um modo geral, englobam as seguintes tarefas:

- Paletização de últimas caixas, registo da quantidade produzida e transporte de caixas paletizadas para a zona de PA;
- Devolução de componentes da produção anterior;
- Abastecimento de estruturas e autoclismos para a zona de uso;
- Desembalagem de estruturas;
- Consulta de documentação relativa à nova produção nomeadamente:
 - Ficha do Produto (FP) – onde constam as etiquetas do produto e outra informação adicional que seja necessário transmitir de forma mais imediata;
 - Instrução de Montagem (IM) – que contém todos os passos e regras a seguir para montar e embalar a estrutura;
 - Ficha de Embalagem (FE) – que reúne a informação da paletização, isto é, a quantidade de caixas por palete e fila, a quantidade de separadores entre filas e a quantidade de agramos a utilizar para prender os cantos de cartão;
- Auditoria a todos os componentes da nova produção;
- Configuração de dispositivos na célula, tais como, aparafusadoras e dispositivo de montagem de abraçadeiras, quando necessário;
- Programação do *picking* e parametrização da consola de contagem;
- Montagem da 1ª peça e respetiva auditoria;
- Embalagem da 1ª peça e respetiva auditoria;
- Registo de paragem.

3.4.3. Caracterização da situação inicial

Os dados necessários para definir e analisar o estado inicial do processo de mudança de código foram recolhidos diretamente no *Gemba*, através de entrevistas informais aos operadores e ao CE e da gravação de 10 vídeos. Com isto, foi possível identificar e compreender as tarefas realizadas durante a mudança de código, obter o tempo de execução de cada uma e identificar problemas e oportunidades de melhoria.

3.4.3.1. Tempo de mudança de código inicial

Por tempo de mudança de código entenda-se o tempo decorrido entre a colocação da última estrutura boa na palete até à colocação da primeira da OF seguinte. Uma vez que o registo deste tempo era feito manualmente pelos operadores nas folhas de registo do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), os valores revelaram-se pouco fiáveis e, portanto, a caracterização inicial deste indicador foi feita a partir das gravações realizadas. Assim, a amostra inicial de 10 vídeos é constituída pelos tempos representados no gráfico da Figura 17, dos quais resulta um tempo de *setup* inicial médio de 16 minutos e 33 segundos e um desvio padrão de 3 minutos e 21 segundos (ver Tabela 3).

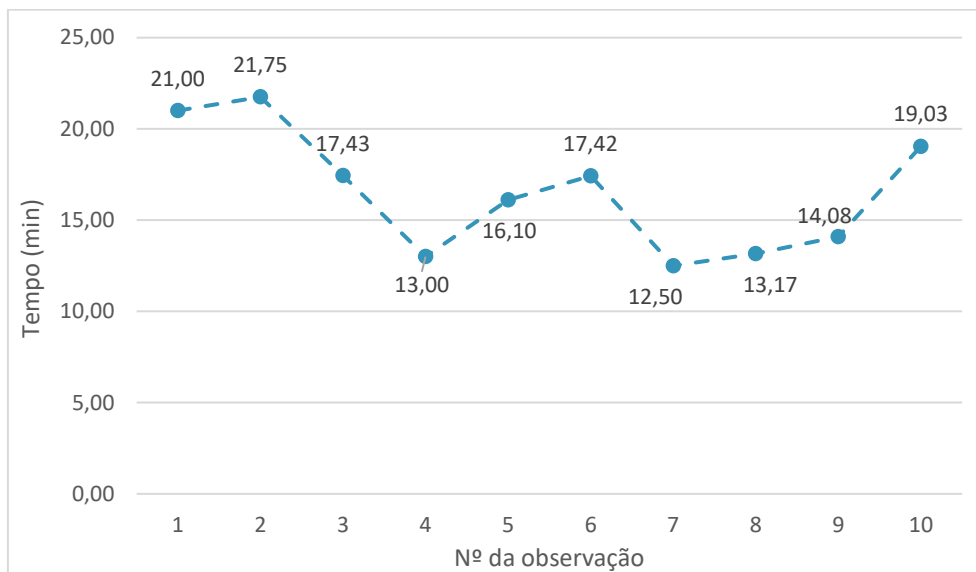


Figura 17 - Tempo de mudança de código inicial por observação

Tabela 3 - Estatísticas associadas à mudança de código da amostra inicial (em min)

Quantidade (N)	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo médio	Desvio padrão
10	12,50	21,75	16,55	3,35

3.4.3.2. Levantamento e análise das operações de mudança de código

Após a recolha dos dados foi realizada a respetiva análise com vista a fazer o levantamento das tarefas desempenhadas.

Tendo em conta o número elevado de tarefas identificadas, para facilitar a análise, optou-se por classificar as tarefas em dez categorias específicas relativas ao processo em causa, que se apresentam em seguida:

- Paletização: tarefas desempenhadas após colocar a última caixa da OF em curso na palete até todas as paletes estarem finalizadas conforme a FE na zona de PA;
- Devolução: tarefas relacionadas com a devolução de componentes da OF anterior. No caso dos autoclismos, sempre que o carro fica vazio é transportado para um dos centros de trabalho

dos autoclismos interiores para ser reabastecido, caso sobrem autoclismos, o carro é transportado para o buffer e colocado no local de onde se retira o carro necessário para a OF seguinte;

- c) Abastecimento: tarefas relacionadas com a colocação dos componentes da OF seguinte na respetiva zona de uso;
- d) Componentes: tarefas relacionadas com a preparação de componentes para a montagem, embalagem e paletização da OF seguinte;
- e) Dispositivos: tarefas relacionadas com a preparação de dispositivos para a montagem, embalagem e paletização da OF seguinte. Estes dispositivos incluem ferramentas tais como, etiquetadoras e aparafusadoras, e a própria mesa de trabalho cujo suporte deve ser ajustado à largura da estrutura metálica para facilitar as operações de montagem;
- f) Registos: tarefas relacionadas com registo da produção e da paragem para mudança de código;
- g) Documentação: tarefas relacionadas com toda a documentação que deve ser visualizada antes de iniciar a nova OF. Estas tarefas são um *standard* transversal a todo o DMO;
- h) Auditoria: tarefas relacionadas com a auditoria ao BL que consiste em garantir, componente a componente, que o que está abastecido é realmente o que é pedido na OF seguinte;
- i) *Picking*: tarefas relacionadas com a programação do sistema de *picking by light* do BL2 e da consola de contagem de produção, onde se deve colocar a quantidade total da OF e o número de caixas por palete para que seja possível visualizar o estado da produção em tempo real;
- j) 1ª peça OK: tarefas relacionadas com a obtenção da 1ª peça OK. Incluem a montagem e embalagem da primeira estrutura e respetivas auditorias, que visam garantir que todos os componentes que estão na OF (previamente validados na auditoria ao BL) foram devidamente montados ou embalados. Estas tarefas são também um *standard* transversal a todo o DMO.

A aplicação do SMED requer a distinção entre *setup* interno e externo, pelo que, esse foi o passo seguinte na análise das tarefas necessárias à mudança de código. O facto de se tratar de uma célula de produção manual impede que as tarefas internas e externas sejam definidas com base no estado da máquina (parada ou em operação) e, portanto, a classificação foi feita equiparando os operadores da célula a uma máquina. Assim sendo, uma operação é:

- Externa, quando pode ser desempenhada enquanto os operadores se encontram a produzir, o que seria equivalente à máquina estar em funcionamento;
- Interna, nos casos em que implica a paragem da produção, ou seja, quando só pode ser desempenhada pelos operadores afetos à célula, por exemplo, por questões de qualidade, ou quando só pode ser desempenhada entre produções.

Na Tabela 4 encontram-se listadas as tarefas de mudança de código, a sua classificação com base nos critérios descritos e, os valores dos tempos mínimos, máximos e médios e o respetivo desvio padrão, retirados da amostra inicial.

Tabela 4 - Tarefas da mudança de código

Nº	Setup	Categoria	Tarefa	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo médio	Desvio Padrão
1	Externo	Paletização	Filma caixas paletizadas	0,90	3,77	1,90	1,09
2	Externo	Paletização	Transporta paletes PA para parque	0,48	1,73	1,01	0,53
3	Externo	Paletização	Agrafa paletes	0,25	1,70	0,88	0,51
4	Externo	Paletização	Vai buscar folhas de registo à impressora	0,38	0,63	0,48	0,11
5	Externo	Paletização	Coloca folhas de código nas paletes	0,10	0,68	0,30	0,23
6	Externo	Paletização	Coloca cantos de cartão junto das caixas paletizadas	0,18	0,53	0,30	0,13
7	Externo	Devolução	Devolve autoclismos produção anterior	0,50	1,72	1,29	0,49
8	Externo	Devolução	Devolve carro a célula de autoclismos	0,37	0,40	0,38	0,02
9	Externo	Abastecimento	Abastece autoclismos para próxima produção	0,22	1,45	0,64	0,37
10	Externo	Abastecimento	Abastece estruturas para próxima produção	0,10	0,65	0,36	0,19
11	Externo	Componentes	Desembala estruturas	0,75	2,20	1,19	0,45
12	Externo	Componentes	Coloca paletes e cartão no chão para a nova OF	0,47	1,07	0,73	0,21
13	Externo	Componentes	Corta fio que prendem as caixas	0,12	0,25	0,19	0,06
14	Externo	Dispositivos	Configura etiquetadora estruturas	0,12	0,48	0,26	0,20
15	Externo	Registos	Regista produção terminada na OF anterior e no IFS	0,93	2,00	1,35	0,44
16	Interno	Devolução	Devolve caixas de produção anterior BL2	0,25	1,05	0,80	0,37
17	Interno	Devolução	Devolve caixas de produção anterior BL1	0,10	1,23	0,59	0,39
18	Interno	Devolução	Devolve estruturas da produção anterior	0,08	0,52	0,27	0,20
19	Interno	Devolução	Retira etiquetas PT2	0,13	0,43	0,27	0,15
20	Interno	Abastecimento	Coloca etiquetas PT1	0,07	0,67	0,36	0,25
21	Interno	Abastecimento	Coloca rolo etiquetas PT2	0,18	0,43	0,32	0,11
22	Interno	Documentação	Consulta IM	0,30	1,60	0,90	0,40
23	Interno	Documentação	Consulta FP e preenche nº de FP na nova OF	0,07	1,18	0,57	0,35
24	Interno	Documentação	Consulta FE	0,22	1,00	0,54	0,29
25	Interno	Documentação	Inicia nova OF (cola 1ª etiqueta)	0,20	1,42	0,52	0,41
26	Interno	Documentação	Audita etiqueta	0,15	1,00	0,51	0,25
27	Interno	Documentação	Preenche data e assinatura na nova OF	0,08	0,25	0,20	0,06
28	Interno	Auditoria	Audita BL2	1,35	4,68	2,62	1,31
29	Interno	Auditoria	Audita BL1	0,77	5,83	2,29	1,59
30	Interno	Auditoria	Arruma placas "próxima produção"	0,08	0,43	0,23	0,13
31	Interno	Componentes	Coloca copo para etiquetas na mesa de trabalho	0,87	1,08	0,98	0,15
32	Interno	Componentes	Coloca caixas indicadas no BL de apoio PT1	0,62	0,62	0,62	
33	Interno	Componentes	Coloca caixas indicadas na mesa de trabalho	0,10	0,45	0,28	0,14
34	Interno	Dispositivos	Ajusta suporte da mesa	0,38	1,58	0,87	0,52
35	Interno	Dispositivos	Prepara aparafusadora	0,50	1,23	0,76	0,41
36	Interno	Dispositivos	Configura dispositivo de montagem PT1	0,08	0,73	0,27	0,24
37	Interno	Picking	Programa picking	0,33	1,58	0,64	0,43
38	Interno	Picking	Define valor a produzir na consola PT2	0,08	0,22	0,13	0,05
39	Interno	1ª peça OK	Monta 1ª peça	0,58	3,37	1,48	0,73
40	Interno	1ª peça OK	Audita 1ª peça	0,37	1,58	0,85	0,37
41	Interno	1ª peça OK	Embala 1ª peça	0,28	1,15	0,61	0,26
42	Interno	1ª peça OK	Audita embalagem	0,30	0,78	0,53	0,20
43	Interno	1ª peça OK	Fecha 1ª caixa	0,08	1,40	0,40	0,41
44	Interno	1ª peça OK	Monta 1ª caixa	0,20	0,50	0,29	0,09
45	Interno	1ª peça OK	Coloca 1ª caixa na paleta	0,07	0,20	0,09	0,05
46	Interno	Registos	Regista produção anterior e paragem no OEE	0,63	1,10	0,84	0,20

Na Tabela 5 e na Tabela 6 apresentam-se os valores mínimos, máximos e médios e o desvio padrão registados na amostra inicial por tipo de *setup* e por categoria, respetivamente.

Tabela 5 – Estatísticas associadas ao tipo de setup na amostra inicial (em min)

Setup	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo médio	Desvio Padrão
Interno	8,75	25,42	14,74	4,49
Externo	2,80	11,98	7,46	3,18

Tabela 6 - Estatísticas associadas às categorias na amostra inicial (em min)

Categoria	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo médio	Desvio Padrão
Auditoria	2,70	10,42	5,03	2,62
Paletização	1,85	7,32	4,34	1,89
1ª peça OK	1,45	5,30	3,61	1,08
Documentação	0,45	5,28	2,51	1,38
Componentes	0,92	3,53	2,28	0,93
Devolução	0,40	3,87	1,85	1,09
Registos	0,73	2,63	1,44	0,82
Abastecimento	0,65	1,88	1,26	0,40
Dispositivos	0,10	2,08	0,91	0,71
Picking	0,10	1,68	0,62	0,47

3.4.4. Identificação de oportunidades de melhoria

Analisando os valores registados por tipo de *setup* foi possível verificar que as tarefas externas representavam cerca de 34% (ver Figura 18) do tempo total registado na amostra inicial. Como tal, a sua transferência para fora do momento de paragem revelou-se uma oportunidade de melhoria, tal como preconizado na fase 1 do SMED.

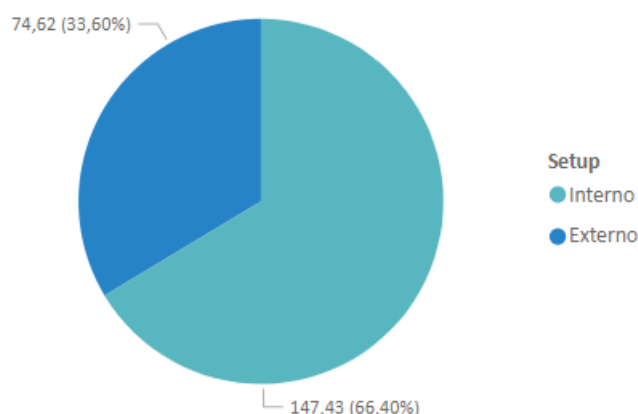


Figura 18 - Percentagem do tempo de tarefas registado na amostra inicial por tipo de setup

Em relação à análise das categorias, uma vez que tanto as tarefas de “1ª peça OK” como as tarefas de “Documentação” correspondem a *standards* organizacionais e, no caso da última, já havia uma ação de melhoria em curso relacionada com a implementação do MES (*Manufacturing Execution System*), o novo software de controlo da produção, estas foram retiradas da análise e foi elaborado o Diagrama

de Pareto que se apresenta na Figura 19. Este diagrama tornou evidente que as maiores oportunidades de melhoria adviriam da redução do tempo das tarefas de Auditoria e Paletização, que juntas perfazem cerca de 53% do tempo total de tarefas da amostra inicial. Por ordem crescente, as categorias Auditoria, Paletização, Componentes e Devolução representam quase 80% desse tempo.

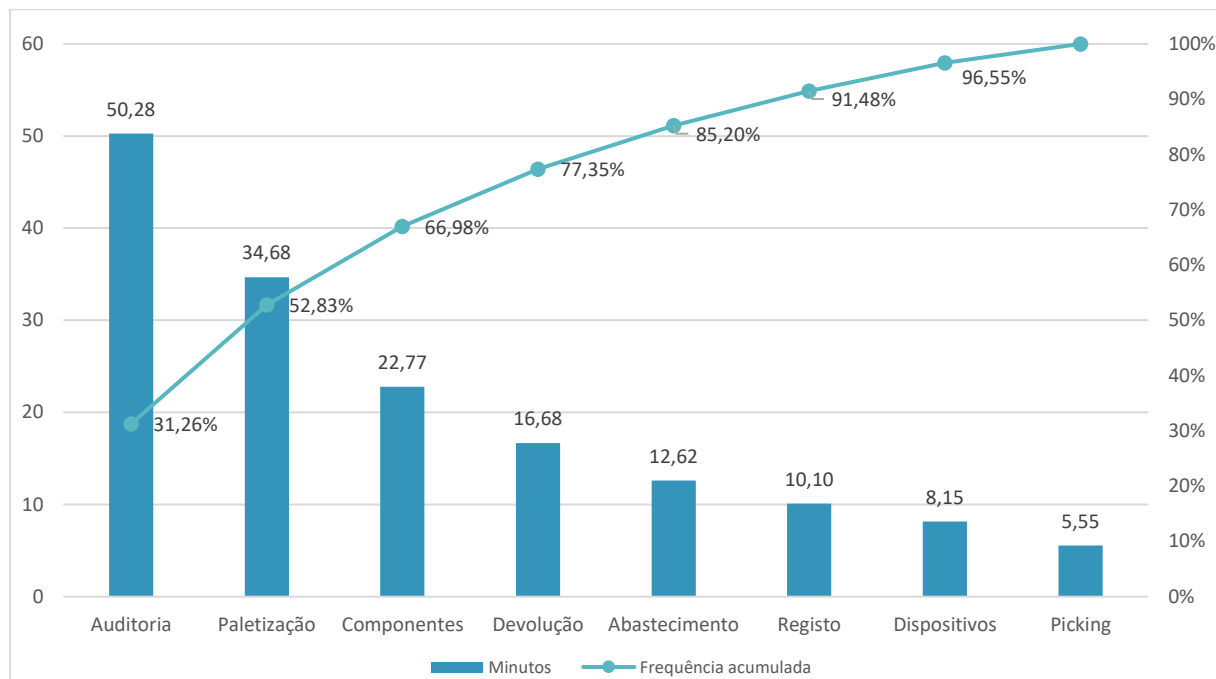


Figura 19 - Diagrama de Pareto para as categorias de tarefas da mudança de código

Das mudanças de código observadas, foi possível identificar uma elevada variabilidade em relação ao operador alocado a cada tarefa e à sequência de execução das mesmas, o que pode resultar numa distribuição ineficiente de tarefas e levar a tempos de espera entre operadores. No gráfico da Figura 20, para cada uma das observações, as barras representam o tempo de ocupação de cada operador em tarefas necessárias à mudança de código e a linha a tracejado o tempo total da mudança. Pode observar-se que a distância entre a linha e as colunas corresponde ao tempo de atividades sem valor acrescentado, denominadas NVA (*Non-Value Added*), sob a forma de desperdícios tais como, esperas ou tarefas desnecessárias à mudança.

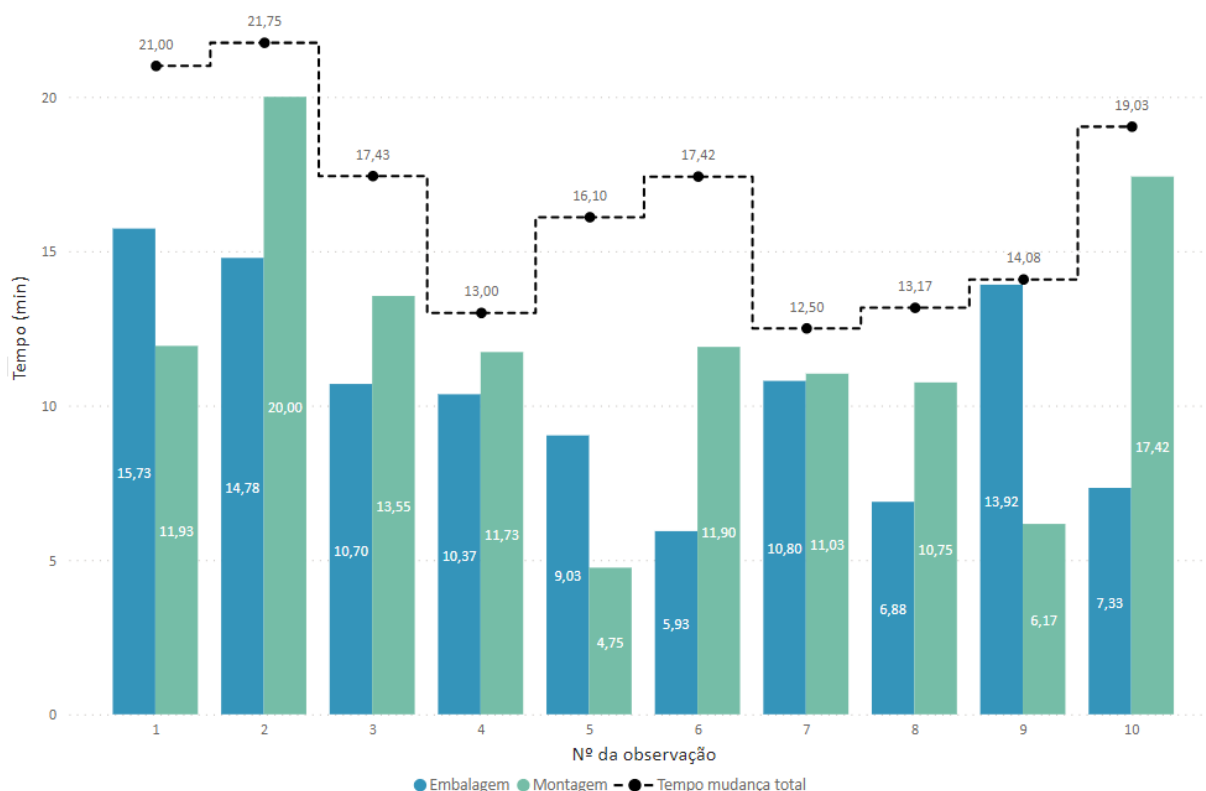


Figura 20 - Comparação do tempo da mudança de código com a ocupação de cada operador

Na Tabela 7 reúnem-se os valores mínimo, máximo e médio e o desvio padrão das tarefas NVA da amostra inicial.

Tabela 7 - Estatísticas associadas às tarefas NVA da amostra inicial (em min)

N	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo médio	Desvio Padrão
10	0,17	7,07	3,04	2,26

Tendo em conta estes valores, definir a alocação e sequenciamento das tarefas num procedimento *standard* que minimizasse o tempo de mudança de código e equilibrasse a carga de trabalho entre os dois operadores foi outra das oportunidades de melhoria identificadas.

Depois de obtidos os dados quantitativos apresentados ao longo desta secção, foi importante reunir os dados qualitativos sobre as causas que poderiam estar por detrás dos problemas identificados. Assim, beneficiando de todos os *inputs* dos operadores e chefes de equipa e depois de diversas reuniões de *brainstorming* com o responsável de área, foi elaborado o Diagrama de *Ishikawa* apresentado na Figura 21. Para adaptar o diagrama ao problema em estudo, e assim estruturar melhor as oportunidades de melhoria identificadas ao longo desta secção, foram usadas as categorias “Auditoria”, “Paletização”, “Componentes”, “Devolução” e “NVA” em vez das categorias padrão.

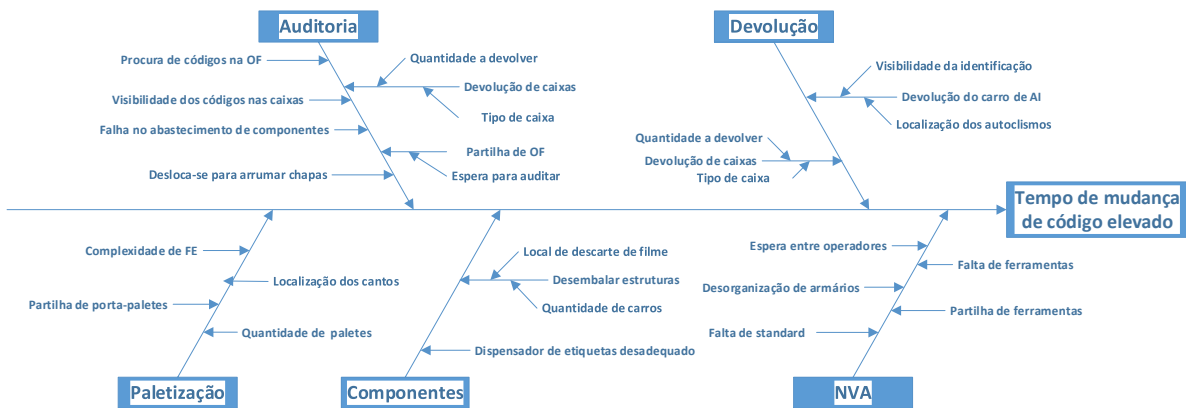


Figura 21 - Diagrama de Ishikawa para o tempo de mudança de código elevado

As melhorias, que serão detalhadas na secção seguinte, incidiram sobre as categorias de “Auditoria”, “NVA”, “Componentes” e, apesar de não ter sido identificada no diagrama de Ishikawa, também sobre a de “Dispositivos”.

3.4.5. Ações de melhoria desenvolvidas

Criação de um dispensador de etiquetas magnético

Uma das causas identificada no diagrama causa-efeito para o tempo elevado da categoria “Componentes” foi o dispensador de etiquetas que estava a ser utilizado. Alguns códigos levam etiquetas de varão coladas na estrutura metálica e, como tal, para que as etiquetas fiquem mais próximas do local de uso, os operadores utilizavam minifilme para prender um copo à mesa de trabalho (visível à esquerda, na Figura 22).

A tarefa “Coloca copo para etiquetas na mesa de trabalho”, ainda que não seja sempre necessária, revelou-se morosa com uma média de 0,98 minutos, ou seja, cerca de 59 segundos, e um desperdício de recursos nomeadamente de minifilme. A fim da sua eliminação, foi aplicada uma placa metálica na mesa de trabalho para que os operadores pudessem, de forma expedita, colocar e retirar um dispensador magnético para as etiquetas no local de uso. Foram testados diversos tipos de dispensadores de etiquetas, mas dada a limitação de espaço na mesa teriam impacto na ergonomia durante a montagem, pelo que se optou por manter o copo como dispensador, tendo-lhe sido aplicado um íman para servir o mesmo efeito (visível à direita, na Figura 22).



Figura 22 - Antes e depois do dispensador de etiquetas de varão

Antes da melhoria os operadores colocavam o copo na mesa (tarefa “Colocar etiquetas PT1”) e, de seguida, prendiam-no com o minifilme. Com o novo copo, se o código exigir etiquetas de varão, a única tarefa que é necessário executar é a primeira, que corresponde ao transporte do copo do BL (local onde é armazenado e onde se encontram as etiquetas) para a zona magnetizada da mesa. Caso as etiquetas de varão não sejam necessárias, o operador executa o movimento contrário, armazenando o copo no BL.

SMED Fase 1: Separar *setup* interno de *setup* externo

Esta fase do SMED indica a separação de todas as tarefas externas. No entanto, nas estruturas, os operadores responsáveis pelas mudanças de código são os mesmos que se encontram alocados à produção, pelo que não estão disponíveis para realizar tarefas externas antes ou depois da paragem.

As tarefas que foram possíveis de separar serão apresentadas de seguida, no entanto, dada a indisponibilidade da mão de obra, não foi possível separar todas as tarefas externas.

- Tarefa “Configurar etiquetadora”

Para rastreio, todas as estruturas devem ser identificadas com o número dos operadores na célula e a data de produção sendo que, para tal, podem ser utilizadas as etiquetas de metro ou as etiquetas de rastreio. No caso das etiquetas de rastreio, é utilizada uma etiquetadora que deve ser reconfigurada em cada turno. Esta tarefa era realizada pelos operadores durante a primeira mudança de código do dia pelo que foi transferida para as tarefas de início de turno. Uma vez que é uma tarefa de tempo reduzido (0,26 minutos), não afetou, na prática, o tempo estipulado para as tarefas de início de turno que já existiam.

- Tarefa “Desembalar estruturas”

Para que seja possível realizar o transporte das estruturas metálicas até às células de forma segura, estas encontram-se envolvidas em filme plástico. Durante a mudança de código, um dos operadores era responsável por desembalar as estruturas, isto é, cortar e retirar o filme das mesmas. Para além

desta tarefa, por vezes o operador fazia ainda o seu descarte movimentando-se até ao local de descarte do filme que também não era *standard*. Esta tarefa não foi eliminada, mas sim transferida para a equipa da logística que fica responsável por abrir o filme das estruturas até metade no local de abastecimento, tal como representado na Figura 23.



Figura 23 - Instrução de abastecimento do carro de estruturas após melhoria

Assim, os operadores da célula apenas fazem o seu transporte para a zona de uso. O corte do restante filme é feito pelo operador durante a produção, apenas se necessário (se não forem necessárias todas as estruturas do carro, o filme deve ser preservado para facilitar o transporte de devolução). Quanto ao local de descarte, foi definido que o filme deve ser deixado no carro vazio que é devolvido, sendo também da responsabilidade da logística fazer o devido descarte.

