



Implementação de SMED em máquinas de inspeção automáticas da indústria do vidro

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

Marcelo de Oliveira Cardoso

Leiria, setembro de 2023



Implementação de SMED em máquinas de inspeção automáticas da indústria do vidro

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

Marcelo de Oliveira Cardoso

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação da Professora Doutora Maria Leopoldina Mendes Ribeiro de Sousa Alves e coorientação do Professor Doutor Marcelo Rudolfo Calvete Gaspar

Leiria, setembro de 2023

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial, no ano letivo 2022/2023, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Dedicatória

Dedico a presente tese de mestrado aos meus pais, à minha namorada, à minha família e aos meus amigos que me acompanharam ao longo deste percurso.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais por me terem dado todas as condições necessárias para conseguir atingir este objetivo e pela confiança depositada, pois sem eles não teria sido possível chegar até ao ponto em que me encontro neste momento. Além disso, agradeço também, à minha namorada, à minha família e aos meus amigos todo o apoio e motivação que me deram ao longo deste percurso.

Agradeço toda a disponibilidade e acompanhamento dos meus orientadores, Doutora Maria Leopoldina Mendes Ribeiro de Sousa Alves e Doutor Marcelo Rudolfo Calvete Gaspar, pelo acompanhamento constante ao longo da realização da tese, pelos conselhos e motivação que me deram, o que foi um contributo essencial para o sucesso da mesma.

Agradeço à Vidrala pela oportunidade de realizar o projeto e à fábrica SB Vidros pelo acolhimento com que me receberam e por me terem permitido crescer profissionalmente ao longo destes meses.

Agradeço ao meu orientador na fábrica SB Vidros, Engenheiro André Sequeira, pela forma que me recebeu na empresa, pelo acompanhamento, transmissão de conhecimentos e ajuda ao longo do projeto.

Agradeço aos responsáveis pela secção dos afinadores, Engenheiro Nuno Henriques e ao Engenheiro Tiago Ferreira, por terem permitido e auxiliado na implementação das ações de melhoria propostas. Agradeço também ao grupo de afinadores pelas ideias e colaboração na implementação das melhorias, pois sem o contributo deles não era possível atingir os resultados alcançados. Por fim, agradeço ao estagiário, João, pelo companheirismo demonstrado ao longo deste processo.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco)

Resumo

A presente tese de mestrado foi elaborada no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial. Este projeto foi realizado na fábrica SB Vidros que pertence à empresa Vidrala, sendo esta uma empresa de referência na indústria vidreira.

Atualmente, em todas as indústrias, é fundamental realizar os processos de forma consistente e o mais rapidamente possível. Assim, este projeto teve o intuito de analisar a forma de reduzir o tempo das mudanças de ferramenta nas máquinas de inspeção FlexT e Veritas, sem comprometer a qualidade das mudanças realizadas, uma vez que estas são fundamentais para garantir a qualidade do produto final. Adicionalmente foram criadas instruções de trabalho com vista à padronização das mudanças de ferramenta, bem como instruções de afinação de sedas para cada máquina, de maneira a auxiliar o processo de formação de novos afinadores.

De forma a alcançar a redução de tempo pretendida recorreu-se ao SMED, sendo que para o aplicar foi necessário conciliar com outras ferramentas *Lean*. As diversas propostas de melhoria no processo identificadas resultaram da recolha de informações dos afinadores sobre as mudanças, bem como a recolha e análise dos dados relativos às mudanças de ferramenta.

A implementação dessas melhorias resultaram na redução da média geral das mudanças de ferramenta em 18%, valor bastante significativo atendendo à maturidade da empresa e da otimização inicial já existente nos processos. Acresce o facto de estas mudanças terem assegurado a manutenção da percentagem de amostras não rejeitadas, o que comprova que a qualidade das mudanças não foi comprometida. Relativamente aos documentos criados para apoio à padronização e formação dos afinadores, estes foram aprovados pela empresa, prevendo-se a sua implementação em breve.

Palavras-chave: Indústria Vidreira, *Lean Manufacturing*, Máquinas de Inspeção Automáticas, Melhoria Contínua, Padronização, SMED.

Abstract

This master's thesis was carried out as part of the Master's programme in Mechanical Engineering - Industrial Production. This project was carried out at the SB Vidros factory, which belongs to the company Vidrala, a leading company in the glass industry.

Nowadays, in all industries, it is essential to carry out processes consistently and as quickly as possible. The aim of this project was therefore to analyse how to reduce the time taken to change tools on the FlexT and Veritas inspection machines without compromising the quality of the changes made, since these are fundamental to guaranteeing the quality of the final product. In addition, work instructions were created to standardise tool changes, as well as silk setting instructions for each machine, in order to help the process of training new setters.

In order to achieve the desired reduction in time, SMED was used, which had to be combined with other Lean tools. The various process improvement proposals identified were the result of gathering information from the tuners about the changes, as well as collecting and analysing data on the tool changes.

The implementation of these improvements resulted in an 18% reduction in the overall average of tool changes, which is quite significant given the company's maturity and the initial optimisation already in place in the processes. In addition, these changes ensured that the percentage of samples not rejected was maintained, which proves that the quality of the changes was not compromised. With regard to the documents created to support standardisation and training for tuners, these have been approved by the company and are expected to be implemented soon.

Keywords: Glass Industry, Lean Manufacturing, Automatic Inspection Machines, Continuous Improvement, Standardization, SMED.

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xvi
Lista de siglas e acrónimos.....	xvii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e objetivos do projeto	1
1.2. Estrutura da tese.....	2
2. Processo produtivo da Vidrala	4
2.1. Vidrala	4
2.2. Processo produtivo	8
2.2.1. Composição e Fusão	8
2.2.2. Zona Quente	9
2.2.2.1 Processo <i>Blow and Blow</i> (BB)	10
2.2.2.2 Processo <i>Narrow Neck Press and Blow</i> (NNPB)	10
2.2.3. Zona Fria I	12
2.2.4. Zona Fria II	13
2.2.5. Armazém/Produto Acabado e Logística.....	14
3. Estado de arte	16
3.1. <i>Lean Manufacturing</i>	16
3.2. Ferramentas <i>Lean</i> utilizadas	21
3.2.1. Trabalho Padronizado	21
3.2.2. Gestão Visual.....	22
3.2.3. <i>Poka-Yoke</i>	23
3.2.4. 5S	24
3.2.5. <i>Kaizen</i>	26
3.2.6. <i>Gemba</i>	27
3.2.7. <i>Plan-Do-Check-Act</i>	29

3.3.	<i>Single-Minute Exchange of Die (SMED)</i>	30
3.3.1.	Contextualização Histórica	30
3.3.2.	Etapas de Aplicação do SMED	32
3.2.2.1.	Estágio Preliminar: Não distinguir atividades de <i>Setup Interno</i> de atividades de <i>Setup Externo</i>	33
3.2.2.2.	Estágio 1: Separar atividades de <i>Setup Interno</i> de atividades de <i>Setup Externo</i>	33
3.2.2.3.	Estágio 2: Converter atividades de <i>Setup Interno</i> para atividades de <i>Setup Externo</i>	34
3.2.2.4.	Estágio 3: Otimização das atividades de <i>Setup Interno</i> e de <i>Setup Externo</i>	34
3.3.3.	Vantagens da implementação da metodologia SMED	35
3.3.4.	Exemplos de aplicação do SMED	36
4.	Metodologia Utilizada	41
5.	Recolha, análise e discussão de dados	44
5.1.	Mapeamento da Zona Fria	44
5.2.	Análise e Discussão dos Tempos Recolhidos	47
5.2.1.	Análise de Tempos – Mudança de Ferramenta FlexT.....	49
5.2.1.1.	Estágio Preliminar: Não distinguir atividades de <i>Setup Interno</i> de atividades de <i>Setup Externo</i>	49
5.2.1.2.	Estágio 1: Separar atividades de <i>Setup Interno</i> de atividades de <i>Setup Externo</i>	50
5.2.1.3.	Estágio 2: Converter atividades de <i>Setup Interno</i> para atividades de <i>Setup Externo</i>	51
5.2.1.3.	Estágio 3: Otimização das atividades de <i>Setup Interno</i> e de <i>Setup Externo</i>	53
5.2.2.	Análise de Tempos – Mudança de Ferramenta Veritas.....	54
5.2.2.1.	Estágio Preliminar: Não distinguir atividades de <i>Setup Interno</i> de atividades de <i>Setup Externo</i>	54
5.2.2.2.	Estágio 1: Separar atividades de <i>Setup Interno</i> de atividades de <i>Setup Externo</i>	55
5.2.2.3.	Estágio 2: Converter atividades de <i>Setup Interno</i> para atividades de <i>Setup Externo</i>	56
5.2.2.3.	Estágio 3: Otimização das atividades de <i>Setup Interno</i> e de <i>Setup Externo</i>	57
5.3.	Análise e Discussão dos Tempos Fornecidos	57
5.3.1.	Análise geral das mudanças de ferramenta	58
5.3.2.	Análise do desempenho dos afinadores	61
5.3.3.	Determinação dos Objetivos de Tempo Médio por Tipo de Mudança	66
5.4.	<i>Project Charter</i>	68
6.	Proposta e implementação de melhorias	71
6.1.	Propostas de Melhoria no âmbito do SMED	72
6.1.1.	Eliminação das paragens para lanche durante as mudanças	72
6.1.2.	Aquisição de material para as mudanças.....	72
6.1.3.	Formações com os afinadores	73

6.1.4.	Re-etiquetar canal-consola das FlexT.....	74
6.1.5.	Compra e substituição das tampas do Génio	75
6.1.6.	Teste e implementação de sistema de abertura das tampas do <i>SideWall</i>	77
6.1.7.	Auditorias à Preparação de Ferramenta para o dia seguinte.....	79
6.1.8.	Redução do número de amostras	80
6.1.9.	Definir objetivos de tempo para cada tipo de mudança, afixar resultados de tempos e de amostras não rejeitadas.....	81
6.1.10.	Padronização das máquinas FlexT e Veritas	82
6.1.11.	Colocar os dentes de ferramenta na altura correta antes da mudança	84
6.1.12.	Preparar as chapas da base da Veritas na oficina antes da mudança.....	85
6.1.13.	Acoplar um torno aos carrinhos que são levados para as mudanças	85
6.2.	Padronização das mudanças de ferramenta e formação de novos operadores	86
6.2.1.	Instruções de trabalho para as mudanças de ferramenta.....	86
6.2.2.	Instruções de Afinação de Sedas	87
6.3.	Restantes ações de melhoria implementadas	89
6.3.1.	Realizar auditorias ao 5S na Oficina das Mias	89
6.3.2.	Passar garrafas “boas” depois de afinar a máquina	89
6.4.	Resumo do estado atual da implementação das melhorias propostas	90
7.	Análise e Discussão dos Resultados Obtidos	92
7.1.	Análise e Discussão dos Tempos de Mudança Obtidos	92
7.1.1.	Análise e Discussão do Tempo das Mudanças em Geral	92
7.1.2.	Análise e Discussão do Tempo das Mudanças por Máquina	95
7.1.3.	Análise e Discussão do Tempo de Mudança por Tipo	96
7.2.	Análise e Discussão das Amostras Não Rejeitadas	99
7.3.	Análise e Discussão da Evolução dos Afinadores	100
7.3.1.	Análise e Discussão da Evolução dos Afinadores Mais Experientes	100
7.3.2.	Análise e Discussão da Evolução dos Afinadores Menos Experientes	101
7.3.2.1.	Análise Geral da Evolução dos Afinadores Menos Experientes	101
7.3.2.2.	Análise da Evolução do Afinador F	102
7.3.2.3.	Análise da Evolução do Afinador G.....	103
7.3.2.4.	Análise da Evolução do Afinador H.....	104
7.4.	Análise e Discussão do Impacto das Melhorias Implementadas	105
8.	Conclusões e Trabalhos Futuros	108
8.1.	Conclusões	108
8.2.	Trabalhos Futuros	109
9.	Bibliografia.....	110

Anexos	115
Anexo A - Resumo das Teses de mestrado e doutoramento consultadas	116
Anexo B – Mapeamento da Zona Fria	127
Anexo C – SMED: Estágio Preliminar (FlexT)	129
Anexo D – SMED: Estágio 1 (FlexT)	130
Anexo E – SMED: Estágio Preliminar (Veritas)	131
Anexo F – SMED: Estágio 1 (Veritas)	132
Anexo G – <i>Project Charter</i>	133
Anexo H – <i>Checklists</i> de Verificação da Preparação de Ferramenta	134
Anexo I – Instruções de Trabalho.....	136
Anexo J – Instruções de Afinação de Sedas	138
Anexo K – <i>Abstract</i> do Artigo Submetido na <i>10th International Conference on Manufacturing and Industrial Technologies (ICMIT 2024)</i>.....	141

Lista de Figuras

Figura 1 - Instalações da SB Vidros [1]	4
Figura 2 - Logotipo Vidrala [3]	5
Figura 3 - Localização das fábricas da Vidrala [4]	6
Figura 4 - Identidade da Vidrala [5]	7
Figura 5 – Casco [7]	8
Figura 6 - Forno industrial para fabricação de vidro [8].....	9
Figura 7 - Processo Soprado-Soprado [10].....	10
Figura 8 - <i>Narrow Neck Press & Blow</i> [13]	11
Figura 9 - Garrafa a sair da máquina IS [15]	11
Figura 10 - Garrafas a sair da arca de recozimento e a receberem o revestimento a frio	12
Figura 11 - Máquinas de Inspeção Automática FlexInspect T e Veritas, respetivamente. [16] [17]	13
Figura 12 - Funcionamento da Identificação por Radiofrequência (RFID) [19]	14
Figura 13 - Camião da Vidrala [20].....	15
Figura 14 - <i>Toyota Production System</i> [23].....	17
Figura 15 - Princípios <i>Lean</i> [26].....	18
Figura 16 - Exemplo dos 3M's [27].....	19
Figura 17 - Gaveta onde o funcionário arruma as ferramentas.....	23
Figura 18 - Quadro com informações para a secção.....	23
Figura 19 - <i>Poka-Yoke</i> aplicado numa gaveta	24
Figura 20 - Metodologia 5S [33]	26
Figura 21 - <i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA) [39].....	30
Figura 22 - Linha cronológica da evolução do SMED [41] [42] [43]	31
Figura 23 - Representação da implementação do SMED [44]	35
Figura 24 - Fluxograma das Etapas do Projeto.....	41
Figura 25 - Mapeamento da Zona Fria	44
Figura 26 - Garrafa após passar pela máquina de impressão.....	47
Figura 27 - Tipos de Mudança de Ferramenta.....	48

Figura 28 - Estágio Preliminar do SMED (FlexT)	49
Figura 29 - Estágio 1 do SMED (FlexT).....	50
Figura 30 - Conjunto de Ferramentas para a FlexT com 12 dentes.....	52
Figura 31 - Tempo poupado com conversão da tarefa "Colocar dentes na altura correta" para <i>Setup Externo</i>	53
Figura 32 - Estágio Preliminar do SMED (Veritas).....	54
Figura 33 - Estágio 1 do SMED (Veritas).....	55
Figura 34 - Diagrama de Pareto do N° de Mudanças por Tipologia (Julho-Novembro 2022).....	59
Figura 35 - Tempo Médio de Afinação (min) por Tipo de Mudança.....	60
Figura 36 - Amostras Não Rejeitadas por Tipo de Mudança (%)	61
Figura 37 – N° de Afinações de cada Operador, por Máquina.....	62
Figura 38 - N° de Afinações de cada Operador por Tipo de Mudança.....	62
Figura 39 - Tempo Médio (min) de cada Operador por Tipo de Mudança	63
Figura 40 - Amostras Não Rejeitadas por Operador (%)	64
Figura 41 - N° de Afinações por Tipo de Mudança.....	65
Figura 42 - Tempo Médio (min) por Tipo de Mudança	65
Figura 43 - Amostras Não Rejeitadas por Tipo de Mudança (%)	65
Figura 44 - Tempo Médio (min) por Tipo de Mudança (Sem Manutenção).....	67
Figura 45 – Objetivo de Tempo Médio (min) por Tipo de Mudança (Sem Manutenção).....	67
Figura 46 - <i>Project Charter</i>	69
Figura 47 - <i>Activity Tracker</i>	70
Figura 48 - <i>Activity Tracker</i> - Ações de Melhoria Propostas/Implementadas.....	71
Figura 49 - Cabos das luzes e dos sensores na FlexT.....	74
Figura 50 - Re-etiquetagem dos cabos na FlexT.....	75
Figura 51 - Estado atual das tampas do Génio	76
Figura 52 - Chapa do Génio Nova	77
Figura 53 - Vista externa e interna do <i>SideWall</i>	78
Figura 54 - Local do <i>SideWall</i> em que deveria ser criada uma "porta".....	78
Figura 55 - <i>Checklists</i> de verificação utilizadas nas auditorias	80
Figura 56 – Exemplo dos dados divulgados sobre os tempos de mudança e amostras não rejeitadas	82
Figura 57 - Exemplos de problemas e oportunidades de melhoria identificados nas FlexT e Veritas	83