- Tarefa “Corta fios que prendem as caixas”

Esta tarefa foi transferida para o operador da logística que passa a ter a responsabilidade de cortar as cintas que prendem as caixas de cartão, após fazer o seu abastecimento no BL, conforme demonstra a Figura 24.

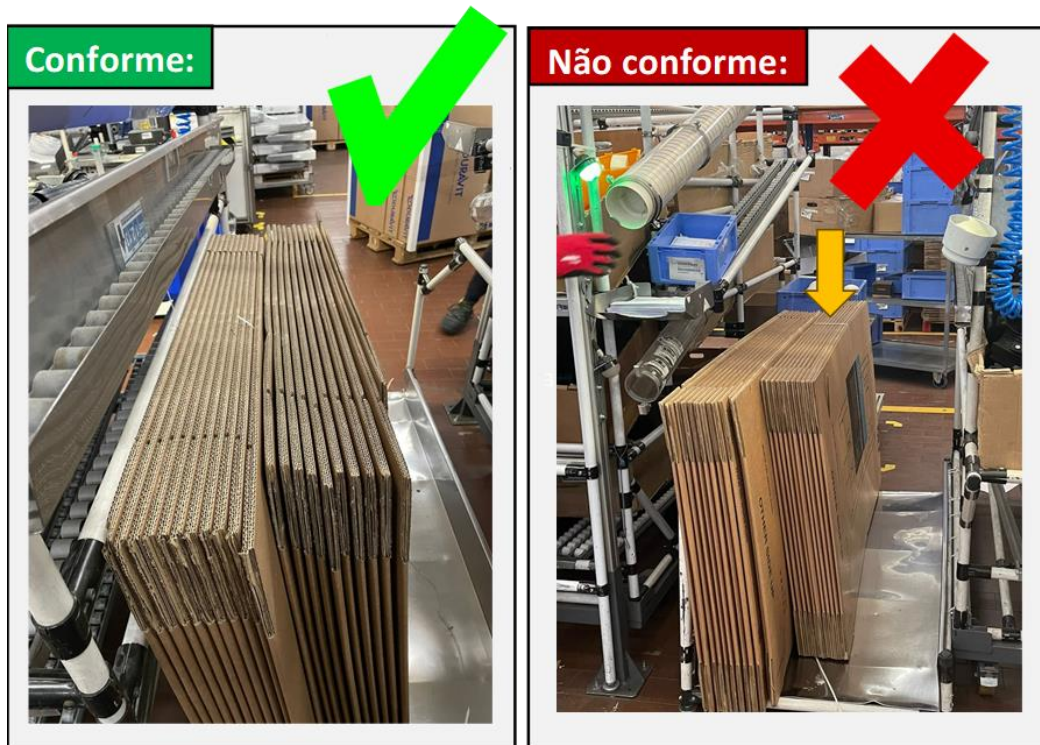


Figura 24 - Instrução de abastecimento das caixas de cartão após melhoria

SMED Fase 2: Converter *setup* interno em *setup* externo

Nesta fase da metodologia é esperada a conversão de tarefas internas em externas, no entanto não foi desenvolvida nenhuma solução nesse âmbito.

SMED Fase 3: Simplificar as tarefas de *setup* (internas e externas)

- Organizar lista de componentes da OF

Em qualquer centro de trabalho do DMO, a auditoria ao BL é feita seguindo os passos especificados na Figura 25, sendo que se percorrem as posições do BL uma a uma, seguindo as setas a verde da Figura 26.

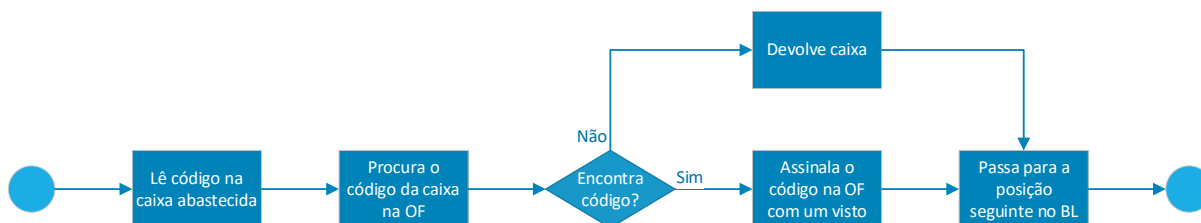


Figura 25 - Procedimento de auditoria ao BL

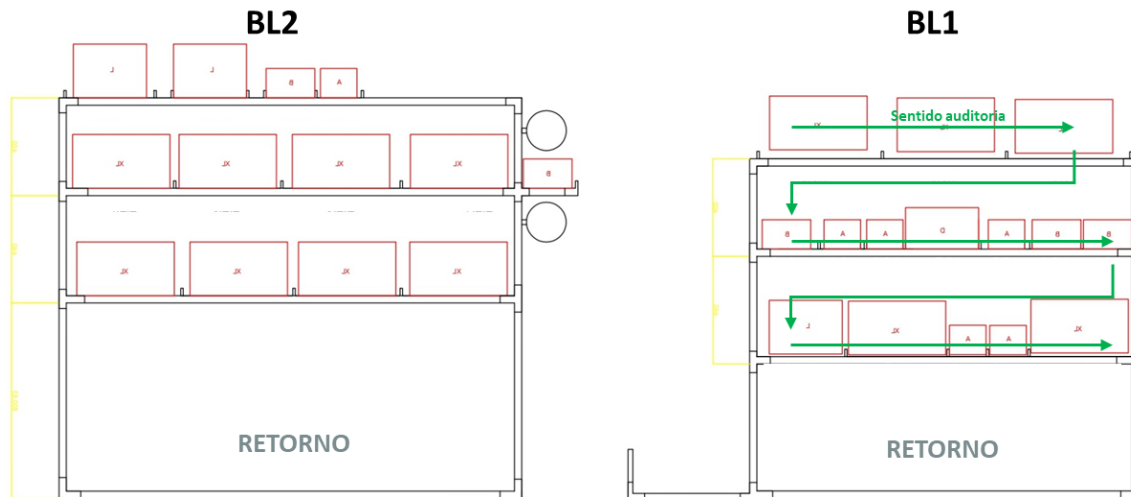


Figura 26 - Esquema do BL das estruturas e sentido da auditoria

Nas mudanças de código das estruturas, as auditorias, tanto ao BL1 como ao BL2, eram tarefas demoradas (em média, 2,29 e 2,62 minutos, respetivamente) e muito variáveis (desvios padrão de 1,59 e 1,31 minutos, respetivamente).

Tal como especificado no diagrama de *Ishikawa* da Figura 21, uma das causas identificada para a demora na auditoria foi a “Procura de códigos na OF”. Neste passo verificou-se também o desperdício de sobre processamento, ou até mesmo o processamento desnecessário, pois quando o operador não encontrava o código à primeira, reiniciava a procura e, por vezes, o código efetivamente não se encontrava na lista (não era necessário para a produção a ser auditada), podendo tratar-se de um erro no abastecimento ou ser excedente da produção anterior. O problema desta tarefa residia na ordem aleatória dada à lista de componentes na OF que, dependendo do código a produzir, pode ser mais ou menos extensa (as mais extensas podem ter mais do que uma página).

A solução proposta consistiu na inclusão de uma funcionalidade no *software* IFS (*Industrial and Financial Systems*), utilizado para o processamento de ordens de fabrico, que permitisse ordenar a lista de componentes na OF de acordo com a sua posição no BL e o sentido da auditoria. Para testar a solução, em parceria com o DEN, foi elaborada uma *query* capaz de reunir os dados dos componentes de uma dada OF por ordem do BL. Assim, foram elaborados 15 protótipos de uma OF organizada e a solução foi testada no chão de fábrica, obtendo-se os resultados da Tabela 8 para o tempo da auditoria a cada BL.

Tabela 8 - Estatísticas associadas à auditoria do BL com a OF organizada (em min)

BL	N	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo médio	Desvio Padrão
BL1	15	0,52	1,48	1,07	0,26
BL2	15	0,63	1,02	0,83	0,11

Para além de reduzir o tempo e o desvio padrão da tarefa de auditoria, uma OF organizada permite detetar erros no abastecimento muito mais rapidamente, dado que cada código terá o seu lugar único e ordenado na lista, portanto, se durante a auditoria, o código seguinte não coincidir com o da caixa

no BL, o operador sabe desde logo que há um erro e não tem de voltar a percorrer a OF. Apesar dos benefícios identificados, esta melhoria não foi implementada no tempo útil do projeto por falta de disponibilidade por parte do Departamento Técnico, responsável por todos os desenvolvimentos e alterações do IFS.

- Preparar aparafusadoras

A tarefa de preparação das aparafusadoras consistia na troca de ponteiras e na deslocação ao armário partilhado (identificado no *layout* da Figura 14 como “F1”) no qual eram armazenadas. Depois de analisar a tarefa, concluiu-se que a maior parte dos códigos ou utilizava uma aparafusadora (elétrica) ou duas (uma elétrica e uma pneumática) e que esse número apenas se alterava em casos pontuais.

Uma das aparafusadoras (a elétrica) encontrava-se fixa à mesa de trabalho. A necessidade de preparar a segunda (a pneumática) advinha da falta de um local no posto de trabalho para a armazenar durante produções em que não era necessária. Para evitar a deslocação ao armário, alguns operadores deixavam desadequadamente a aparafusadora no posto de trabalho, tal como é visível na Figura 27 à esquerda. Como tal, foi criado um suporte dedicado a esta ferramenta para que se pudesse eliminar esta deslocação do operador.

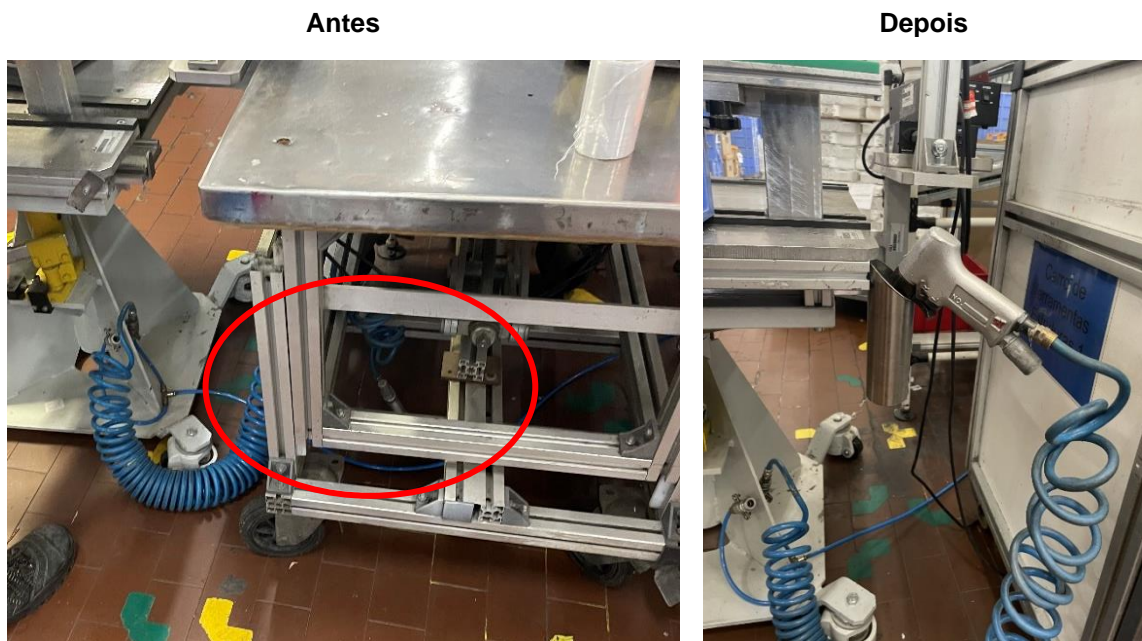


Figura 27 - Antes e depois do suporte para a aparafusadora

O tempo de preparação das aparafusadoras após esta melhoria inclui apenas a troca de ponteiras ou a sua arrumação no respetivo suporte, e estimou-se em 30 segundos (0,50 minutos) com base em 3 observações.

Não foi possível evitar a deslocação nos casos em que eram necessárias três aparafusadoras, pois não era possível garantir esse número de ferramentas dedicadas em cada centro de trabalho e, dado que são casos muito pontuais, não se justificava o investimento. O problema que mais tinha impacto nestes

casos era a desorganização do armário visível na Figura 28 à esquerda, que tornava a tarefa mais morosa do que apenas a deslocação. Assim, a estante alocada às ferramentas suplentes no armário partilhado foi reestruturada de forma a evitar este problema, tal como é visível na Figura 28 à direita.



Figura 28 - Antes e depois do armário partilhado

Procedimento final de mudança de código

Com o objetivo de padronizar as mudanças de código foi criada uma instrução de trabalho e dada formação aos operadores e chefes de equipa dos três turnos (cada operador foi acompanhado um total de 8 vezes, 4 vezes em cada posto de trabalho).

A instrução de trabalho foi obtida após múltiplas iterações seguidas do respetivo teste no chão de fábrica. Estes testes permitiram a consciencialização de alguns aspetos a ter em conta no processo (sumarizados na Tabela 9).

Tabela 9 - Aspetos práticos do processo de mudança de código nas estruturas

Descrição	Porquê?
Auditorias ao BL e à 1ª peça OK não podem ser executadas em simultâneo	Seriam necessárias duas OF, o que implicava duplicar informação e poderia dar origem a erros no futuro uma vez que, a informação sobre a produção não estaria concentrada no mesmo local.
A consulta de todos os documentos deve ser feita apenas pelo operador da montagem	Dividir a tarefa dificultaria a responsabilização sobre a mesma e implicaria a deslocação dos dois operadores ao computador em momentos distintos, aumentando desperdícios de movimentação. No geral, as operações de montagem são mais complexas e as suas falhas mais difíceis de detetar e resolver e, portanto, é esse operador que deve visualizar a informação ficando responsável por a partilhar com o colega, sempre que necessário.
Registo da produção anterior no IFS tem prioridade sobre as outras tarefas	Atualmente, o registo da produção já não é feito no IFS, é feito no MES, que permite que a contagem do tempo de paragem seja iniciada de forma automática após o momento da declaração da quantidade produzida, tornando desnecessário o registo nas folhas de OEE.

Tendo em conta não só os aspetos mencionados, mas também o local onde as tarefas eram executadas (com o objetivo de minimizar as deslocações dos operadores), optou-se por associar algumas das tarefas iniciais (registadas na Tabela 4) somando os seus tempos médios, tal como se ilustra na Tabela 10. A azul destaca-se a designação final e o tempo das tarefas agrupadas.

Tabela 10 - Redefinição de algumas tarefas de mudança de código

Tarefa inicial	Duração Inicial	Duração Final	Tarefa final	Soma das durações finais
Coloca cantos de cartão junto das caixas paletizadas	0,30	0,30	Filma paletes de produção anterior e transporta para zona PA	4,10
Filma caixas paletizadas	1,90	1,90		
Agrafa paletes	0,88	0,88		
Transporta paletes PA para parque	1,02	1,02		
Regista produção terminada na OF anterior e no IFS	1,35	0,75*1	Regista produção anterior e coloca folhas de código nas paletes	1,53
Vai buscar folhas de registo à impressora	0,48	0,48		
Coloca folhas de código nas paletes	0,30	0,30		
Devolve caixas de produção anterior BL1	0,58	0,58	Audita BL1 (devolve caixas de produção anterior e arruma chapas "próxima produção")	3,89
Audita BL1	2,28	2,28		
Coloca caixas indicadas na mesa de trabalho	0,28	0,28		
Coloca caixas indicadas no BL de apoio PT1	0,62	0,62		
Arruma placas "próxima produção" BL1		0,12*2		
Devolve caixas de produção anterior BL2	0,80	0,80	Audita BL2 (devolve caixas de produção anterior e arruma chapas "próxima produção")	3,54
Audita BL2	2,62	2,62		
Arruma placas "próxima produção" BL2		0,12*2		
Inicia nova OF (cola 1ª etiqueta)	0,52	0,52	Consulta documentação necessária (FP, IM e FE) e audita 1ª etiqueta	3,22
Preenche data e assinatura na nova OF	0,20	0,20		
Consulta FP e preenche nº de FP na nova OF	0,57	0,57		
Audita etiqueta	0,50	0,50		
Consulta IM	0,90	0,90		
Consulta FE	0,53	0,53		
Coloca etiquetas PT1	0,37	0,37	Coloca/retira copo de etiquetas no PT1	0,37
Retira etiquetas PT2	0,27	0,27	Substitui etiquetas da caixa no PT2	0,58
Coloca rolo etiquetas PT2	0,32	0,32		
Devolve autoclismos produção anterior	1,30	1,30	Troca carro de autoclismos	1,93
Abastece autoclismos para próxima produção	0,63	0,63		
Devolve estruturas da produção anterior	0,27	0,27	Troca carro de estruturas	0,63
Abastece estruturas para próxima produção	0,37	0,37		

*1 Novo método de declaração de produção (MES) permitiu reduzir o tempo da tarefa

*2 Divisão do tempo inicial (0,23) em dois (metade para cada BL)

Posto isto, com o apoio do responsável de área, a CE e os operadores, foi apurada a lista de tarefas *standard* (apresentada na Tabela 11 com o tempo de cada tarefa após as melhorias implementadas) e foram estabelecidas as dependências entre si, representadas no diagrama de precedências da Figura 29 (marcadas com um “M” ou um “E” estão as tarefas que inevitavelmente têm de ser alocadas ao operador de Montagem e Embalagem, respetivamente). Às tarefas da mudança de código adicionaram-se as tarefas 0 e 0,5 que dizem respeito a tarefas de montagem e embalagem da última peça boa, respetivamente. A tarefa 0 representa o instante em que o operador da montagem fica disponível para as tarefas de *setup* e a tarefa 0,5 representa a ocupação do operador de embalagem com a última estrutura da OF antes de ficar igualmente disponível.

Tabela 11 - Tarefas *standard* finais da mudança de código

Nº	Tarefa	Duração (min)
0	Monta última peça	0,00
0,5	Embala última peça e coloca caixa na palete	1,12
1	Regista produção anterior e coloca folhas de código nas paletes	1,53
2	Filma paletes de produção anterior e transporta para zona PA	4,10
3	Audita BL1 (devolve caixas de produção anterior e arruma chapas "próxima produção")	3,89
4	Audita BL2 (devolve caixas de produção anterior e arruma chapas "próxima produção")	3,54
5	Consulta documentação necessária (FP, IM e FE) e audita 1ª etiqueta	3,22
6	Coloca ou retira copo de etiquetas no PT1	0,37
7	Substitui etiquetas da caixa no PT2	0,58
8	Coloca paletes e cartão no chão para a nova OF	0,73
9	Define valor a produzir na consola PT2	0,13
10	Programa <i>picking</i>	0,65
11	Troca carro de autoclismos	1,93
12	Troca carro de estruturas	0,63
13	Ajusta suporte da mesa	0,87
14	Prepara aparafusadora	0,50
15	Configura dispositivo de montagem PT1	0,28
16	Monta 1ª caixa	0,28
17	Monta 1ª peça	1,48
18	Audita 1ª peça	0,85
19	Embala 1ª peça	0,62
20	Audita embalagem	0,53
21	Fecha 1ª caixa	0,40
22	Coloca 1ª caixa na palete	0,10

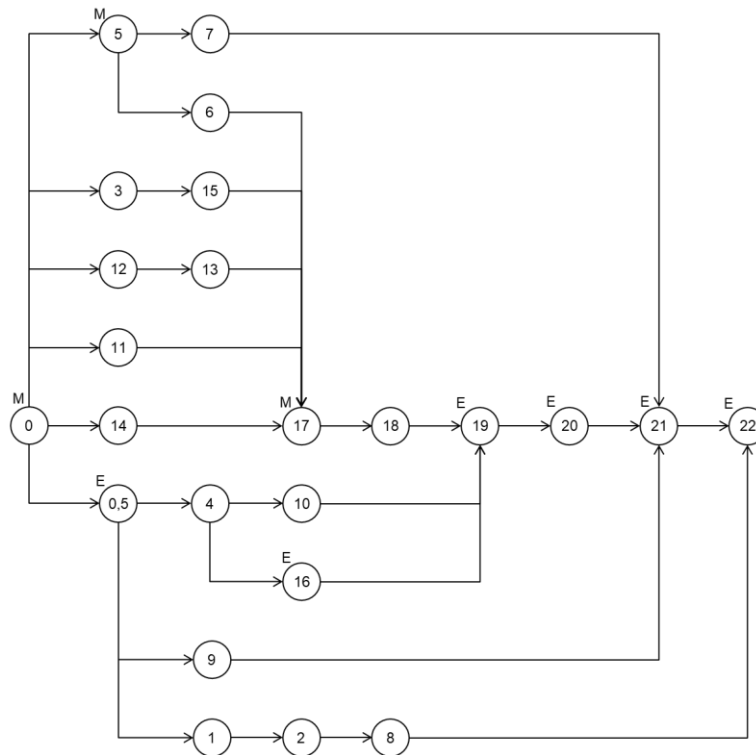


Figura 29 - Gráfico de precedências das tarefas finais da mudança de código

Através do gráfico de precedências calcularam-se os valores de ES, EF, LS e LF que se apresentam na tabela.

Tabela 12 - ES, EF, LS e LF das tarefas da mudança de código

Num	Precedente	Subsequente	ES	EF	LS	LF
0		0,5;3;5;11;12;14	0,00	0,00	0,00	0,00
0,5	0	1;4;9	0,00	1,12	0,57	1,69
1	0,5	2	1,12	2,65	1,69	3,22
2	1	8	2,65	6,75	3,22	7,32
3	0	15	0,00	3,89	0,00	3,89
4	0,5	10;16	1,12	4,65	2,32	5,85
5	0	6;7	0,00	3,22	0,58	3,80
6	5	17	3,22	3,59	3,80	4,17
7	5	21	3,22	3,80	7,07	7,65
8	2	22	6,75	7,48	7,32	8,05
9	0,5	21	1,12	1,25	7,52	7,65
10	4	19	4,65	5,30	5,85	6,50
11	0	17	0,00	1,93	2,24	4,17
12	0	13	0,00	0,63	2,67	3,30
13	12	17	0,63	1,50	3,30	4,17
14	0	17	0,00	0,50	3,67	4,17
15	3	17	3,89	4,17	3,89	4,17

16	4	19	4,65	4,94	6,22	6,50
17	6;11;13;14;15	18	4,17	5,65	4,17	5,65
18	17	19	5,65	6,50	5,65	6,50
19	10;16;18	20	6,50	7,12	6,50	7,12
20	19	21	7,12	7,65	7,12	7,65
21	7;9;20	22	7,65	8,05	7,65	8,05
22	8;21		8,05	8,15	8,05	8,15

A fase final consistiu no sequenciamento e alocação das tarefas pelos dois operadores. Tendo em conta as restrições de precedências e recursos bem como o facto de se pretender minimizar o tempo total da mudança, o caso prático foi equiparado a um problema de RCPS e resolvido como tal. Para isso, foi utilizado um algoritmo heurístico adaptado de Kolisch & Hartmann (1999). Os passos para o algoritmo utilizado foram:

Passo 1: Calcular a prioridade para todas as tarefas. As tarefas 0, 0,5 e 1 devem ser as três tarefas com a maior prioridade, por esta ordem, independentemente da regra utilizada.

Passo 2: Construir o cronograma

Para cada momento t do *setup*:

Passo 2.1. Calcular as tarefas completas, as tarefas ativas e a capacidade de recursos que, neste caso, podem ser de 2 tipos, pode ser o operador de montagem (M) ou o de embalagem (E), cuja capacidade máxima em ambos os casos é 1, ou seja, pretende-se determinar qual está disponível.

Passo 2.2. Determinar as tarefas elegíveis: As tarefas são elegíveis se todas as suas precedentes tiverem sido completas no momento t e, no caso das tarefas que necessitam de um determinado recurso específico, se esse estiver disponível no momento t .

Passo 2.3. Escolher a tarefa a alocar com base no melhor valor de prioridade e calcular o tempo de conclusão da tarefa escolhida adicionando a sua duração a t .

Passo 2.4. Calcular o novo t que será o próximo momento onde um recurso fica livre, ou seja, o valor mínimo de tempo de conclusão das tarefas escolhidas.

Passo 3: Repetir o passo 2 até todas as tarefas terem sido adicionadas ao conjunto das tarefas completas.

Foram utilizadas as regras de GRPW e EDD para resolução do algoritmo. Sendo que a solução obtida com a EDD (com a regra de SPT para desempate) foi a que reduziu mais o tempo total da mudança e, portanto, foi a selecionada para o procedimento final. De notar que se considerou o momento de LF como data de entrega pois é o momento mais tarde em que uma dada tarefa pode ser concluída sem atrasar as que lhe sucedem. Assim as tarefas foram sequenciadas do menor valor de LF para o maior.

A Tabela 13 contém a resolução do algoritmo utilizando a regra de prioridade EDD (com SPT para desempate). A título de exemplo será detalhada a terceira linha da tabela: no instante 0, após completar a tarefa número 0, e a tarefa 0,5 ter sido alocada ao operador da embalagem, o operador da montagem está disponível. Neste momento, as tarefas elegíveis para serem alocadas são as tarefas números 5, 3, 12, 11 e 14 (que sucedem à tarefa 0, a única concluída até então). De notar que a tarefa 5 é incluída neste conjunto pois o operador da montagem, ao qual deve, inevitavelmente, ser alocada, está disponível. Deste conjunto é escolhida a tarefa com menor valor de LF, que é a número 12 (com $LF = 3,30$), e calcula-se o instante no qual será concluída, somando a sua duração ao valor de t (neste caso, $0 + 0,63 = 0,63$). A próxima linha inicia com a escolha do próximo valor de t , que corresponde ao próximo instante em que um dos operadores fica disponível, neste caso, será o menor valor entre 1,12 (momento em que operador da embalagem termina a tarefa 0,5) e 0,63 (momento em que o operador da montagem termina a tarefa 12).

Tabela 13 - Resolução do algoritmo de escalonamento com a regra EDD

t	Tarefas completadas até ao momento t	Tarefas ativas no momento t	Recurso disponível no momento t		Tarefas elegíveis no momento t	Tarefa escolhida no momento t	Tempo de conclusão da tarefa escolhida
			M	E			
0			1	0	0	0	0,00
0	0		0	1	0,5	0,5	1,12
0	0	0,5	1	0	5;3;12;11;14	12	0,63
0,63	0;12	0,5	1	0	5;3;11;14;13	5	3,85
1,12	0;12;0,5	5	0	1	3;11;14;13;4;9;1	1	2,65
2,65	0;12;0,5;1	5	0	1	3;11;14;13;4;9;2	3	6,54
3,85	0;12;0,5;1;5	3	1	0	11;14;13;4;9;2;7;6	6	4,22
4,22	0;12;0,5;1;5;6	3	1	0	11;14;13;4;9;2;7	14	4,72
4,72	0;12;0,5;1;5;6;14	3	1	0	11;13;4;9;2;7	13	5,59
5,59	0;12;0,5;1;5;6;14;13	3	1	0	11;4;9;2;7	11	7,52
6,54	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3	11	0	1	4;9;2;7;15	15	6,82
6,82	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15	11	0	1	4;9;2;7	4	10,36
7,52	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11	4	1	0	9;2;7;17	17	9,00
9,00	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17	4	1	0	9;2;7	2	13,10
10,36	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4	2	0	1	9;7;16;10;18	16	10,64
10,64	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16	2	0	1	9;7;10;18	10	11,29
11,29	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10	2	0	1	9;7;18	18	12,14
12,14	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10;18	2	0	1	9;7;19	19	12,76
12,76	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10;18;19	2	0	1	9;7;20	9	12,89
12,89	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10;18;19;9	2	0	1	7;20	20	13,42
13,10	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10;18;19;9;2	20	1	0	7;8	7	13,68

13,42	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10;18;19;9;2;20	7	0	1	8	8	14,15
13,68	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10;18;19;9;2;20;7	8	1	0			
14,15	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10;18;19;9;2;20;7;8		0	1	21	21	14,55
14,55	0;12;0,5;1;5;6;14;13;3;15;11;17;4;16;10;18;19;9;2;20;7;8;21		0	1	22	22	14,65

Para ilustrar o escalonamento das operações obtido, foi elaborado o cronograma da solução descrita na forma de diagrama de Gantt, como se ilustra na Figura 30.