Figura 58 - Substituição de Parafusos por Manípulos numa FlexT	84
Figura 59 - Furo de uma chapa da base da Veritas escareado	85
Figura 60 - Instruções de Trabalho para as Mudanças de Ferramenta na FlexT	87
Figura 61 - Instruções de Trabalho para as Mudanças de Ferramenta na Veritas	87
Figura 62 - Instruções de Ajustagem de Sedas.....	88
Figura 63 - Valor Médio das Mudanças Antes do Projeto e a sua Evolução.....	93
Figura 64 - Tipo de Mudanças Realizadas em fevereiro de 2023.....	94
Figura 65 - Nº de Mudanças por Tipologia 2022 e 2023.....	94
Figura 66 - Valor Médio Inicial na FlexT e a sua Evolução.....	95
Figura 67 - Valor Médio Inicial na Veritas e a sua Evolução.....	95
Figura 68 - Tempo Médio da Mudança Tipo 1.3 Antes do Projeto e a sua Evolução	97
Figura 69 - Tempo Médio da Mudança Tipo 1.4 Antes do Projeto e a sua Evolução	97
Figura 70 - Tempo Médio da Mudança Tipo 2.1 Antes do Projeto e a sua Evolução	97
Figura 71 - Tempo Médio da Mudança Tipo 3.1 Antes do Projeto e a sua Evolução	98
Figura 72 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças dos Afinadores Mais Experientes.....	100
Figura 73 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças dos Afinadores Menos Experientes.....	102
Figura 74 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças do Afinador F.....	103
Figura 75 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças do Afinador G	104
Figura 76 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças do Afinador H	105

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Desperdícios identificados nas observações das mudanças de ferramenta (FlexT)	51
Tabela 2 - Proposta de conversão de tarefas de <i>Setup Interno</i> para <i>Setup Externo</i> (FlexT).....	52
Tabela 3 – Tarefas de <i>Setup Interno</i> que se pretendem otimizar (FlexT)	53
Tabela 4 - Desperdícios identificados nas observações das mudanças de ferramenta (Veritas)	56
Tabela 5 - Proposta de conversão de tarefas de <i>Setup Interno</i> para <i>Setup Externo</i> (Veritas).....	57
Tabela 6 - Tarefas de <i>Setup Interno</i> que se pretendem otimizar (Veritas)	57
Tabela 7 - Estado Atual da Implementação das Melhorias Propostas.....	90
Tabela 8 - Análise das Amostras Não Rejeitadas no Ano 2022.....	99
Tabela 9 - Análise das Amostras Não Rejeitadas no Ano 2023.....	99
Tabela 10 - Evolução do Número de Amostras Não Rejeitadas - Afinadores Mais Experientes.....	101
Tabela 11 - Evolução do Número de Amostras Não Rejeitadas - Afinadores Menos Experientes.....	102
Tabela 12 - Evolução da Percentagem de Amostras Não Rejeitadas do Afinador F.....	103
Tabela 13 - Evolução da Percentagem de Amostras Não Rejeitadas do Afinador G.....	104
Tabela 14 - Evolução da Percentagem de Amostras Não Rejeitadas do Afinador H.....	105
Tabela 15 - Impacto das Ações de Melhoria nas Mudanças de Ferramenta na FlexT	106
Tabela 16 - Impacto das Ações de Melhoria nas Mudanças de Ferramenta na Veritas	107

Lista de siglas e acrónimos

BB	<i>Blow and Blow</i>
FlexT	FleXinspect T
IPL	Instituto Politécnico de Leiria
Mias	Máquinas de Inspeção Automáticas
NNPB	<i>Narrow Neck Press and Blow</i>
PB	<i>Press and Blow</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>

1. Introdução

O projeto apresentado na presente tese de mestrado foi realizado na fábrica SB Vidros, localizada na Marinha Grande, a qual pertence à empresa Vidrala, uma empresa de referência na indústria vidreira. Atualmente, em todas as indústrias, é fundamental realizar os processos de forma consistente e o mais rapidamente possível, uma vez que quanto maior for a taxa de produção de uma empresa, maior será o seu rendimento.

1.1. Enquadramento e objetivos do projeto

O presente projeto foca-se na Zona Fria da empresa SB Vidros, mais concretamente na secção dos afinadores, a qual tem como principal função a realização de mudanças de ferramenta das máquinas de inspeção automáticas (Mias), as quais se realizam sempre que há uma mudança do modelo de garrafa a produzir. Estas mudanças ocorrem diariamente e, por vezes, em várias linhas, pelo que o tempo despendido neste processo de mudança de ferramenta das Mias deverá ser otimizado. De acordo com os objetivos internos definidos pela empresa, a redução destes tempos deveria ser da ordem dos 20%.

Para realizar a mudança de ferramenta e afinação das Mias, os afinadores têm disponível o intervalo de tempo em que deixa de haver garrafas do modelo anterior em produção e começam a chegar as garrafas do modelo seguinte. É de notar que este tempo depende do tempo que a Zona Quente (local onde são fabricadas as garrafas) demora a deixar de produzir um modelo e começa a produzir o modelo seguinte.

O intuito pelo qual a empresa definiu estes objetivos internos foi a necessidade de reduzir os tempos de mudança de ferramenta das Mias, tendo sempre em atenção que esta melhoria não poderia comprometer o rendimento da fábrica. Posto isto, foi sempre assegurada durante todo o processo de otimização que a qualidade da afinação das Mias não estava a ser comprometida. O presente projeto é de enorme relevância para a empresa, e encontram-se alinhadas com outras ações que estão a ser desenvolvidas na Zona Quente, simultaneamente, e as quais têm por objetivo realizar as mudanças de modelo de garrafa produzido o mais rápido possível. Para que isto aconteça é fundamental que a Zona Fria consiga acompanhar

o ritmo de mudança imposto pela Zona Quente, o que requer uma melhoria de tempos de mudança de ferramenta e afinação das Mias.

Como já foi mencionado, este projeto teve como objetivo fundamental a redução do tempo da mudança de ferramenta das Mias, no entanto, ao longo do seu desenvolvimento, foram realizadas, por sugestão e necessidade da empresa, Instruções de Trabalho para auxiliar a padronização das mudanças de ferramenta. Esta padronização revela-se bastante importante, por permitir aos operadores com piores desempenhos nas suas tarefas de mudança e afinação, que se aproximem dos resultados dos melhores, diminuindo a variabilidade de tempos de mudança entre os operadores, adotando para isso a sua forma de realizar as mudanças. Além disso, esta padronização irá permitir uma aprendizagem mais fácil para os novos colaboradores que sejam contratados para esta secção.

De modo a atingir estes objetivos, foi necessário recorrer ao *Single Minute Exchange of Die* (SMED) com vista à diminuição dos tempos de mudança de ferramenta. Além desta ferramenta *Lean*, foi necessário recorrer também ao Trabalho Padronizado, à Gestão Visual, ao *Poke-Yoke*, ao *Kaizen*, ao 5S, ao Gemba e ao *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), pois só com a junção de todas estas ferramentas seria possível atingir a redução do tempo de mudança pretendida e criar documentação de auxílio à padronização das mudanças de ferramenta.

1.2. Estrutura da tese

A presente tese de mestrado encontra-se dividida em oito capítulos.

O primeiro capítulo destina-se à apresentação do projeto que foi realizado, assim como os objetivos que se pretendiam atingir. Neste também se faz referência à importância que o projeto teve para a empresa, assim como as ferramentas que foram utilizadas na tentativa de atingir os objetivos ambicionados pela empresa.

O segundo capítulo destina-se a dar a conhecer a empresa e a sua história. É nele explicado o processo produtivo da Vidrala, de modo a permitir um entendimento dos passos que são realizados entre a matéria-prima e o produto final.

No terceiro capítulo encontra-se o enquadramento teórico das metodologias necessárias para realizar este projeto, com especial foco na metodologia SMED, mas onde se abordam outras metodologias que se revelaram essenciais à realização do mesmo.

O quarto capítulo refere de forma sucinta os objetivos do projeto e explica a metodologia utilizada para os conseguir atingir. Esta metodologia é explicada com recurso a um fluxograma das etapas do projeto e, de seguida, é feita uma breve explicação do que foi realizado em cada uma dessas etapas.

O quinto capítulo começa por apresentar o mapeamento da Zona Fria de forma a explicar o trajeto realizado pelas garrafas, desde que saem da arca de recozimento até chegarem aos paletizadores. É entre estes dois locais que se encontram as Mias, o ponto de intervenção deste projeto. Procede-se à análise e discussão dos tempos registados durante as observações das mudanças de ferramenta, seguindo-se a análise dos dados fornecidos pelos responsáveis dos afinadores relativos às mudanças de ferramenta, desde meio de julho até meio de novembro de 2022. Posteriormente, estes dados foram atualizados até ao final do ano 2022, o que permitiu estabelecer os objetivos para o final do projeto. Por fim, é apresentado o *Project Charter* do projeto SMED, formato em que são apresentados todos os projetos de melhoria contínua na Vidrala.

O sexto capítulo descreve as ações de melhoria propostas/implementadas. Estas ações de melhoria são divididas em três grupos, as melhorias destinadas ao SMED, as melhorias destinadas à padronização das mudanças de ferramenta e formação de novos afinadores e outras ações de melhoria que não se enquadram nos dois outros grupos anteriores. No final deste capítulo, é ainda apresentada uma tabela resumo onde se mostra o estado atual da implementação de cada uma das propostas de melhoria.

O sétimo capítulo destina-se à análise e discussão dos resultados obtidos, sendo para isso necessário dividir-se este capítulo em quatro subcapítulos. Assim, o capítulo divide-se na análise da melhoria dos tempos de mudança, na evolução da percentagem de amostras não rejeitadas, na evolução dos afinadores ao longo do projeto e na estimativa do impacto que cada uma das melhorias implementadas teve nos resultados obtidos.

No oitavo capítulo são apresentadas as principais conclusões e a proposta de trabalhos futuros.

2. Processo produtivo da Vidrala

A presente tese de mestrado foi realizada na fábrica SB Vidros, pertencente à empresa Vidrala. Este capítulo é destinado à apresentação desta empresa e à explicação do seu processo produtivo, o que permite dar a conhecer os locais e as fases de produção em que foram realizadas as diversas etapas deste projeto.

2.1. Vidrala

A SB Vidros é uma fábrica de grande dimensão, como se pode observar na Figura 1, que pertence ao grupo Vidrala tendo, aproximadamente, 495 funcionários que laboram diretamente na fábrica e mais 60 funcionários que exercem funções de forma indireta. O grupo Vidrala produz recipientes de vidro tanto para bebidas como para produtos alimentares e que oferece também soluções a nível da logística. Dele faz parte integrante a fábrica SB Vidros, localizada na Marinha Grande, local onde foi realizada esta tese.



Figura 1 - Instalações da SB Vidros [1]

O grupo Vidrala, cujo logotipo pode ser observado na Figura 2, foi criado em 1965 em Llodio, um município da província de Álava, em Espanha. No ano seguinte, foi criada a Vidrierías de Álava S.A, com um forno e duas máquinas, chegando a produzir anualmente 25000 toneladas de vidro, iniciando as suas primeiras exportações em 1967. [2]



Figura 2 - Logotipo Vidrala [3]

Em 1977, a empresa tornou-se líder nacional em termos tecnológicos ao começar a utilizar a produção em prensa e sopro de garrafas leves, o que permitiu reduzir o peso médio dos seus recipientes. Em 1981, mudou o seu nome para Vidrala S.A, e nesse mesmo ano, conseguiu atingir uma produção de 130000 toneladas de vidro ao mesmo tempo que obtiveram uma economia de energia de 50% ao transformar os seus fornos. Em 1989, a Crisnova, uma empresa 100% subsidiária da Vidrala, iniciou a sua atividade em Caudete, com apenas um forno, e com isso o grupo Vidrala atingiu uma capacidade de produção de 225000 toneladas de vidro por ano. Em 1995, foi construído o terceiro forno em Aiala, o que fez aumentar a capacidade de produção do grupo Vidrala para 340000 toneladas de vidro por ano, e passados 3 anos criou-se o segundo forno na Crisnova, o que fez com que o Grupo Vidrala aumentasse a sua capacidade de produção para 450000 toneladas de vidro por ano. [2]

A internacionalização do Grupo iniciou-se em 2003 quando foi adquirida a Ricardo Gallo Vidro de Embalagem, uma empresa portuguesa da Marinha Grande com mais de 100 anos e o que fez com que a capacidade de produção tivesse um grande crescimento, atingindo nesse momento as 610000 toneladas de vidro por ano. Passados apenas 2 anos, a empresa adquiriu mais uma empresa em Espanha e outra em Itália, entrando assim em operação a Valvitrum S.A e a Corsico Vetro S.r.l., o que fez com que a produção do grupo aumentasse, conseguindo alcançar as 950000 toneladas de vidro por ano. [2]

Em 2006, criou-se a Vidrala como chefe de grupo, lançando assim uma nova imagem corporativa, que passado um ano adquiriu uma nova empresa, a La Manufacture du Verre S.A., uma empresa belga que acabaria por vender mais tarde, em 2019. [2]

Em 2012, implementou-se uma linha de garrafas sustentáveis mais leves. Três anos depois a Vidrala adquiriu a Encirc Limited e tornou-se o quarto maior grupo europeu a oferecer um serviço completo na área vidreira. Em 2017, a Vidrala adquiriu a empresa Santos Barosa, que se localiza na Marinha Grande, e onde produz mais de 1600 milhões de recipientes por ano, aquisição que veio complementar a posição da Vidrala no mercado ibérico. [2]

Atualmente, a Vidrala é constituída por 8 fabricas, estando divididas em dois grupos. O grupo Encirc, composto pelas duas empresas no Reino Unido e pela empresa em Itália, e o grupo Fifty, que é composto pelas cinco empresas da Península Ibérica, ou seja, as três empresas localizadas em Espanha e as duas localizadas em Portugal. A localização de cada uma delas, assim como o grupo a que pertencem, pode ser observada na Figura 3.

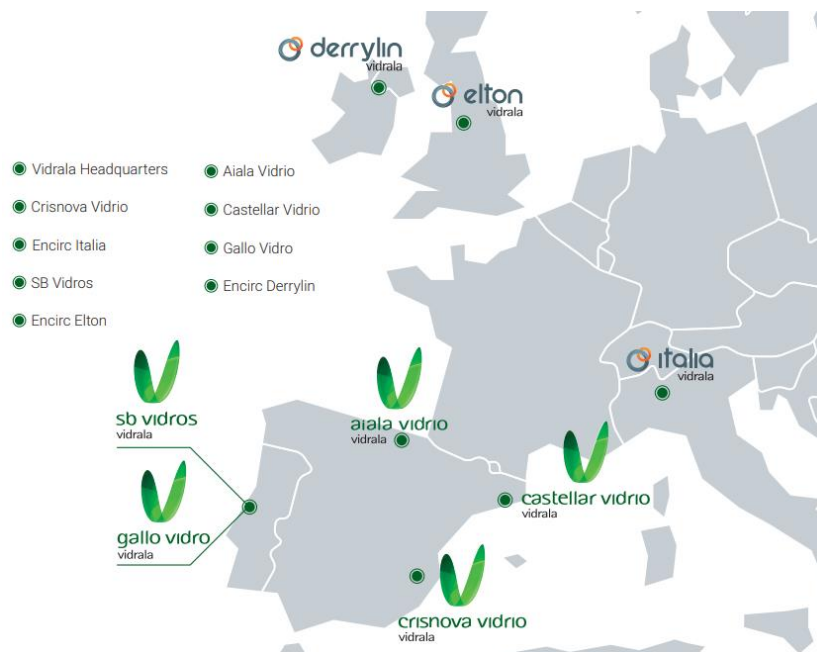


Figura 3 - Localização das fábricas da Vidrala [4]

No que diz respeito à identidade da empresa, esta pode ser dividida em cinco aspetos: [2]

- **Visão** – Tem como visão ser uma organização de classe mundial onde os seus clientes, pessoas e fornecedores estão no centro do que realizam;
- **Missão** – A sua missão é ter uma equipa inovadora e melhorá-la continuamente, de modo a fornecerem soluções de embalagens sustentáveis;

- **Valores** – Os seus valores focam-se no compromisso com os clientes, na colaboração, no compromisso e desenvolvimento das pessoas, na sustentabilidade, no alto desempenho e na inovação e melhoria contínua;
- **Pilares de medida** – A satisfação do cliente e do empregado, o desempenho operacional e a rentabilidade e reinvestimento contínuo são os pilares de medida da empresa;
- **Pilares estratégicos** – A nível de estratégia os pilares são os clientes, as pessoas, a excelência operacional e a criação de valor através do investimento ideal.

Os pontos referidos sobre a identidade da Vidrala também podem ser vistos de forma gráfica na Figura 4.



Figura 4 - Identidade da Vidrala [5]

2.2. Processo produtivo

Um recipiente de vidro, antes de chegar à posse dos consumidores, segue um longo percurso para que a matéria-prima se transforme nos recipientes que se utilizam no dia a dia. Na Vidrala, este processo pode ser dividido em cinco grandes etapas: composição e fusão; zona quente; zona fria I; zona fria II; armazenamento/produto acabado e logística. Estas cinco etapas são explicadas nos subtópicos que se seguem.

2.2.1. Composição e Fusão

O processo de produção de vidro inicia-se moendo um conjunto de matérias-primas, em particular o dióxido de silício (SiO_2) proveniente da areia, o óxido de cálcio (CaO), o óxido de magnésio (MgO), óxido de alumínio (Al_2O_3), óxido de sódio (NaO) e sulfato de sódio (Na_2SO_4) [6]. A empresa Vidrala tem como matérias-primas areia, calcário, soda e 48% de casco, sendo o casco vidro reciclado, tal como está representado na Figura 5, o qual pode estar presente em diferentes percentagens dependendo da fórmula que esteja a ser utilizada. [4]



Figura 5 – Casco [7]

Após a mistura das diversas matérias-primas, esta é levada para o forno onde irá ser homogeneizada e fundida a uma temperatura de 1500 °C. A mistura é colocada no forno à mesma velocidade em que o vidro é moldado nas Máquinas IS, máquinas específicas para a

moldagem de recipientes, o que permite que a quantidade de vidro presente no forno seja constante. [6]

Os fornos em que ocorre a transformação da mistura em vidro são constituídos por tijolos refratários e funcionam, principalmente, com gás natural, mas também com recurso a eletricidade. A vida útil de um forno é, aproximadamente, entre 10 e 12 anos, sendo que após esse tempo é necessário destruir e construir um novo. É possível observar um forno parecido com os fornos da Vidrala através da Figura 6. [4]



Figura 6 - Forno industrial para fabricação de vidro [8]

2.2.2. Zona Quente

Quando a matéria-prima já se encontra fundida sai do forno e, até chegar às Máquinas IS, são formadas as gotas. Estas formam-se quando o vidro fundido é cortado por uma tesoura, enquanto é direcionado para as Máquinas IS, caindo depois em queda livre através do distribuidor, rampas e defletores de cada seção para as Máquinas IS, onde chegam com uma temperatura de, aproximadamente, 1200 °C. Estas máquinas permitem que se aumente a velocidade de produção, uma vez que podem moldar desde 2 a 4 garrafas por ciclo. [4]

Após a criação da gota, para obter o formato que se pretende, pode-se recorrer a diversos processos, sendo que nesta tese apenas serão explicados os processos *Blow and Blow* e o *Narrow Neck Press and Blow*, uma vez que são os processos que se utilizam na empresa em

que foi realizada a presente tese de mestrado. O processo de moldagem é realizado na Vidrala com recurso a Máquinas IS, máquinas específicas para a moldagem de recipientes. [4]

2.2.2.1 Processo *Blow and Blow* (BB)

O processo soprado-soprado, *Blow and Blow Process*, inicia-se com a chegada da gota (1 da Figura 7), que ao entrar no pré-molde faz com que o gargalo fique quase formado na sua totalidade (2 da Figura 7). Este fica completamente formado quando é injetado ar comprimido dentro do pré-molde. O ar comprimido obriga a massa de vidro a preencher o pré-molde, obtendo-se assim o pré-formato da garrafa, denominado de *parison* (3 da Figura 7). De seguida, transfere-se o *parison* para o molde (4 e 5 da Figura 7) onde é novamente injetado ar comprimido (6 da Figura 7) fazendo com que se obtenha o formato final (7 da Figura 7). [9]

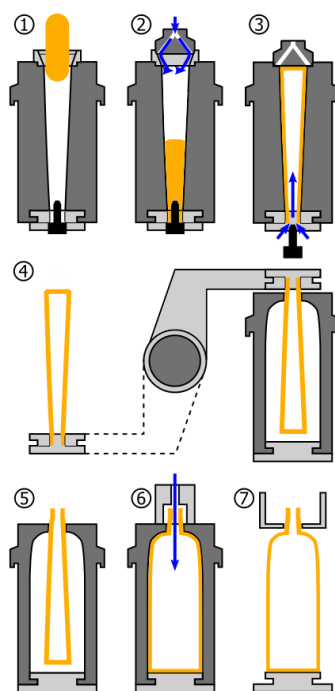


Figura 7 - Processo Soprado-Soprado [10]

2.2.2.2 Processo *Narrow Neck Press and Blow* (NNPB)

O processo *Narrow Neck Press and Blow* (NNPB) é uma melhoria do processo prensado-soprado (PB), sendo que, embora siga a mesma técnica utilizada, permite que haja uma distribuição melhor e mais uniforme do vidro na superfície da garrafa e permite ainda que as garrafas sejam mais finas [11]. Como a garrafa tem paredes mais finas, há um menor

consumo de energia e é necessário menos matéria-prima, o que é uma mais-valia desta técnica [12]. Para realizar esta técnica a gota cai no pré-molde sobre um pino de prensagem, de seguida, a gota é prensada debaixo para cima, o que obriga a que a gota fique entre o pino de prensagem e o pré-molde, criando o gargalo e ficando com o pré-formato, denominado *parison*. Esta parte do processo que foi descrita corresponde ao *Blank Side* da Figura 8. Após ser criado o *parison* este é levado para o molde, onde será injetado ar comprimido, ficando com o seu formato final, tal como se pode observar no lado *Blow Side* da Figura 8. [9]

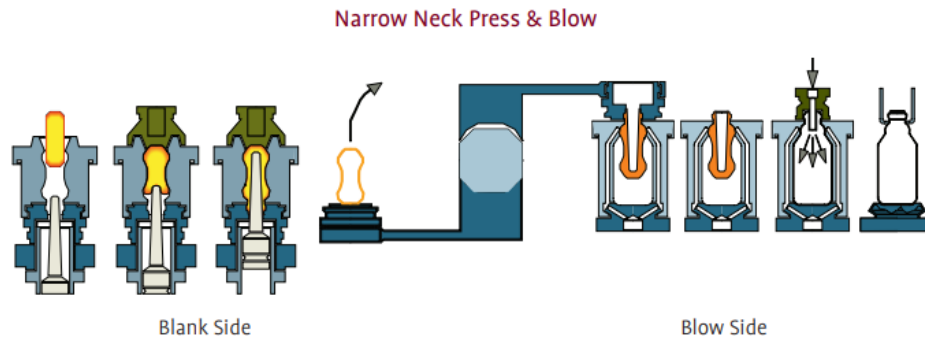


Figura 8 - *Narrow Neck Press & Blow* [13]

Obtido o formato final do recipiente, que é possível observar na Figura 9, é realizado um revestimento a quente em que se coloca uma camada de cloreto de estanho ou titânio na superfície da garrafa. No caso da empresa Vidrala é utilizado o cloreto de estanho. Esta camada tem como objetivo evitar defeitos devido ao deslizamento entre superfícies e ainda aumenta a resistência mecânica do recipiente. [14]



Figura 9 - Garrafa a sair da máquina IS [15]

Após o revestimento a quente ter sido aplicado, as garrafas são direcionadas para a arca de recozimento, onde ficam durante aproximadamente 45 minutos [4]. Durante o tempo que as garrafas estão na arca estas são aquecidas novamente e depois refrigeradas gradualmente até à temperatura ambiente. A arca de recozimento permite reduzir as tensões internas do vidro que foram criadas durante a moldagem e torna as garrafas mais duráveis.

2.2.3. Zona Fria I

Quando as garrafas saem da arca de recozimento é efetuado o revestimento a frio através da pulverização de uma cera de polietileno, tal como mostra a Figura 10. O revestimento a frio lubrifica as garrafas de modo a permitir que estas deslizem melhor entre elas e facilite o seu transporte. [4]



Figura 10 - Garrafas a sair da arca de recozimento e a receberem o revestimento a frio

As garrafas são encaminhadas de seguida para o controlo de qualidade onde são verificadas através de máquinas de inspeção automáticas (Mias) que analisam todas as garrafas produzidas e, além disso, os inspetores de qualidade ainda realizam testes periódicos [4]. As duas máquinas de inspeção que são o foco do SMED nesta tese são a FleXinspect T (FlexT) e a Veritas e podem ser vistas na Figura 11.

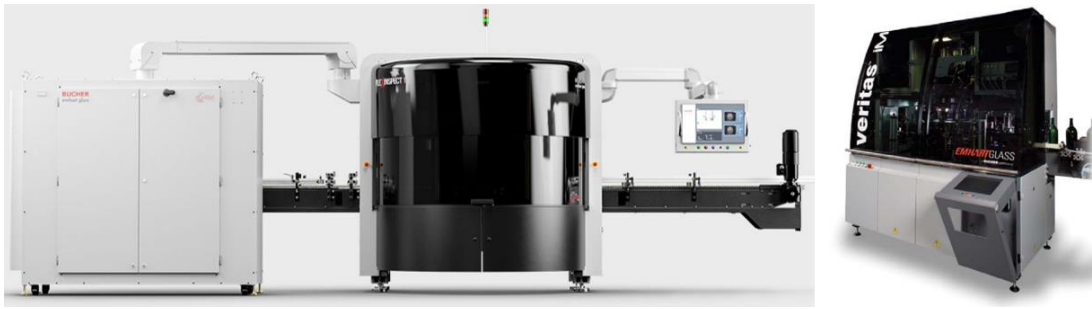


Figura 11 - Máquinas de Inspeção Automática FlexInspect T e Veritas, respetivamente. [16] [17]

A inspeção das garrafas varia de linha para linha, pois há linhas que têm uma máquina capaz de fazer toda a inspeção necessária (FlexT) e há outras linhas que têm mais máquinas para fazer essa mesma inspeção. Por norma há 3 tipos de máquinas de inspeção automáticas, uma de inspeção visual, que verifica os defeitos da parede da garrafa, outra de inspeção rotativa, que verifica a existência de fendas e a espessura da parede e ainda a parte dimensional do gargalo, e outra de inspeção de boca e fundo que verifica se existem lascados na garrafa. O laboratório também realiza testes periódicos em que verifica diversos parâmetros, como é o caso da medição da capacidade, da análise dimensional realizada através de máquinas laser, entre outros testes. Após ser feito o controlo de qualidade as garrafas podem ter dois destinos, ou são aprovadas no controlo de qualidade seguindo para a paletização e para a etiquetagem ou, caso contrário, são rejeitadas e seguem diretamente para casco, ou seja, são partidas e novamente utilizadas. [4]

No caso de o controlo de qualidade identificar, consecutivamente, garrafas com defeitos, que não foram detetados pelas máquinas de inspeção, a Zona Quente é imediatamente avisada de modo que o problema seja resolvido. Assim, após ser verificado este problema, a secção da qualidade indica que as próximas paletes devem ser levadas diretamente para um local em que, posteriormente, seja feita a reescolha. A reescolha consiste em verificar quais as garrafas que apresentam defeito, sendo enviadas para casco, e quais estão em condições de ser enviadas para o cliente, sendo que este processo pode ser feito na Zona Fria, numa linha determinada para isso, ou na Decoração.

2.2.4. Zona Fria II

As garrafas, após passarem todos os controlos de qualidade e garantirem que cumprem com todos os requisitos, passam para a fase de paletização, que é executada de acordo com os

requisitos dos clientes. Algumas garrafas, embora seja uma pequena percentagem de cerca de 5%, antes de irem para a paletização, vão para a Decoração onde é feita a serigrafia e a etiquetagem.

No final de ser executada a paletização, segue-se a rotulagem e a colocação de um chip RFID (Radio Frequency Identification) [4]. A tecnologia RFID permite que haja a captura automática de dados, dos objetos que contém o chip RFID, através de frequências de rádio. Na Figura 12 é possível entender de forma esquemática como funciona a tecnologia RFID. [18]

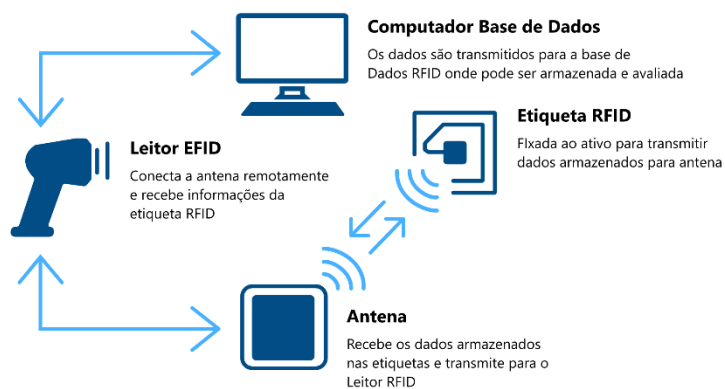


Figura 12 - Funcionamento da Identificação por Radiofrequência (RFID) [19]

Após serem terminadas estas etapas, é feito o embalamento e as paletes são armazenadas nos armazéns de produto acabado para que, posteriormente, sejam enviadas para o cliente. [4]

2.2.5. Armazém/Produto Acabado e Logística

Na última fase do processo realizado pela empresa é efetuado o armazenamento do produto acabado e o envio para o cliente [4]. Para efetuar o envio para o cliente e o transporte entre armazéns são utilizados camiões da própria empresa, como mostra a Figura 13, ou, caso seja necessário um maior número de viaturas, são contratadas empresas para efetuar o restante transporte.



Figura 13 - Camião da Vidrala [20]

A empresa necessita de ter muito stock, já que enquanto a procura do cliente é variável a produção é constante, o que implica que seja necessária uma grande flexibilidade e eficiência nesta parte do processo. Desta forma tenta-se servir o cliente da melhor forma possível e, ao mesmo tempo, diminuir os custos associados ao armazenamento dos produtos finalizados.

[4]

3. Estado de arte

Neste capítulo da tese é realizado um enquadramento dos fundamentos teóricos necessários à elaboração deste projeto. Durante o período de realização deste projeto na Vidrala, o estudante integrou a equipa de melhoria contínua. Foi efetuada uma revisão bibliográfica, iniciando-se pela metodologia *Lean*, em que consiste e os seus princípios, e aprofundando o conhecimento de algumas das ferramentas que foram usadas na melhoria contínua. Por fim, é dedicado um subcapítulo exclusivamente ao SMED, a ferramenta principal deste projeto.

3.1. *Lean Manufacturing*

A metodologia *Lean* teve origem na *Toyota Production System* (TPS), e é de notar que nessa altura ainda não existia o termo *Lean*. Para entender melhor como surgiu o TPS é necessário recuar mais um pouco no tempo. A fabricação moderna foi criada por Henry Ford, o qual colocou em prática a produção em massa, um processo de produção que permitia produzir uma grande quantidade de produtos padronizados através de produção contínua. Isto fez com que as empresas que utilizassem este processo produzissem uma quantidade muito superior ao que era comum na altura. O TPS surgiu na empresa de automóveis Toyota, após a 2ª Guerra Mundial, quando os responsáveis da empresa entenderam que não era possível aplicar a produção em massa de Henry Ford na sua empresa, pois para o mercado em que esta estava inserida era necessária uma produção mais diversificada, o que não era possível com o modelo de Ford que era desenvolvido para uma produção padronizada. Assim, foi necessário desenvolver um novo método de produção, o TPS, que permitisse responder às necessidades variadas dos clientes. O principal responsável por desenvolver o TPS foi Taiichi Ohno, o engenheiro e chefe de produção da Toyota. [21]

O TPS é um sistema de produção que tem como intuito eliminar o desperdício e ter a melhor eficiência possível, focando-se em dois conceitos principais: *Jidoka* e *Just-in-Time*, tal como representado na Figura 14. O *Jidoka* consiste em atingir qualidade na fonte, sendo necessário identificar os erros que surgirem, de forma a parar a produção para que não se produzam produtos defeituosos e implementar as medidas necessárias para corrigir esses mesmos erros, mantendo assim a elevada qualidade. Enquanto o *Just-in-Time* significa que se deve ter o

material certo, no momento e na quantidade certa, o que se reflete na consistência da qualidade e do fluxo de produção, sem que haja desperdício. O TPS foi-se desenvolvendo ao longo dos anos, pois passou a haver cada vez mais uma percepção da sua importância para qualquer empresa que pretenda ter um desempenho eficiente. [22]



Figura 14 - Toyota Production System [23]

O termo *Lean* apareceu pela primeira vez em 1990 no livro “*The machine that changed the world*” de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos, que foi lançado nos Estados Unidos da América. Neste livro foi criada a denominação *Lean production* que significa produção magra e o mesmo descreve um estudo que foi realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) sobre a indústria automóvel a nível mundial. [24]

Em 1996, James P. Womack e Daniel Jones especificaram os cinco princípios *Lean* no livro *Lean Thinking* e onde citaram a seguinte frase “Ao aprender a identificar desperdícios você descobrirá que há muito mais desperdícios ao seu redor do que você jamais imaginou...”. Assim, o pensamento *Lean* consiste em conseguir fazer cada vez mais com cada vez menos, enquanto se fornece ao cliente exatamente o que ele pretende. [25]

Os cinco princípios *Lean* são apresentados de seguida, podendo também ser observados através da Figura 15: [26]

1. Especificar o valor do ponto de vista do cliente;
2. Identificar a cadeia de valor dos produtos e remover as etapas que não criam valor;
3. Fazer com que as etapas que criam valor fluam;
4. Fazer com que a produção seja puxada pela procura;

5. Gerir em direção à perfeição.



Figura 15 - Princípios *Lean* [26]

Além dos princípios *Lean*, quando se está a tentar melhorar o desempenho de uma empresa devem ser tidos em conta três fatores que podem prejudicar a mesma, os quais são conhecidos pelos 3 M's e são explicados abaixo: [27]

- **Muda** – São todas as atividades que não geram valor para o cliente, sendo que é necessário ter em conta que existem atividades que embora não gerem valor para o cliente não são possíveis de eliminar, enquanto outras podem e devem ser eliminadas. Para o *Muda* foi criado uma lista dos 7 desperdícios mortais, que correspondem a sete tipos de desperdício que devem ser eliminados e que estão apresentados mais adiante na tese.
- **Mura** – Existência de variação numa operação que é executada. A operação deve ser executada sempre de igual forma e o fluxo de trabalho deve estar equilibrado. Um exemplo deste é a existência de fábricas em que numa parte do dia se sobrecarregam os funcionários para que consigam executar todos os pedidos e que, no restante tempo do dia, não necessitam seguir o ritmo anterior, fazendo com que os funcionários tenham pouco trabalho nesse período.
- **Muri** – As pessoas ou máquinas estão a ser sobrecarregadas. As operações devem ser realizadas sem que as pessoas ou máquinas tenham de trabalhar com um esforço elevado. Um exemplo de muri pode ser visível numa empresa que tenha poucos funcionários e equipamentos para a sua procura e que opta por sobrecarregar os

recursos (materiais e humanos), em vez de contratar mais funcionários ou adquirir novos equipamentos.

A Figura 16 tem como objetivo auxiliar a compreensão dos 3M's com um exemplo simples em que é possível observar cada um dos "M" e verificar o que se obtém a eliminá-los.