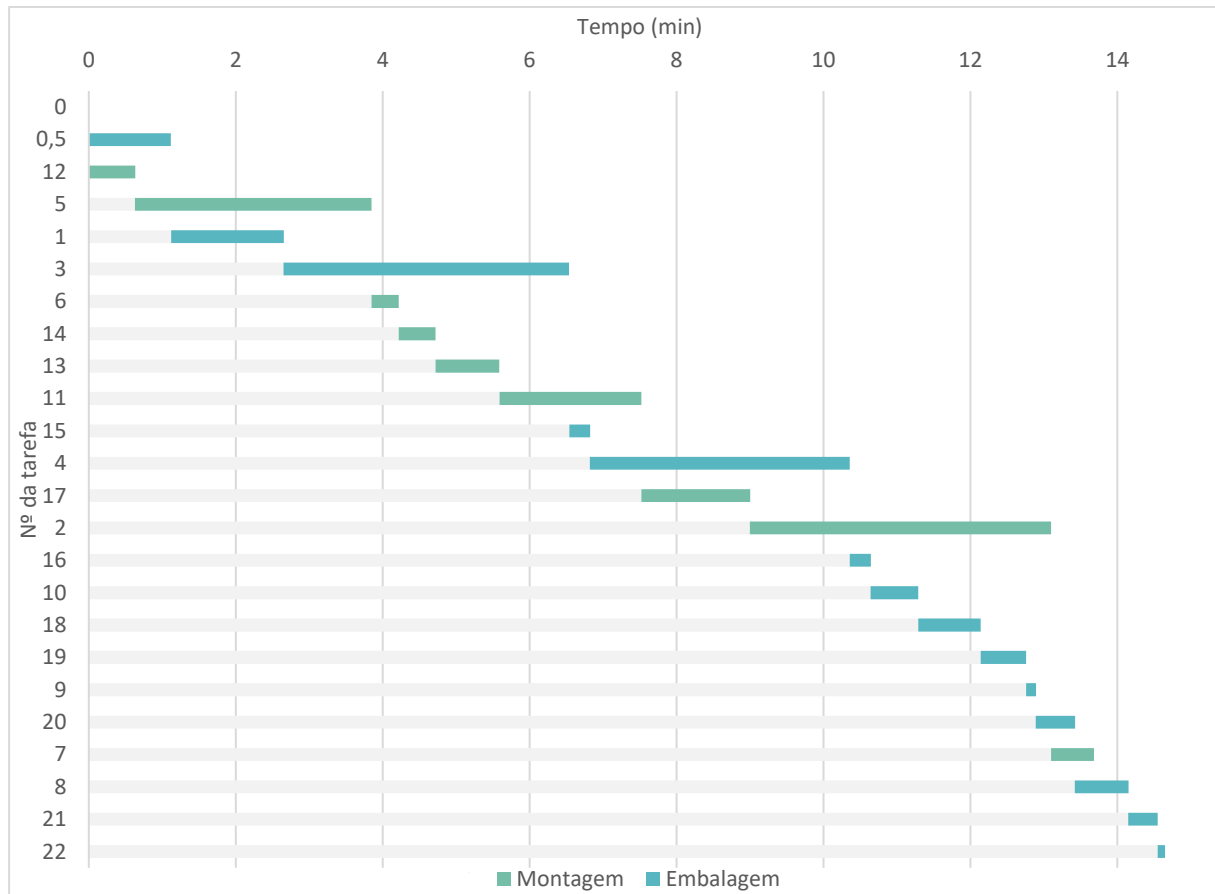


Figura 30 - Diagrama de Gantt da solução obtida para o escalonamento das tarefas

Procedimento de auditoria ao armário de ferramentas (*Tool Master*)

Outro desperdício identificado foi a movimentação desnecessária, que por diversas vezes era feita para devolver ou adquirir ferramentas. Seguindo a metodologia dos 5 porquês, tal como apresentado na Figura 31, foi identificada a causa-raiz deste problema: o desaparecimento constante das ferramentas, que levava a que não existissem ferramentas suficientes para todos, e a que, as que existiam, fossem mantidas longe do posto de trabalho, por exemplo, na mesa do CE. A falta de ferramentas também motivava alguns operadores a utilizarem ferramentas pessoais, o que podia pôr em causa a qualidade da produção.

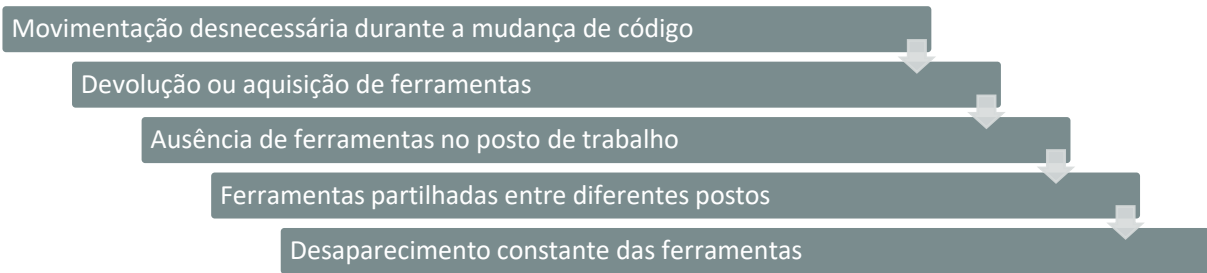


Figura 31 - Aplicação dos 5 porquês ao problema da movimentação desnecessária

A solução proposta foi a implementação do procedimento de auditoria ao armário de ferramentas de cada célula, apresentado no Anexo I. Este procedimento implica que o CE de cada turno escolha um responsável pelas ferramentas por cada equipa de operadores, o *Tool Master*. A atribuição do título e responsabilidade de *Tool Master* aos operadores e não ao CE, por exemplo, teve como objetivo o seu empoderamento e o aumento da motivação de todos em zelar pelas ferramentas.

Para desenvolver a ação e resolver o problema identificado, foram seguidos os passos da metodologia dos 5S conforme sumarizado na Figura 32.

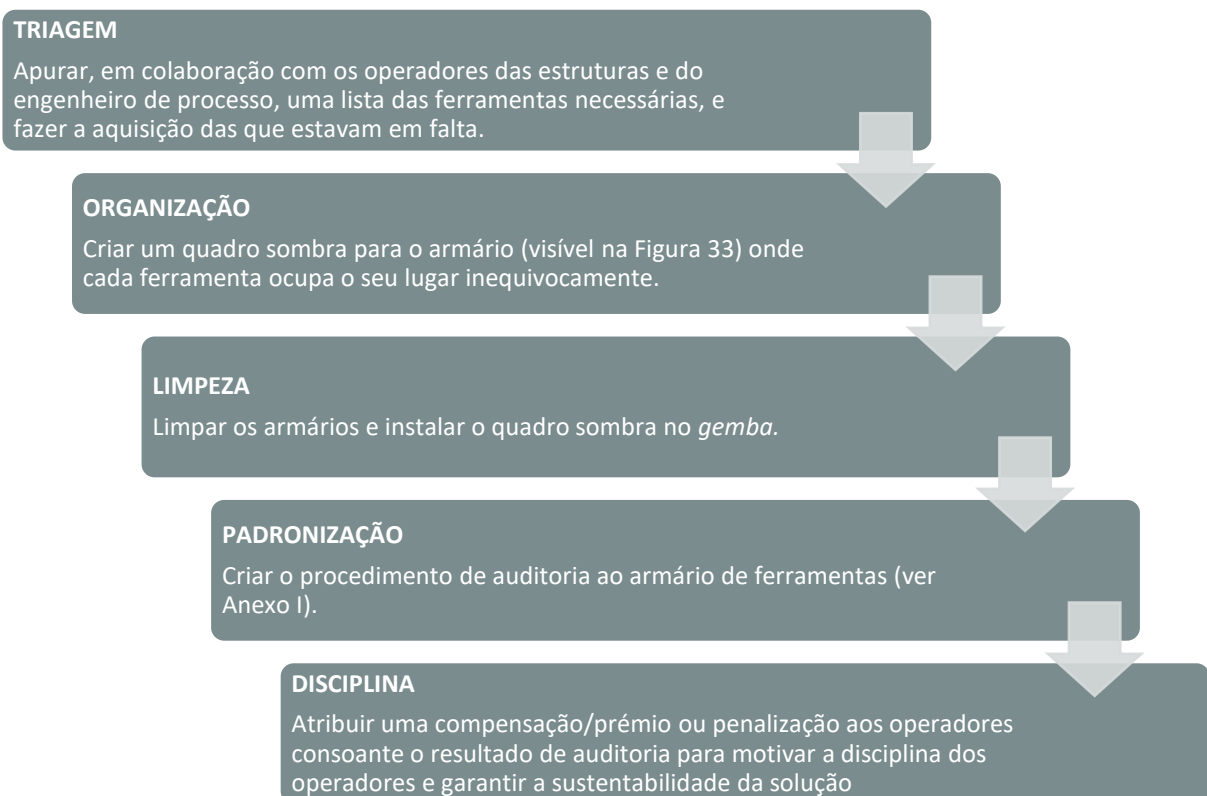


Figura 32 - Aplicação da metodologia 5S ao problema do desaparecimento de ferramentas

Dada a dimensão do investimento inicial em ferramentas optou-se por implementar a solução apenas num dos armários, o da ES001 (visível na Figura 33), e testar o seu desempenho para depois aplicar os bons resultados e aprendizagens nas restantes.



Figura 33 - Armário da ES001 com quadro sombra

A auditoria ao armário de ferramentas deve ser feita pelo *Tool Master* da célula no início do seu turno, de forma a garantir que todas as ferramentas se encontram no local indicado e em perfeitas condições para iniciar a produção. Para registar a auditoria, o *Tool Master* deve utilizar o *Kamishibai* verde se for positiva e o vermelho no caso de alguma ferramenta estar em falta ou com algum problema, tal como descrito no fluxograma da Figura 34.

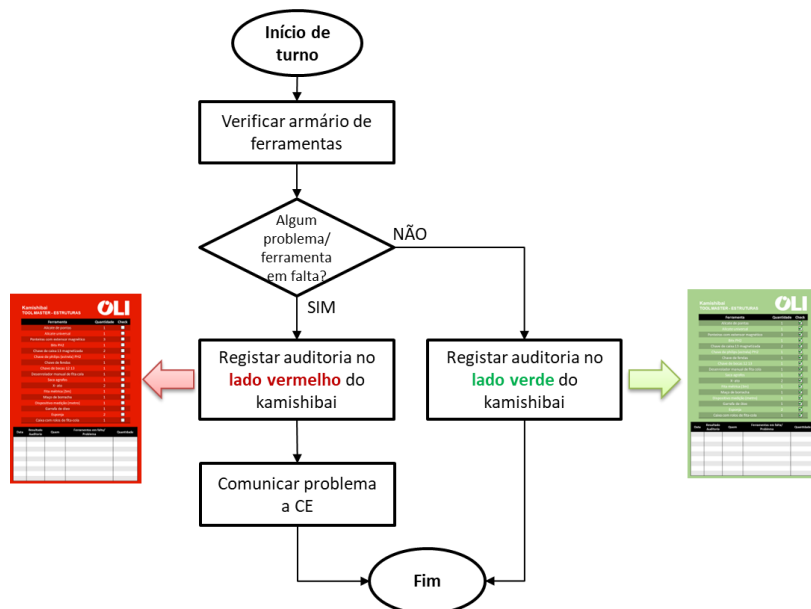


Figura 34 - Procedimento de auditoria ao armário de ferramentas

Desta forma, o rastreamento das ferramentas é feito diariamente em cada turno e os operadores são responsabilizados de imediato.

A implementação desta ação decorreu até à fase da “Padronização”. A fase seguinte dependia da decisão da compensação ou penalização a atribuir, por parte do Departamento de Recursos Humanos.

3.4.6. Avaliação de melhorias desenvolvidas

Finalizado o período de formação, foi extraída uma pequena amostra dos tempos de mudança de código para avaliação das melhorias implementadas através da observação direta das mudanças no chão de fábrica. Os valores obtidos foram os que se apresentam na Figura 35.

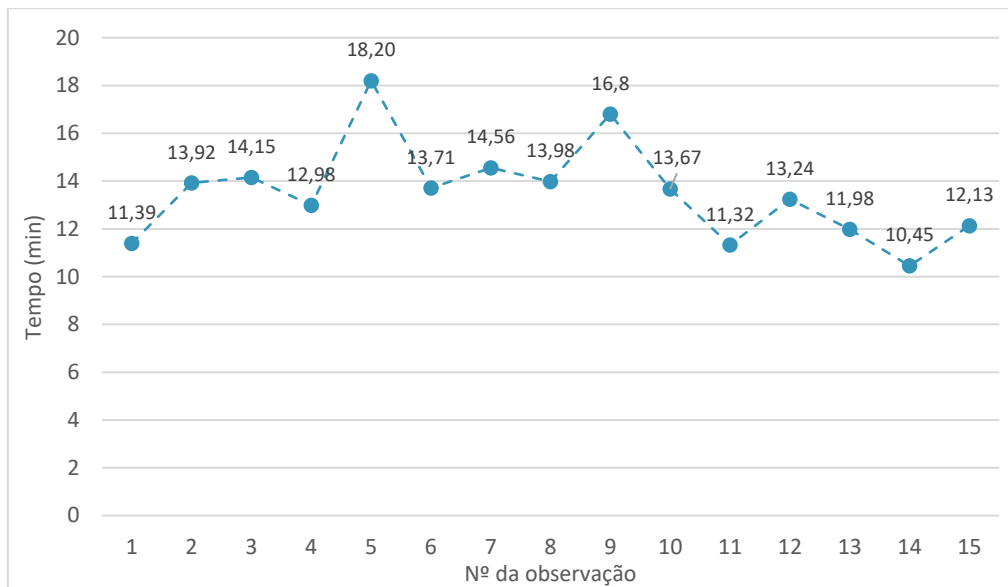


Figura 35 - Tempo de mudança de código após melhorias implementadas

Os dados revelam uma redução de cerca de 3 minutos (18%) no tempo médio de mudança de código em comparação com a situação inicial (ver Tabela 14).

Tabela 14 - Redução do tempo de mudança de código nas estruturas

	N	Tempo de <i>setup</i> (min)	Desvio Padrão (min)
Situação Inicial	10	16,55	3,35
Situação Final	15	13,50	2,04
Redução (min)		3,05	1,31
Redução (%)		18%	39%

Tendo em conta a elevada cadência destas células e o número médio de mudanças mensais que ronda as 70 mudanças por célula, esta redução representa um aumento importante na produtividade das estruturas, tal como se representa na Tabela 15.

Tabela 15 - Aumento da produtividade mensal esperado numa célula de estruturas

Redução média por mudança (min)	Nº médio de mudanças mensal	Cadência média (peças/hora)	Estimativa do nº de peças a mais no final do mês
3,05	70	36	128

O procedimento de auditoria ao armário de ferramentas não foi implementado na totalidade a tempo da conclusão do projeto, inviabilizando a obtenção de resultados. Apesar disso, prevêem-se grandes vantagens relativamente à organização e preservação de todas as ferramentas necessárias e à produtividade das células, pois permite evitar movimentações desnecessárias dos operadores e consequentes perdas de tempo ao longo do turno, e não apenas durante a mudança.

Algumas alterações associadas ao MES, nomeadamente a consulta dos documentos necessários e o registo do tempo de paragem, não foram implementados a 100% e algumas falhas decorrentes do facto de a implementação ainda estar na fase inicial, tiveram impacto no tempo da mudança de código.

De um modo geral, apesar de os resultados indicarem melhorias, durante a recolha dos dados finais, foi possível identificar alguns fatores que podiam colocar em causa a aplicabilidade do procedimento desenvolvido, nomeadamente (i) o carácter manual de todas as tarefas que torna o seu tempo de execução muito dependente da experiência do operador, experiência essa que é difícil de atingir dada a elevada rotatividade da força de trabalho nestas células e (ii) a variabilidade inerente ao próprio produto, que se reflete nas tarefas da mudança (quantidade e tempo que requerem). Para além disso, apesar de todos os esforços em envolver os operadores no processo de análise e planeamento das ações, a sua baixa recetividade à mudança também poderá dificultar a sustentabilidade do procedimento a longo prazo.

3.5. Caso prático 2: Redução do tempo de mudança de molde nas SMA

Nesta secção será detalhado o caso prático 2 cujo objetivo principal foi a redução do tempo de mudança de molde nas máquinas SMA dos centros de trabalho das tampas.

3.5.1. Processo de mudança de molde numa SMA

As mudanças de molde numa máquina SMA são desempenhadas por um técnico de injeção e um operador com formação em mudanças de molde, um de cada lado da máquina. Existe um total de vinte e seis operadores com formação para realizar mudanças de molde no DMO: 11 em H1, 7 em H2 e 8 em H3. Embora pertençam a uma área específica do DMO, estes operadores podem ser chamados a mudar um molde em qualquer outra área. Relativamente às ferramentas utilizadas, cada técnico possui um carro de ferramentas com todas as ferramentas necessárias para a realização do *setup*, que movimenta para junto da máquina atempadamente. No caso do operador, a quantidade de ferramentas necessárias é bastante mais reduzida, portanto encontram-se localizadas junto à porta da máquina, do lado onde o operador realiza as suas operações de *setup*.

A necessidade de mudanças de molde surge das Ordens de Trabalho (OT) abertas pelo CE mediante as ordens de produção semanais lançadas pelo Departamento de Planeamento. Todos os dias, no início

do seu turno, cada técnico retira o programa de mudanças de moldes, idêntico ao da Figura 36, que reúne a informação dessas OT organizadas de forma cronológica. Para além da data e hora, no programa constam também o número da OT e outras informações, como a máquina, o tipo de troca, que pode ser molde (MOL), posições (POS) ou cor, o código e descrição do produto, a matéria-prima e o pigmento, entre outras informações relevantes.

OLI										PROGRAMA DE MUDANÇA DE MOLDES - SMA	
HORA	OT	MAG	TIPO	CÓDIGO	P	VAI SAIR	VAI ENTRAR	MAT PRIMA	% PIGMENTO	INFO OTATUAL/ ANTERIOR	
09/05/2023											
14:30:00	164372	MIP0112	MOL	C046000337874	1		MOL1174	AA30000338828	AA10000071287	mud molde pi pm105	
TC: 05.71				PLC PM105 MEC DD LEMARK L8 BRC			MAG 8192 MAG 8192	AB3 POLYLAC PA757 NTR	PIG P/AB 8 MB1783UV BRC		
15:15:34	164418	MOL0411		CA06000337241	0	MOL0411	MOL0411	AA20000132648	AA10000337148	mudar para ba 363332	
TC: 04.74				AEX CUP MOC MEC DD 8L TL D44 LUXU8 BRC		MAG 103 MAG 103	MAG 103 MAG 103	P 8 NTR 321P NTR	PIG P/P 8 321P C/ 25% ANTI-UV BRC		
17:30:00	164368	MIP0044	MOL	IA00000331383	1	MOL0285	MOL1237	AA20000132648	AA10000337148	mudar molde para MOL 1237	
TC: 49.32				TAMPA COMP AE104 DD BRC		MAG 4431 MAG 4431		P 8 NTR 321P NTR	PIG P/P 8 321P C/ 25% ANTI-UV BRC		
18:30:00	164380	MIP0051	MOL	IA00000486701	1	MOL0028	MOL0028	AA20000132648	AA10000337148	mudar para MOL 28	
TC: 45.00				TAMPA COMP ZAF DD BRC		MAG 4431 MAG 4431		P 8 NTR 321P NTR	PIG P/P 8 321P C/ 25% ANTI-UV BRC		
18:40:00	164386	MIP0111	COR	CM04000333014	1		MOL0370	AA40000337331	AA10000181898	muds oor para vermelho	
TC: 30.00				AC 8 CX FOLE 8/TE 8Q VRM RU 8			I WINE	PP PPC B 8L FIN - MPF=40 NTR AA400380001 PP COPOLIMERO NTR	PIG P/PP/POM CIADITIVO VRM SCHELL		
13:40:00	164388	MIP0111	COR	CM04000333014	1		MOL0370	AA40000337331	AA10000181898	muda oor para amarelo	
TC: 30.00				AC 8 CX FOLE 8/TE 8Q VRM RU 8			I WINE	PP PPC B 8L FIN - MPF=40 NTR AA400380001 PP COPOLIMERO NTR	PIG P/PP/POM CIADITIVO VRM SCHELL		
14:30:00	164384	MIP0051	COR	IA00000486703	1	MOL0028	MOL0028	AA20000132648	AA100880212	mudar oor para ohp	
TC: 45.00				TAMPA COMP ZAF DD CHP		MAG 4431 MAG 4431		P 8 NTR 321P NTR	PIG P/P 8 CHP		
15:15:00	164420	MOL1032	POS	IB14000331608	1		MOL1032	AA40000337331		mud. post. p/120d %88386-%48692 na m&q88	
TC: 30.00				AIN 1200 MEC AP420 8L INTERM AZL 18			MAG 98 MAG 98	PP PPC B 8L FIN - MPF=40 NTR AA400380001 PP COPOLIMERO NTR			

Print Date: 09/05/2023 8:09 Page 1 of 2

Figura 36 - Exemplo de um programa de mudança de moldes no DMO

Para além disso, os técnicos realizam uma reunião no início e no fim de cada turno onde todas as informações relevantes acerca das mudanças e outros aspetos importantes do trabalho realizado e do que fica a faltar são passados entre os técnicos do turno que acaba e do que começa. Após a reunião, o técnico dirige-se aos centros de trabalho nos quais haverá mudanças por forma a preparar o seu trabalho.

A Figura 37 mostra o processo geral de mudança de molde numa máquina SMA. Com a máquina em funcionamento, enquanto o operador se encontra a montar as peças injetadas, o técnico realiza a preparação da mudança. Após a última peça sair da máquina, o técnico e o operador realizam as suas tarefas de mudança de molde em paralelo. Na fase final da mudança, apenas o técnico é necessário na máquina, como tal, o operador fica alocado a tarefas pós-mudança. Assim que o técnico finaliza o *setup*, o operador deve estar no seu posto de trabalho pronto para iniciar a montagem das peças injetadas.

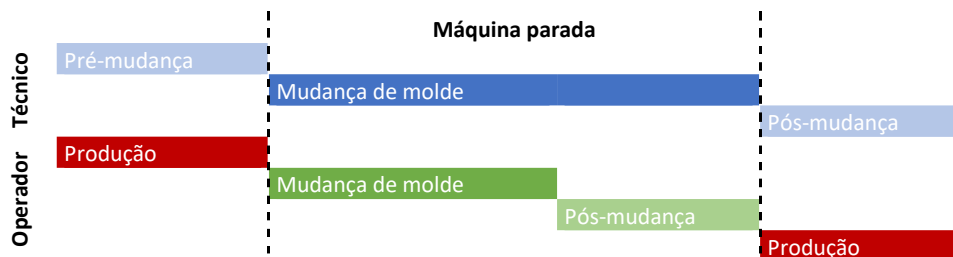


Figura 37 - Esquemática do processo de mudança de molde numa SMA

3.5.2. Escolha do objeto de estudo

Tal como referido anteriormente, na OLI, uma máquina é designada por SMA quando a injeção da peça é feita diretamente para a linha de montagem, num centro de trabalho onde se encontra pelo menos um operador alocado à montagem de todos os componentes na peça injetada de modo a obter o código final. Na área dos exteriores existem seis centros de trabalho com máquinas SMA, quatro em que o código final são os autoclismos exteriores completos (AE001, AE002, AE003 e AE004) e dois que produzem apenas as tampas (TP001 e TP002) que serão inputs dos primeiros. Na vista representada na Figura 38 distinguem-se os componentes principais de um dos códigos mais vendidos de autoclismos exteriores.

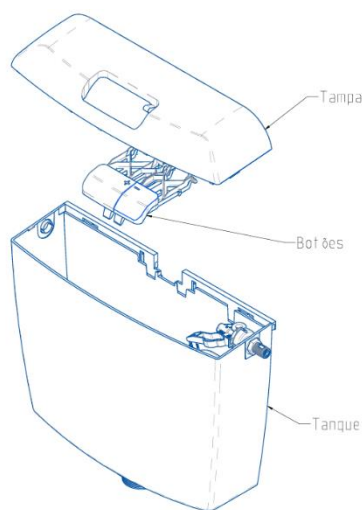


Figura 38 - Vista de um autoclismo exterior

Por forma a escolher o objeto de estudo do projeto, foram analisados tanto a quantidade de mudanças como o tempo médio de mudança de molde para cada máquina a partir de uma amostra retirada do registo de OEE da empresa relativo ao ano de 2022, caracterizada na Tabela 16.

Tabela 16 - Caracterização da amostra inicial de mudanças de molde nos exteriores

N	Tempo médio	Desvio padrão
528	44,72	26,99

Para cada máquina, os tempos médios de paragem para mudança de molde foram os que se apresentam na Figura 39.

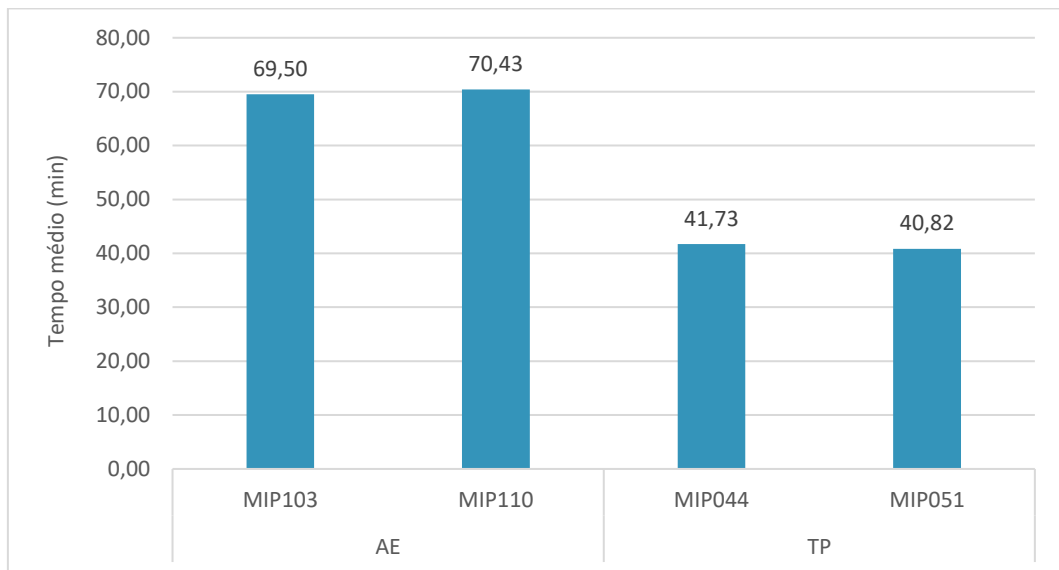


Figura 39 - Tempo médio de mudança de molde por máquina

Com os dados relativos à frequência das trocas e os custos de cada centro de trabalho (fornecidos pelo Departamento de Custos da empresa) foi possível elaborar os diagramas de Pareto da Figura 40 e da Figura 41, respetivamente.

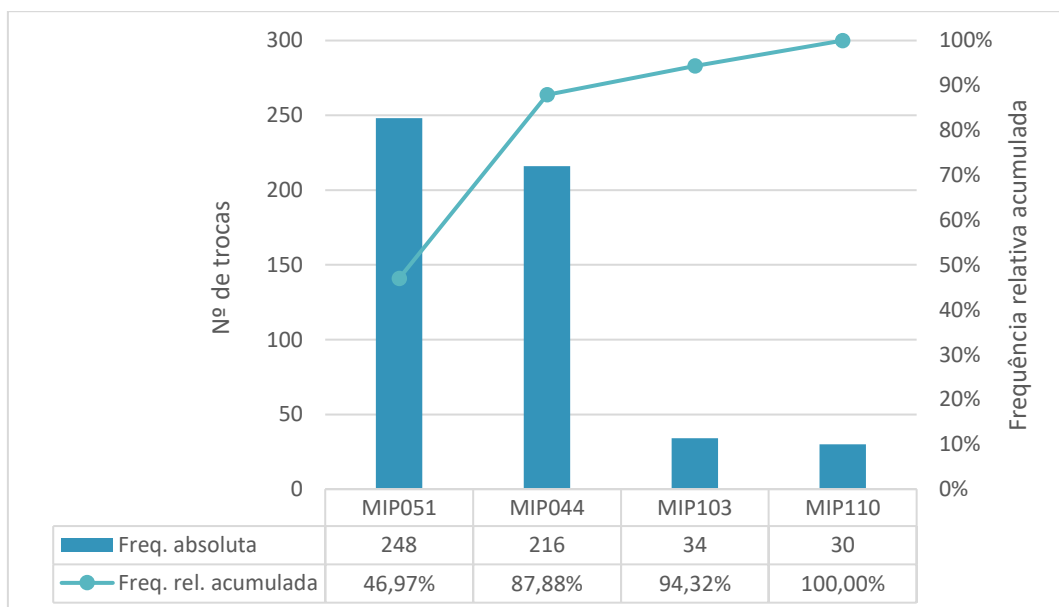


Figura 40 - Diagrama de Pareto da frequência anual de trocas de molde por máquina

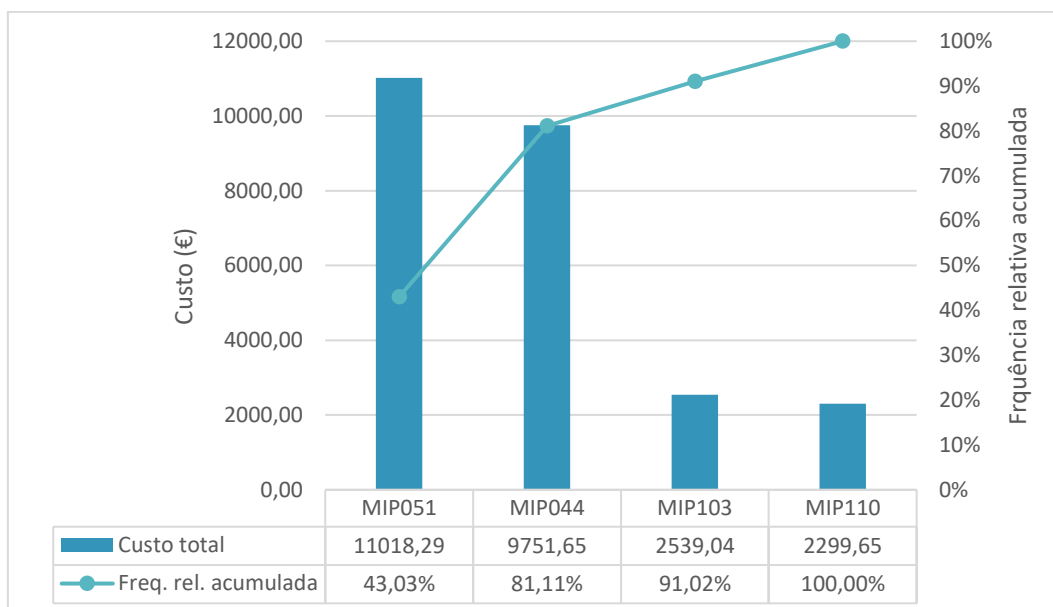


Figura 41 - Diagrama de Pareto do custo anual da troca de molde por máquina

Pela análise dos gráficos apresentados na Figura 40 e na Figura 41, conclui-se que, embora a média do tempo de mudança de molde nas máquinas de autoclismos exteriores (MIP 103 e 110) seja superior, a frequência com que acontecem não é tão elevada como nas das tampas (MIP 44 e 51), que representam cerca de 88% do número total de mudanças nos exteriores e cerca de 81% dos custos totais.

Por forma a avaliar se havia alguma diferença estatisticamente significativa entre as médias dos tempos de mudança de molde das duas máquinas foram feitos dois testes de hipóteses, um para testar a igualdade das variâncias e outro para testar a igualdade das médias. Assim, primeiro foi realizado o teste F à razão de variâncias, cujo resultado permitiu concluir que, para um nível de significância de 5%, não se rejeita a hipótese nula de igualdade de variâncias entre os tempos de *setup* das duas máquinas de tampas, sendo o valor de prova igual a 46,5% (ver Tabela 17).

Tabela 17 - Teste F à igualdade de variâncias entre a MIP51 e a MIP 44 (bilateral)

	MIP 51	MIP 44
Média	40,82	41,73
Variância	429,04	472,29
Nº de observações	248	216
$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$	1	
Valor de prova	46,5%	

Com base neste resultado foi realizado o teste Z para variâncias iguais, amostras grandes, no sentido de avaliar a diferença entre o tempo médio de *setup* das duas máquinas, cujo resultado se apresenta na Tabela 18. Com um nível de significância de 5%, o teste permitiu concluir que não há evidência

estatística suficiente para rejeitar a hipótese nula de igualdade entre as médias das duas máquinas, pois o valor de prova é de 64,5%.

Tabela 18 - Teste Z à igualdade de médias entre a MIP51 e a MIP44 (bilateral)

	MIP 51	MIP 44
Média	40,82	41,73
Variância	429,04	472,29
Nº de observações	248	216
$H_0: \mu_1 = \mu_2$	0	
Valor de prova	64,5%	

Uma vez que não se pode concluir que os tempos médios de *setup* das duas máquinas de tampas são estatisticamente diferentes, foram ambas selecionadas como objeto de estudo, tendo sido estudadas em conjunto.

Foram também feitas análises idênticas ao tempo médio, frequência e custo das mudanças por molde. Esta análise permitiu concluir que entre moldes não existia uma diferença relevante que justificasse a limitação do estudo a moldes específicos.

3.5.3. Descrição do objeto de estudo

Tal como referido na secção anterior, o objeto de estudo do caso prático 2 foram as máquinas SMA 51 e 44, que se localizam nos centros de trabalho TP001 e TP002, respetivamente. Estes centros de trabalho operam em 3 turnos de 8 horas diárias, 5 dias por semana, sendo que em cada turno está alocado um operador à montagem das tampas. O *layout* destas duas células encontra-se ilustrado na Figura 42. Adicionalmente, na TP002 estão também representados números de 1 a 4 com a intenção de demonstrar o percurso feito por uma tampa após a sua injeção. Este percurso será detalhado de seguida e é idêntico para a TP001.

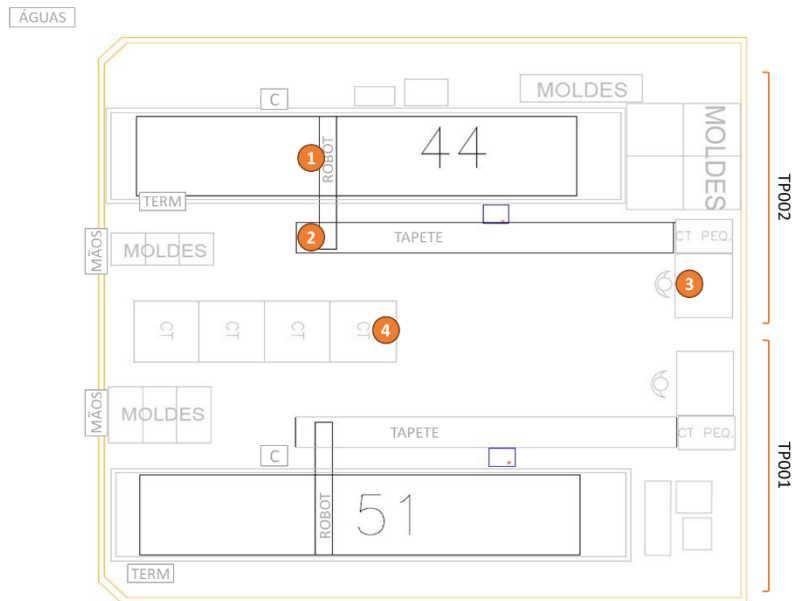


Figura 42 - Layout dos centros de trabalho das Tampas

O processo produtivo de uma tampa inicia-se com o abastecimento de MP na máquina através do circuito de alimentação central da fábrica, que depois é processada e injetada no molde (1). Após abertura do mesmo, a peça é transferida para o tapete rolante pelo robot que se localiza por cima da máquina (2), através de uma mão composta por ventosas em número e localizações específicas para cada modelo de tampa. Os modelos podem ter ou não botões, que são injetados com a tampa e, no caso afirmativo, pode ainda variar a versão ou seja ser dupla descarga (DD), constituída por dois botões, ou descarga interrompível (DI), com apenas um botão. O movimento do tapete conduz a peça até ao operador que faz a separação dos jitos e rebarba e a montagem dos botões no corpo da tampa (3), se necessário. Por fim, o operador coloca a tampa no contentor de PA, representado por “CT” na Figura 42 (4). No layout da Figura 42 lê-se também a palavra “TERM” que representa os termorreguladores de cada uma das máquinas. Por sua vez, as palavras “MÃOS” e “MOLDES” representam o local de armazenamento das várias mãos e moldes, respetivamente, sendo que não se encontram dedicados a nenhuma máquina em específico, ou seja, qualquer molde ou mão pode ser colocado em qualquer uma das duas máquinas. A letra “C” indica a consola que é utilizada para controlar a máquina e é desse mesmo lado que o técnico desempenhará as suas tarefas de mudança de molde para poder utilizá-la. Uma nota importante sobre o layout das células das tampas é que se encontram espelhadas.

3.5.4. Caracterização da situação inicial

Após ter identificado as máquinas SMA das Tampas como objeto de estudo, foi iniciada a fase de recolha e análise de dados para caracterização da situação inicial do processo de mudança de molde. Nesta etapa o objetivo era compreender as condições iniciais do processo e identificar os problemas e respetivas oportunidades de melhoria. Este passo foi conseguido através da observação e gravação de múltiplas mudanças efetuadas nas máquinas referidas, diálogo com os técnicos de injeção, operadores

e chefes de equipa, bem como a análise de diferentes documentos tais como instruções de trabalho (IT).

3.5.4.1. Tempo de mudança de molde inicial

Por tempo de mudança de molde entenda-se o tempo decorrido desde a saída da última peça boa da máquina de injeção até à saída da primeira peça boa da OF seguinte. Para caracterizar o estado inicial do processo foram gravadas 10 mudanças de molde nas quais foram utilizadas duas câmaras de modo a gravar o técnico e o operador em simultâneo. No total foram recolhidos vídeos de 4 técnicos e 3 operadores, organizados em 5 equipas distintas.

Devido a uma falha significativa da gravação no início do *setup*, o vídeo do *setup* número 6 não foi considerado para análise. Na Figura 43 apresentam-se os valores relativos às restantes nove observações que compõem a amostra inicial sumarizada na Tabela 19.

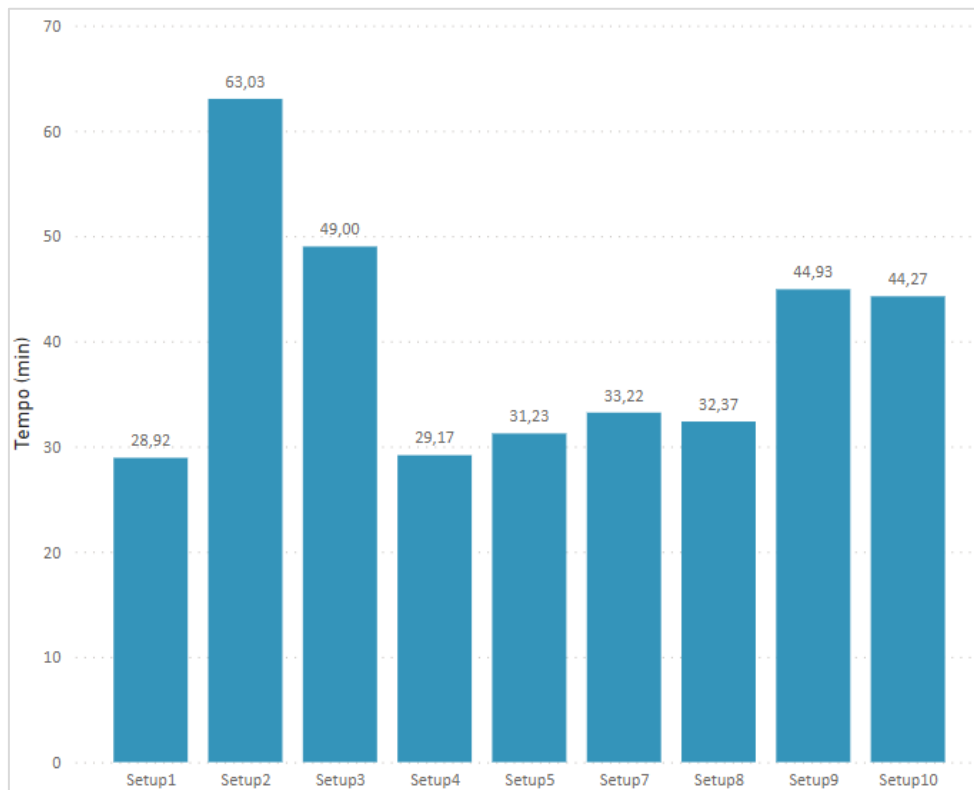


Figura 43 – Tempo de mudança de molde inicial

Tabela 19 - Estatísticas associadas à mudança de molde da amostra inicial (em min)

N	Tempo mínimo	Tempo máximo	Tempo médio	Desvio Padrão
9	28,92	63,03	39,57	11,59

3.5.4.2. Levantamento e análise de operações

Através dos vídeos e diálogo com os técnicos de injeção e os operadores, foi possível detalhar e cronometrar as operações desempenhadas por cada um. Assim, para cada *setup* gravado foi elaborada a folha de cálculo em Excel que se encontra no Anexo II. Esta folha é composta por 3 elementos principais, uma tabela que reúne a informação das tarefas executadas, um Diagrama de *Spaghetti*, para representar as deslocações tanto do técnico como do operador e, por último, um Gráfico de *Gantt* com o objetivo de ilustrar a execução das tarefas em paralelo.

Depois de detalhar os 9 vídeos da amostra inicial, as diferentes operações foram classificadas em *setup*, no caso de serem necessárias à mudança de molde, esperas ou desadequadas, se não eram necessárias à mudança ou se eram desempenhadas na sequência de imprevistos. Os dados relativos a esta classificação encontram-se representados na Tabela 20.

Tabela 20 - Estatísticas associadas ao *setup*, esperas e tarefas desadequadas (min)

Tipo de tarefa	Técnico				Operador			
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Setup	26,52	44,78	33,99	7,52	18,38	29,00	22,99	3,32
Espera	0,43	1,40	0,79	0,38	6,10	38,97	16,02	10,88
Desadequada	0,72	18,13	5,27	5,75	0,00	1,05	0,40	0,39

As esperas e os restantes problemas e desperdícios representados pelas tarefas desadequadas serão analisados na secção 3.5.5 de forma a apurar as suas causas e reduzir ou eliminar o seu impacto.

A Tabela 21 reúne todas as operações necessárias à mudança de molde (anteriormente classificadas como “*setup*”) registadas durante a paragem da máquina a partir da análise dos vídeos, por quem (T para técnico ou O para operador) e em quantas mudanças foram desempenhadas, os respetivos tempos mínimos, máximos e médios e o desvio padrão. Para além disso, já se apresenta, também, a sua classificação em interna ou externa.

Tabela 21 - Tarefas “*setup*” registadas na situação inicial

Quem	Setup	Tarefa	Contagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
T	Interno	Afina prato	9	1,02	6,25	3,77	1,76
T	Interno	Injeta primeiras peças	9	1,37	8,60	3,53	2,08
T	Interno	Limpa cavidades, face, guias do molde colocado	9	1,28	3,50	2,08	0,79
T	Interno	Aperta parafusos dos tirantes/perno central	9	1,00	2,33	1,50	0,46
T	Interno	Desaperta parafusos dos tirantes/perno central	9	0,52	2,47	1,37	0,63
T	Interno	Faz carga	9	0,43	2,13	1,04	0,50
T	Interno	Aperta calços (injeção)	9	0,43	1,30	1,00	0,28
T	Interno	Aperta calços (extração)	9	0,27	1,45	0,92	0,39
T	Interno	Puxa programa do pigmentador	9	0,52	1,20	0,79	0,22
T	Interno	Desaperta calços (extração)	9	0,23	1,95	0,79	0,50
T	Interno	Puxa programa do robot	9	0,43	1,15	0,73	0,25
T	Interno	Desaperta calços (injeção)	9	0,30	0,90	0,58	0,21
T	Interno	Puxa programa da máquina	9	0,17	1,03	0,58	0,29
T	Interno	Aperta tirantes/perno central	9	0,33	1,10	0,55	0,25
T	Interno	Afina cota do bico	9	0,18	0,77	0,49	0,20
T	Interno	Desaperta tirantes/perno central	9	0,33	0,67	0,48	0,12
T	Interno	Abre prato para desacoplar extração	9	0,35	0,90	0,48	0,17
T	Interno	Coloca spray nas faces do molde a retirar	9	0,30	0,53	0,41	0,09
T	Interno	Aperta barra de travamento	9	0,20	1,02	0,39	0,25

T	Interno	Fecha molde	9	0,20	0,55	0,35	0,11
T	Interno	Roda chave (início)	9	0,00	0,12	0,01	0,04
T	Interno	Roda chave (fim)	9	0,00	0,00	0,00	0,00
T	Interno	Coloca molde na máquina (zona crítica)	8	0,93	2,40	1,65	0,45
T	Interno	Ensaia movimentos	8	0,23	1,10	0,57	0,28
T	Interno	Coloca robot em automático	8	0,08	1,15	0,41	0,33
T	Interno	Afinação fina do prato	7	0,45	2,77	1,09	0,78
T	Interno	Limpa cavidades, face, guias do molde a retirar	7	0,35	1,12	0,80	0,30
T	Interno	Valida qualidade das primeiras injeções	6	0,25	2,67	1,03	0,88
T	Interno	Retira molde da máquina (zona crítica)	6	0,48	1,40	1,01	0,34
T	Interno	Retira mão do robot anterior	6	0,30	0,58	0,43	0,11
T	Interno	Desaperta barra de travamento	6	0,17	0,72	0,41	0,20
T	Interno	Coloca mão do robot seguinte	6	0,18	0,75	0,40	0,21
T	Interno	Fecha prato móvel (para apertar molde)	5	0,42	0,92	0,67	0,22
T	Interno	Coloca gancho no olhal do molde em máquina	5	0,40	0,77	0,62	0,15
T	Interno	Limpa prato e parede de injeção	4	0,42	1,52	0,73	0,52
T	Interno	Coloca massa de lubrificação nas guias	3	0,70	1,00	0,82	0,16
T	Interno	Troca entre perno e tirantes	3	0,48	0,67	0,58	0,09
T	Interno	Retira gota fria	3	0,38	0,60	0,49	0,11
T	Interno	Ajuda a retirar molde (zona crítica)	3	0,27	0,65	0,43	0,20
T	Interno	Liga ficha de controladores no molde	3	0,38	0,50	0,43	0,06
T	Interno	Move ponte para fora de zona de funcionamento da máquina	3	0,23	0,53	0,34	0,16
T	Interno	Retira gancho do olhal do molde em máquina	3	0,15	0,22	0,19	0,04
T	Interno	Coloca chantes no molde	2	1,65	2,95	2,30	0,92
T	Interno	Coloca fita métrica na máquina	2	0,10	0,53	0,32	0,31
T	Interno	Retira olhal do molde	2	0,30	0,33	0,32	0,02
T	Interno	Liga mangueiras no molde	2	0,13	0,43	0,28	0,21
T	Interno	Para máquina	2	0,13	0,37	0,25	0,16
T	Interno	Ajusta posição do molde em máquina	1	2,07	2,07	2,07	
T	Interno	Ajuda a colocar molde (zona crítica)	1	1,30	1,30	1,30	
T	Interno	Retira chantes do molde	1	0,97	0,97	0,97	
T	Interno	Sopra águas	1	0,58	0,58	0,58	
T	Interno	Move ponte para cima do molde	1	0,57	0,57	0,57	
T	Interno	Limpa colunas	1	0,43	0,43	0,43	
T	Interno	Coloca tirantes no prato	1	0,38	0,38	0,38	
T	Interno	Desliga coletores de pré-aquecimento	1	0,38	0,38	0,38	
T	Interno	Liga ficha de extração no molde	1	0,17	0,17	0,17	
T	Interno	Liga termorreguladores	1	0,17	0,17	0,17	
T	Interno	Programa temperatura de termorregulador	1	0,17	0,17	0,17	
T	Interno	Retira mangueiras do molde	1	0,15	0,15	0,15	
T	Externo	Liga água fria	7	0,10	0,30	0,21	0,07
T	Externo	Confirma parâmetros máquina com GFM	6	0,55	4,07	1,85	1,34
T	Externo	Regista início na folha	6	0,17	0,23	0,19	0,03
T	Externo	Verifica borboletas e fugas de água	5	0,23	0,70	0,47	0,21
T	Externo	Mede molde seguinte com fita métrica	4	0,47	0,83	0,65	0,20
T	Externo	Arruma mão do robot anterior	3	0,22	0,25	0,23	0,02
T	Externo	Desliga controladores	3	0,08	0,27	0,17	0,09
T	Externo	Arruma ferramentas	2	0,17	0,37	0,27	0,14
T	Externo	Programa temperatura de controladores	1	0,57	0,57	0,57	
T	Externo	Prepara ferramentas	1	0,43	0,43	0,43	
T	Externo	Retira GFM anterior e coloca novo na máquina	1	0,32	0,32	0,32	
O	Interno	Transporta novo molde até máquina	9	1,08	2,37	1,49	0,37
O	Interno	Aperta calços (extração)	9	0,95	2,75	1,48	0,58
O	Interno	Prepara nova produção	9	0,70	3,03	1,39	0,66
O	Interno	Aperta calços (injeção)	9	0,82	2,48	1,17	0,56
O	Interno	Liga águas e programa termorregulador	9	0,38	1,65	0,82	0,46
O	Interno	Coloca gancho no olhal do molde seguinte	9	0,27	1,73	0,73	0,47
O	Interno	Desaperta calços (injeção)	9	0,30	0,85	0,59	0,20
O	Interno	Desaperta calços (extração)	9	0,40	0,82	0,58	0,13
O	Interno	Liga placa de água (injeção)	9	0,08	1,70	0,52	0,53
O	Interno	Desliga placa de água	9	0,17	1,15	0,47	0,33
O	Interno	Liga placa de água (extração)	9	0,07	1,10	0,39	0,30
O	Interno	Ajuda a colocar molde (zona crítica)	8	0,83	2,42	1,54	0,51
O	Interno	Sopra águas	8	0,88	2,53	1,50	0,58
O	Interno	Move ponte para cima do molde	8	0,33	1,23	0,82	0,31
O	Interno	Aperta tirantes/perno central	7	0,13	1,60	0,52	0,53
O	Interno	Coloca molde no chão	6	1,17	2,17	1,57	0,46
O	Interno	Ajuda a retirar molde (zona crítica)	6	0,40	1,85	0,85	0,57
O	Interno	Monta últimas peças	6	0,37	1,58	0,74	0,43
O	Interno	Coloca gancho no olhal do molde em máquina	6	0,20	0,95	0,48	0,27
O	Interno	Retira gancho do olhal do molde em máquina	6	0,08	0,58	0,32	0,18

O	Interno	Desperta tirantes/perno central	6	0,15	0,48	0,28	0,12
O	Interno	Finaliza produção anterior	5	0,28	0,62	0,42	0,17
O	Interno	Registos MES (fim de produção)	4	0,25	1,83	0,85	0,69
O	Interno	Desliga coletores de pré-aquecimento	4	0,27	0,67	0,40	0,18
O	Interno	Liga ficha de extração no molde	4	0,13	0,47	0,28	0,15
O	Interno	Retira molde da máquina (completo)	3	1,58	2,33	1,92	0,38
O	Interno	Coloca mão do robot seguinte	3	0,73	0,93	0,86	0,11
O	Interno	Retira mão do robot anterior	3	0,63	0,85	0,74	0,11
O	Interno	Move ponte para fora de zona de funcionamento da máquina	3	0,13	1,83	0,73	0,95
O	Interno	Para máquina	3	0,23	0,67	0,38	0,25
O	Interno	Registos OEE (fim de produção)	3	0,10	0,20	0,14	0,05
O	Interno	Retira ficha de extração do molde	3	0,12	0,13	0,13	0,01
O	Interno	Liga manguerias no molde	2	1,20	1,65	1,43	0,32
O	Interno	Retira olhal do molde	2	0,17	0,37	0,27	0,14
O	Interno	Coloca chantes no molde	2	0,18	0,25	0,22	0,05
O	Interno	Retira ficha de controladores do molde	2	0,12	0,15	0,13	0,02
O	Interno	Coloca molde na máquina (zona crítica)	1	1,22	1,22	1,22	
O	Interno	Liga placa de óleo	1	0,70	0,70	0,70	
O	Interno	Liga ficha de controladores no molde	1	0,27	0,27	0,27	
O	Interno	Retira chantes do molde	1	0,25	0,25	0,25	
O	Externo	Despeja pote das águas	9	0,80	1,67	1,07	0,32
O	Externo	Arruma molde anterior	4	3,95	4,53	4,31	0,26
O	Externo	Arruma mão do robot anterior	3	0,33	0,72	0,51	0,19
O	Externo	Regista produção anterior no IFS	2	1,03	1,53	1,28	0,35

A partir dos dados recolhidos para a caracterização inicial, foi possível obter uma melhor compreensão do processo de mudança de molde nas máquinas SMA e identificar os seus potenciais problemas e oportunidades de melhoria, que serão apresentados na secção seguinte.

3.5.5. Identificação de oportunidades de melhoria

Para identificar oportunidades de melhoria e definir as ações a implementar foram analisados os dados retirados da amostra inicial. Nesta secção serão apresentadas as análises feitas aos tempos de espera, às operações desadequadas e à comparação das operações registadas com a IT existente.

3.5.5.1. Análise dos tempos de espera

Os procedimentos do técnico e do operador não são independentes pelo que se registaram esperas entre os dois intervenientes. No geral, o técnico realiza um maior número de tarefas e, em média, mais longas, o que pode ser evidenciado no maior tempo de espera do operador.

A análise dos tempos de espera permitiu identificar um momento crítico no processo de mudança de molde nas tampas: a afinação do prato (esquematizado na Figura 44). Após retirar o molde da zona crítica (dentro das colunas da máquina), o técnico entrega o comando da ponte ao operador e fica alocado à afinação (grossa) do prato, enquanto o operador faz o resto do transporte do molde, troca o gancho da ponte para o molde seguinte e transporta-o para a entrada da máquina. Aqui podem dar-se duas situações: espera do operador porque o transporte do molde é mais rápido do que a afinação do prato ou, espera do técnico caso a afinação seja mais rápida. Depois da chegada do molde e afinação (grossa), o técnico recebe o comando da ponte e faz a sua colocação na máquina. A transferência de comando na zona crítica deve-se ao perigo que se corre em danificar o molde, máquina e/ou acessórios dos mesmos se a ponte de transporte for manobrada nessa zona por alguém sem formação e destreza para tal.

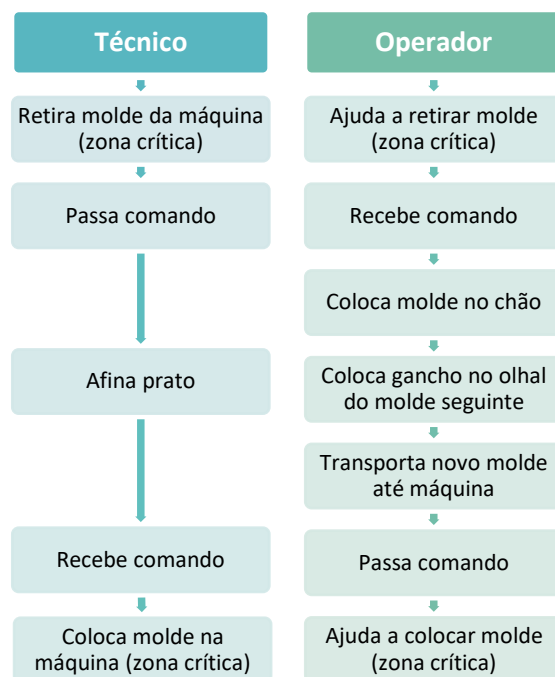


Figura 44 - Esquematização do momento de afinação do prato

Para análise dos tempos de espera foram distinguidas as seguintes categorias, onde se inclui o momento de afinação descrito anteriormente:

- Fim: espera do operador para iniciar a produção após terminar as suas tarefas de mudança de molde;
- Afinação: espera do operador enquanto o técnico faz a afinação do prato;
- Tarefas técnico: espera do operador enquanto o técnico executa as tarefas do seu lado;
- Tarefa operador: espera do técnico enquanto o operador executa as tarefas do seu lado;
- Transporte de molde: espera do técnico enquanto o operador transporta o molde;
- Erro: esperas provocadas por equívocos no procedimento do técnico ou do operador.

A Tabela 22 contém os tempos de espera mínimos, máximos e médios e o desvio padrão de cada categoria e o número de *setups* onde ocorreram.

Tabela 22 - Número de *setups* e estatísticas relativas aos tempos de espera por categoria (min)

Categoria de espera	Nº de <i>setups</i>	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Fim	9	1,53	35,92	11,69	10,71
Afinação	8	1,52	6,30	3,25	1,66
Tarefas técnico	8	0,63	4,00	1,59	1,12
Transporte de molde	3	0,48	1,18	0,73	0,39
Tarefas operador	5	0,43	0,93	0,67	0,22
Erro	1	0,17	0,17	0,17	

Com o objetivo de identificar as tarefas gargalo no processo de mudança de molde em paralelo, a categoria “Fim” foi retirada da análise, pois diz respeito ao final da mudança, onde o único interveniente no processo passa a ser o técnico. A categoria “Erro” correspondeu a um imprevisto e por isso também foi retirada. Na Figura 45, o gráfico da esquerda representa a distribuição dos tempos de espera registados pelos dois intervenientes (operador e técnico) e, o da direita, o diagrama de Pareto das categorias de espera.