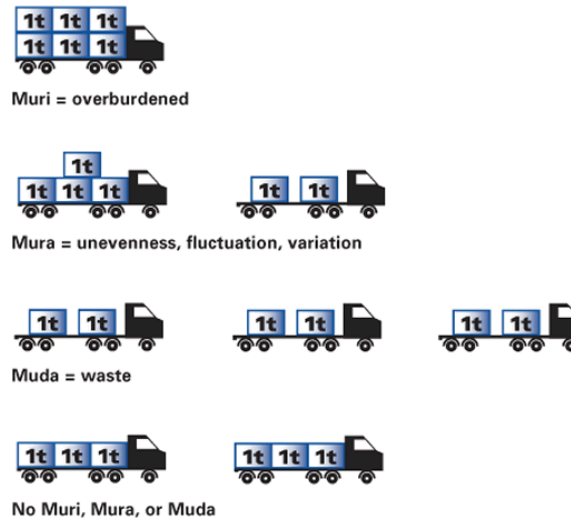


Figura 16 - Exemplo dos 3M's [27]

Como foi referido na explicação do *Muda*, existe um conjunto de 7 desperdícios mortais que são explicados de seguida: [28]

- **Sobreprodução** – Este é um dos desperdícios mortais e optou-se por abordar este desperdício em primeiro lugar já que pode levar a que ocorram os outros seis tipos. A sobreprodução consiste em produzir em maior quantidade ou de forma mais rápida do que é necessário, o que faz com que haja não só necessidade de transporte adicional, como de ocupação de um maior espaço de armazenamento, entre outros problemas que podem ser desencadeados por este desperdício.
- **Tempo de Espera** – Este desperdício ocorre quando um funcionário ou um produto não está em movimento e se encontra parado à espera de material ou de alguma ordem. Consiste em ter, por exemplo, um operador parado a ver uma máquina a funcionar.
- **Transporte** – Este desperdício ocorre quando funcionários, máquinas ou produtos fazem movimentos desnecessários, sendo que estes movimentos podem ser

movimentos que originem a perda de tempo, que não gerem valor ou que tenham outros custos associados, fazendo aumentar o tempo entre as operações.

- **Processamento** – É considerado um desperdício quando são realizadas operações que não gerem valor para o produto e que poderiam não ser executadas. Estas operações dão ao produto características que não são valorizadas nem pedidas pelo cliente.
- **Movimentos Desnecessários** – Este desperdício consiste no acréscimo de tempo em que o funcionário incorre quando faz movimentos desnecessários que levam ao aumento de tempo de execução das suas tarefas. Um exemplo disso ocorre quando um funcionário anda à procura de algo, uma vez que é efetuado um movimento que faz perder tempo e que não gera valor.
- **Inventário/Stock** – O recurso a stock é um desperdício que pode ter várias causas, como por exemplo, haver oscilações na procura do produto pelos clientes, ser uma segurança para o caso de haver produtos com defeitos, uma segurança caso haja uma quebra na produção da empresa, entre outros. Apesar das diversas explicações que levam a recorrer ao stock, este tem custos que podem ser elevados, pois ter o produto armazenado tem custos e o que está em stock é “dinheiro parado”, que não dá lucro à empresa.
- **Produção Defeituosa** – A produção defeituosa é um grande desperdício, pois caso ocorra leva a diversos custos, tais como o tempo que tem de se despender para corrigir o defeito ou mesmo para fazer um novo produto. Além disso, leva à perda de dinheiro, podendo ser uma perda direta, ao ter de fazer um novo produto, ou uma perda de tempo dos funcionários, uma vez que têm de corrigir esse erro deixando as funções que estavam a desempenhar até o erro estar corrigido. Uma frase conhecida de *Philip Crosby* que permite explicar este desperdício é a seguinte: “*Existe uma forma de ganhar dinheiro que os empresários insistem em não usar: é deixar de perdê-lo*”.

Além destes sete desperdícios, pode considerar-se mais um, que é a “Não utilização dos Recursos Humanos”, sendo que neste caso o defeito que se considera é não aproveitar a capacidade e as sugestões das pessoas para melhorar a produção.

A metodologia *Lean* é aplicada com recurso a vários tipos de ferramentas que, em conjunto, permitem melhorar o desempenho de uma empresa. Todas estas ferramentas são importantes

para uma equipa de melhoria contínua, embora na presente tese de mestrado apenas sejam apresentadas com maior detalhe as que foram utilizadas durante a experiência na Vidrala.

3.2. Ferramentas *Lean* utilizadas

Existe um grande número de ferramentas *Lean*, no entanto, no âmbito da presente tese de mestrado, considerou-se mais oportuno focar apenas nas ferramentas cujo seu conhecimento se revelou relevante para desenvolver os trabalhos de melhoria contínua na Vidrala, uma vez que foram usadas, direta ou indiretamente, no projeto desenvolvido. Assim, as ferramentas *Lean* pelas quais se optou por mencionar nesta tese são apresentadas de seguida.

3.2.1. Trabalho Padronizado

O Trabalho Padronizado é uma ferramenta essencial para garantir que todos os funcionários executam as tarefas da mesma forma e com a mesma qualidade, o que permite que as fases críticas dos processos sejam realizadas de forma consistente e com a mínima variabilidade, permitindo a melhoria contínua do processo. Para conseguir implementar esta ferramenta é necessário obter o valor de *Takt Time*, que se calcula através da Equação (1) e permite determinar o tempo disponível para concluir um produto. Outro valor também importante de determinar é o Tempo de Ciclo, que se calcula através da Equação (2) e permite determinar o tempo que se demora a fabricar um produto. Este valor deve ser calculado para cada operação e deve existir equilíbrio entre o Tempo de Ciclo de todas as operações, garantindo assim o equilíbrio total durante a produção. O Tempo de Ciclo tem de ser inferior ao *Takt Time*, pois, caso isso não ocorra, significa que não se tem a capacidade produtiva necessária. Após obter o *Takt Time* e o Tempo de Ciclo é essencial documentar o procedimento de operações que os funcionários devem realizar, de modo que as executem todos de igual forma. Este documento deve ser fácil de entender, devendo ser apresentado da mesma maneira em toda a fábrica. Além disso, tem de se garantir que o material necessário é preparado antecipadamente, para que se encontre disponível durante a operação, de modo que os funcionários realizem as suas operações da forma prevista sem que haja material a mais ou a menos, uma vez que material a menos iria comprometer a operação e material a mais é algo que o *Lean* quer eliminar, como foi mencionado anteriormente. [29]

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ efetivo\ de\ trabalho}{Quantidade\ pedida\ pelo\ cliente} \quad (1)$$

$$Tempo\ de\ Ciclo = \frac{Tempo\ de\ Operação\ Diário}{Produção\ Diária} \quad (2)$$

3.2.2. Gestão Visual

A Gestão Visual tem como objetivo transmitir uma mensagem da forma mais simples possível, melhorando o desempenho de quem irá efetuar a tarefa, uma vez que a mensagem pretendida é transmitida de forma clara. Existem diferentes formas de gestão visual. Esta pode ser executada com a aplicação de fotografias de forma a mostrar como se pretende que algum material seja arrumado, ou pode ocorrer através de quadros que resumem um plano de atividades que se pretende desenvolver e em que é necessário que fique claro para todos o que se pretende. [30]

Uma das formas mais conhecidas de gestão visual é o *Andon*, que consiste em utilizar quadros e sinais luminosos e sonoros para detetar anomalias e corrigi-las o mais próximo possível da origem. Isto permite que sejam evitados defeitos havendo um maior controlo de qualidade. Os quadros podem ser utilizados para transmitir a informação sobre a produção e verificar se se encontram dentro dos valores previstos. Os sinais sonoros e luminosos são utilizados, por exemplo, para identificar alguma avaria, de forma que um funcionário seja logo alertado e corrija o problema o mais rapidamente possível, o que faz com que se reduza o tempo de paragem ou a produção de produtos com defeito. [31]

Durante o tempo em que se realizou o projeto na Vidrala recorreu-se à gestão visual, tal como ilustrado na Figura 17 e na Figura 18. No caso da primeira, foram colocadas imagens em todas as bancadas para que os funcionários vissem, de forma simples e clara, como é suposto estar arrumado o equipamento e no caso da Figura 18 pode encontrar-se um quadro com informações sobre tópicos importantes para a secção, sendo estas explicadas de forma clara.

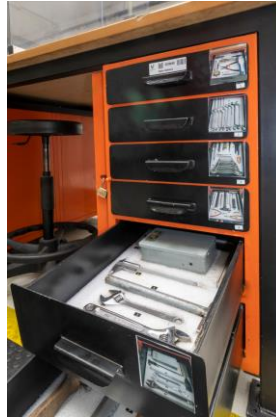


Figura 17 - Gaveta onde o funcionário arruma as ferramentas



Figura 18 - Quadro com informações para a secção

3.2.3. *Poka-Yoke*

O *Poka-Yoke* tem como objetivo criar sistemas à prova de erro, a fim de evitar e/ou diminuir a probabilidade de que ocorram erros ao utilizar um determinado produto ou desempenhar uma determinada função. Para que esta ferramenta se execute com sucesso é necessário que se entenda bem qual é o problema que origina o erro, identificando todas as causas possíveis que lhe dão origem. Por fim, é necessário encontrar uma forma de diminuir ou eliminar a probabilidade de ocorrência de falha. [32]

Na empresa Vidrala, durante a aplicação do 5S, cujo conceito se encontra explicado no tópico seguinte, verificou-se que no local em que os funcionários arrumam o seu material esta ferramenta *Lean* está presente, pois cada gaveta contém uma base com a forma de cada

um dos materiais que é suposto arrumar, diminuindo a probabilidade de efetuarem essa tarefa de forma errada. Este exemplo pode ser observado na Figura 19.

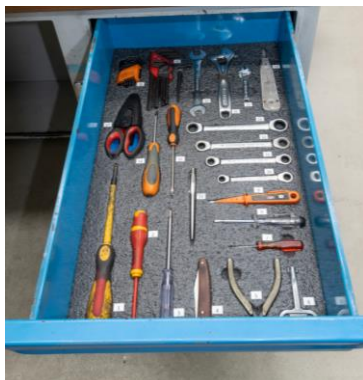


Figura 19 - Poka-Yoke aplicado numa gaveta

3.2.4. 5S

A ferramenta 5S surgiu como parte da *Toyota Production System* (TPS), que tem como objetivo eliminar o desperdício e maximizar a eficiência da produção. A ferramenta 5S, cujo nome surgiu com base na letra inicial dos cinco sentidos da cultura japonesa, tornou-se essencial para que os objetivos da TPS sejam atingidos, pois para conseguir atingi-los é essencial começar por ter um local de trabalho limpo e organizado, sendo precisamente o que o 5S permite fazer numa empresa. Assim, a ferramenta 5S, através de cinco etapas, vai permitir que se tenha o local de trabalho com as condições mencionadas, sendo fundamental para que os objetivos do TPS possam ser atingidos. Assim, as cinco etapas que têm de ser executadas para manter um local de trabalho limpo e organizado são as seguintes: [33]

➤ 1º – *SEIRI* (Senso da Utilização)

O primeiro senso da metodologia 5S é o senso da utilização, que consiste em fazer uma boa distinção do que é verdadeiramente útil para o trabalho a desenvolver e o que não é útil. Esta distinção vem do bom senso dos operadores sempre que utilizam um determinado material, uma vez que estes devem fazê-lo de uma forma consciente, ou seja, os materiais utilizados devem ser os que são necessários para cumprir uma determinada função, uma vez que o material desnecessário apenas irá ocupar espaço e pode até comprometer a segurança ou levar a que se demore mais tempo na realização das tarefas. Assim, o material que não é necessário deverá ser retirado do local de trabalho.

➤ **2º – SEITON (Senso de Organização)**

O segundo senso da metodologia 5S é o senso da organização, sendo que a organização é algo essencial para qualquer empresa que pretenda ter sucesso. Assim, este senso consiste no facto de todo o material dever estar organizado e devidamente identificado de forma que a sua utilização seja efetuada do modo mais eficiente possível. Além do material, também as bancadas e os armários devem estar organizados de modo a facilitar o desempenho dos operadores.

➤ **3º – SEISO (Senso de Limpeza)**

O terceiro senso da metodologia 5S é o senso da limpeza, o qual é um dever mais individual do que os restantes sentidos, pois a limpeza é algo para o qual todos os colaboradores, individualmente, devem contribuir, garantindo que o seu local de trabalho e os seus equipamentos se encontram como pretendido. Para que este senso seja cumprido todos devem manter as boas práticas de limpeza e higiene, o que irá originar um melhor desempenho no trabalho e um ambiente mais agradável.

➤ **4º – SEIKETSU (Senso de Padronização)**

O quarto senso da metodologia 5S é o senso da padronização, que tem como objetivo garantir que os três primeiros sentidos continuam a serem cumpridos, pois se estes não fizerem parte da rotina de todos os envolvidos, o trabalho que foi desenvolvido acaba por ser em vão, pois a situação irá voltar ao que era antes da intervenção da metodologia 5S. Assim, para que este senso seja cumprido a empresa deverá estabelecer regras e efetuar rotinas de fiscalização, para garantir que o objetivo que se pretende está a ser cumprido.

➤ **5º – SHITSUKE (Senso de Disciplina)**

O quinto, e último, senso da metodologia 5S é o senso da disciplina. Este senso tem o objetivo de promover que operadores continuem a manter o processo de metodologia 5S, sendo que os quatro sentidos anteriores devem fazer parte do quotidiano dos operadores. Para que este senso seja cumprido com sucesso, a empresa deverá fazer palestras e sessões de treino, para que os operadores entendam a importância de manter a metodologia 5S e assim possa contribuir para que as alterações efetuadas sejam mantidas. Além disso, deverá haver momentos em que haja a possibilidade dos colaboradores trocarem pontos de vista com os responsáveis por implementar a

metodologia 5S, de modo que se tenha outra perspectiva de situações que ainda podem ser melhoradas.

Os cinco sentidos da metodologia 5S podem ser observados, de forma esquemática e resumida, na Figura 20.



Figura 20 - Metodologia 5S [33]

3.2.5. Kaizen

O *Kaizen* foi criado no Japão após a segunda guerra mundial e significa mudar para melhor. Em 1986, o japonês Masaaki Imai escreveu o livro "*KAIZEN: A chave para o sucesso competitivo do Japão*", sendo que nesse mesmo livro encontra-se presente uma frase que é considerada uma das melhores formas de descrever o *Kaizen*, sendo essa a seguinte “*hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje*”. Esta frase refere exatamente o princípio do *Kaizen*, que é tentar alcançar sempre melhores resultados do que se conseguiu até ao momento, na busca por uma melhoria contínua. Assim, o *Kaizen* é reconhecido por ser uma ferramenta essencial para o sucesso de uma empresa a longo prazo, uma vez que ao ser implementada vai fazer com que haja sempre uma busca pela melhoria, o que faz com que esta se desenvolva cada vez mais. A cultura *Kaizen* é uma cultura que ao ser colocada em prática permite não só melhorar os processos que se pretende, mas também melhor as pessoas, pois se tiverem esta cultura vão querer sempre melhorar dia após dia. [34]

A metodologia *Kaizen* tem 9 princípios que são agora apresentados: [34]

- Aprender com a prática;
- Todo o desperdício deve ser eliminado;
- Todos os colaboradores devem estar envolvidos no processo de melhoria;
- O aumento da produtividade deve ser baseado em ações que não exijam um elevado investimento financeiro;
- Deve ser aplicado em qualquer local ou empresa;
- As melhorias obtidas devem ser divulgadas de modo que se tenha uma comunicação transparente;
- As ações devem ser focadas nos locais que têm maior necessidade;
- O *Kaizen* deve ser direcionado de forma que o objetivo seja, unicamente, a melhoria dos processos;
- O mais importante deve ser melhorar as pessoas.

De acordo com os princípios do *Kaizen* que foram mencionados, este tem como objetivo a melhoria contínua dos funcionários relativamente ao seu desempenho no decorrer da realização das suas tarefas, fazendo com que haja uma maior produtividade da empresa. No caso específico do presente trabalho, isto verificar-se-á ao realizar o SMED, pois o objetivo será aplicar melhorias na mudança de ferramenta das Mias de forma que os trabalhadores melhorem o seu desempenho e consigam executar as suas funções num tempo menor.

Para se conseguir aplicar esta metodologia num determinado processo é necessário cumprir cinco etapas. A primeira etapa será definir o problema, sendo que para isso é necessário verificar onde há problemas e se é possível identificar uma oportunidade de melhoria. Após identificar o problema, segue-se a etapa de procurar possíveis razões para que este problema ocorra. Após efetuar com sucesso a segunda etapa, é necessário analisar a situação e efetuar propostas de melhoria. Caso estas sejam consideradas adequadas, deverão ser aplicadas e na última etapa efetua-se um controlo e manutenção das melhorias colocadas em prática. [35]

3.2.6. *Gemba*

O *Gemba* é essencial para que se consiga obter resultados na melhoria contínua, sendo que durante o desenvolvimento desta tese, foi possível verificar que sem o *Gemba* seria impossível conseguir atingir os objetivos que se pretendiam.