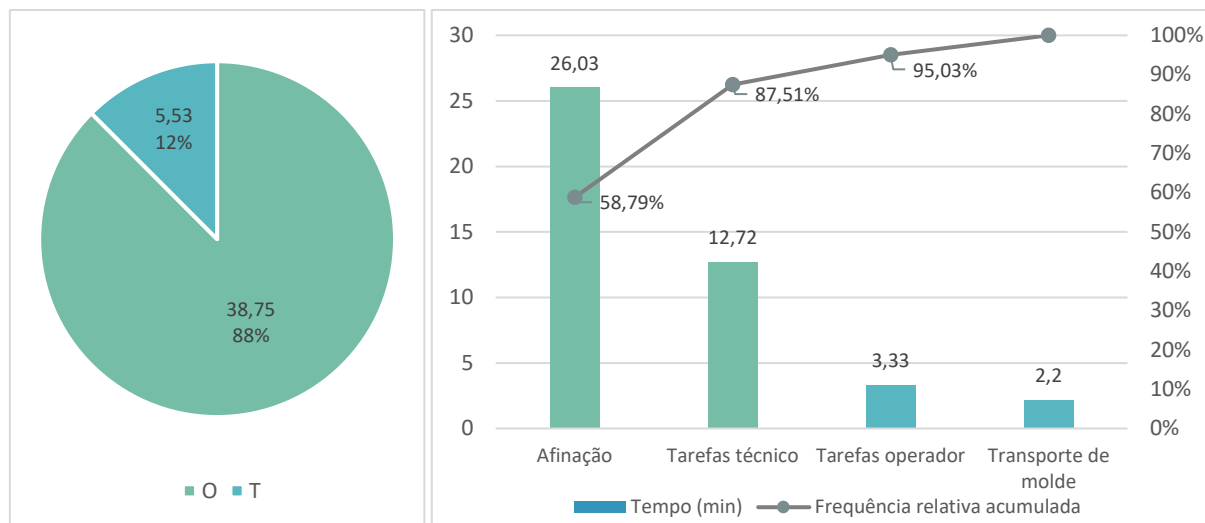


Figura 45 - Tempo de espera do operador e do técnico e respetivo diagrama de Pareto

A análise dos gráficos permitiu não só identificar que a maioria dos tempos de espera registados eram do operador, mas também que a maior parcela desse tempo (59%) estava relacionada com o tempo necessário para a afinação do prato. Ao comparar as barras “Afinação” e “Transporte de molde”, concluiu-se que a tarefa de afinação era o gargalo do subprocesso esquematizado na Figura 44, e que as maiores oportunidades de melhoria adviriam da redução do tempo de afinação, em vez da redução do tempo de transporte. Comparando as barras “Tarefas técnico” e “Tarefas operador” constatou-se que, ao longo do restante processo de mudança, o gargalo correspondia às tarefas do lado do técnico, pelo que, para reduzir o tempo de mudança de molde, foi dada prioridade à melhoria do processo desse mesmo lado.

3.5.5.2. Análise das operações desadequadas

Após análise das operações desadequadas, foram identificados os problemas que estavam na sua origem e divididos nas seguintes categorias:

- Alarme MIP: avarias da máquina, alheias à mudança;
- Atraso mudança: operações ou esperas relacionadas com o atraso do técnico ou operador para iniciar a mudança, ou seja, tempo em que a máquina está parada e se aguarda a chegada do técnico ou do operador para iniciar a execução das tarefas de *setup* em paralelo;
- Circuitos: problemas relacionados com a ligação dos circuitos de água no molde;
- Comando: desperdícios causados pela partilha do comando da ponte;

- Erro do *standard*: falhas que se devem ao *standard* inadequado ou ao incumprimento do mesmo;
- Fora de âmbito: tarefas fora do âmbito do projeto (troca de posições, por exemplo);
- Gravação: falha no vídeo;
- Mão do robot: problemas relacionados com a mão do robot;
- Pigmentador: problemas relacionados com o pigmentador (equipamento em fase inicial de implementação);
- Variabilidade MOL: problemas decorrentes da variabilidade entre moldes.

A Tabela 23 contém os tempos mínimos, máximos e médios e o desvio padrão de operações desadequadas para cada categoria e o número de *setups* onde ocorreram.

Tabela 23 - Número de setups e estatísticas relativas às operações desadequadas (min)

Categoria	Nº de setups	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Mão do Robot	5	0,60	10,03	3,65	3,73
Atraso mudança	5	0,53	6,12	3,01	2,31
Gravação	1	2,22	2,22	2,22	
Pigmentador	2	0,63	3,25	1,94	1,85
Fora de âmbito	1	1,42	1,42	1,42	
Variabilidade MOL	1	1,27	1,27	1,27	
Circuitos	1	0,72	0,72	0,72	
Comando	2	0,27	0,78	0,53	0,37
Alarme MIP	1	0,40	0,40	0,40	
Erro do <i>standard</i>	4	0,17	0,48	0,29	0,14

Tendo em conta que o pigmentador era um equipamento muito recente na fábrica, os problemas identificados no mesmo foram comunicados ao Departamento de Engenharia (DEN) para que pudessem ser tomadas as ações necessárias. Assim, a categoria “Pigmentador” foi retirada da análise. Atendendo ao elevado investimento que seria necessário para a uniformização dos moldes e redução da sua variabilidade, também não se analisou a categoria “Variabilidade MOL”. Por último, retirou-se também a categoria “Fora de âmbito”.

A análise de Pareto às restantes categorias, apresentada na Figura 46, revelou que os maiores problemas se relacionaram com as mãos do robot e os atraso do início da mudança que, em conjunto, representavam cerca de 86% do tempo despendido em tarefas desadequadas, para além de que ambos se registaram em 5 dos *setups* gravados. A estas duas categorias, juntaram-se como boas oportunidades de melhoria as categorias “erro de *standard*” e “comando” que, embora não tenham sido das mais importantes a nível de tempo, envolviam um investimento reduzido e eram simples de solucionar. Uma vez que as falhas nas máquinas de filmagem, os problemas com a ligação dos circuitos de água e as avarias da máquina de injeção eram eventos únicos, foram desvalorizados.

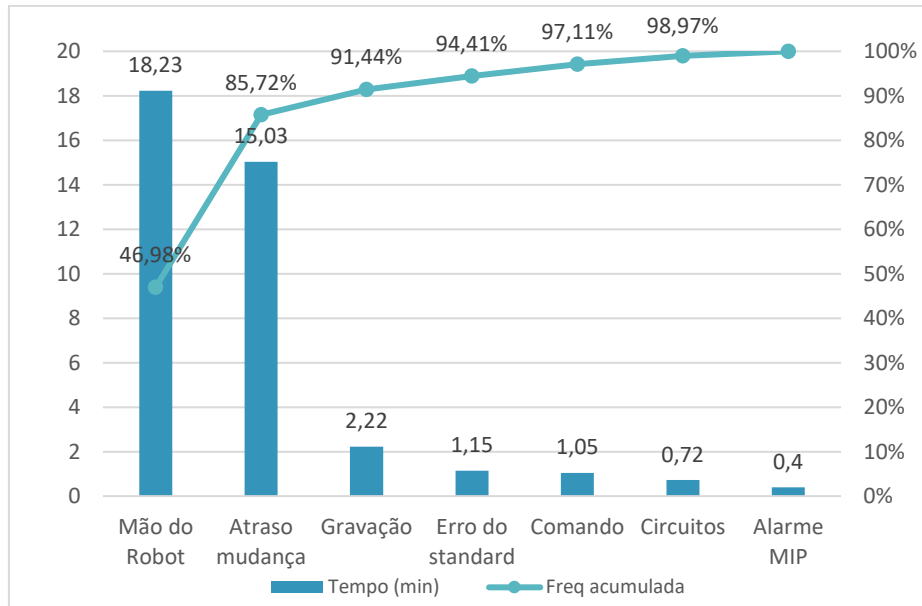


Figura 46 - Diagrama de Pareto para as categorias das tarefas desadequadas

Para reduzir os problemas relacionados com as mãos do robot e o seu impacto nas mudanças de molde foram analisadas as suas causas através do diagrama de Ishikawa da Figura 47.

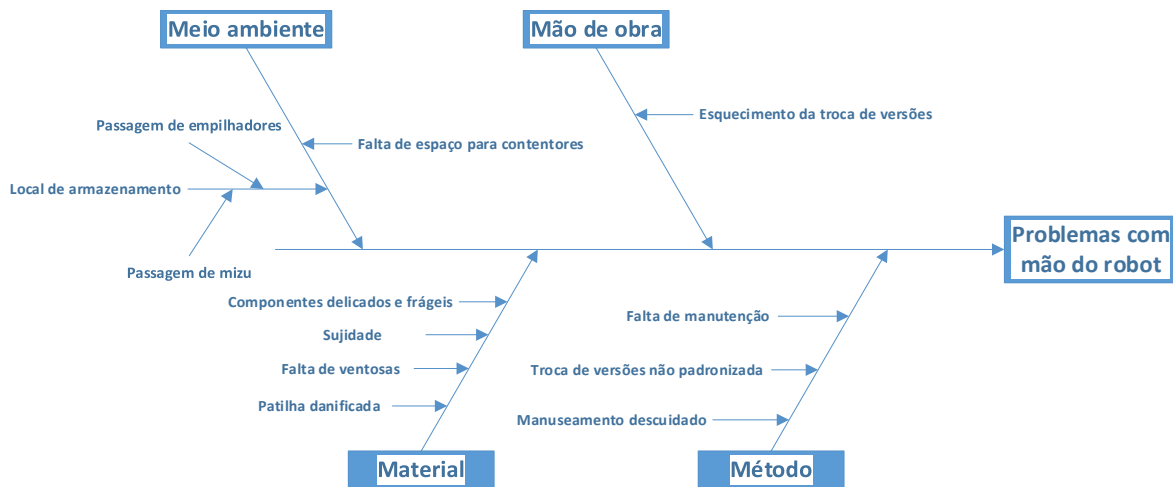


Figura 47 - Diagrama de Ishikawa para os problemas na mão do robot

Relativamente aos atrasos da mudança, foi identificado que o mais comum era a máquina parar antes da chegada do técnico. O SIPOC apresentado na Figura 48 permitiu obter informação útil na definição das causas deste problema.

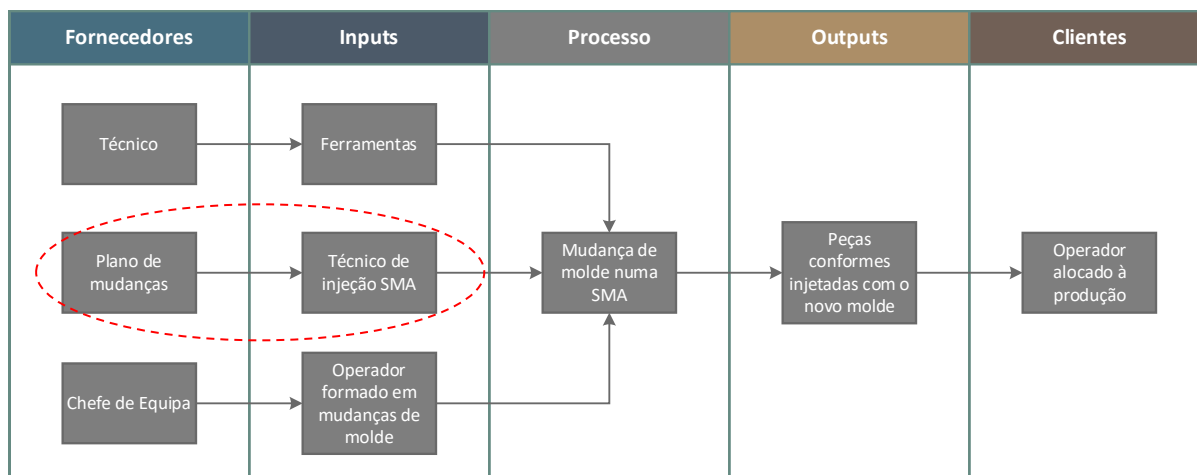


Figura 48 - SIPOC do processo de mudança de molde

Foi apurado que o problema residia na comunicação pouco eficiente do plano de mudanças, elaborado pelo CE, aos técnicos antes da mudança para que, quando a máquina parasse, tanto o técnico como o operador estivessem prontos a iniciar o seu trabalho. Após reuniões com todos, foram identificados os seguintes problemas relacionados com a programação e comunicação das mudanças:

- Alterações do plano não eram comunicadas atempadamente: os técnicos retiravam o plano no início do turno e o CE fazia alterações depois dessa hora sem comunicar com o técnico. Estas alterações podem ocorrer, por exemplo, devido a atrasos de produções provocados por avarias na máquina, problemas de qualidade que impliquem afinações, falta de componentes para completar encomendas, atraso do tratamento do molde na Oficina de Moldes ou falta de pessoas para trabalhar na máquina;
- Não existia um momento na rotina do CE do H3 para validar e atualizar as OT, o que resultava numa grande discrepância entre as horas das OT planeadas do terceiro turno para o primeiro;
- Ainda que nas rotinas dos CE dos restantes turnos (H1 e H2) os momentos de atualização e validação das OT estivessem definidos, os mesmos não eram cumpridos de igual forma por todos .

3.5.5.3. Comparação da situação inicial com *standard* existente

Para além de perceber as atividades desempenhadas e o tempo que demoravam, o objetivo numa fase inicial foi também compreender em que medida a instrução de trabalho (IT) já existente (ver Anexo III) era seguida e se mantinha ou não adequada à realidade dos centros de trabalho à data do projeto. Para tal, as tarefas de *setup* registadas na amostra inicial foram comparadas com as tarefas na IT existente. Os desvios identificados foram analisados e classificados nas três categorias que se seguem:

- Delta: tarefas em falta no documento ou desempenhadas de forma distinta;
- Troca: tarefas definidas na IT para o técnico executadas pelo operador ou vice-versa;
- Pré (mudança): tarefas definidas na IT para antes do *setup* mas a serem executadas durante a paragem, o que corresponde à fase inicial da metodologia SMED. No caso do operador, estes

desvios já eram expectáveis, pois o procedimento anterior não considera a ocupação do mesmo antes da mudança, isto é, o operador está a montar tampas da OF em curso e, portanto, nem sempre tem disponibilidade para realizar tarefas antes do *setup*.

- Pós (mudança): tarefas definidas na IT para depois do *setup* mas a serem executadas durante a paragem, o que também corresponde à fase inicial da metodologia SMED. Neste desvio não se incluem as tarefas desempenhadas em *run-up*, em que o técnico apenas estaria parado à espera da injeção das primeiras peças para poder validar a sua qualidade, pois, apesar de a máquina ainda não estar a produzir ao ritmo normal, já não se encontra parada.

Na Figura 49 representa-se graficamente a percentagem de tempo que o técnico (gráfico da esquerda) e o operador (gráfico da direita) despenderam em tarefas de cada categoria de desvio e em tarefas de acordo com a IT (setor denominado “*Standard*”).

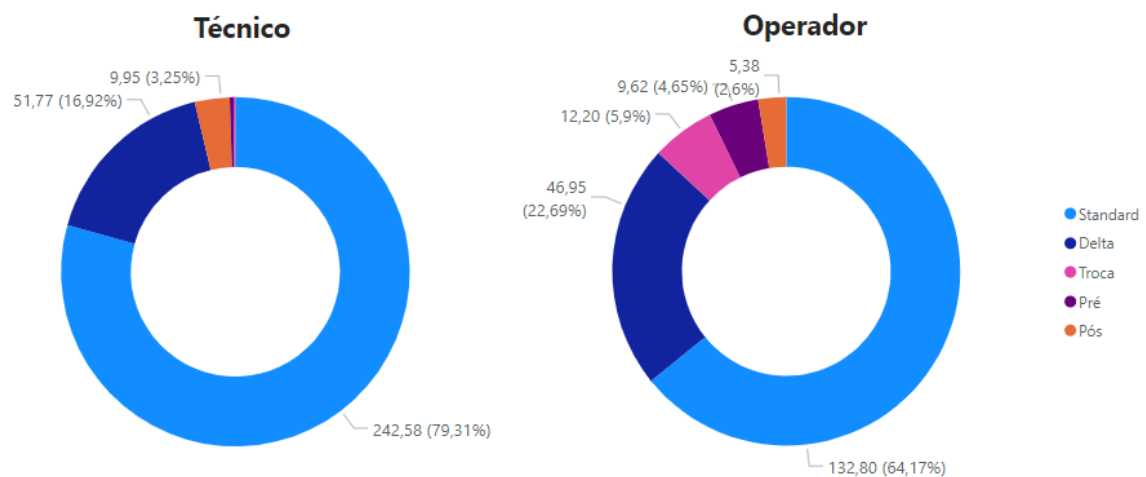


Figura 49 -Desvios à IT para o técnico e operador na amostra inicial (min)

Verificou-se que os desvios à IT representavam cerca de 21% do tempo das tarefas desempenhadas pelo técnico e 36% pelo operador e que, em ambos os casos, o tipo de desvio com mais peso correspondia às tarefas delta. O desvio relativo às trocas foi maior no caso do operador, ou seja, as tarefas anteriormente alocadas ao técnico que estavam a ser desempenhadas pelo operador representam maior percentagem de tempo do que a situação inversa, pelo que foi importante avaliar se esta troca era benéfica ou se poderia ter impacto na qualidade e segurança do processo. Relativamente à execução de tarefas de pré-mudança durante o *setup*, verifica-se que também era maior no caso do operador (cerca de 5%), o que se deve ao facto de, ao contrário do técnico, este não ter tempo para preparar a mudança. O facto de a IT não considerar a ocupação do operador antes da mudança sugeriu desde logo a necessidade de reformulação da mesma.

Face a isto, e atendendo também às tarefas identificadas como erros do *standard* na secção anterior, a redefinição da IT tornou-se uma oportunidade de melhoria evidente.

3.5.6. Ações de melhoria desenvolvidas

Tendo em conta as oportunidades de melhoria identificadas, de seguida serão detalhadas as ações de desenvolvidas.

3.5.6.1. Proteção das mãos do robot

Conforme descrito no diagrama da Figura 47, as mãos do robot são objetos frágeis, e muitas vezes eram detetados problemas durante a mudança que implicavam a substituição dos seus componentes como, por exemplo, ventosas ou os circuitos de ar comprimido. Estas tarefas adicionais tinham um impacto negativo no decorrer normal de uma mudança, e quanto mais tarde os problemas fossem detetadas no processo, pior.

O local de armazenamento das mãos é próximo do local de passagem e manobra dos carros *mizu* e empilhadores. Para além disso, é nesta zona que muitas vezes se acumulam os contentores vazios de PA necessários para a produção normal nestas células. Assim, uma das causas para as mãos danificadas e empenadas, principalmente as detetadas durante a mudança, são as colisões enquanto estão armazenadas. Para reduzir o impacto desta causa foram colocados os batentes visíveis na Figura 50.

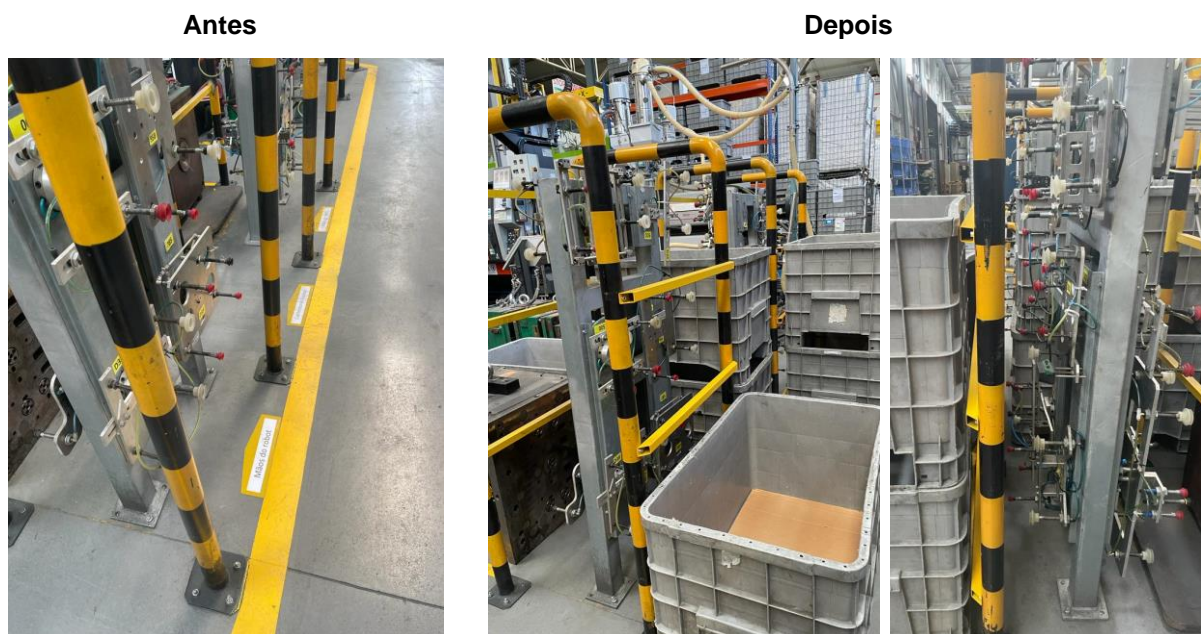


Figura 50 - Local de armazenamento das mãos do robot antes e depois da melhoria

Outro problema detetado com a análise das tarefas desadequadas relacionadas com as mãos do robot foi a troca de versões, uma tarefa externa, que não constava no procedimento e, por esquecimento e falta de padronização das próprias mãos do robot, nem sempre era feita corretamente antes da mudança. Esta tarefa era necessária nos casos em que um mesmo molde produzia várias versões de descarga, isto é, DD ou DI, pois, é através do movimento das ventosas da mão, que se consegue extrair a tampa injetada do molde. Uma vez alterada a versão a produzir e, por consequência, o número de botões injetados, tornava-se necessário alterar a configuração das ventosas e desligar ou ligar os

respetivos circuitos de ar comprimido (responsáveis pelo seu movimento) para que conseguissem segurar a peça devidamente. Como tal, a falha na execução desta tarefa apenas era detetada no momento de injeção das primeiras peças quando o robot não conseguia extrair a peça, obrigando o técnico a parar a injeção.

Para resolver o problema mencionado, a validação dos circuitos na mão do robot de acordo com a versão a ser produzida foi adicionada como tarefa externa ao processo. Para além disso, foi proposta a aplicação de um sistema padronizado de gestão visual para identificar quais os circuitos que pertencem a cada versão, de modo a evitar o erro na execução da tarefa.

3.5.6.2. Processo de comunicação pré-mudança

Para evitar as esperas tanto do técnico como do operador para iniciar a mudança devido à sua falta de coordenação, foi necessário definir o processo de comunicação entre chefes de equipa e técnicos antes da mudança (Anexo IV) por forma a que, na hora da paragem da máquina estivesse tudo pronto para que o processo interno da mudança pudesse decorrer da forma mais expedita possível.

Assim, foram definidos dois processos, representados nos fluxogramas da Figura 51. O processo A diz respeito à atualização do plano de mudanças de molde e está ao encargo do CE e o B, que corresponde à impressão do mesmo plano e deve ser realizado pelo técnico responsável.

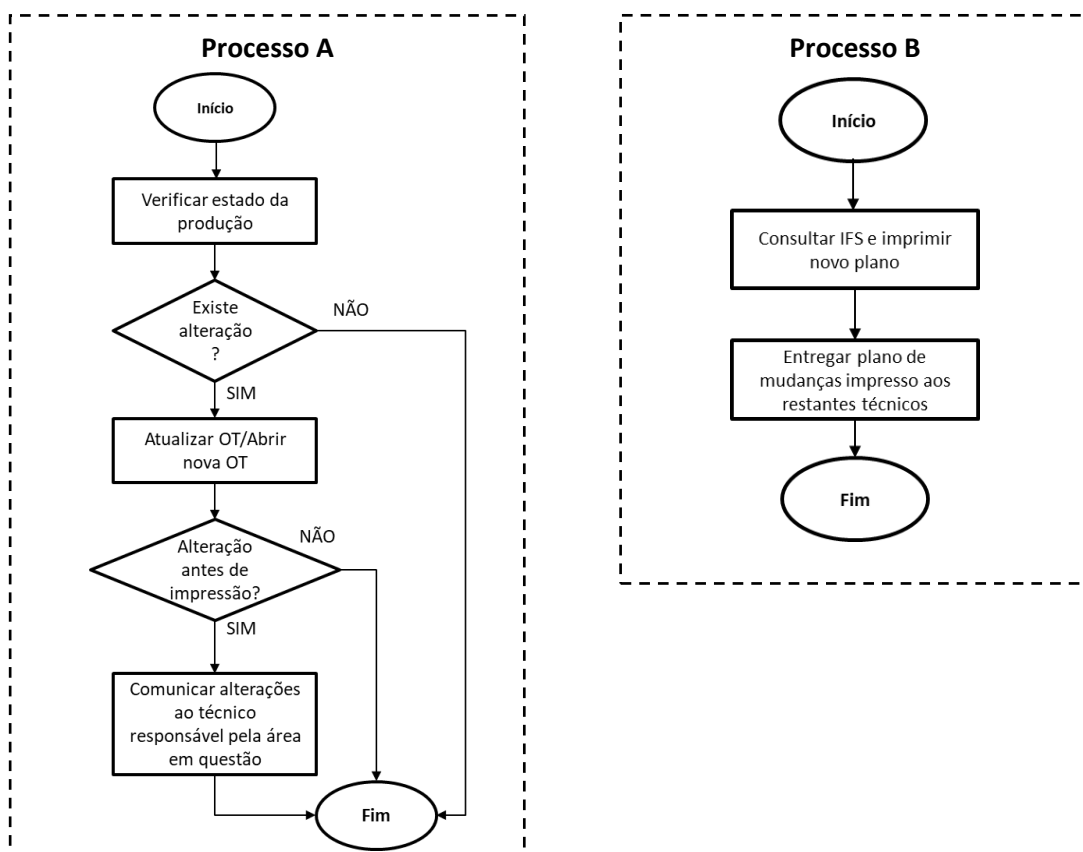


Figura 51 - Fluxogramas relativos à troca de informação entre CE e técnicos

Por forma a manter a coordenação entre o CE e o técnico, foi também definido que o processo A ocorre duas horas após o início do turno, e o processo B uma hora após o A.

Para além destes dois processos, que garantem uma melhor comunicação entre técnicos e CE durante o turno, cada CE deve garantir as OT abertas para a segunda metade do próprio turno e a primeira metade do turno seguinte, tal como representado na Figura 52.

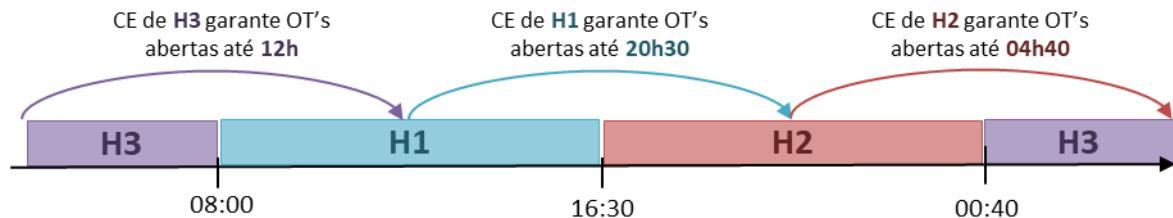


Figura 52 - Coordenação da abertura de OT entre turnos

Foi ainda estabelecido que o CE deve alertar o técnico responsável trinta minutos antes da hora prevista para cada mudança.

3.5.6.3. Posição *start* para o comando da ponte

Para manobrar a ponte utilizada para transporte do molde é utilizado o comando (visível na Figura 53). Os problemas identificados com o comando estavam relacionados com a procura do mesmo e o próprio fio que, por vezes, ficava preso no molde.

Com o objetivo de padronizar o processo e evitar a movimentação do operador ou técnico na procura do comando durante o *setup*, foram definidos os momentos exatos de passagem do comando da ponte (utilizada para transporte do molde) entre operador e técnico, e foi definido e identificado o local onde este deve ser colocado para iniciar o *setup* (ver Figura 53). Desta forma, o operador, que é o primeiro a utilizar o comando, saberá onde o encontrar.



Figura 53 - Definição e identificação da posição standard para o comando da ponte

Outra melhoria proposta foi a aquisição de dois comandos sem fios para eliminar a necessidade de transferência do mesmo e agilizar as tarefas que impliquem a ponte. O investimento estava a ser avaliado pela empresa.

3.5.6.4. Novo procedimento de mudança de molde

Para obter um procedimento novo e melhorado foram dinamizadas duas reuniões em sala onde se incluíram dois dos técnicos mais experientes. Este procedimento sofreu diversas iterações à medida que se justificavam necessárias e, no final do projeto, foi obtida a IT apresentada no Anexo V. Nessas reuniões, os desvios identificados na secção 3.5.5.3 foram analisados de maneira a apurar se eram realmente tarefas para converter em *standard* ou se eram desvios que deviam ser eliminados. Assim, ficou definido quais das tarefas identificadas eram para incluir na nova IT especificando por quem eram desempenhadas e quando (pré, pós ou durante a paragem) e, quais eram casos particulares provocados pela variabilidade inerente aos próprios moldes e máquinas. Foi também definida a melhor ordem para as tarefas, tendo em conta o menor tempo de mudança e a segurança das pessoas e materiais. A Tabela 24 resume os desvios identificados, o seu responsável (T ou O) na amostra inicial e a solução adotada. Na Tabela 25 resumem-se os casos particulares, ou seja, exceções às tarefas *standard*.

Tabela 24 - Desvios à IT

Desvio	Tarefa	Quem	Solução
Delta (tarefas em falta no documento ou desempenhadas de forma distinta)	Programa temperatura de controladores	T	Incluir no procedimento pré-mudança do técnico
	Regista início na folha	T	
	Prepara ferramentas	T	
	Mede molde seguinte com fita métrica	T	
	Aperta parafusos dos tirantes/perno central	T	Incluir no procedimento de mudança do técnico

	Limpa colunas	T	
	Move ponte para fora de zona de funcionamento da máquina	O;T	
	Puxa programa do pigmentador	T	
	Puxa programa do robot	T	
	Retira GFM anterior e coloca novo na máquina	T	Incluir no procedimento pós-mudança do técnico
	Arruma mão do robot anterior	O;T	
	Liga água fria	T	
	Arruma ferramentas	T	
	Ajuda a colocar molde (zona crítica)	O;T	Incluir no procedimento de mudança do operador
	Ajuda a retirar molde (zona crítica)	O;T	
	Desliga coletores de pré-aquecimento	O;T	
	Monta últimas peças	O	
	Move ponte para cima do molde	O;T	Incluir no procedimento pós-mudança do operador
	Registos MES (fim de produção)	O	
	Coloca fita métrica na máquina	T	
Retira molde da máquina (completo)	O		
Troca (quem desempenhou não foi quem estava definido na IT)	Coloca gancho no olhal do molde em máquina	O	Incluir no procedimento de mudança do técnico
	Coloca molde na máquina (zona crítica)	O	
	Liga ficha de controladores no molde	O	
	Para máquina	O	
	Retira gancho do olhal do molde em máquina	O	Incluir no procedimento de mudança do operador
	Liga ficha de extração no molde	T	
	Liga termorreguladores	T	
	Programa temperatura de termorregulador	T	
Pré (tarefas definidas como pré-mudança na IT executadas durante o <i>setup</i>)	Sopra águas	T	Incluir no procedimento pós-mudança do operador
	Despeja pote das águas	O	
	Desliga controladores	T	
Pós (tarefas definidas como pós-mudança na IT executadas durante o <i>setup</i>)	Confirma parâmetros máquina com GFM	T	Incluir no procedimento pós-mudança do técnico
	Regista produção anterior no IFS	O	Incluir no procedimento pós-mudança do operador
	Finaliza produção anterior	O	
	Prepara nova produção	O	
	Registos OEE (fim de produção)	O	

Tabela 25 - Casos particulares de mudança de molde

Desvio	O quê? (Tarefa)	Quem?	Onde?	Porquê?
Troca	Coloca mão do robot seguinte	O	MIP44	Disposição espelhada das máquinas
	Retira mão do robot anterior			
Delta	Ajusta posição do molde em máquina	T	MOL1147	Ausência de centrador no molde
	Coloca chantes no molde	T;O	MOL265	Dimensão do molde não permite a entrada/saída com chantes colocados
	Retira chantes do molde			
	Liga manguerias no molde	T;O	MOL265	Dimensão do molde não permite a entrada/saída com circuitos fechados/fixos
Retira manguerias do molde	T			

	Liga placa de óleo	O	MOL412	Um dos moldes possui placa de óleo
	Retira olhal do molde	T;O	MOL265	Um dos moldes possui olhal removível na vez de barra de travamento
	Troca entre perno e tirantes	T	MOL 26/791/5	Métodos de extração díspares entre moldes (perno e quantidade de tirantes)
	Coloca tirantes no prato			

Assim, as tarefas *standard* para a mudança de molde definidas após a reunião foram as que se apresentam na Tabela 26.

Tabela 26 - Lista de tarefas *standard*

Técnico	Operador	
Pré-mudança		
Prepara ferramentas		
Valida circuitos com versão a produzir		
Coloca comando na posição <i>start</i> (lado do operador)		
Mede molde seguinte com fita métrica		
Programa temperatura de controladores ou Desliga controladores		
Desliga controladores		
Regista início na folha		
Mudança de molde		
Para máquina	Monta últimas peças	
Roda chave (início)	Move ponte para cima do molde	
Abre a porta	Sopra águas	
Limpa cavidades, face, guias do molde a retirar		
Coloca <i>spray</i> nas faces do molde a retirar		
Fecha a porta		
Fecha molde		
Abre a porta		
Aperta barra de travamento		
Desaperta calços (extração)		
Retira ficha de controladores do molde		Abre a porta
Recebe comando de operador		Passa o comando ao técnico
Coloca gancho no olhal do molde em máquina		Desliga placa de água
Desaperta parafusos dos tirantes/perno central	Retira ficha de extração do molde	
	Desaperta calços (extração)	
	Fecha a porta	
Fecha a porta		
Abre prato para desacoplar extração		
Abre a porta		
Desaperta tirantes/perno central	Abre a porta	
Desaperta calços (injeção)	Desaperta tirantes/perno central	
Retira molde da máquina (zona crítica)	Desaperta calços (injeção)	
	Ajuda a retirar molde (zona crítica)	

Passa comando a operador	Recebe o comando do técnico
Limpa prato e parede de injeção	Fecha a porta
Limpa colunas	Coloca molde no chão
Fecha a porta	Desliga coletores de pré-aquecimento
Afina prato	Coloca gancho no olhal do molde seguinte
Puxa programa do pigmentador	Transporta novo molde até máquina
Retira mão do robot anterior	
Coloca mão do robot seguinte	
Puxa programa do robot	
Abre a porta	Abre a porta
Recebe comando de operador	Passa o comando ao Técnico
Coloca molde na máquina (zona crítica)	Ajuda a colocar molde (zona crítica)
Aperta calços (injeção)	Aperta calços (injeção)
Liga ficha de controladores no molde	Aperta tirantes/perno central
Aperta tirantes/perno central	Fecha a porta
Fecha a porta	
Fecha prato móvel (para apertar molde)	
Abre a porta	
Aperta calços (extração)	Abre a porta
Desaperta barra de travamento	Aperta calços (extração)
Aperta parafusos dos tirantes/perno central	Liga placa de água (injeção)
Retira gancho do olhal do molde em máquina	Liga placa de água (extração)
Move ponte para fora de zona de funcionamento da máquina	Liga ficha de extração no molde
Passa comando a operador	Recebe comando de técnico
Puxa programa da máquina	Fecha a porta
Fecha a porta	Liga águas e programa termorregulador
Faz carga	Despeja pote das águas
Afina cota do bico	Arruma molde anterior
Ensaia movimentos	Pós-mudança
Afinação fina do prato	Finaliza produção anterior
Abre a porta	Regista produção anterior no IFS
Limpa cavidades, face, guias do molde colocado	Registos MES (fim de produção)
Retira gota fria	Registos OEE (fim de produção)
Coloca massa de lubrificação nas guias	Prepara nova produção
Fecha a porta	
Coloca robot em automático	
Injeta primeiras peças	
Valida qualidade das primeiras injeções	
Roda chave (fim)	
Pós-mudança	
Liga água fria	
Verifica borboletas e fugas de água	

Retira GFM anterior e coloca novo na máquina	
Arruma mão do robot anterior	
Arruma ferramentas	

Uma vez definidas as tarefas *standard* foi possível avançar com a aplicação da metodologia SMED e restantes melhorias para redução do tempo de *setup*.

3.5.6.5. Aplicação da Metodologia SMED

Geralmente a aplicação da metodologia SMED inicia com uma etapa preliminar em que o *setup* é realizado de forma desorganizada, ou seja, sem a distinção entre *setup* interno e *setup* externo. No entanto, uma vez que já se realizaram vários projetos SMED na OLI, os técnicos e operadores já estão familiarizados com o conceito de *setup* interno e externo e, por isso, a maior parte das tarefas externas já eram devidamente asseguradas pelo técnico antes da paragem da máquina.

Assim, o técnico já realizava as seguintes operações enquanto a máquina ainda estava a produzir, ou seja, pré-mudança:

- Colocar o molde em pré-aquecimento, se necessário;
- Imprimir novo GFM (Guia de Funcionamento do Molde) e transportá-lo para a máquina;
- Transportar o carro de ferramentas para a máquina;
- Alinhar a ponte com a máquina;
- Transportar o molde que vai entrar para a posição IN (apenas para a MIP 51, uma vez que se encontra mais afastada do local de armazenamento dos moldes);
- Garantir que pote de águas está vazio.

Importa referir que, para além destas tarefas, o técnico deve identificar se existe mudança de MP, cor ou postigos e realizar as tarefas que isso implica. No entanto, essas tarefas não foram detalhadas uma vez que o âmbito do projeto foi limitado à mudança de molde.

Tal como foi referido na secção 3.5.5.3, os desvios pré e pós mudança revelaram que este aspeto do SMED nem sempre era cumprido e, portanto, o *standard* foi reformulado e reforçado para os intervenientes através do acompanhamento de, pelo menos, uma mudança por dia no mês de abril.

Fase 1: Separar *setup* interno de *setup* externo

A Tabela 27 reúne as tarefas externas identificadas na amostra inicial e, tal como apresentado na secção 3.5.6.4. (onde foram detetadas como desvios à IT), a sua separação foi feita para os momentos pré ou pós mudança para definição das tarefas *standard*. De notar que as tarefas identificadas na Tabela 27 foram realizadas antes da aprovação da primeira peça OK, ou seja, por definição, em tempo de *setup* interno. No entanto, algumas, identificadas a verde, foram realizadas na fase de *run-up* e, portanto, num período em que a máquina já se encontrava a trabalhar e o técnico apenas esperava pela injeção das primeiras peças efetuando as afinações necessárias para validar a primeira peça OK, como tal, não tinham impacto no tempo da mudança. Dado que continuam a ser tarefas necessárias, são consideradas na fase pós mudança do procedimento.

Tabela 27 - Tarefas externas registadas durante a paragem na amostra inicial

	Tarefa	Quem	Fase	Problema	Ação
SETUP EXTERNO	Arruma mão do robot anterior	T;O	setup	Tarefa delta externa	Definição de um local para a colocação da mão durante a mudança
	Prepara/Arruma ferramentas	T	setup	Diversidade e organização de ferramentas utilizadas	5S nas gavetas dos carros de ferramentas
				Movimentação para abrir e fechar gavetas	Identificação da posição do carro durante a mudança
	Mede molde seguinte com fita métrica	T	setup	Tarefa delta externa	Separada para pré-mudança de técnico
	Programa temperatura de controladores	T	setup	Tarefa delta externa	Separada para pré-mudança de técnico
	Desliga controladores	T	setup	Incumprimento de <i>standard</i> : desvio pré	Separada para pré-mudança de técnico
	Regista início na folha	T	setup	Tarefa delta externa	Separada para pré-mudança de técnico
	Regista produção anterior no IFS	O	setup	Incumprimento de <i>standard</i> : desvio pós	Separada para pós-mudança de operador
	Retira GFM anterior e coloca novo na máquina	T	setup	Tarefa delta externa	Separada para pós-mudança de técnico
	Confirma parâmetros máquina com GFM	T	setup	Incumprimento de <i>standard</i> : desvio pós	Separada para pós-mudança de técnico
			run-up		
	Liga água fria	T	run-up		Separada para pós-mudança de técnico
	Verifica borboletas e fugas de água	T	run-up		Separada para pós-mudança de técnico
	Despeja pote das águas	O	setup	Incumprimento de <i>standard</i> : desvio pré	Separada para pós-mudança de operador
run-up					
Arruma molde anterior	O	run-up		Separada para pós-mudança de operador	

- Definição de um local para a colocação da mão durante a mudança

Durante as mudanças de molde nas máquinas SMA do DMO, o técnico é responsável por retirar a mão do robot, correspondente ao molde da produção que termina, e colocar a mão correspondente ao molde da produção seguinte. O layout espelhado das duas células de tampas faz com que, na MIP 44, esta tarefa represente um caso particular, uma vez que o tapete de produção e, portanto, o local por onde é retirada a mão é do lado do operador. Assim, nesta máquina a tarefa descrita anteriormente é executada pelo operador.

Uma das tarefas externas que estava a ser desempenhada durante a paragem era arrumar a mão do robot retirada, o que implicava a movimentação do operador ou técnico ao local de armazenamento das mãos. Existem dois locais de armazenamento e cada mão tem a sua posição predefinida num desses locais, portanto, não só era feito o transporte das mãos como a procura pelo local destinado à mão em causa.

Com o objetivo de separar a tarefa externa e eliminar os desperdícios de movimentação identificados, foram colocados os suportes da Figura 54 mais próximos da zona de troca das mãos, tanto na MIP44 como na MIP51.



Figura 54 - Suportes criados para colocar a mão do robot antes e após a troca

Estes desperdícios não se verificaram em todos os *setups* acompanhados, pois, muitas vezes, a arrumação era evitada e as mãos eram deixadas em locais indefinidos e inapropriados, tal como se verifica na Figura 55.

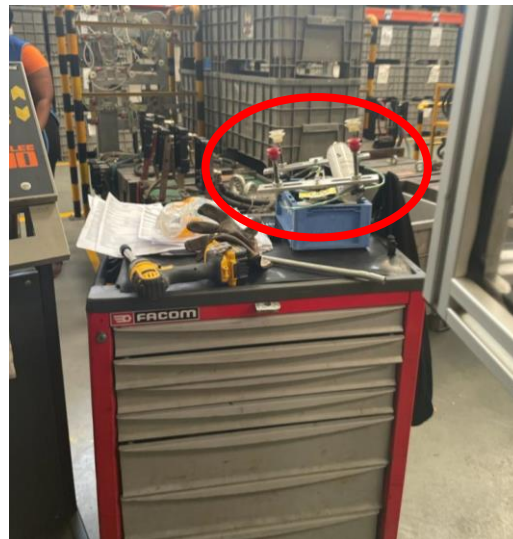


Figura 55 - Exemplo de alternativa utilizada à arrumação da mão do robot

No entanto, ainda que dessa forma não tivesse impacto no tempo de *setup* no imediato, a mão é um objeto frágil, logo, ao ser pousada num local inapropriado, poderia ficar danificada. Assim, a ação

implementada tem também um impacto positivo na preservação do estado funcional das mãos do robot, um dos problemas identificados na análise de tarefas desadequadas.

No diagrama de esparguete da Figura 56 é possível visualizar a diferença na movimentação do técnico no caso da mudança na MIP51 antes e depois da melhoria (identificada com “MR”). O mesmo se aplica ao operador para a MIP44.

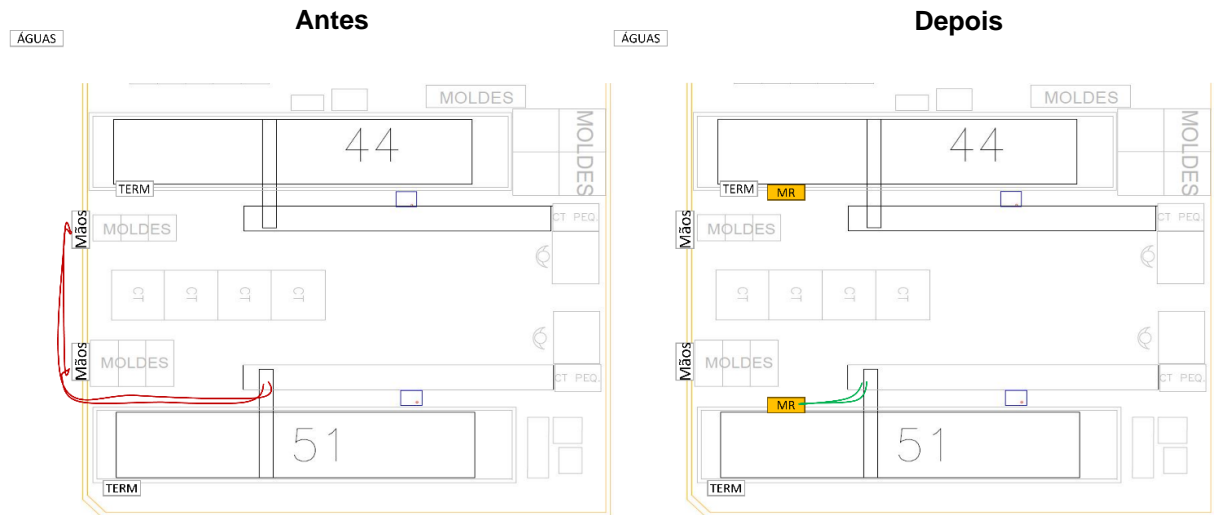


Figura 56 - Movimento para trocar a mão do robot antes e depois da instalação do suporte

Assim, antes de qualquer mudança, o técnico deve colocar a mão do robot que vai ser utilizada no suporte. Durante o *setup*, a mão retirada deve ser colocada no mesmo suporte e após a mudança deve ser arrumada no local predefinido de armazenamento.

- Gestão Visual no carro de ferramentas do técnico

As tarefas “Prepara ferramentas” e “Arruma ferramentas” dizem respeito ao movimento do técnico para colocar as ferramentas de que necessita em cima do carro para fácil acesso durante o *setup* ou ao movimento de as guardar nas gavetas do carro. Esta tarefa não foi separada por completo pois não é possível dispor, de forma organizada, todas as ferramentas necessárias à mudança de molde em cima do carro. No entanto, tal como visível na Figura 57, foi definido e identificado o local mais apropriado para que todos os técnicos colocassem o carro da mesma maneira, por forma a minimizar o seu movimento e, consequentemente, o impacto desta tarefa durante o *setup*.

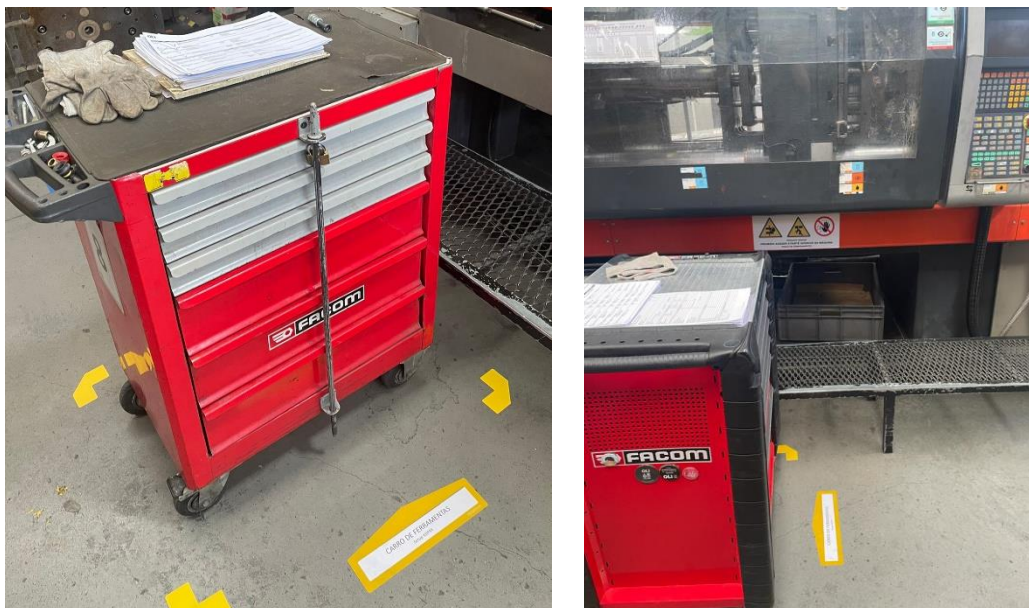


Figura 57 - Identificação da posição do carro de ferramentas durante o setup

Durante as mudanças acompanhadas foi também feita uma auditoria aos carros de ferramentas para sensibilizar os técnicos e os motivar a manter a prática dos 5S (que já tinham sido anteriormente implementados) devidamente atualizada.

Fase 2: Converter setup interno em setup externo

- Transferência da limpeza de faces do molde para a oficina de moldes

Nesta fase do SMED, a solução testada foi a transferência da limpeza das cavidades, faces e guias do molde para fora do momento de paragem. Esta tarefa consiste na limpeza do óleo proveniente maioritariamente do spray antioxidante que se coloca para proteção dos moldes sempre que são fechados, quer seja pelos técnicos durante as mudanças de molde ou pela oficina de moldes responsável por qualquer intervenção de manutenção e troca dos postigos de maiores dimensões. Antes de iniciar o processo de injeção, os técnicos devem limpar o excesso de óleo presente no molde para que o mesmo não seja transferido para a peça, reduzindo, assim, a quantidade de não conformes durante o arranque da máquina.

Esta tarefa não só é muito demorada como muito variável, pois a quantidade de óleo no molde depende de vários fatores, nomeadamente da quantidade colocada, do tempo de inatividade do molde e da temperatura do molde. Para além disso, um dos problemas detetados foi que, no caso de o óleo não sair completamente com a limpeza e as primeiras injeções, o técnico deve parar a máquina novamente, reabrir o molde e fazer uma segunda limpeza, de modo a evitar o desperdício de material em não conformes acima das 5 peças, o que tem impacto no tempo do *setup*.

Com vista a reduzir o tempo de limpeza, a necessidade de uma segunda limpeza e o número de não conformes nas primeiras injeções e, conseqüentemente, o tempo das primeiras injeções e do *setup*, foi proposto que a limpeza passasse a ser realizada na oficina de moldes, que possui as ferramentas

necessárias para fazer a abertura e fecho dos moldes fora da máquina. Após o teste desta solução em três mudanças, concluiu-se que, para além da necessidade de limpar a segunda vez ter sido completamente eliminada, a tarefa de limpeza foi reduzida em 49% e o tempo de injeção das primeiras peças em 38%.

Esta solução não foi implementada por completo dada a inviabilidade de transportar todos os moldes para a oficina de moldes antes da mudança e a dificuldade em fazer a sua abertura e fecho quando estes se encontram aquecidos, o que é necessário para evitar outros tipos de não conformidades no arranque. Esta limpeza será apenas feita externamente, nos casos em que os moldes já têm de ser levados para a oficina, o que acontece, por exemplo, para a troca de alguns postigos.

Fase 3: Simplificar as tarefas de *setup* (internas e externas)

- **Abrir e fechar a porta**

Durante o processo de mudança de molde, o técnico e o operador têm de abrir e fechar a porta da máquina 12 e 8 vezes no mínimo, respetivamente, e qualquer desvio no procedimento ou qualidade da peça pode fazer com que seja necessário fazê-lo mais vezes. Inicialmente, no levantamento de operações, essa tarefa não foi discriminada e o seu tempo foi tido em conta nas outras tarefas, por exemplo, o tempo médio da tarefa de “abrir o prato para desacoplar extração” na amostra inicial incluía o tempo de abrir e fechar a porta do molde pois, para ser realizada, era necessário que a máquina estivesse fechada.

No entanto, com o decorrer do projeto, um dos problemas detetados foi o elevado tempo de abertura e fecho da porta do técnico, particularmente na MIP44. Enquanto a porta da MIP51 demorava 5 segundos tanto a abrir como a fechar, a porta da MIP44 demorava cerca de 10 segundos, o que significava que no mínimo 2 minutos da mudança eram despendidos apenas nessa tarefa. Assim, uma das ações levadas a cabo nesta fase foi precisamente o aumento dessa velocidade tanto quanto possível, mantendo os padrões de segurança necessários. Após a intervenção do DMI, a porta passou a demorar apenas 4 segundos a abrir ou a fechar, o que representa uma redução de 60% no tempo desta tarefa.

- **Apertar e desapertar parafusos dos tirantes**

Nas tampas existem diferentes tipos de sistemas de extração, existem moldes com tirantes (2 no mínimo e 4 no máximo), moldes com perno central e moldes com tirantes e perno central. Para o sistema de extração mais comum, que é o que utiliza tirantes, é necessário apertar e desapertar os parafusos dos tirantes. Nestas tarefas identificaram-se dois grandes problemas, o tempo que demoravam (em média 1,50 minutos no aperto e 1,37 minutos no desaperto) e o facto de muitas vezes os parafusos caírem ao serem colocados ou retirados devido à forma como se posicionam.

Para melhorar esta tarefa e reduzir a frequência dos problemas identificados foi proposta e testada a substituição da chave utilizada, representada na Figura 58 à esquerda, por uma aparafusadora elétrica com a ponta magnetizada, representada na mesma figura à direita.

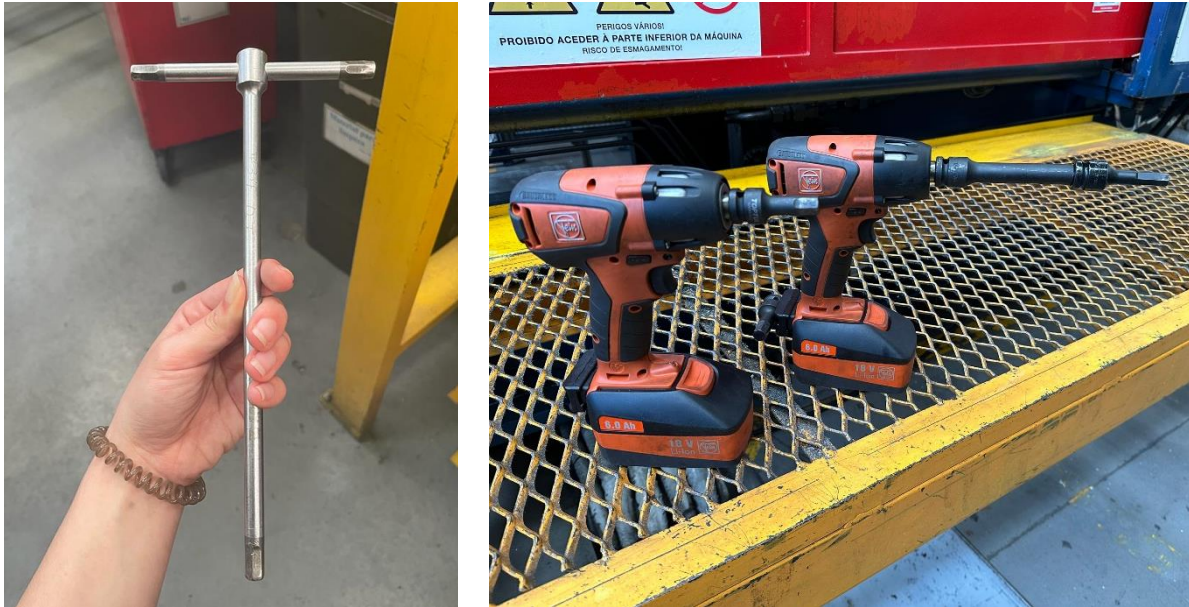


Figura 58 – Ferramenta utilizada para apertar os parafusos dos tirantes (antes e depois)

Embora o tempo desta tarefa dependa do tipo de extração e da quantidade de tirantes, o teste desta melhoria apurou que, em média, utilizando a aparafusadora, o tempo médio de apertar os parafusos é de cerca de 22 segundos (0,36 minutos) e o de desapertar é de 11 segundos (0,18 minutos). Verificou-se ainda que, pelo facto de a ponta ser magnetizada, o tempo despendido a procurar e apanhar os parafusos caídos foi reduzido a zero.

Foram adquiridas duas aparafusadoras elétricas para serem partilhadas entre turnos. No total, o investimento foi de cerca de 1300 euros e contribuiu para melhorar não só o *setup*, mas também a ergonomia no trabalho do técnico, pois com as chaves de aperto o seu esforço físico era maior.

- Afinação do prato

A afinação do prato consiste em ajustar o prato móvel da máquina para a medida de espessura do molde que vai entrar. Esta tarefa não só era a causa da maioria do tempo de espera, tal como identificado na secção 3.5.5.1, como era uma das tarefas mais demoradas (3,77 minutos, em média) e mais variáveis (desvio padrão de 1,76 minutos). O tempo desta tarefa depende da diferença de espessuras entre o molde que sai e o que entra, isto é, quanto maior a diferença de espessuras maior o tempo de afinação, uma vez que o prato tem de fazer uma movimentação maior.

Nas máquinas das tampas a afinação era feita com o pressionar contínuo de um botão, o que implicava que o técnico se mantivesse parado a observar o movimento lento do prato. Outro problema identificado foi o facto de a máquina não oferecer nenhuma medida de distância, o que levava os técnicos a colocar uma fita métrica em cima da máquina com a medida da espessura do molde que ia entrar por forma a saber até onde o prato devia ser movido e parar de pressionar o botão nessa medida ou fazê-lo “a olho”. Alguns técnicos prendiam o botão de afinação inadequadamente para poderem realizar outras tarefas em paralelo e ganhar tempo na mudança. No entanto, os métodos utilizados

não só poderiam danificar o botão, como implicavam a atenção dos técnicos para que o prato não fosse além da medida pretendida. Neste último caso, em que os técnicos se ausentavam da máquina, podia verificar-se um impacto direto no tempo da mudança pois, quando regressavam, tinham de refazer a afinação e movimentar o prato de volta para a medida certa.

A forma mais eficiente de solucionar os problemas desta tarefa seria a sua eliminação por completo através da uniformização das espessuras dos moldes acrescentando placas metálicas aos moldes mais pequenos. No entanto, essa hipótese representa um elevado investimento e, por isso, o seu *pay-off* ainda está a ser estudado. Outra hipótese proposta foi aumentar a velocidade da afinação da máquina, o que foi inviabilizado devido ao facto de se tratarem de máquinas antigas, que não o permitiam.