O *Gemba* é um termo japonês que significa “local real” e que foi desenvolvido para a metodologia *Lean* por Taiichi Ohno. Assim, *Gemba*, pode resumir-se em deslocar-se ao “chão de fábrica”, de modo a verificar como as coisas realmente funcionam. [36]

O *Gemba* tem como base três princípios importantes. O primeiro diz-nos que quem gere uma determinada zona de uma fábrica deve deslocar-se, frequentemente, ao “chão de fábrica”, pois só assim se pode observar como está realmente a situação. Podendo observar-se se as medidas que foram aplicadas anteriormente estão a ter os resultados espectáveis e que possíveis ações se podem realizar no futuro para melhorar algum fator que esteja a gerar desperdício, sendo essencial para a melhoria contínua de uma empresa. O segundo princípio consiste em dialogar com os operadores que trabalham nessa zona da fábrica, pois eles lidam diariamente com os problemas que surgem e sabem, melhor do que ninguém, pormenores que podem ajudar a resolver fontes de desperdício. Assim, é essencial que quem gere uma determinada zona da fábrica se encontre disponível para ouvir a opinião das pessoas que lá trabalham. O terceiro, e último, princípio consiste em respeitar a opinião dos operadores, pois a função desta ferramenta não é encontrar culpados para um determinado problema, o objetivo é trabalhar em conjunto com os operadores para que, em equipa, se consigam resolver os problemas que estão a gerar desperdício para a empresa. [36]

Após compreender o que é o *Gemba* e quais os seus três princípios, é agora explicado os passos que são executados para implementar esta ferramenta *Lean* e que foram também utilizados no decorrer desta tese. Inicialmente, é necessário definir qual o tema que se quer abordar e, consoante o tema escolhido, selecionar a equipa que se deverá acompanhar na realização dessas mesmas funções, explicando que o objetivo de os observar é a melhoria contínua. No caso desta tese, como o tema definido foi o SMED nas Mias, a equipa que se acompanhou foi a dos afinadores, que têm como principal função realizar a mudança de ferramenta nas Mias. Após ter esta fase concluída, inicia-se o processo de acompanhamento dos operadores e o registo dos passos que eles realizam para efetuar as tarefas. Aqui o objetivo não é avaliar o seu desempenho, mas sim, numa primeira fase, entender o trabalho que eles realizam e numa segunda fase tentar observar oportunidades de melhoria. Esta fase, na presente tese, diz respeito às primeiras observações em que se tentaram detalhar em pormenor as operações que foram realizadas. Ao efetuar várias observações, de diferentes métodos de trabalho realizados pelos operadores, deve-se ir apontando algumas propostas de melhorias possíveis, mas estas não devem ser logo divulgadas, pois a análise destas possíveis soluções deverá ser feita posteriormente, quando já se conhecer de forma mais

específica o trabalho que é efetuado. Por fim, após analisar todas as informações obtidas, caso seja possível realizar ações de melhoria, estas devem ser mencionadas e explicadas aos operadores a quem foram realizadas as observações para que eles entendam o porquê destas medidas serem aplicadas. [36]

3.2.7. *Plan-Do-Check-Act*

O *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) é uma metodologia que foi idealizada por Shewhart, e aplicada por Deming. Esta metodologia é essencial para qualquer projeto de melhoria contínua. [37]

As 4 etapas do PDCA são: [38]

- **Plan (Planear)** – Consiste em estabelecer os objetivos que se pretendem atingir com as ações que se vão realizar, assim como delinear as etapas que devem ser efetuadas para os alcançar;
- **Do (Fazer)** – Consiste em executar as etapas que foram delineadas na fase anterior;
- **Check (Verificar)** – Consiste em verificar se as etapas definidas inicialmente foram bem executadas e se os objetivos determinados foram alcançados. Esta etapa é essencial, pois permite identificar aspetos que criaram problemas para atingir os objetivos e que devem ser eliminados no futuro;
- **Act (Agir)** – Na última fase do processo, caso os objetivos tenham sido alcançados, devem ser realizadas ações que permitam padronizar o processo e, posteriormente, começar novamente a metodologia, continuando assim com a melhoria contínua.

Esta metodologia é fundamental para a melhoria contínua de um processo, tal como ilustra a Figura 21.

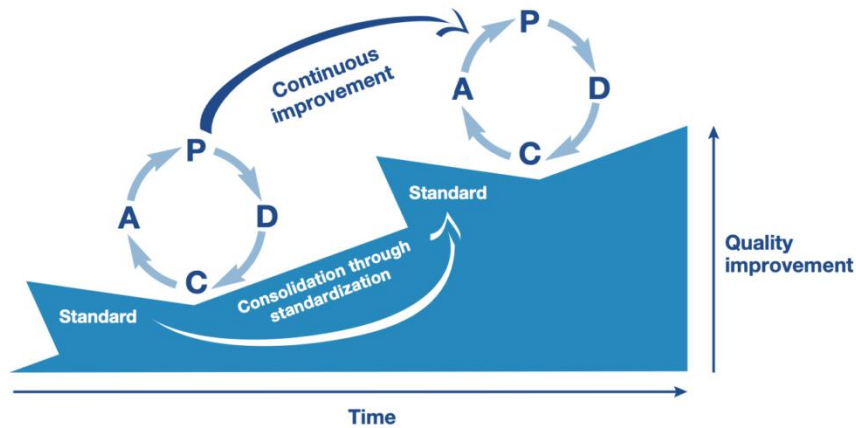


Figura 21 - Plan-Do-Check-Act (PDCA) [39]

A Figura 21 demonstra que através desta metodologia, ao longo do tempo, é obtido um aumento da qualidade dos processos, sendo essencial quando se atinge o objetivo de padronizar para assegurar que as melhorias são mantidas e permitir assim que se possa continuar a melhoria desse processo.

3.3. Single-Minute Exchange of Die (SMED)

O *Single-Minute Exchange of Die* (SMED), que significa Mudança Rápida de Ferramentas, foi desenvolvido com o intuito de se conseguir reduzir os tempos de mudança de ferramenta para tempos inferiores a dez minutos. Ou seja, esta ferramenta pretende que os tempos de *Setup*, tempo entre a última peça produzida boa do modelo atual e a primeira peça boa produzida do modelo seguinte, seja feita em menos de dez minutos. [40]

Antes de se explicar melhor em que consiste esta ferramenta, como se utiliza e quais as vantagens que se conseguem obter através da sua utilização, é necessário fazer uma contextualização histórica de forma a dar a conhecer como foi desenvolvida.

3.3.1. Contextualização Histórica

O SMED foi desenvolvido no Japão por Shigeo Shingo, em 1950. Este realizou cerca de 19 anos de experiências para aperfeiçoar esta ferramenta e torná-la na que é conhecida nos dias de hoje. Estes 19 anos de experiências podem ser divididos em três grandes fases, estando

estes marcos da evolução do SMED representados na linha cronológica presente na Figura 22, os quais corresponde ao trabalho de Shigeo Shingo na Mazda Toyo Kogyo, na Mitsubishi Heavy Industries e na Toyota Motors Company, sendo todas estas empresas japonesas pertencentes à indústria automóvel. Em seguida será explicado o que Shigeo Shingo fez em cada uma destas empresas e o que tornou cada uma delas um marco importante no desenvolvimento desta ferramenta.

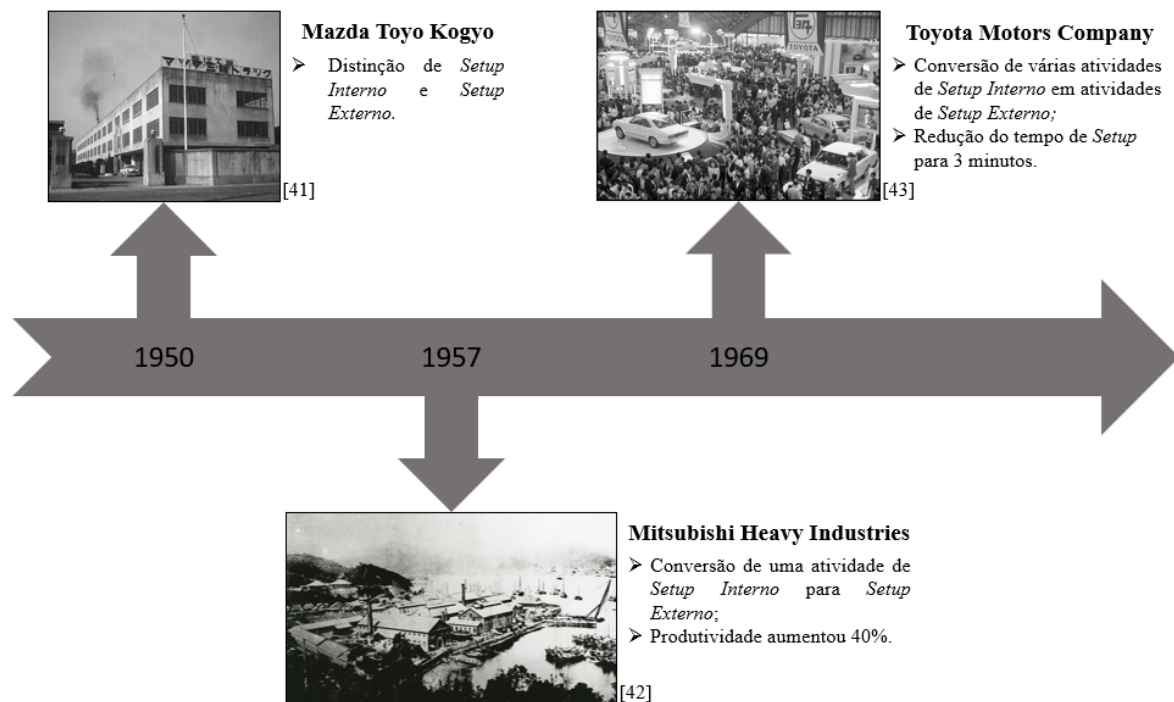


Figura 22 - Linha cronológica da evolução do SMED [41] [42] [43]

Em 1950, Shigeo Shingo realizou um estudo na Mazda Toyo Kogyo, em que se pretendia entender o motivo do estrangulamento causado pelas prensas de grande dimensão no processo produtivo da empresa. Durante este estudo ele acompanhou uma troca da matriz em uma das prensas e verificou que, devido a um operador não encontrar um parafuso, que era essencial para a máquina funcionar, esse facto fez com que a mudança de ferramenta demorasse mais uma hora do que era suposto. Após esta observação, o Shigeo Shingo criou dois conceitos que são fundamentais no SMED, sendo estes a distinção entre *Setup Interno* e o *Setup Externo*. Enquanto o *Setup Interno* corresponde a todas as atividades que apenas podem ser realizadas com a máquina parada, o *Setup Externo* corresponde a todas as atividades que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Um exemplo de *Setup Interno*, que foi observado durante a elaboração da presente tese de mestrado, é a afinação das sedas nas máquinas de inspeção automáticas, em que a máquina tem de estar,

obrigatoriamente, parada para realizar esta tarefa, enquanto um exemplo de *Setup Externo* consiste em preparar e levar para junto da máquina todo o equipamento necessário para apoio à operação, enquanto esta ainda se encontra em funcionamento. [40]

Em 1957, Shigeo Shingo realizou um novo estudo, mas desta vez foi efetuado no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, tendo por objetivo aumentar a produtividade de uma retificadora que se usava para maquinar bases de motores diesel, sendo que antes da retificadora maquinar era necessário efetuar a preparação na mesa da máquina enquanto esta estava parada. De modo a reduzir tempo neste processo, Shigeo Shingo propôs arranjar outra mesa, o que permitiu que a preparação fosse feita nesta segunda mesa, enquanto a retificadora maquinava outra peça, e quando acabasse trocavam-se as mesas e maquinava-se essa peça em que já tinha sido feito a preparação. Assim, através da duplicação do equipamento de apoio, conseguiu-se aumentar a produtividade em 40%. [40]

Em 1969, o estudo realizado por Shigeo Shingo foi feito na empresa Toyota Motors Company e neste caso o objetivo era conseguir reduzir o tempo de mudança de ferramenta, que era inicialmente de quatro horas, enquanto a Volkswagen o conseguia fazer em duas horas. Após seis meses conseguiu reduzir os tempos de mudança de ferramenta para noventa minutos, tendo recorrido para isso à separação das etapas de *Setup Interno* e de *Setup Externo*, mas os responsáveis pela empresa queriam que fosse reduzido o tempo para apenas três minutos. Shigeo Shingo conseguiu atingir o objetivo de reduzir os tempos de mudança para três minutos através da conversão de tarefas de *Setup Interno* para *Setup Externo*, ou seja, através da conversão das etapas realizadas com a máquina parada em etapas que passaram a ser realizadas com a máquina em funcionamento. [40]

3.3.2. Etapas de Aplicação do SMED

Para implementar o SMED com sucesso Shigeo Shingo dividiu esse processo de implementação em quatro etapas: Estágio Preliminar, Estágio 1, Estágio 2 e Estágio 3. Estes passos são apresentados em seguida, visto que é o procedimento que foi utilizado na Vidrala para atingir o objetivo desta tese, a redução de tempo na mudança de ferramenta nas Mias.

3.2.2.1. Estágio Preliminar: Não distinguir atividades de *Setup Interno* de atividades de *Setup Externo*

Na primeira fase da implementação do SMED não se faz a distinção das atividades de *Setup Interno* das atividades de *Setup Externo*. Por vezes, nas mudanças de ferramenta os operadores realizam etapas com a máquina parada (*Setup Interno*) que podiam ser realizadas com a máquina em funcionamento (*Setup Externo*) e então, para começar, é necessário verificar como estão as ser realizados as mudanças de ferramenta. Nessa análise deve ser feita a observação do *Setup*, apontando todas as etapas que são realizadas, o tempo que se demora na elaboração de cada uma das tarefas, as ferramentas utilizadas e falar com os operadores, de forma que se perceba onde têm maiores dificuldades e propostas de melhoria, para depois avaliar se realmente pode ser uma melhoria útil para a redução do tempo de *Setup* e assim explicar-lhes a razão de estar a executar aquele estudo. [40]

Para realizar a verificação de como o *Setup* é realizado pode recorrer-se a dois métodos:

- Cronometrar o tempo de realização das tarefas realizadas e listar quais são essas tarefas;
- Utilizar câmaras de filmar, o que permite avaliar a forma como são realizadas as etapas e o tempo que se demora a realizar cada uma delas com maior detalhe.

3.2.2.2. Estágio 1: Separar atividades de *Setup Interno* de atividades de *Setup Externo*

Nesta segunda fase de implementação do SMED é utilizada a lista de tarefas que se obteve no Estágio Preliminar e é feita distinção de quais dessas etapas são de *Setup Interno* e quais são de *Setup Externo*. [40]

Esta etapa é essencial na implementação do SMED, segundo Shigeo Shingo “*se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de Setup como Setup Externo, então, o tempo necessário para o Interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre Setup Interno e Externo é o passaporte para atingir o SMED*”. [40]

Esta redução de tempo tão acentuada é justificada pelo facto de, apesar de parecer ser senso comum, por parte dos operadores, realizarem as etapas possíveis em *Setup Externo*, a verdade é que diversas vezes isso não acontece, e por esse facto, caso as etapas sejam realizadas em *Setup Externo* existe uma grande redução de tempo. Para assegurar que as

atividades de *Setup Externo* são realmente realizadas com a máquina em funcionamento devem ser criadas *cheklists* para que os operadores preparem o material e realizem um conjunto de tarefas antes da máquina parar. [40]

3.2.2.3. Estágio 2: Converter atividades de *Setup Interno* para atividades de *Setup Externo*

Nesta etapa da implementação do SMED deve rever-se a classificação de *Setup Interno* e de *Setup Externo* feita no Estágio 1, de modo a verificar se não existe nenhuma etapa que se tenha classificado de forma errada como *Setup Interno* e que possa ser passada para *Setup Externo*. Caso isso tenha acontecido é necessário arranjar um método para transformar essas etapas em *Setup Externo*. Nesta fase é necessário que haja uma padronização da forma como serão realizadas as diversas funções/etapas e conseguir que os operadores deixem os antigos hábitos e comecem a utilizar os novos métodos implementados. [40]

3.2.2.4. Estágio 3: Otimização das atividades de *Setup Interno* e de *Setup Externo*

A última fase de implementação do SMED pode ser realizada em simultâneo com o Estágio 2, uma vez que esta fase consiste em analisar as diversas tarefas tanto de *Setup Interno* como de *Setup Externo* e otimizá-las. Para isso pode recorrer-se ao uso de tarefas em paralelo, a melhoria do transporte de material até aos equipamentos, trocar ferramentas manuais por automáticas, entre outros fatores que possam ajudar os operadores a agilizarem as suas funções. [40]

Através destes quatro estágios de implementação da metodologia SMED, o objetivo é atingido e conduz a uma redução de tempo considerável face ao tempo de mudança de ferramenta antes da sua execução, tal como demonstra a Figura 23, em que a letra A corresponde ao Estágio Preliminar, a letra B ao Estágio 1, a letra C ao Estágio 2 e a letra D ao Estágio 3.

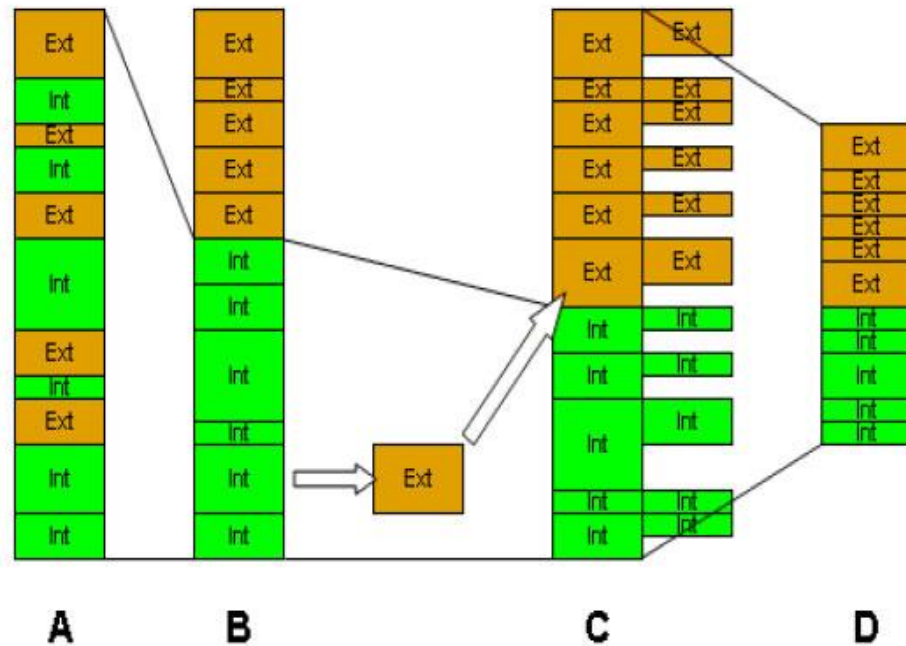


Figura 23 - Representação da implementação do SMED [44]

A Figura 23 ilustra de forma simples e objetiva os passos que foram mencionados para a aplicação do SMED, em que quanto maior for a dimensão dos retângulos, maior será o tempo que se demora a realizar as atividades. Assim, explicando a imagem da Figura 23, o que simboliza a etapa A (Estágio Preliminar) é o facto de não existir distinção entre atividades de *Setup Interno* e atividades de *Setup Externo*. A etapa B (Estágio 1) tem o objetivo de representar essa distinção. Na etapa C (Estágio 2) pode observar-se que uma das atividades que era considerada de *Setup Interno* foi convertida para *Setup Externo*. Por fim, a etapa D (Estágio 3) representa a otimização tanto das atividades de *Setup Interno* como das atividades de *Setup Externo*, o que resulta numa diminuição de tempo considerável face à etapa inicial (Estágio Preliminar).