No decorrer do projeto a solução implementada foi o dispositivo visível na Figura 59, que permite a afinação automática do prato. Inicialmente, foi apenas instalado na MIP44 com o objetivo de ser replicado na MIP51 consoante os resultados.

Com este dispositivo o técnico define a medida da espessura do molde que vai entrar e a máquina inicia e termina a afinação de forma automática, libertando o técnico para fazer outras tarefas em paralelo, tais como puxar o programa do pigmentador e do robot e, no caso da MIP51, retirar a mão do robot anterior e colocar a do seguinte, em vez de permanecer a pressionar o botão de afinação. Para além disso, antes desta melhoria a afinação tinha de ser feita com a porta fechada por uma questão de segurança, e este dispositivo tornou segura a afinação com a porta aberta, logo elimina a necessidade de fechar e abrir a porta e o tempo que isso implica e permite realizar tarefas dentro da máquina, nomeadamente a limpeza das paredes de injeção e extração durante a afinação.



Figura 59 - Dispositivo de afinação automática implementado na MIP44

A afinação fina é realizada já depois do molde estar em máquina e serve para obter o ajuste exato do prato. Assim, o tempo desta tarefa dependia da qualidade da afinação grossa pois, quanto mais próximo da medida exata o técnico tivesse colocado o prato, menos tempo teria de despender na afinação fina. Antes da melhoria, o técnico não tinha como saber a que medida o prato se encontrava e, por isso, embora não permita reduzir o tempo de afinação grossa do molde, como o prato fica sempre situado na medida exata, a melhoria descrita permitiu reduzir o tempo da afinação fina.

Assim, esta ação representa melhorias no tempo de *setup*, na manutenção mecânica da máquina, na segurança do processo e na redução de erros.

- Colocar e retirar a mão do robot na MIP44

A troca da mão do robot era particularmente demorada na MIP44 devido ao sistema de encaixe estar danificado. Para melhorar esta tarefa e reduzir não só o tempo mas também o esforço necessário para a mesma, substituiu-se a patilha que permite trancar a mão ao robot, reduzindo, assim, o tempo de troca da mão do robot nesta máquina em 43%.

3.5.7. Avaliação das melhorias implementadas

O objetivo inicial deste projeto era a redução do tempo de mudança de molde na área dos exteriores, cujo valor médio era de cerca de 45 minutos. Para isso, depois de analisar os vários tipos de centros de trabalho, foram escolhidos os centros das Tampas como objeto de estudo para o caso prático. Com base na amostra inicial recolhida, o tempo médio inicial de mudança de molde nas tampas era de cerca de 40 minutos. Para avaliar as melhorias implementadas foi analisado o indicador de mudanças de molde retirado do registo do OEE diário a partir de fevereiro de 2023, que correspondeu à data de início do projeto, até julho do mesmo ano, pois foi o mês onde se concluiu a implementação das melhorias. No gráfico da Figura 60 apresenta-se essa evolução.

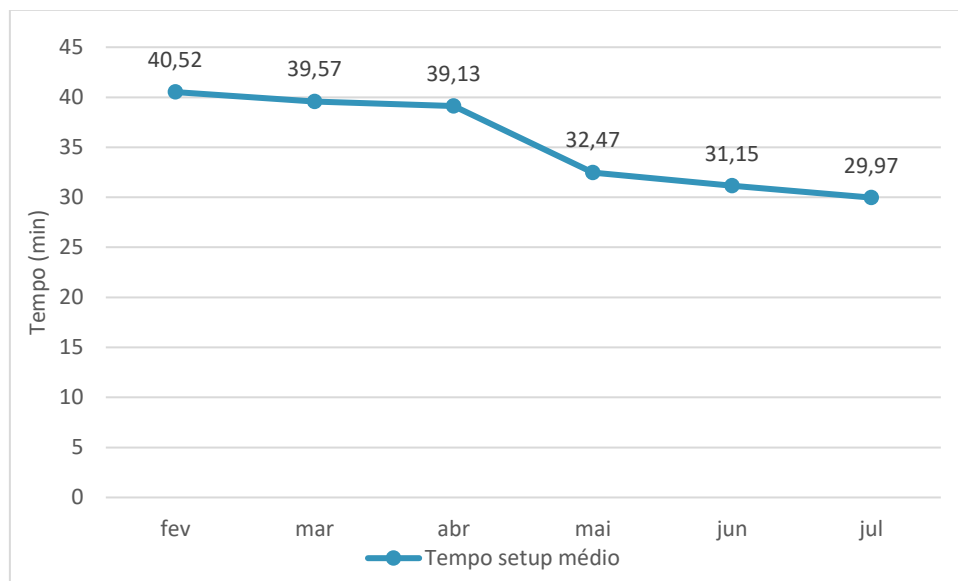


Figura 60 - Evolução mensal do tempo médio e desvio padrão das mudanças de molde

Através do gráfico é possível verificar que houve uma redução evidente do tempo médio de mudança de molde entre os meses de fevereiro e julho, sendo importante referir que esta redução foi maior a partir de abril, mês correspondente ao momento em que se começaram a implementar a maioria das melhorias.

Através dos dados de registo do OEE diários relativos a estes três meses e dos dados utilizados para a escolha inicial do objeto de estudo do projeto (referentes a 2022), apresentados na Tabela 28, pode concluir-se que foi obtida uma redução de cerca de 24% do tempo de mudança de molde.

Tabela 28 - Redução do tempo de mudança de molde nas tampas

	N	Tempo de <i>setup</i> (min)	Desvio Padrão (min)
Situação Inicial	464	41,25	21,18
Situação Final	88	31,26	8,71
Redução (min)		9,99	12,47
Redução (%)		24%	59%

Por forma a analisar a redução obtida foram realizados dois testes de hipóteses. O primeiro, o teste F à razão de variâncias, foi utilizado para testar a igualdade das variâncias entre os tempos de *setup* da situação inicial e da situação final. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que, para um nível de significância de 5%, a hipótese nula de igualdade de variâncias é rejeitada, sendo o valor de prova aproximadamente zero. Portanto, as variâncias do tempo de mudança de molde na situação inicial e final são estatisticamente diferentes (ver Tabela 29).

Tabela 29 - Teste F à igualdade de variâncias entre a situação inicial e a situação final (bilateral)

	Situação Inicial	Situação Final
Média	41,25	31,26
Variância	448,40	75,90
Nº de observações	464	88
$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$	1	
Valor de prova	<0,0005	

Depois do teste às variâncias foi utilizado o teste Z para variâncias diferentes, amostras grandes, para testar se o tempo médio de *setup* final é significativamente menor do que o inicial. Para um nível de significância de 5%, os resultados indicam a rejeição da hipótese nula de que a média da amostra inicial é menor ou igual à final, pois o valor de prova é inferior a 0,0005. Conclui-se, portanto, que houve uma redução estatisticamente significativa do tempo médio de mudança de molde nas Tampas (ver Tabela 30).

Tabela 30 - Teste Z à igualdade de médias entre a situação inicial e a situação final (unilateral)

	Situação Inicial	Situação Final
Média	41,25	31,26
Variância	448,40	75,90
Nº de observações	464	88
$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$	0	
Valor de prova	<0,0005	

Após analisar os resultados obtidos verifica-se que a implementação de pequenas melhorias e a aplicação da metodologia SMED permitiu uma redução significativa do tempo de mudança de molde nas máquinas das tampas, o que se reflete no indicador da área dos exteriores.

No decorrer da aplicação do SMED as técnicas utilizadas para a redução do tempo das operações de *setup* envolveram a padronização das operações através de gestão visual e da elaboração de procedimentos de trabalho padronizado (*standard work*), a redistribuição do trabalho em paralelo através da identificação dos elementos gargalo e da utilização de dispositivos automáticos, e a aquisição de ferramentas mais eficientes.

Para além da redução dos tempos das operações, a melhoria do fluxo de informação pré-mudança entre os vários intervenientes do processo e a melhoria do armazenamento dos componentes permitiu reduzir desperdícios como esperas e erros que seriam detetados durante a mudança.

A aplicação destas melhorias permitiu perceber que a implementação de soluções práticas e de baixo custo foram suficientes para diminuir significativamente o tempo de mudança de molde. O maior investimento foi a compra das aparafusadoras, mas será facilmente pago pelo aumento da produtividade que a redução do tempo de *setup* obtida proporciona.

Para além da redução do tempo de *setup*, o projeto trouxe melhorias qualitativas como o aumento da ergonomia no trabalho e da segurança das pessoas e dos materiais.

4. Conclusão

Neste capítulo será feita uma reflexão final sobre os projetos desenvolvidos ao longo do presente relatório. Portanto, serão detalhadas as considerações finais e as limitações encontradas nos dois casos práticos. Por último, numa perspetiva de melhoria contínua, são deixadas algumas sugestões de trabalho futuro.

4.1. Considerações Finais

O trabalho desenvolvido contribuiu para a redução dos tempos de *setup* dos dois processos: a mudança de código nos centros de trabalho das Estruturas e a mudança de molde nas máquinas SMA das Tampas. Deste modo, considera-se que os objetivos principais inicialmente propostos foram atingidos.

A extensa análise dos dados recolhidos para diagnóstico da situação inicial e o contacto direto com os vários operadores e técnicos que melhor conheciam os processos, potenciado pelas *Gemba Walks* e pelas reuniões em sala, foram úteis para obter uma compreensão profunda dos processos e identificar várias oportunidades de melhoria em pouco tempo, tanto no caso prático 1 como no caso prático 2.

No caso prático 1, a aplicação da metodologia SMED em conjunto com as restantes melhorias descritas permitiram a redução do tempo médio de mudança de código das estruturas em cerca de 3 minutos, o que resulta num aumento relevante da sua produtividade.

A análise às tarefas das mudanças de código registadas na situação inicial permitiu identificar oportunidades de melhoria na redução do tempo despendido em tarefas externas, em tarefas relacionadas com a auditoria, a paletização, a preparação de componentes e a devolução, bem como nas tarefas sem valor acrescentado (para a mudança).

Para solucionar estes problemas foram desenvolvidas ações através da adaptação do SMED, que normalmente é aplicado a processos de *setup* em máquinas. No entanto, estabelecendo uma analogia com o processo manual, foi possível aplicar as fases 0, 1 e 3 da metodologia. Na fase 1, que diz respeito à separação das tarefas externas, as soluções adotadas passaram pela transferência de tarefas para o início de turno e para a responsabilidade dos operadores logísticos, retirando-as, assim, do momento de paragem. As tarefas melhoradas nesta fase inseriam-se sobretudo na categoria “Componentes”, a terceira com maior impacto no tempo de mudança de código. Na fase 3, foi proposta a ação de organização da OF para simplificar a auditoria ao BL, que se revelou ser a causa com mais impacto. Esta proposta não foi implementada durante o projeto, pois dependia da disponibilidade do Departamento Técnico. A tarefa de preparação da aparafusadora, apesar de não estar inserida nas categorias com mais impacto, foi também simplificada por forma a evitar a deslocação dos operadores ao armário de ferramentas partilhadas, o qual foi organizado para reduzir o tempo de procura nos casos em que a deslocação não podia ser evitada.

A utilização de um método heurístico de programação de operações permitiu tratar o paralelismo das tarefas, diminuindo o tempo total da mudança e equilibrando a carga de trabalho entre os dois

operadores, por forma a reduzir os tempos de espera e as atividades de NVA realizadas. O procedimento final obtido permitiu a diminuição da variabilidade dos métodos de trabalho e um maior controlo do processo.

A metodologia 5S em conjunto com os cartões *Kamishibai* permitiram criar um sistema robusto para a preservação das ferramentas necessárias nas células das Estruturas, que contribuirá para a sua organização e limpeza a longo prazo. Para além disso, esta melhoria evita as movimentações desnecessárias que antes eram realizadas para adquirir ou devolver ferramentas durante o turno, que contribuíam para a categoria NVA.

Ainda relativamente ao caso prático 1, não foi possível reduzir o tempo das categorias de Devolução e Paletização, que incorporavam sobretudo tarefas externas, pois, uma vez que o processo é completamente manual, os operadores não estão disponíveis antes e depois da paragem para realizar essas tarefas externamente. A alternativa mais viável seria a deslocação de mão de obra de outro posto da fábrica ou a contratação de um operador dedicado à realização destas tarefas. No entanto, a solução não foi aprovada pelo chefe do departamento.

No que diz respeito ao caso prático 2, o objetivo macro do projeto era reduzir o tempo de mudança de molde na área dos exteriores. Depois de analisar dados históricos relativos às trocas nesta área, que contempla dois tipos de máquinas SMA, o processo específico que demonstrou ter maior urgência e potencial de melhoria foi a mudança de molde nas máquinas das Tampas. Como tal, foram desenvolvidas melhorias que permitiram reduzir o tempo médio de mudança de molde nestas máquinas em cerca de 24%.

O sucesso do projeto foi conseguido devido ao trabalho de toda a equipa que incluía a autora e os membros do DMO e do DMC, às reuniões com os técnicos de injeção, bem como à sua receptividade à mudança. As melhorias planeadas e desenvolvidas tiveram por base uma análise de dados que permitiu identificar as maiores oportunidades de melhoria no processo, nomeadamente (i) a redução dos tempos de espera cuja principal causa era a tarefa de afinação do prato, (ii) a eliminação das tarefas desadequadas que eram desempenhadas durante o *setup* e (iii) os desvios à instrução de trabalho existente.

Após a análise das tarefas desadequadas, foram identificados dois grandes problemas: as avarias das mãos dos robots e os atrasos das mudanças. Como tal, foram planeadas ações no sentido de preservar a funcionalidade das mãos do robot, nomeadamente a proteção do seu local de armazenamento para evitar colisões e um suporte para que fossem colocadas durante a mudança para evitar o seu manuseamento desadequado. Outra melhoria implementada foi o procedimento de comunicação das mudanças de molde, que veio potenciar um melhor fluxo de informação entre os vários intervenientes do processo, nomeadamente técnicos e chefes de equipa, e resolver o problema que impedia o início atempado e coordenado das tarefas de *setup*.

A instrução de trabalho existente não era a mais adequada, pelo que foi elaborada uma nova e, de forma análoga ao primeiro caso prático, também se verificou o aumento da padronização dos métodos de trabalho, para o qual contribuíram as ferramentas de SMED e Gestão Visual. Durante a aplicação

do SMED foi importante incluir uma solução que reduzisse o impacto da tarefa de afinação do prato, que se traduziu na implementação de operações paralelas através da instalação de um dispositivo automático de afinação.

De um modo geral, nos dois projetos, a aplicação do SMED revelou-se útil por providenciar uma metodologia específica para abordar os problemas dos tempos de *setup*, até mesmo no caso prático 1 que, por não envolver máquinas, representa uma abordagem menos convencional.

Para além disso, nos dois casos pôde verificar-se que ferramentas simples e de baixo custo permitem, muitas vezes, alcançar ganhos importantes, como aconteceu com a Gestão Visual e os 5S que permitiram organizar os postos de trabalho e facilitar a visualização e o acesso aos elementos necessários para a realização das tarefas, diminuindo o desperdício de tempo na procura desses elementos e tornando os processos mais previsíveis e estáveis.

Foi também perceptível a importância da manutenção das ferramentas e equipamentos, pois, uma vez danificados, são mais difíceis de utilizar, implicando mais operações, esforço e tempo o que, naturalmente, tem impacto no *setup* e na produtividade das células.

4.2. Limitações

Ao longo do trabalho desenvolvido foram várias as dificuldades e limitações que se fizeram notar.

No caso prático 1, destaca-se a dificuldade em atuar num processo não padronizado onde os operadores não eram recetivos à mudança. Assim, trouxeram algumas limitações na recolha e análise dos dados ao dificultarem a distinção entre tarefas necessárias e desadequadas nas mudanças gravadas. Outra limitação do projeto foi a impossibilidade de atuar em algumas tarefas com bastante variabilidade nomeadamente, a troca de autoclismos e a paletização. A primeira é condicionada pelo facto de o local de armazenamento de autoclismos intermédios se encontrar muito desorganizado devido à quantidade e volatilidade de códigos que são produzidos. A segunda, é condicionada pelo facto de a quantidade produzida não ser constante, variando, portanto, o número de paletes a processar no final da mudança.

O facto de o processo ser puramente manual limitou a aplicação convencional da metodologia SMED, nomeadamente das fases 1 e 2, nas quais é necessário que haja mão de obra disponível para desempenhar as tarefas externas antes ou depois da paragem, algo que não se verificou neste projeto. Outra limitação provocada pelo carácter manual do processo é a dependência que a sua execução tem da experiência dos operadores, algo que se revelou um obstáculo principalmente porque, no momento do projeto, as células estavam num período de elevada instabilidade provocado pela contratação de novos operadores.

Relativamente ao caso prático 2, a maior limitação foi o tempo, principalmente porque a implementação das ações de melhoria foi iniciada numa fase já avançada do período de tempo em que a autora esteve presente na fábrica. Apesar disso, foi mantido o contacto com os restantes membros da equipa do projeto por forma a conseguir obter os dados relativos aos resultados das

mesmas. Outra limitação que se constatou numa fase mais madura do projeto foi o possível enviesamento dos dados iniciais, uma vez que foram retirados apenas no primeiro horário (H1), desconsiderando possíveis particularidades, problemas ou inconsistências no funcionamento dos outros dois, H2 e H3.

Relativamente à recolha de dados inicial, mas de uma forma geral aos dois casos práticos, uma limitação importante é o número reduzido de observações, resultante das dificuldades sentidas na obtenção das mesmas nomeadamente, do facto de se precisar sempre de duas pessoas para filmar os processos em paralelo e de as câmaras disponibilizadas serem antigas, o que por diversas vezes levou a perdas das imagens.

4.3. Trabalho Futuro

No caso prático 1, a primeira sugestão para trabalho futuro seria a implementação de um sistema de organização e abastecimento dos autoclismos intermédios por forma a padronizar esta tarefa e torná-la mais estável e previsível.

A baixa recetividade à mudança por parte dos operadores das estruturas advém da sua desmotivação, pois a produção nestas células exige um grande esforço físico dada a dimensão e peso das estruturas e a repetibilidade das tarefas. Uma proposta para o futuro, que visa a redução deste problema e a maior segurança e bem-estar dos colaboradores, seria a rotação entre postos de forma a atenuar o seu esforço físico e mental. Outra proposta neste sentido, é a realização de um projeto com o objetivo de melhorar a ergonomia nestas células.

Tal como descrito anteriormente no documento, uma outra proposta de trabalho futuro foi a organização da OF por forma a facilitar a auditoria ao BL. Prevê-se que esta ação traga melhorias significativas do tempo de mudança de código em todas as células do DMO, e não apenas nas Estruturas, dado que é uma tarefa transversal ao departamento. Assim, foi sugerido que se incluía a funcionalidade na implementação da nova versão do IFS.

No caso prático 2, uma proposta de trabalho futuro consiste em completar a instrução de trabalho no que diz respeito às tarefas pré-mudança a realizar para as trocas de cor e MP e às tarefas de troca de posições. Para além disso, por forma a retirar o maior partido das ações desenvolvidas, espera-se também que estas sejam aplicadas às restantes máquinas SMA do DMO.

Em relação à limpeza do molde, a transferência, ainda que parcial, para a oficina de moldes, permitiu reduzir bastante o óleo e, por consequência, o seu tempo de limpeza durante a mudança. No entanto, após análise do problema, verificou-se que os próprios técnicos colocam quantidades diferentes de lubrificação. Sugere-se, então, a sua formação por forma a padronizar a tarefa e limitar a quantidade de óleo à estritamente necessária.

Durante o projeto foi detetado que o campo da espessura do molde nos GFM nem sempre se encontrava preenchido, o que obrigava o técnico a fazer a medição durante o *setup*. Seguindo a metodologia SMED, esta tarefa foi separada para externa pelo que, o técnico passou a ter a

responsabilidade de verificar o preenchimento deste campo quando imprimia o novo GFM e, caso estivesse em falta, fazer a sua medição antes da paragem da máquina. No entanto, uma vez que a medida mencionada é uma característica estanque do molde, as várias medições representam apenas retrabalho e, portanto, desperdício que a empresa se deve esforçar por eliminar. Num GFM constam todos os valores necessários para o normal funcionamento do molde numa dada máquina de injeção, por isso, existe um GFM diferente para cada máquina em que esse molde entre e para cada MP em que seja para produzir, pelo que, qualquer alteração num desses fatores pode significar a atualização do documento ou a criação de um novo. Na OLI, o GFM de um molde é criado originalmente pelo DEN e, posteriormente, os técnicos sénior, podem fazer as alterações necessárias e criar novos que devem ser aprovados pelo DEN. Através dos registos de criação e aprovação dos GFM foi possível verificar que o valor da espessura era negligenciado por alguns técnicos, pelo que se propõe que seja feito o bloqueio do campo na plataforma de criação de GFM para que, sempre que seja criado um novo GFM para um determinado molde, a espessura seja preenchida automaticamente. Outra proposta é a de tornar o preenchimento do campo do valor da espessura obrigatório, para que nenhum GFM seja criado sem que esse campo esteja preenchido. Estes requisitos serão tidos em conta pelo DEN na nova plataforma de criação de GFM que se encontra em desenvolvimento.

Referências

- Ahmad, N., Hossen, J., & Ali, S. M. (2018). Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 239–256. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0783-2>
- Ahmed, M. I., & Rezouki, S. E. (2020). Application of Root Causes Analysis Techniques in the Contractor Selection for Highway Projects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 901(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/901/1/012031>
- Alharkan, I. M. (2005). *Algorithms for Sequencing and Scheduling*.
- Alsmadi, M., Almani, A., & Khan, Z. (2014). Quality paper implementing an integrated ABC and TOC approach to enhance decision making in a lean context a case study. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 31(8), 906–920. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2013-0063>
- Barsalou, M. (2023). Criteria for the prioritization of hypotheses in root cause analysis. *Quality and Reliability Engineering International*, 39(1), 132–142. <https://doi.org/10.1002/QRE.3224>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., De Sanctis, I., Mazzuto, G., & Paciarotti, C. (2015). A Changeover Time Reduction through an integration of lean practices: A case study from pharmaceutical sector. *Assembly Automation*, 35(1), 22–34. <https://doi.org/10.1108/AA-05-2014-035>
- Bhade, S., & Hegde, S. (2020). Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED. *Materials Today: Proceedings*, 24, 463–472.
- Bragança, S., & Costa, E. (2015). An application of the lean production tool standard work. *Jurnal Teknologi*, 76(1), 47–53. <https://doi.org/10.11113/jt.v76.3659>
- Braglia, M., Frosolini, M., & Gallo, M. (2017). SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-upreduction programs: the SWAN approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5–8), 1845–1855. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9477-4>
- Carvalho, D. (2000). *Programação da Produção*.
- 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>
- Dave, P. (2020). The History of Lean Manufacturing by the view of Toyota-Ford. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 11(8), 1598–1602.
- Doggett, A. M. (2005). Root Cause Analysis: A Framework for Tool Selection. *Quality Management Journal*, 12(4), 34–45. <https://doi.org/10.1080/10686967.2005.11919269>

- Đurasević, M., & Jakobović, D. (2020). Comparison of schedule generation schemes for designing dispatching rules with genetic programming in the unrelated machines environment. *Applied Soft Computing Journal*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106637>
- Emuze, F. A., & Saurin, T. A. (2015). *Value and waste in lean construction* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315696713>
- Fritze, C. (2016). *The Toyota Production System: The Key Elements and the Role of Kaizen within the System*.
- Gesinger, S. (2016). *Using Gemba Walks to Connect With Employees*.
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Hamed, M., & Soliman, A. (2014). *Daily Walks Train Future Leaders*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9121301>
- Jack, H. (2013). Universal Design Topics. In *Engineering Design, Planning, and Management* (1st ed., pp. 323–380). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/c2019-0-01770-0>
- Jana, P., & Tiwari, Manoj. (2021). Lean terms in apparel manufacturing. In *Lean Tools in Apparel Manufacturing* (1st ed., pp. 17–46). Woodhead Publishing.
- Kaiafa, S., & Chassiakos, A. P. (2015). A Genetic Algorithm for Optimal Resource-driven Project Scheduling. *Procedia Engineering*, 123, 260–267. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2015.10.087>
- Kale, K. (2019). Process Improvement in a Plastic Manufacturing Industry using Six Sigma Tools. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1472–1485.
- Kent, R. (2016). Tools for quality management and improvement. In *Quality Management in Plastics Processing* (1st ed., pp. 197–226). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102082-1.50007-1>
- Kerzner, Harold. (2009). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (10th ed.). J. Wiley & Sons.
- Knop, K., & Ulewicz, R. (2018). Analysis of the possibility of using the kamishibai audit in the area of quality inspection process implementation. *Organization and Management*, 3(43), 31–49. <https://doi.org/10.29119/1899-6116.2018.43.3>
- Kolisch, R., & Hartmann, S. (1999). Heuristic Algorithms for Solving the Resource-Constrained Project Scheduling Problem: Classification and Computational Analysis. In J. Węglarz (Ed.), *Project*

- scheduling: Recent models, algorithms and applications* (pp. 147–178). Springer US.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5533-9>
- Liker, Dr. J. K. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. In *McGraw-Hill*. McGraw-Hill Education.
- Lopes, R. B., Freitas, F., & Sousa, I. (2015). Application of lean manufacturing tools in the food and beverage industries. *Journal of Technology Management and Innovation*, *10*(3), 120–130.
<https://doi.org/10.4067/s0718-27242015000300013>
- Machac, J., Steiner, F., & Tupa, J. (2017). Product Life Cycle Risk Management. In C. Oduoza (Ed.), *Risk Management Treatise for Engineering Practitioners*.
- McIntosh, R. I., Culley, S., Mileham, A., Owen, G., McINTOSH, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, *38*(11), 2377–2395.
<https://doi.org/10.1080/00207540050031823>
- Mílkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization-one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, *149*, 329–332.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674>
- Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2019). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *30*(6), 899–919. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, *182*, 466–473. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.135>
- Niederstadt, J. (2018). *Kamishibai Boards: A Lean Visual Management System That Supports Layered Audits* (CRC Press, Ed.).
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (CRC Press, Ed.).
- OLI. (n.d.). Retrieved January 16, 2023, from <https://www.oli-world.com/pt/empresa/a-oli/>
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1082–1089.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Otero, E., & Lopes, I. (2018). Productivity improvement of a production line through quick changeover concept – a case study. *Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0*, *7*, 897–906. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-898-3-897>
- Parwani, V., & Hu, G. (2021). Improving Manufacturing Supply Chain by Integrating SMED and Production Scheduling. *Logistics*, *5*(4). <https://doi.org/10.3390/logistics5010004>


- Pinedo, M. L. (2009). Planning and scheduling in manufacturing and services. In *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services: Second Edition* (2nd ed.). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0910-7>
- Pinedo, M. L. (2016). *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems* (5th ed.). Springer International Publishing.
- Ribeiro, M. A. S., Santos, A. C. O., Amorim, G. da F. de, Oliveira, C. H. de, Braga, R. A. da S., & Netto, R. S. (2022). Analysis of the Implementation of the Single Minute Exchange of Die Methodology in an Agroindustry through Action Research. *Machines*, *10*(287). <https://doi.org/10.3390/machines10050287>
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study. *Procedia Manufacturing*, *38*, 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Rodrigues, J., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Jimenez, G., & Santos, G. (2020). A rapid improvement process through “quick-win” lean tools: A case study. *Systems*, *8*(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/systems8040055>
- Russel, R. S., & Taylor, B. W. (2011). Operations management : creating value along the supply chain. In *Russell R. S. & Taylor B. W. (2011). Operations management : creating value along the supply chain (7th ed.). John Wiley & Sons. (7th ed., Issue 7). John Wiley & Sons.*
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315136479>
- Shook, J. (2023, January 20). *How to Go to the Gemba: Go See, Ask Why, Show Respect - Lean Enterprise Institute.* <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/how-to-go-to-the-gemba-go-see-ask-why-show-respect/>
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>
- Simões, A., & Tenera, A. (2010). Improving setup time in a press line - Application of the SMED methodology. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, *43*(17), 297–302. <https://doi.org/10.3182/20100908-3-PT-3007.00065>
- Singh, B. J., & Khanduja, D. (2010). SMED: For quick changeovers in foundry SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *59*(1), 98–116. <https://doi.org/10.1108/17410401011006130>

- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Thangarajoo, Y., & Smith, A. (2015). Lean Thinking: An Overview. *Industrial Engineering and Management*, 04(02). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000159>
- Thürer, M., Tomašević, I., & Stevenson, M. (2017). On the meaning of ‘Waste’: review and definition. *Production Planning and Control*, 28(3), 244–255.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1264640>
- Vijay, S., & Prabha, M. G. (2021). Work standardization and line balancing in a windmill gearbox manufacturing cell: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 46(19), 9721–9729.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.584>
- Yash, D., & Nagendra, S. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *Lean Thinking*, 3(2), 27–37.

Anexos

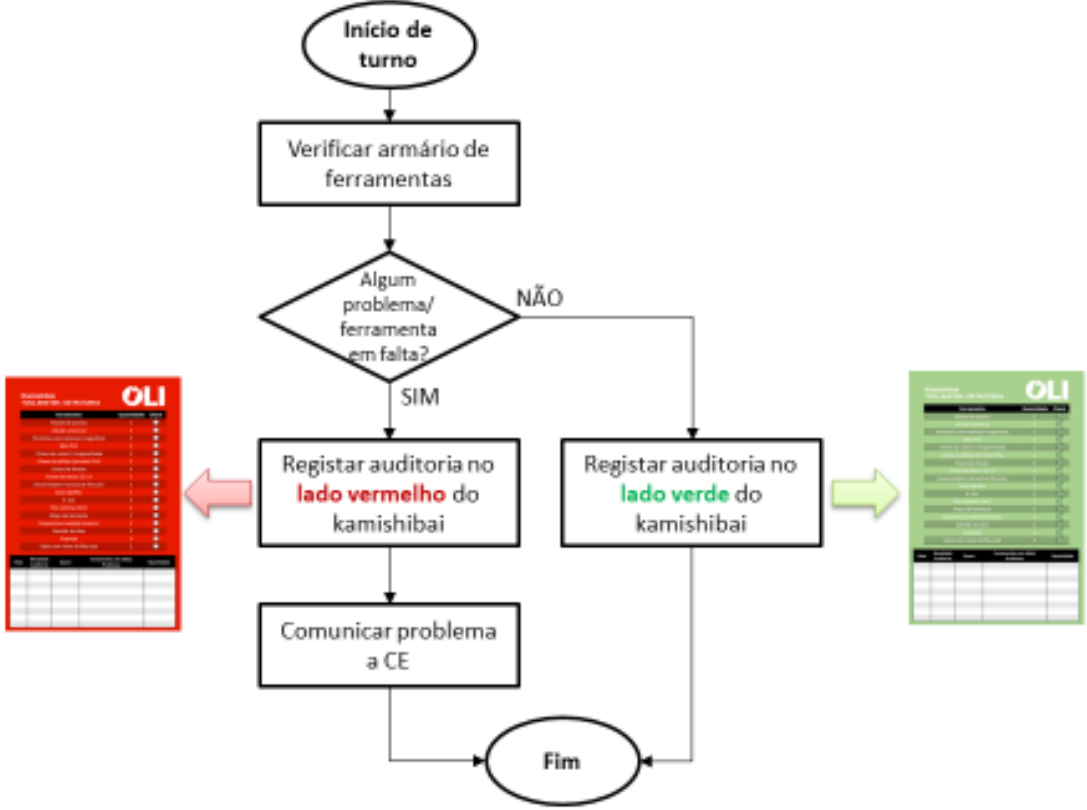
Anexo I – Instrução de Trabalho: Auditoria ao armário de ferramentas (*Tool Master*)

INSTRUÇÃO DE TRABALHO



Auditoria armário de ferramentas ESTRUTURAS


01 – Auditoria ao armário de ferramentas
A auditoria ao armário de ferramentas deve ser feita pelo ToolMaster da célula no início do seu turno de forma a garantir que todas as ferramentas se encontram no local indicado e em perfeitas condições para iniciar produção.



```
graph TD; A([Início de turno]) --> B[Verificar armário de ferramentas]; B --> C{Algum problema/ferramenta em falta?}; C -- NÃO --> D[Registrar auditoria no lado verde do kamishibai]; C -- SIM --> E[Registrar auditoria no lado vermelho do kamishibai]; E --> F[Comunicar problema a CE]; F --> G([Fim]); D --> G;
```

02 – Escolha ToolMaster
Em cada turno ToolMaster de cada célula é definido pelo respetivo chefe de equipa que deve:

- colocar a foto do operador seleccionado para ToolMaster na tabela do quadro Daily Kaizen (representada na figura ao lado)
- comunicar a toda a equipa na reunião de Daily Kaizen



Kamishibai
TOOL MASTER - ESTRUTURAS



Ferramenta	Quantidade	Check
Alicate de pontas	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Alicate universal	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Ponteiras com extensor magnético	3	<input checked="" type="checkbox"/>
Bits PH2	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Chave de caixa 13 magnetizada	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Chave de philips(estrela) PH2	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Chave de fendas	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Chave de bocas 12 13	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Desenrolador manual de fita cola	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Saca agrafos	1	<input checked="" type="checkbox"/>
X- ato	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Fita métrica (3m)	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Maço de borracha	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Dispositivo medição(metro)	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Garrafa de óleo	1	<input checked="" type="checkbox"/>
Espanja	2	<input checked="" type="checkbox"/>
Caixa com rolos de fita-cola	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Data	Resultado Auditoria	Quem	Ferramentas em falta/ Problema	Quantidade

Kamishibai
TOOL MASTER - ESTRUTURAS



Ferramenta	Quantidade	Check
Alicate de pontas	1	<input type="checkbox"/>
Alicate universal	1	<input type="checkbox"/>
Ponteiras com extensor magnético	3	<input type="checkbox"/>
Bits PH2	1	<input type="checkbox"/>
Chave de caixa 13 magnetizada	2	<input type="checkbox"/>
Chave de philips(estrela) PH2	1	<input type="checkbox"/>
Chave de fendas	1	<input type="checkbox"/>
Chave de bocas 12 13	1	<input type="checkbox"/>
Desenrolador manual de fita cola	1	<input type="checkbox"/>
Saca agrafos	1	<input type="checkbox"/>
X- ato	2	<input type="checkbox"/>
Fita métrica (3m)	1	<input type="checkbox"/>
Maço de borracha	1	<input type="checkbox"/>
Dispositivo medição(metro)	1	<input type="checkbox"/>
Garrafa de óleo	1	<input type="checkbox"/>
Espanja	2	<input type="checkbox"/>
Caixa com rolos de fita-cola	1	<input type="checkbox"/>

Data	Resultado Auditoria	Quem	Ferramentas em falta/ Problema	Quantidade

Anexo II – Folha de Registo e Cronometragem das Mudanças de Molde

Técnico	Filipe	MIP	MIP44
Operador	Leandro	MOL a sair	MOL00265
Data	08/02/2023	MOL a entrar	MOL00485

Vídeo	Quem	Setup	Fase	Tarefa	Início	Fim	Avanço	Tempo	Notas
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Coloca spray nas faces do molde a retirar	00:00:00	00:00:22	00:00:54	00:00:22	Avanço
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Espera (Técnico)	00:00:22	00:00:44	00:01:16	00:00:22	Pede e
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Fecha molde	00:00:44	00:01:06	00:01:38	00:00:22	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Desaperta calços (extração)	00:01:06	00:01:20	00:02:00	00:00:14	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Desaperta parafusos dos tirantes/perno central	00:01:20	00:02:32	00:02:14	00:01:12	4 para
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Move ponte para cima do molde	00:02:32	00:03:06	00:03:26	00:00:34	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Aperta barra de travamento	00:03:06	00:03:26	00:04:00	00:00:20	Coloca
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Retira chantes do molde	00:03:26	00:04:16	00:04:20	00:00:50	Coloca
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Retira manguieras do molde	00:04:16	00:04:25	00:05:10	00:00:09	As que
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Retira chantes do molde	00:04:25	00:04:33	00:05:19	00:00:08	Arrum
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Coloca gancho no olhal do molde em máquina	00:04:33	00:04:57	00:05:27	00:00:24	Baixa j
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Espera (Técnico)	00:04:57	00:05:27	00:05:51	00:00:30	espera
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Abre prato para desacoplar extração	00:05:27	00:05:55	00:06:21	00:00:28	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Desaperta tirantes/perno central	00:05:55	00:06:20	00:06:49	00:00:25	4 tiran
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Desaperta calços (injeção)	00:06:20	00:06:38	00:07:14	00:00:18	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Retira molde da máquina (zona crítica)	00:06:38	00:07:33	00:07:32	00:00:55	Espera
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Limpa prato e parede de injeção	00:07:33	00:09:04	00:08:27	00:01:31	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Mede molde seguinte com fita métrica	00:09:04	00:09:53	00:09:58	00:00:49	Desloc
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Coloca fita métrica na máquina	00:09:53	00:10:25	00:10:47	00:00:32	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Afina prato	00:10:25	00:11:16	00:11:19	00:00:51	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Afina prato	00:11:16	00:11:26	00:12:10	00:00:10	Abre p
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Puxa programa da máquina	00:11:26	00:11:45	00:12:20	00:00:19	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Espera (Técnico)	00:11:45	00:12:17	00:12:39	00:00:32	enqua
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Coloca molde na máquina (zona crítica)	00:12:17	00:13:45	00:13:11	00:01:28	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Aperta calços (injeção)	00:13:45	00:14:11	00:14:39	00:00:26	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Aperta tirantes/perno central	00:14:11	00:14:47	00:15:05	00:00:36	4 tiran
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Limpa parte de trás do molde	00:14:47	00:15:00	00:15:41	00:00:13	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Fecha prato móvel (para apertar molde)	00:15:00	00:15:46	00:15:54	00:00:46	Aproxi
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Aperta calços (extração)	00:15:46	00:16:14	00:16:40	00:00:28	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Aperta parafusos dos tirantes/perno central	00:16:14	00:17:22	00:17:08	00:01:08	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Desaperta barra de travamento	00:17:22	00:17:40	00:18:16	00:00:18	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Retira gancho do olhal do molde em máquina	00:17:40	00:17:53	00:18:34	00:00:13	Retira
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Move ponte para fora de zona de funcionamento da máquina	00:17:53	00:18:25	00:18:47	00:00:32	deslo
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Puxa programa do robot	00:18:25	00:19:16	00:19:19	00:00:51	
T_MIP44_1.1	T	I	set-up	Ensaia movimentos	00:19:16	00:19:50	00:20:10	00:00:34	
T_MIP44_1.2	T	I	set-up	Limpa cavidades, face, guias do molde colocado	00:00:00	00:02:14	00:20:44	00:02:24	Acerte
T_MIP44_1.2	T	I	set-up	Coloca massa de lubrificação nas guias	00:02:14	00:02:59	00:23:08	00:00:45	
T_MIP44_1.2	T	I	set-up	Afinação fina do prato	00:02:59	00:03:26	00:23:53	00:00:27	
T_MIP44_1.2	T	I	set-up	Faz carga	00:03:26	00:04:03	00:24:20	00:00:37	
T_MIP44_1.2	T	I	set-up	Puxa programa do pigmentador	00:04:03	00:05:15	00:24:57	00:01:12	
T_MIP44_1.3	T	I	set-up	Coloca robot em automático	00:00:00	00:00:05	00:26:09	00:00:05	
T_MIP44_1.3	T	I	set-up	Afina cota do bico	00:00:05	00:00:31	00:26:14	00:00:26	Acerte
T_MIP44_1.4	T	I	run-up	Injeta primeiras peças	00:00:00	00:02:15	00:26:40	00:02:15	2 injeç
T_MIP44_1.4	T	I	run-up	Roda chave (fim)	00:02:15	00:02:15	00:28:55	00:00:00	2 injeç
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Sopra águas	00:00:00	00:00:53		00:00:53	Oa já t
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Desloca-se para ir buscar comando da ponte	00:00:53	00:01:40	00:00:53	00:00:47	Desad
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Retira mão do robot anterior	00:01:40	00:02:24	00:01:40	00:00:44	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Arruma mão do robot anterior	00:02:24	00:02:52	00:02:24	00:00:28	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Coloca mão do robot seguinte	00:02:52	00:03:46	00:02:52	00:00:54	dificul
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Espera (Operador)	00:03:46	00:03:56	00:03:46	00:00:10	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Prepara ferramentas (Op)	00:03:56	00:04:12	00:03:56	00:00:16	Vai bu
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Desliga placa de água	00:04:12	00:05:21	00:04:12	00:01:09	Tecnic
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Retira chantes do molde	00:05:21	00:05:36	00:05:21	00:00:15	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Coloca gancho no olhal do molde em máquina	00:05:36	00:05:48	00:05:36	00:00:12	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Desaperta calços (extração)	00:05:48	00:06:20	00:05:48	00:00:32	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Espera (Operador)	00:06:20	00:06:58	00:06:20	00:00:38	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Desaperta tirantes/perno central	00:06:58	00:07:16	00:06:58	00:00:18	Op e T
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Desaperta calços (injeção)	00:07:16	00:07:48	00:07:16	00:00:32	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Ajuda a retirar molde (zona crítica)	00:07:48	00:08:27	00:07:48	00:00:39	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Coloca molde no chão	00:08:27	00:10:37	00:08:27	00:02:10	Pede e
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Coloca gancho no olhal do molde seguinte	00:10:37	00:11:12	00:10:37	00:00:35	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Desliga coletores de pré-aquecimento	00:11:12	00:11:33	00:11:12	00:00:21	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Transporta novo molde até máquina	00:11:33	00:13:12	00:11:33	00:01:39	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Ajuda a colocar molde (zona crítica)	00:13:12	00:14:39	00:13:12	00:01:27	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Aperta calços (injeção)	00:14:39	00:15:29	00:14:39	00:00:50	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Aperta tirantes/perno central	00:15:29	00:15:37	00:15:29	00:00:08	Só ape
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Liga placa de água (injeção)	00:15:37	00:16:02	00:15:37	00:00:25	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Liga águas e programa termostato	00:16:02	00:16:46	00:16:02	00:00:44	la fase
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Aperta calços (extração)	00:16:46	00:18:23	00:16:46	00:01:37	deficu
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Liga placa de água (extração)	00:18:23	00:19:29	00:18:23	00:01:06	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Coloca tapete na posição de produção	00:19:29	00:19:45	00:19:29	00:00:16	
O_MIP44_1.1	O	I	set-up	Despeja pote das águas	00:19:45	00:21:09	00:19:45	00:01:24	

REGISTO E CRONOMETRAGEM DO PROCESSO

o de 54 s para alinhar videos
» O para fechar porta (tem que esperar para poder fechar molde)
fusos
» olhal no molde: MOL 265 tem que se tirar o olhal para poder abrir
» luvas; Avisa Op que deixou ar no circuito; Retira e arruma na caixa
» ficam por cima das colunas
» chantes na caixa
» gancho da ponte e op coloca gancho no olha; espera para fechar porta
» para fechar porta
» tes: T desaperta inicialmente c/ chave; Op e T desenroscam 2 c/ um e guardam no prato
» que O desaperte o lado dele; Depois da zona crítica passa comando a O
» a-se até molde no chão mede e volta para MIP
» rato para colocar molde
» nto O transporte molde até máquina
» tes: T enrosca 3.5 e aperta os 4 c/ chave
» ima prato, parametros maquina, abre porta
» gancho do molde
» ca-se para colocar ponte por cima dos moldes no chão
» porque começa no fim do video anterior; spray em algodão
» porque começa no fim do video anterior
» ões (1 injeção manual, mexe na consola da máquina; 1 injeção automática)
» ões e roda chave
» inha iniciado antes de gravar
» equada
» dade em colocar nova, tem que ir buscar feramenta
» scar chave
» o estava à espera dele
» desenroscam 2 c/ um e guardam no prato
» T para subir molde
» rta um
» r ligar termorregulador 1º mas é suposto ligar primeiro a água
» idade por causa de mangueiras; volta a apertar

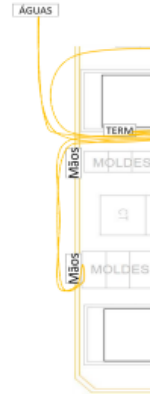


Diagrama de Spaguetti

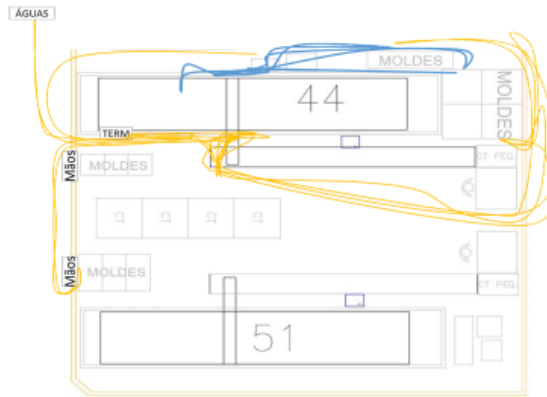
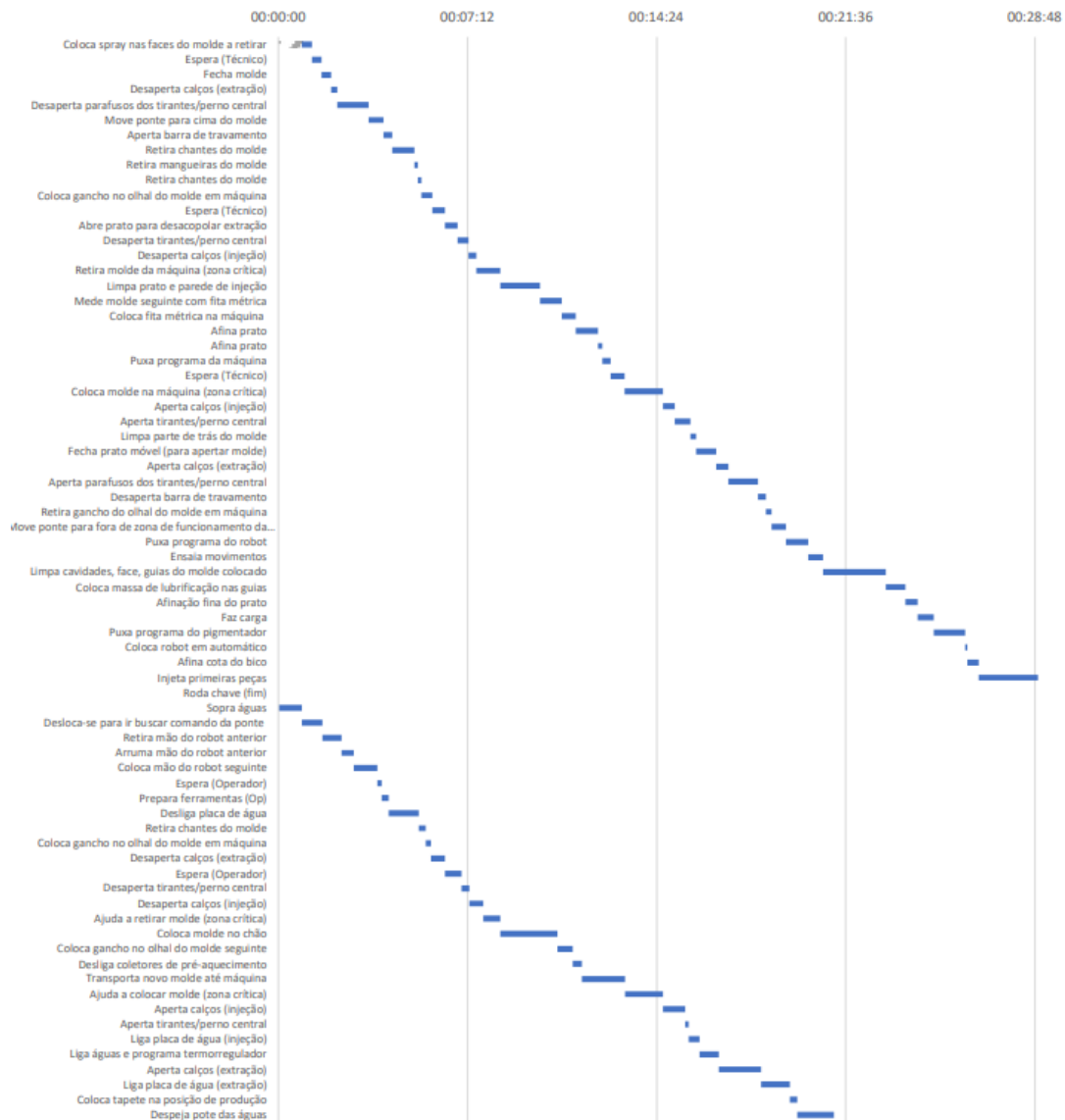


Gráfico de Gant



IT.00770

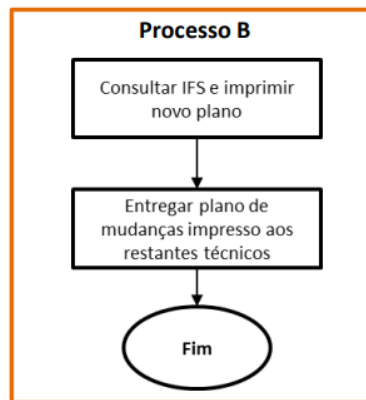
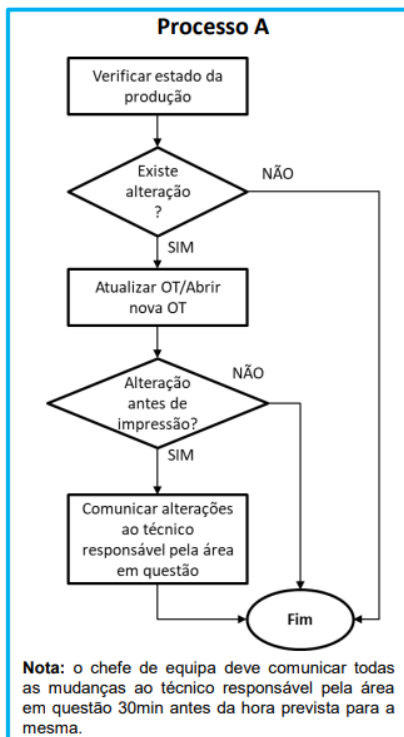
INSTRUÇÃO DE TRABALHO

CIRCUITO PLANO MUDANÇA MOLDE SEMI-AUTOMÁTICAS



01 – Fluxo de informação entre chefes de equipa e técnicos

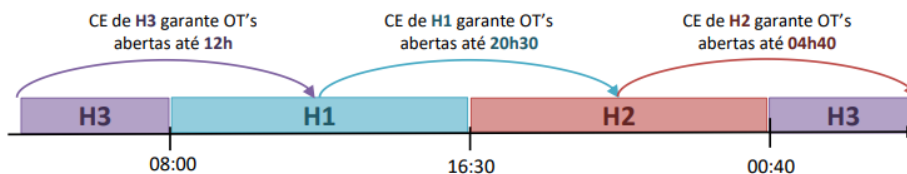
O procedimento para **atualização do programa de mudanças de molde** e respetiva **impressão** deve ser feito da forma que se segue para garantir a coordenação entre os chefes de equipa e os técnicos das máquinas semi-automáticas.



Processo	Responsável	H1	H2	H3
A	Chefe de Equipa	10:30	18:50	02:40
B	Técnico	11:30	19:50	03:40
A	Chefe de Equipa	14:30	22:40	06:20
B	Técnico	14:30	22:40	06:20

02 – Coordenação dos chefes de equipa dos diferentes turnos

Para além da validação/atualização das OT's (Processo A) às horas indicadas no ponto 01, cada chefe de equipa deve garantir as OT's abertas para a segunda metade do próprio turno e a primeira metade do turno seguinte, tal como representado na figura seguinte.



Anexo V – Instrução de Trabalho: Mudança de Molde numa SMA (final)

TÉCNICO DE INJEÇÃO		Standard Mudança de Molde SMA		OPERADOR							
Para Mudança de Molde 1 Coloca molde em posição adequada (central quanto) ao eixo da máquina. 2 Verifica o nível de óleo da máquina. 3 Verifica o nível de água da máquina. 4 Verifica espessura do molde no GFM (se não tiver, medir espessura do molde a entrar). 5 Abre a porta com a máquina. 6 Verifica a posição da máquina e se o molde está na posição IN. 7 Coloca comando na posição start (lado do operador). 8 Garante que pole do água está vazia. 9 Verificar chuve do lado do operador. 10 Verificar o nível de água do operador. 11 Desliga botão de controlo para ligar o programa temperatura, conforme aplicável.						MUDANÇA DE MOLDE 1 Mover última peça. 2 Retirar a porta para cima do molde. 3 Desliga termoreguladores e água quente.					
15 Coloca molde em posição adequada (central quanto) ao eixo da máquina. 16 Verifica o nível de óleo da máquina. 17 Verifica o nível de água da máquina. 18 Verifica espessura do molde no GFM (se não tiver, medir espessura do molde a entrar). 19 Abre a porta com a máquina. 20 Verifica a posição da máquina e se o molde está na posição IN. 21 Coloca comando na posição start (lado do operador). 22 Garante que pole do água está vazia. 23 Verificar chuve do lado do operador. 24 Verificar o nível de água do operador. 25 Desliga botão de controlo para ligar o programa temperatura, conforme aplicável.						4 Abre a porta. 5 Passa o comando ao técnico. 6 Desliga a placa de água (refira colétores de água do molde). 7 Retira ficha de extração do molde. 8 Desliga o botão de controlo do lado do operador. 9 Fecha a porta.					
26 Coloca molde em posição adequada (central quanto) ao eixo da máquina. 27 Verifica o nível de óleo da máquina. 28 Verifica o nível de água da máquina. 29 Verifica espessura do molde no GFM (se não tiver, medir espessura do molde a entrar). 30 Abre a porta com a máquina. 31 Verifica a posição da máquina e se o molde está na posição IN. 32 Coloca comando na posição start (lado do operador). 33 Garante que pole do água está vazia. 34 Verificar chuve do lado do operador. 35 Verificar o nível de água do operador. 36 Desliga botão de controlo para ligar o programa temperatura, conforme aplicável.						10 Recebe comando de operador. 11 Coloca pincho no eixo do molde em máquina. 12 Desliga o botão de extração do molde. 13 Desliga o botão de controlo do lado do operador. 14 Abre a porta. 15 Abre o prato para desacoplar a extração. 16 Abre a porta.					
37 Coloca molde em posição adequada (central quanto) ao eixo da máquina. 38 Verifica o nível de óleo da máquina. 39 Verifica o nível de água da máquina. 40 Verifica espessura do molde no GFM (se não tiver, medir espessura do molde a entrar). 41 Abre a porta com a máquina. 42 Verifica a posição da máquina e se o molde está na posição IN. 43 Coloca comando na posição start (lado do operador). 44 Garante que pole do água está vazia. 45 Verificar chuve do lado do operador. 46 Verificar o nível de água do operador. 47 Desliga botão de controlo para ligar o programa temperatura, conforme aplicável.						17 Abre a porta. 18 Desliga o botão de extração do molde. 19 Desliga o botão de controlo do lado do operador. 20 Desliga a placa de água (refira colétores da zona crítica). 21 Passa comando ao operador. 22 Desliga o botão de controlo do lado do operador. 23 Fecha a porta. 24 Fecha o molde na posição (OU). 25 Coloca molde na posição (OU). 26 Desliga colétores de pré-aquecimento. 27 Coloca pincho no eixo do molde seguinte. 28 Transporta novo molde para a máquina e posiciona-o na entrada da máquina. 29 Fecha a porta.					
48 Coloca molde em posição adequada (central quanto) ao eixo da máquina. 49 Verifica o nível de óleo da máquina. 50 Verifica o nível de água da máquina. 51 Verifica espessura do molde no GFM (se não tiver, medir espessura do molde a entrar). 52 Abre a porta com a máquina. 53 Verifica a posição da máquina e se o molde está na posição IN. 54 Coloca comando na posição start (lado do operador). 55 Garante que pole do água está vazia. 56 Verificar chuve do lado do operador. 57 Verificar o nível de água do operador. 58 Desliga botão de controlo para ligar o programa temperatura, conforme aplicável.						20 Abre a porta. 21 Passa o comando ao técnico. 22 Abre a placa de água (zona crítica). 23 Fecha a porta. 24 Abre o termoregulador e programa temperaturas. 25 Fecha a porta.					
59 Coloca molde em posição adequada (central quanto) ao eixo da máquina. 60 Verifica o nível de óleo da máquina. 61 Verifica o nível de água da máquina. 62 Verifica espessura do molde no GFM (se não tiver, medir espessura do molde a entrar). 63 Abre a porta com a máquina. 64 Verifica a posição da máquina e se o molde está na posição IN. 65 Coloca comando na posição start (lado do operador). 66 Garante que pole do água está vazia. 67 Verificar chuve do lado do operador. 68 Verificar o nível de água do operador. 69 Desliga botão de controlo para ligar o programa temperatura, conforme aplicável.						26 Abre a porta. 27 Abre o botão de extração do molde. 28 Liga placa de água (lado de injeção e extração). 29 Liga placa de extração no molde. 30 Abre o botão de extração do molde. 31 Recebe comando de técnico. 32 Fecha a porta. 33 Liga termoregulador e programa temperaturas. 34 Liga o botão de água quente, valida funcionamento dos botões e verifica se existem fugas de água. 35 Desliga o pole do água. 36 Fecha a porta. 37 No MIP 44 o operador deve focar o eixo do molde antes de desligar o pole do água (verifica 34).					
Para Mudança de Molde 1 Usa o eixo do lado fixo, valida funcionamento. 2 Abre/verifica programa da máquina e confirma parâmetros com GFM. 3 Retira o GFM anterior e coloca o novo na máquina. 4 Abre a porta do operador no local de armazenamento respetivo.						37 Instala molde anterior. 38 Instala novo molde.					