3.3.3. Vantagens da implementação da metodologia SMED

A metodologia SMED permite reduzir significativamente o tempo de mudança de ferramenta, tal como foi possível constatar na contextualização histórica descrita num dos tópicos anteriores, assim como através da Figura 23, que representa precisamente essa redução de tempo. Assim, esta redução de tempo de mudança de ferramenta tem associado um conjunto de vantagens que se obtém utilizando esta metodologia, sendo estas as seguintes: [45], [46]

- O tempo de inatividade dos equipamentos é menor, o que faz com que a sua disponibilidade aumente e, conseqüentemente, a produtividade da empresa também aumente;
- Alavanca a capacidade de ter uma maior variedade de produtos e flexibilidade de produção;
- Permite produzir lotes mais pequenos, sendo que isto se reflete em conseguir dar uma melhor resposta aos pedidos dos clientes e permite ainda reduzir o stock, o que diminui os custos associados a stocks maiores;
- Os processos de mudança de ferramenta são efetuados de uma forma mais simplificada, o que diminui os riscos de haver erros de *Setup* e diminui também o risco de acidentes de trabalho durante a elaboração desta atividade.

3.3.4. Exemplos de aplicação do SMED

Ao longo dos anos esta metodologia foi aplicada diversas vezes, em diferentes áreas da indústria, de modo a reduzir o tempo de mudança de ferramenta. Este subtópico do SMED, tem o intuito de mostrar alguns casos práticos realizados, comprovando a utilidade da aplicação desta metodologia nas empresas, sendo referidas as ações que se consideram mais relevantes, assim como os resultados obtidos. A informação coligida, em especial teses de mestrado e doutoramento, encontra-se mais completa no Anexo A - Resumo das Teses de mestrado e doutoramento consultadas.

Em 2014, a autora Joana Martins, do Instituto Politécnico de Leiria, na sua tese intitulada de “Abordagem *LEAN* aplicada aos processos de maquinação na indústria de moldes”, aplicou a metodologia SMED, com intuito de reduzir os tempos de mudança de ferramenta na área da indústria de moldes, na empresa *Geocam – Maquinação e Moldes, Lda*. Foi realizada a padronização do trabalho e analisou as atividades internas de forma a concluir quais destas deveriam passar a externas. A autora também otimizou a tarefa de preparação de ferramenta, mediante o melhoramento e eliminação de algumas destas atividades. As melhorias foram implementadas na secção de CNC. Uma das melhorias implementadas ocorreu no local junto à máquina, anteriormente destinado a colocar peças que iriam entrar na mesma, passando a ser também o local onde se colocam as peças quando estas saem da máquina. Isto, permite que as peças sejam transportadas para o seu destino, após a máquina estar em funcionamento. Outra das melhorias aplicadas foi a aquisição de um sistema automático que permitiu otimizar os tempos de desemprego e centragem das peças. As melhorias referidas

anteriormente, permitiram poupar cerca de 27 minutos. Além das melhorias mencionadas, a autora ainda aplicou o 5S, para evitar o tempo perdido na procura de material, e delegou a tarefa de simulação de colisões nos programadores, enquanto estes faziam a programação CAM, o que eliminou uma das tarefas a realizar. Estas duas medidas refletiram-se no tempo de preparação, sendo poupado, na totalidade, cerca de 15 minutos. Foi ainda realizada a padronização da tarefa de preparação das ferramentas de corte, por forma a estabelecer um padrão e uniformizar as melhores práticas, o que permitiu poupar 6 minutos. A autora estimou que seria possível uma poupança de cerca de 19.000,00 €/ano, caso todas as melhorias fossem aplicadas com sucesso. [47]

Em 2015, Hélder Sanches, da Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP), na sua tese intitulada “Aplicação da metodologia SMED na indústria vidreira”, aplicada na empresa BA Vidros, efetuou um estudo com o intuito de reduzir o tempo de mudança de ferramenta aplicando o SMED. O autor começou por aplicar o 5S, que serviu de preparação para o SMED, através da organização e identificação do material, bem como pela familiarização com os conceitos da melhoria contínua da equipa de mudanças e manutenção. Após a implementação do 5S, o autor começou a aplicar as melhorias, sendo uma delas a criação de folhas de registo, onde os eletromecânicos colocam os dados sobre a afinação dos padrões. Implementou o sistema de “monos” (garrafas antigas sem defeitos), o que permite passar 5 garrafas nas máquinas de inspeção, de forma a garantir que estas não rejeitem garrafas sem defeitos e, além disso, permite realizar afinações sem ter de esperar pelas primeiras garrafas produzidas. Propôs a aquisição de um centro de máquina e suporte de sabres o que possibilitou a conversão de tempo interno em tempo externo, visto que a montagem das estrelas passou a poder ser realizada antes da mudança de fabrico, e assim, durante a mudança de ferramenta é apenas necessário substituir o centro da máquina com as duas estrelas já fixadas. Além disso, inseriu escalas para facilitar o processo de colocação das estrelas e dos sabres e tornar mais evidente, durante o fabrico, a verificação da sua correta aplicação. Foram ainda adquiridas máquinas de aperto pneumáticas para apertar e desapertar as estrelas de suporte. Além das melhorias referidas, o autor também efetuou ações a nível da normalização do processo de mudança de fabrico, pois a normalização tem como objetivo reduzir intervenções durante o fabrico e, caso estas sejam necessárias, efetuá-las de forma mais rápida possível. Como todos seguem a mesma norma de trabalho, estas podem ser realizadas por diferentes pessoas, sem que tenham de questionar o que foi feito anteriormente. As ações de normalização implementadas consistiram na colocação das

ajudas visuais nas máquinas rotativas, instruções de trabalho para os valores de autoconfiguração para um dos tipos de máquina rotativa, um quadro de afinação de padrões nas máquinas rotativas e fichas de afinação para as máquinas rotativas e paletizadores. [48]

No mesmo ano, Raquel Santos, aluna do Instituto Politécnico de Leiria, estudou na sua tese a “Implementação da Metodologia SMED para Redução dos Tempos de Preparação do Equipamento Simon 350”, realizada na empresa Europac, uma empresa da indústria de produção de cartão canelado. O objetivo da tese era maximizar a produtividade da máquina integrada Simon 350 por intermédio da redução do tempo médio de preparação de encomendas recorrendo ao SMED. Durante a tese, a autora explica que, de modo a poupar tempo, converteu algumas atividades internas em atividades externas e simplificou atividades tanto internas como externas. No âmbito da simplificação das atividades internas, algumas das ações realizadas passaram pela substituição da chave de bocas utilizada por uma chave de roquete, permitindo agilizar a operação de apertar os parafusos de fixação do molde. Outra das melhorias implementadas abrangeu as navalhas de escatelar, uma vez que existiam cinco tipologias e a sua localização se encontrava longe da zona onde eram utilizadas. Para resolver este problema, a autora propôs duas soluções. A primeira passava por alocar uma prateleira para as mesmas, assim como para os respetivos parafusos, para que ficassem mais perto de onde eram necessárias, com a devida identificação. A alternativa era um kit de mudança de navalhas para que o operador evitasse fazer tantas movimentações. A tarefa de montar o molde também necessitava de uma melhoria, e por isso a autora propôs efetuar a gravação de uma escala numa barra do cilindro de fixação do molde, para que não fosse necessário usar uma fita métrica para o posicionar. Esta técnica de colocar uma escala também foi utilizada numa etapa em que era necessário posicionar o carimbo no rolo portacarimbos. Além destas melhorias a autora também criou um documento que indicava a altura para cada tipo de prancha e fixou-o no local em que era necessário consultar essa informação, permitindo assim que para preparar o entregador, o operário não tivesse de usar uma prancha de cartão para regular a entrada. [49]

Em 2017, Filipe Pires, do Instituto Politécnico de Leiria, na sua tese “Implementação de ferramentas *LEAN* numa linha de impressão flexográfica”, realizada na empresa Cartonarte, uma empresa da indústria de cartonagem, implementou e validou ferramentas *Lean* com vista a reduzir o tempo de *Setup*. De modo a conseguir atingir o seu objetivo, o autor, recorreu à metodologia 5S, Gestão Visual e SMED, propondo melhorias à empresa para os diversos problemas que foi observando. Neste parágrafo apenas se fará referência a algumas

das melhorias implementadas relacionadas com o SMED, sendo possível consultar mais melhorias efetuadas pelo autor através do Anexo A - Resumo das Teses de mestrado e doutoramento consultadas. Algumas das melhorias implementadas passaram pela aquisição de novos clichés de impressão com calhas *Poke-Yoke*, de forma a reduzir os erros de impressão, pela colocação de um carrinho de clichés lavados/usados junto das unidades impressoras, eliminando as deslocações ao extremo da linha, o que tipicamente se traduz em quase 50 metros de deslocações. Foi também criada uma folha de instruções de trabalho, de modo que o conhecimento adquirido fosse passado a todos os funcionários. [50]

Em 2021, Filipe Henriques, na tese intitulada “Desenvolvimento de projetos de melhoria contínua numa empresa de compostos termoplásticos e reticuláveis”, realizada na empresa Cabopol Polymer Compounds, estudou o aumento da eficiência e redução dos custos recorrendo à metodologia *Lean*. De modo a atingir esses objetivos, o autor desenvolveu um modelo de melhoria contínua, um processo de padronização de tempos de *Setup*, melhoria do tempo de *Setup* do departamento de produção e, posteriormente, no departamento de manutenção, um projeto de substituição de abraçadeiras com parafusos por apertos manuais, assim como o projeto 5S. Uma vez que o intuito da presente tese de mestrado é otimizar os tempos de *Setup*, apenas será explicado a forma como o autor melhorou o *Setup* do departamento de produção e no departamento de manutenção. É possível obter mais informação sobre o trabalho desenvolvido através da consulta do Anexo A - Resumo das Teses de mestrado e doutoramento consultadas. Relativamente à melhoria do tempo de *Setup* do departamento de produção, o autor elaborou o projeto “Melhoria do tempo de *Setup*: mudanças da cor preta para cor branca ou natural” em que, após avaliar o procedimento, optou por colocar dois técnicos a realizar a operação em vez de um, como acontecia até ao momento. Além disso, foi criada uma instrução de trabalho para auxiliar os técnicos e foi dada uma breve formação para os preparar e para explicar quais eram os objetivos que se pretendiam. Esta medida permitiu reduzir em 55% o tempo existente entre produções, sem qualquer custo adicional. Após realizar esta melhoria, o “gargalo” do *Setup* deixou de ser o departamento de produção e passou a ser o departamento de manutenção. De forma a melhorar o *Setup* do departamento de manutenção, foi feito o projeto “Melhoria do tempo de *Setup* no departamento de manutenção” em que foi utilizado o SMED. Este projeto iniciou com uma formação dada a todos os funcionários para lhes explicar a intervenção que ia ser feita, o que fez com que todos estivessem em sintonia e participassem de forma mais ativa. Após esta etapa, fez-se a recolha de tempos e decompuseram-se as tarefas realizadas pelos

técnicos de manutenção no apoio à produção, através da captação por vídeo. Tendo realizado esta parte do SMED, procedeu-se à identificação e conversão de tarefas internas em externas e à verificação de etapas que podiam ser eliminadas. Foi identificado que 16,9% do tempo correspondia a etapas que poderiam ser eliminadas, o que permitiu que houvesse uma redução imediata de 16,9% do tempo total de intervenção. Outra ação consistiu em delegar tarefas a um colaborador que esperava que a manutenção efetuasse a intervenção, realizando assim trabalho que era realizado também pela manutenção, permitindo uma redução adicional de 6,9% do tempo. Outras melhorias efetuadas passaram por colocar suportes para tubagem de água e extração de gases, a uniformização dos parafusos das abraçadeiras das tubagens da água e de extração de gases, aquisição de um carro de ferramentas exclusivo para a linha 8, colocou-se um suporte para ferramentas de menor dimensão no local da sua utilização, passou-se a efetuar a limpeza de crivos e câmbio de filtros com rebarbadora em vez de espátula, entre outros que se encontram identificados no Anexo A - Resumo das Teses de mestrado e doutoramento consultadas. O autor, depois de colocar em prática todas as melhorias, tendo em conta o SMED, conseguiu reduzir 46% do tempo de *Setup* face ao tempo inicial. [51]

4. Metodologia Utilizada

O projeto desenvolvido na presente tese de mestrado teve como principal objetivo conseguir reduzir os ambicionados 20% do tempo de mudança de ferramenta das Mias ambicionado pela empresa, sem comprometer a qualidade das mudanças. O outro objetivo foi a criação de Instruções de Trabalho para auxílio na padronização das mudanças de ferramenta, de forma que no futuro haja uma menor variabilidade de resultados entre operadores que as executam.

De modo a atingir os objetivos indicados por parte da empresa foi necessário delinear, previamente, um conjunto de etapas que permitissem atingir esses mesmos objetivos. A metodologia utilizada pode ser observada no fluxograma da Figura 24.

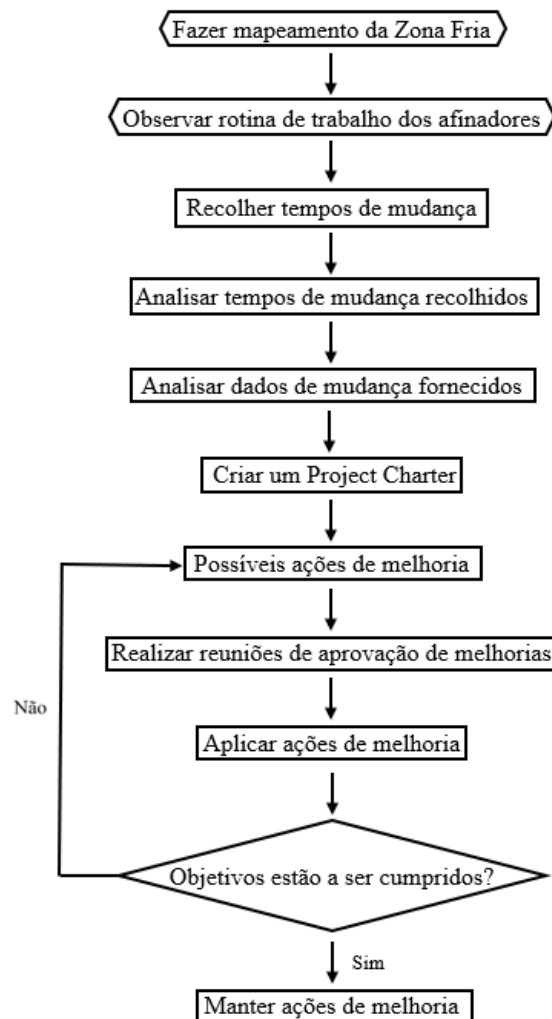


Figura 24 - Fluxograma das Etapas do Projeto

A Figura 24, permite observar a forma como foi planeado o desenvolvimento deste projeto, de modo que se conseguisse reduzir em 20% os tempos de mudança de ferramenta ambicionados pela empresa.

Durante as primeiras semanas do projeto foi sugerido, por parte do responsável dos afinadores, que fosse feito um mapeamento da disposição das máquinas de inspeção, desde as arcas de recozimento até aos paletizadores, para cada ramal. Esta etapa fez com que se tornasse mais fácil entender como as máquinas de inspeção estavam organizadas, assim como o trajeto realizado pelas garrafas desde no início da Zona Fria até aos paletizadores, visto que era a zona da fábrica em que se focava a tese de mestrado.

Durante o desenvolvimento do mapeamento da Zona Fria iniciou-se a segunda etapa. Esta consistiu na observação das mudanças de ferramenta e das preparações realizadas para a mudança do dia seguinte, de modo que se obtivesse uma perceção geral da dinâmica das mudanças de ferramenta e houvesse, assim, uma integração junto da equipa de afinadores. Estes iam explicando a sua metodologia de trabalho, de modo que se adquirissem alguns conhecimentos antes de se iniciar a recolha dos tempos.

Após cerca de 2 semanas de observações, iniciou-se a recolha dos tempos de mudança de ferramenta. Esta tarefa consistiu em anotar todas as etapas realizadas pelo operador acompanhado, desde o fim da reunião (diária, realizada no início do dia) até ao momento em que terminavam de realizar a mudança de ferramenta. Além disso, no final da tarde, os afinadores realizavam a preparação da ferramenta necessária para a mudança do dia seguinte e esse tempo também foi contabilizado, de modo a verificar como cada um fazia a preparação e quanto tempo durava essa preparação.

As duas etapas que se seguiram foram desenvolvidas com recurso a uma análise realizada em Excel.

Na primeira análise realizada em Excel verificaram-se todos os tempos que tinham sido recolhidos durante as observações, o que permitiu aprofundar o conhecimento acerca das tarefas que demoravam mais tempo e quais destas poderiam ser melhoradas ou eliminadas.

Na segunda análise recorreu-se a um ficheiro, preenchido por um dos responsáveis da oficina dos afinadores, que continha os dados registados de julho até novembro de 2022, permitindo assim fazer uma análise do desempenho dos operadores. Com estes dados, procedeu-se à análise do tempo que demoravam a realizar a mudança de ferramenta para cada tipo de

mudança, assim como a qualidade da mudança, através do número de amostras que deveriam ser rejeitadas pela máquina e que não eram rejeitadas quando o controlo de qualidade fazia a verificação da máquina.

Na etapa seguinte foi necessário criar um *Project Charter*, que consistiu em colocar a informação deste projeto num determinado formato que a empresa utiliza para todos os projetos de melhoria contínua.

No *Project Charter* criado inseriram-se possíveis ações de melhoria. Para determinar estas ações foi fundamental o trabalho realizado na terceira e na quarta etapa do fluxograma da Figura 24, ou seja, a recolha dos tempos de mudança de ferramenta e a sua análise em Excel.

Após elaborar estes passos, foram realizadas reuniões com os responsáveis da oficina dos afinadores para partilha das melhorias que eram sugeridas, e definição de quais destas iriam avançar e como seriam realizadas.

Nas reuniões definia-se a data para começar a aplicar as ações de melhoria e os elementos responsáveis por cada uma das ações. Assim, a etapa que se seguiu às reuniões consistiu em aplicar as melhorias aprovadas pelos responsáveis da secção.

A última etapa consistiu em verificar se os objetivos pretendidos foram ou não atingidos. Caso os objetivos tivessem sido atingidos, era necessário realizar auditorias, de forma a garantir que as ações de melhoria continuavam a ser cumpridas e os resultados continuavam dentro do esperado. No caso de os objetivos não terem sido atingidos, era necessário pensar em novas ações de melhoria que, posteriormente, eram apresentadas ao chefe da secção e, caso fossem aprovadas, seriam aplicadas e voltava-se a verificar se os resultados já eram os pretendidos ou se era necessário realizar novas ações de melhoria.

5. Recolha, análise e discussão de dados

5.1. Mapeamento da Zona Fria

Como mencionado no capítulo 4, a primeira tarefa a ser realizada consistiu em fazer o mapeamento da Zona Fria para cada ramal, desde o momento em que as garrafas saem da respetiva arca de recozimento até chegarem aos paletizadores. Este mapeamento permitiu que se tivesse uma melhor noção do local em que se iria trabalhar no projeto e perceber melhor como funcionava o fluxo das garrafas na fábrica.

Através da Figura 25, é possível observar o mapeamento realizado para cada ramal. Caso se pretenda observar com maior pormenor este mapeamento pode consultar-se o Anexo B – Mapeamento da Zona Fria.

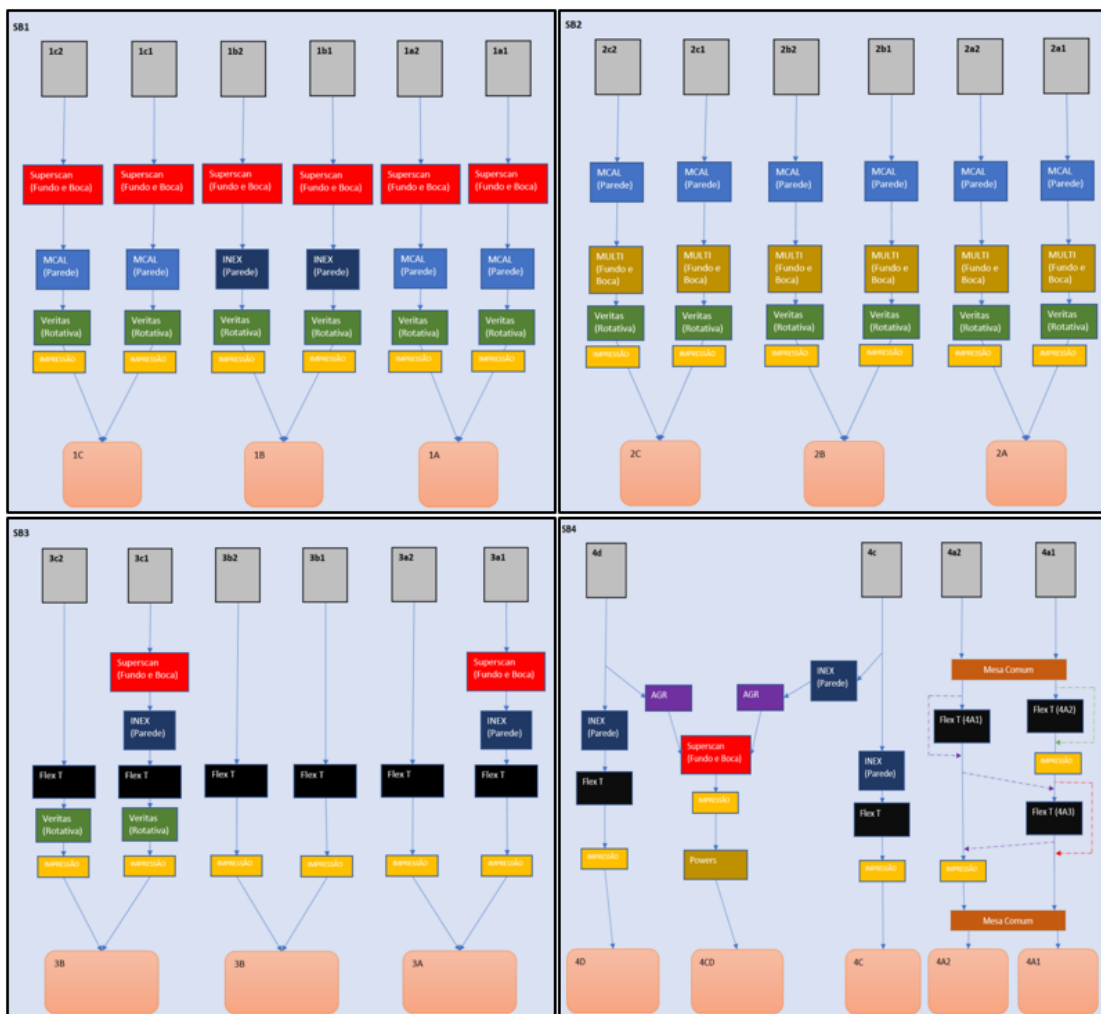


Figura 25 - Mapeamento da Zona Fria

De forma a realizar uma inspeção completa de todas as garrafas que são produzidas e que, caso cumpram todas as especificações, são enviadas para os clientes, a empresa recorre às máquinas de inspeção para garantir que a qualidade está assegurada e através da Figura 25 é possível verificar as máquinas de inspeção presentes em cada ramal.

Cada forno dá origem a 3 linhas que vão dar cada uma delas a uma câmara de recozimento. Após saírem da câmara de recozimento seguem por dois ramais diferentes, à exceção do forno 4, que apesar de também dar origem 3 linhas, a arca de recozimento da 4A dá origem a dois ramais, mas a 4C e 4D dá origem apenas a 1 ramal cada. Existe ainda um ramal que se chama 4CD que pode receber garrafas da 4C ou da 4D, fazendo com que o forno 4 apenas dê origem a 5 ramais. A linha 4CD é utilizada quando a arca de recozimento da 4C ou da 4D tem dois tipos diferentes de modelos de garrafas e que quando estão na linha, após a arca de recozimento, existe uma separação que através de sensores envia um tipo de modelo por uma das linhas (4C ou 4D) e o outro tipo de modelo para a linha 4CD.

Uma vez que há 3 fornos que dão origem a 6 ramais cada e 1 forno que dá origem a 5 ramais, existem no total 23 ramais. Todos eles contêm máquinas de inspeção que garantem a conformidade das garrafas com os critérios definidos pelo controlo de qualidade.

A máquina de inspeção mais completa de que a fábrica dispõe é uma máquina de inspeção rotativa denominada FlexInspect T (FlexT). Esta máquina é capaz de fazer, sozinha, a inspeção completa de uma garrafa, ou seja, nos ramais que contêm esta máquina não é necessária mais nenhuma para que a inspeção completa seja realizada. Em alguns ramais estão presentes máquinas de inspeção antes da FlexT, mas estas máquinas servem apenas para que algumas garrafas com defeitos não cheguem a entrar nesta máquina, diminuindo o desgaste das peças e a probabilidade de uma garrafa se partir dentro da FlexT e desafiná-la.

Nas restantes linhas, à exceção da 4CD, utiliza-se outro tipo de máquina rotativa, denominada Veritas, que permite analisar as sedas, espessuras, calibre, contém cabeça de pressão e tem leitor de número de molde. Além da Veritas, têm de estar presentes, nessas linhas, também uma MCAL, que analisa a parte visual do corpo, e uma MULTI, que analisa a parte visual da marisa e do fundo. Em alguns ramais, em vez da MCAL e da MULTI estão presentes a Inex e a SuperScan, respetivamente, sendo que estas são máquinas mais antigas.

A linha 4CD é a única linha que não tem presente nenhuma máquina rotativa. Esta linha é composta por uma AGR que permite verificar as espessuras, por uma SuperScan, que

permite verificar a parte visual da marisa e do fundo e por uma Powers, que permite verificar sedas, tapados e a planidade das garrafas.

É de realçar que a linha 4A é a única em que existe uma FlexT de reserva, ou seja, uma das máquinas que é afinada e preparada durante a mudança para ser utilizada apenas caso haja algum problema numa das outras duas FlexT que estiverem em funcionamento num dos ramais dessa linha. Isto permite que esteja sempre uma delas parada, fazendo com que haja um menor desgaste das máquinas e permite que, caso uma máquina avarie, se passe as garrafas pela outra máquina garantindo que a produção não é afetada devido a um imprevisto. Assim, existem 3 formas de trabalhar na linha 4A que estão representadas na Figura 25:

- **Utilizar a FlexT (4A1 e 4A2):** Passam garrafas pela FlexT (4A1) e seguem a linha normalmente, enquanto as outras passam pela FlexT (4A2) e depois passam pela linha vermelha, de forma a não passarem pela FlexT (4A3).
- **Utilizar a FlexT (4A1 e 4A3):** Passam garrafas pela FlexT (4A1) e seguem a linha normalmente, enquanto as outras passam pela linha verde, de forma a não passar pela FlexT (4A2), e depois passam pela FlexT (4A3).
- **Utilizar a FlexT (4A2 e 4A3):** Passam garrafas pela FlexT (4A2) e de seguida passam pela linha vermelha de forma a evitar passar na FlexT (4A3), enquanto outras saem na linha da FlexT (4A1), mas passam pela linha roxa para evitar passar na FlexT (4A1), passam na FlexT (4A3) e voltam para a linha da esquerda para a impressão.

A máquina de impressão está presente em todas as linhas e insere a informação nas garrafas com uma tinta apenas visível quando se incide luz ultravioleta. Um exemplo da impressão realizada por esta máquina pode ser observado na Figura 26.

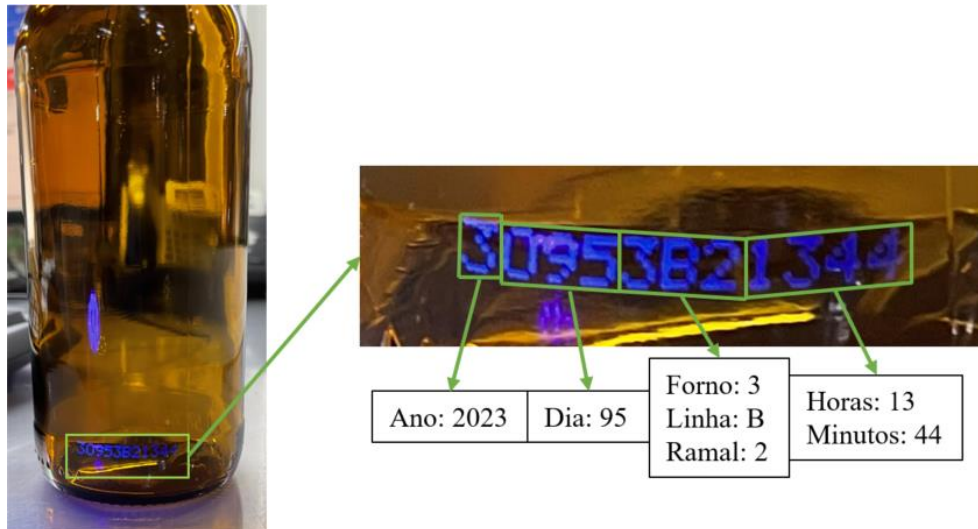


Figura 26 - Garrafa após passar pela máquina de impressão

A informação presente na Figura 26 consiste num código de 11 caracteres, o primeiro dígito corresponde ao último número do ano, os três dígitos seguintes correspondem ao dia do ano, o quinto dígito é o número do forno, em seguida coloca a letra da linha em que a garrafa passou e qual o número do ramal e os quatro últimos dígitos correspondem às horas e minutos a que foi realizada a impressão na garrafa.

5.2. Análise e Discussão dos Tempos Recolhidos

Um dos aspetos essenciais para elaborar o SMED foi a análise dos tempos recolhidos nas mudanças de ferramenta, uma vez que permitiu verificar os pontos que se deveriam melhorar para conseguir reduzir os tempos de mudança. Assim, após efetuar a observação da rotina dos afinadores e de recolher os tempos de mudança de ferramenta, seguiu-se a análise dos tempos. Uma vez que o foco deste projeto foram as máquinas de inspeção FlexT e Veritas, foram recolhidos e analisados os tempos para ambas as mudanças de ferramenta.

As mudanças de ferramenta das Mias estão divididas em 8 tipos, sendo 4 tipos distintos para cada máquina. Esta distinção, pode ser observada na Figura 27, que permite que se tenha uma noção prévia de como será a mudança de ferramenta e que, posteriormente, seja feita uma análise mais correta dos dados das mudanças, uma vez que estas são comparadas com processos de afinação e dificuldade idênticas.

Tipos de Mudança ZF (rotativas)		
Tipo 1	Máquina	Não muda estrelas ou strippers (apenas ajuste de sensores, calibre, campânula)
1.1	Veritas	Apenas mudança de Marisas
1.2	Flex T	Apenas mudança de Marisas
1.3	Veritas	Garrafa muito parecida - Estrela igual mas com ajustes posicionais
1.4	Flex T	Garrafa muito parecida - Estrela igual mas com ajustes posicionais
Tipo 2	Máquina	
2.1	Veritas	Troca de ferramentas (ajuste de sensores, calibre, campânula, VMA e LNM)
2.2	Flex T	Troca de ferramentas (ajuste de sensores, calibre, campânula, VMA e LNM)
Tipo 3	Máquina	Mudança de forma: quadrado>redondo>quadrado ou Garrafa grande>pequena>grande. Mudança completa.
3.1	Veritas	Troca forma de garrafa
3.2	Flex T	Troca forma de garrafa

Figura 27 - Tipos de Mudança de Ferramenta

De seguida, é apresentada a análise dos tempos recolhidos para uma mudança em cada uma das máquinas, de forma a demonstrar a metodologia que foi utilizada para todos os tempos recolhidos.

As mudanças de ferramenta podem ser divididas em 3 fases, que se encontram representadas nas análises de tempos efetuadas:

- **Preparação** – É a fase que antecede a mudança e na qual os afinadores devem levar o material necessário para junto da máquina de inspeção automática em que será realizada a mudança quando chegar a folga (intervalo de tempo em que deixam de chegar garrafas do modelo anterior e chegam as garrafas do modelo seguinte);
- **Afinação Mecânica** – Corresponde à parte inicial da mudança em que é necessário realizar todos os ajustes a nível mecânico na máquina, sendo que estes ajustes podem ser mais ou menos complexos dependendo do tipo de mudança que será realizada;
- **Afinação de Defeitos e Software** – Corresponde à parte da mudança que sucede à afinação mecânica e que consiste em afinar as sedas e fazer todas as alterações necessária ao nível do software da máquina.

O tempo da Preparação foi analisado para verificar se existia tempo disponível e oportunidade de melhoria nesse intervalo de tempo, enquanto o tempo de Afinação Mecânica e a Afinação de Defeitos e Software é o tempo contabilizado pelos responsáveis da secção dos afinadores, e que é necessário reduzir.

desperdício necessário consistiam em esperar pela folga e na movimentação do operador em torno da máquina.

5.2.1.3. Estágio 2: Converter atividades de *Setup Interno* para atividades de *Setup Externo*

No total foram recolhidos tempos de 14 mudanças realizadas na FlexT e, após analisar todos os Gráficos de Gantt, foi possível verificar que havia oportunidade de melhoria em algumas tarefas que foram identificadas como desperdício de tempo e que iriam ser o foco inicial do SMED. Estas tarefas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Desperdícios identificados nas observações das mudanças de ferramenta (FlexT)

Tarefa	Tipo de Desperdício	Número de Ocorrências	Tempo Total (min)
Ir lanchar a meio da mudança	Puro	2	40
Ir buscar material à secção	Puro	4	48
Movimentação do operador em torno da máquina	Necessário	8	16
Aguardar o período de transição do modelo	Necessário	6	46
Deslocar-se para ir buscar/levar amostras	Necessário	3	6
Verificar garrafa do modelo anterior	Puro	1	2
Retirar/Trocar parafuso danificado	Necessário	2	15

Através da Tabela 1, é possível constatar que as mudanças de ferramenta na FlexT podiam ser melhoradas consideravelmente caso se conseguissem eliminar as tarefas de desperdício puro e se conseguissem minimizar algumas das tarefas de desperdício necessário. Assim, esta análise serviu como foco para as melhorias que seriam propostas mais adiante no projeto e para indicar aos responsáveis da secção dos afinadores que havia tarefas de *Setup Interno* que deveriam ser realizadas como *Setup Externo*, colocando assim em prática o Estágio 2 do SMED. As tarefas que se consideraram que poderiam ser convertidas de *Setup Interno* para *Setup Externo* são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Proposta de conversão de tarefas de *Setup Interno* para *Setup Externo* (FlexT)

Tarefa	Classificação de <i>Setup</i>	Classificação de <i>Setup</i>
	Inicial	Proposta
Ir lanchar	Interno	Externo
Ir buscar material à secção	Interno	Externo
Verificar garrafa de modelo anterior	Interno	Externo

Algumas semanas após ter sido feita a classificação das tarefas, surgiu a possibilidade de converter uma nova tarefa de *Setup Interno* para *Setup Externo*. A tarefa em questão consiste em ajustar a altura dos dentes da ferramenta que, sempre que se trocava de ferramenta, ocupava muito tempo a ser executado, uma vez que tem de se ajustar um dente de cada vez e há ferramentas de 12 dentes e outras de 24 dentes. Através da Figura 30, é possível observar um conjunto de ferramentas de uma máquina FlexT com 12 dentes e rodeado, a vermelho, o parafuso que está presente em cada um dos dentes e que é necessário desapertar e voltar a apertar para colocar os dentes na altura correta.



Figura 30 - Conjunto de Ferramentas para a FlexT com 12 dentes

Da necessidade de tentar melhorar esta tarefa, surgiu a possibilidade de, em vez de melhorar o processo, convertê-lo para *Setup Externo*. Esta conversão é possível, uma vez que na secção existe um local em que se colocam as ferramentas para verificar qual é a mais adequada para ser utilizada, o que permite que também seja ajustada a altura dos dentes previamente.

Esta conversão de *Setup Interno* para *Setup Externo* é possível apenas quando há troca de ferramenta (Mudança Tipo 2.2), pois caso apenas se ajuste a ferramenta atual não pode ser efetuada a preparação prévia.

O caso utilizado como exemplo para o Estágio Preliminar e Estágio 1 do SMED permite verificar como esta conversão de *Setup* seria útil, isto porque se trata de uma mudança do Tipo 2.2 e podia ter sido feita a sua preparação prévia. Para demonstrar a melhoria incrementada por esta conversão de *Setup* pode observar-se a Figura 31, onde o tempo sinalizado a vermelho podia ter sido poupado.

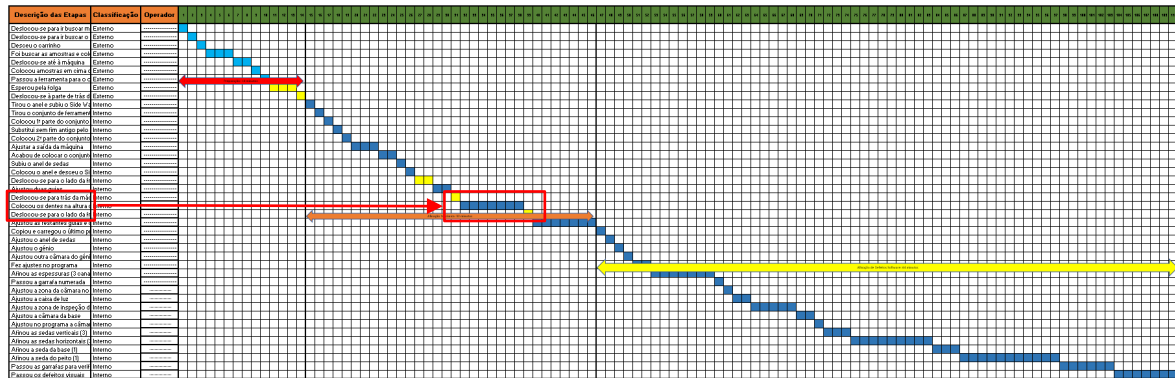


Figura 31 - Tempo poupado com conversão da tarefa "Colocar dentes na altura correta" para *Setup Externo*

Através da Figura 31, é possível verificar um exemplo concreto em que colocar os dentes na altura correta durante a preparação teria poupado 9 minutos, sendo destes 7 minutos para ajustar altura dos dentes e 2 minutos para o operador se movimentar em torno da máquina.

5.2.1.3. Estágio 3: Otimização das atividades de *Setup Interno* e de *Setup Externo*

A última tarefa, relativa à análise dos tempos recolhidos, consistiu em verificar as tarefas que podiam ser otimizadas, sendo que dessas se destacaram 3 tarefas que os afinadores mencionaram com potencial de melhoria. Estas tarefas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Tarefas de *Setup Interno* que se pretendem otimizar (FlexT)

Tarefa	Tempo Médio Associado à Tarefa
Retirar/Trocar parafuso danificado	Aproximadamente 8 minutos
Limpeza do Génio	Aproximadamente 7 minutos
Limpeza do <i>SideWall</i>	Aproximadamente 8 minutos

As tarefas apresentadas na Tabela 3 são de *Setup Interno* com o objetivo de otimizar. Na tarefa de retirar o parafuso danificado a melhoria deveria passar por não ter de ir à secção cortar o parafuso. Na limpeza do Génio e do *SideWall* a melhoria deveria ser efetuada no

acesso a estas partes da máquina, uma vez que para essa limpeza é necessário desapertar vários parafusos e no final voltar a apertá-los.

5.2.2. Análise de Tempos – Mudança de Ferramenta Veritas

Após efetuar a recolha dos tempos de mudança de ferramenta na FlexT, a máquina de inspeção automática que se seguiu foi a Veritas. Esta máquina é a segunda mais importante a nível de verificação da qualidade das garrafas e, apesar de ser prevista a sua substituição ao longo do tempo por máquinas FlexT, essa substituição vai ser gradual e demorada, portanto é necessário melhorar também os tempos de mudança nestas máquinas. Assim, foi feita a recolha dos tempos de mudança em 9 dias diferentes, o que tal como para a FlexT permitiu verificar a mudança de ferramenta para vários tipos de mudança e por afinadores diferentes, garantindo assim uma visão global do trabalho realizado.

5.2.2.1. Estágio Preliminar: Não distinguir atividades de *Setup Interno* de atividades de *Setup Externo*

A primeira tarefa a ser realizada após a recolha dos tempos de mudança foi, tal como para a FlexT, criar um Gráfico de Gantt que permitiu verificar as tarefas que eram responsáveis pelo aumento dos tempos de mudança e constatar, novamente, que não havia padronização dos processos. Na Figura 32 podem observar-se os tempos recolhidos no Gráfico de Gantt para o Estágio Preliminar do SMED num dos casos observados de mudança de ferramenta na Veritas. Caso se pretenda analisar num formato maior esta etapa, pode consultar-se o Anexo E – SMED: Estágio Preliminar (Veritas).

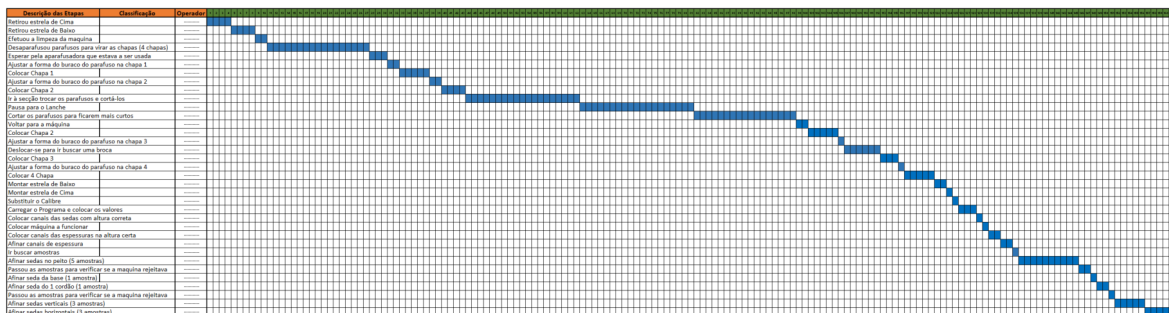


Figura 32 - Estágio Preliminar do SMED (Veritas)

Através da Figura 32, é possível verificar que as tarefas de desaparafusar os parafusos para virar as chapas, ir à secção trocar os parafusos e cortá-los, fazer a pausa para o lanche e afinar

5.2.2.3. Estágio 2: Converter atividades de *Setup Interno* para atividades de *Setup Externo*

No total foram recolhidos os tempos de 9 mudanças de ferramenta realizadas na Veritas e, após analisar todos os Gráficos de Gantt, foi possível verificar que havia oportunidade de melhoria em algumas tarefas que foram identificadas como desperdício de tempo e que iriam ser o foco inicial do SMED para as mudanças de ferramenta desta máquina. Estas tarefas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Desperdícios identificados nas observações das mudanças de ferramenta (Veritas)

Tarefa	Tipo de Desperdício	Número de Ocorrências	Tempo Total (min)
Aguardar o período de transição do modelo	Necessário	7	163
Deslocar-se para ir buscar/levar amostras	Necessário	3	5
Esperar por material que está a ser utilizado	Necessário	1	3
Ajustar a forma do furo das chapas	Necessário	1	6
Efetuar reparação de material na secção	Puro	3	55
Ir buscar material à secção	Puro	2	16
Ir lanchar a meio da mudança	Puro	1	19
Trocar ferramenta escolhida na preparação	Puro	2	20
Retirar/Trocar parafuso danificado	Necessário	1	7

Através da Tabela 4, é possível constatar que as mudanças de ferramenta na Veritas poderiam ser melhoradas consideravelmente, caso se conseguissem eliminar as tarefas de desperdício puro e se conseguissem minimizar algumas das tarefas de desperdício necessário. Assim, esta análise serviu como foco para as melhorias que seriam propostas mais adiante no projeto e para indicar aos responsáveis da secção dos afinadores que havia tarefas de *Setup Interno* que deveriam ser realizadas como *Setup Externo*, colocando assim em prática o Estágio 2 do SMED. As tarefas que se consideraram que poderiam ser convertidas de *Setup Interno* para *Setup Externo* são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Proposta de conversão de tarefas de *Setup Interno* para *Setup Externo* (Veritas)

Tarefa	Classificação de <i>Setup Inicial</i>	Classificação de <i>Setup Proposta</i>
Esperar por material que está a ser utilizado	Interno	Externo
Efetuar reparação de material na secção	Interno	Externo
Ir buscar material à secção	Interno	Externo
Ir lanchar	Interno	Externo
Trocar ferramenta escolhida na preparação	Interno	Externo

5.2.2.3. Estágio 3: Otimização das atividades de *Setup Interno* e de *Setup Externo*

A última tarefa, relativa à análise dos tempos recolhidos das mudanças de ferramenta na Veritas, foi verificar quais as tarefas que podiam ser otimizadas. Estas estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Tarefas de *Setup Interno* que se pretendem otimizar (Veritas)

Tarefa	Tempo Médio Associado à Tarefa
Retirar/Trocar parafuso danificado	Aproximadamente 7 minutos
Ajustar a forma do furo das chapas	Aproximadamente 6 minutos

As tarefas apresentadas na Tabela 6 são todas de *Setup Interno* que se pretendiam otimizar, sendo que uma destas tarefas já tinha sido identificada na análise realizada às mudanças de ferramenta na FlexT e cuja solução deveria passar por não ter de ir à secção cortar o parafuso. Relativamente à tarefa de ajustar a forma do furo das chapas, a solução deveria passar por facilitar esta tarefa para que os operadores não tenham de segurar a chapa com uma mão, enquanto com a outra mão furam a chapa com a forma indicada.

5.3. Análise e Discussão dos Tempos Fornecidos

Os dados que se obtiveram na recolha dos tempos de mudança de ferramenta foram fundamentais para verificar possíveis melhorias do processo, no entanto, surgiu a necessidade de obter mais dados de forma que fosse possível obter uma perceção mais

aprofundada do estado atual das mudanças de ferramenta nas Mias. Assim, foi fornecido por parte dos responsáveis da oficina dos afinadores um ficheiro que tinham iniciado a completar a meio de julho de 2022 e que continha diversas informações. Destas destaca-se o facto de mencionar o afinador que efetuou cada mudança, assim como o tempo que demorou, as amostras que foram fornecidas para afinar a máquina (estas amostras contêm defeitos e devem ser rejeitadas pela máquina) e o número de amostras que a máquina não rejeitou quando o controlo de qualidade foi fazer a verificação no final da tarde.

Este ficheiro Excel continha a informação de, aproximadamente, 4 meses (desde meio de julho até meio de novembro de 2022), sendo que isso se reflete num total de 248 mudanças que tinham sido registadas (não foi registada nenhuma mudança do Tipo 1.1), o que permitiu ter uma boa base de dados para começar a executar uma análise e tentar obter conclusões que ajudassem a melhorar os tempos de mudança de ferramenta das Mias.

Esta análise foi dividida em 3 grandes grupos, uma vez que, inicialmente, foi realizada uma análise de forma geral às mudanças e, posteriormente, uma análise ao desempenho de cada um dos afinadores. Além dessas duas análises, foi realizada outra com os dados deste ficheiro atualizado até ao final de dezembro de 2022, de forma a determinar o tempo médio de mudança que a empresa ambicionava obter, ou seja, a redução de 20% do tempo médio em relação à média obtida antes da implementação das melhorias.

5.3.1. Análise geral das mudanças de ferramenta

A primeira tarefa a ser efetuada consistiu em verificar o número de mudanças realizadas em cada uma das máquinas. Ao verificar esse valor constatou-se que, dos dados fornecidos, 138 correspondiam a mudanças efetuadas na FlexT e 110 a mudanças efetuadas na Veritas, ou seja, havia dados suficientes para realizar uma boa análise para ambas as mudanças.

Uma das informações relevantes para o SMED consistia em saber os tipos de mudança de ferramenta que eram efetuados com maior frequência, pois essas mudanças seriam aquelas em que se tinham de ter uma maior atenção. Na Figura 34, é possível verificar, através de um Diagrama de Pareto, os tipos de mudança de ferramenta efetuados com maior frequência durante o intervalo de tempo em que tinha sido preenchido o ficheiro em Excel.

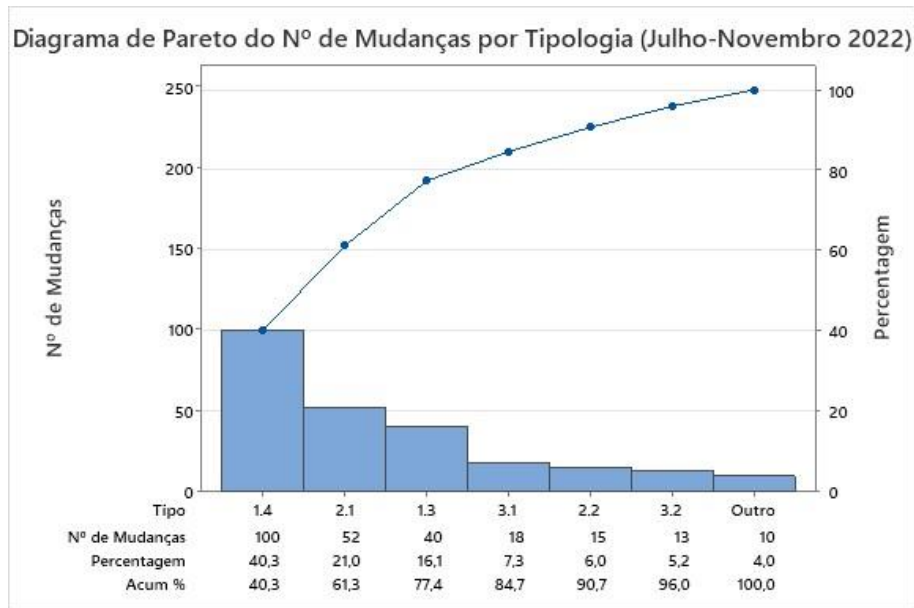


Figura 34 - Diagrama de Pareto do Nº de Mudanças por Tipologia (Julho-Novembro 2022)

Através do Diagrama de Pareto, Figura 34, é possível verificar que os 3 tipos de mudança que são necessários ter mais consideração são o Tipo 1.3, 1.4 e 2.1, uma vez que, como ocorrem com maior frequência, se o tempo diminuir para estes três tipos de mudança terá um impacto significativo na diminuição global do tempo de afinação das Mias. A mudança do Tipo 1.4, que é realizada na FlexT, é a mais frequente, sendo que representa 40,3% das mudanças de ferramenta efetuadas, enquanto as mudanças do Tipo 2.1 e 1.3, são realizadas na Veritas, e juntas correspondem a 37,1% das mudanças realizadas. Ou seja, estes 3 tipos de mudança correspondem a 77,4% das mudanças efetuadas durante este período.

Após verificar a frequência com que ocorria cada tipo de mudança, seguiu-se a análise do tempo médio de mudança de ferramenta para cada um dos tipos. Esta análise pode ser observada na Figura 35.

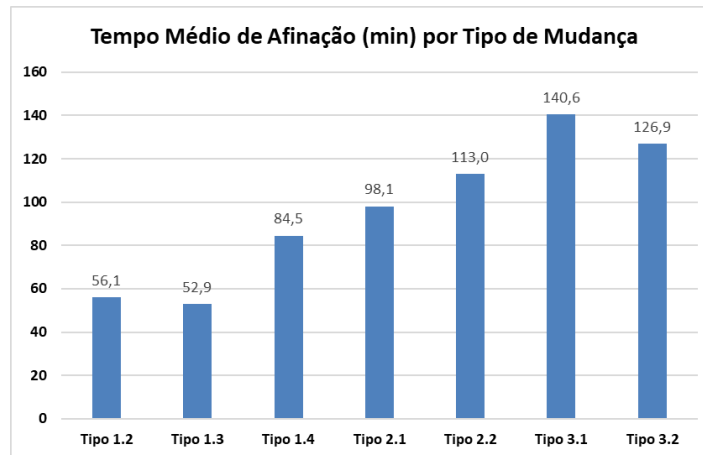


Figura 35 - Tempo Médio de Afinação (min) por Tipo de Mudança

Através da Figura 35, é possível verificar que quanto maior o tipo de mudança, maior é o tempo de afinação, sendo que os Tipos 1.2, 1.4, 2.2 e 3.2 são mudanças na FlexT e os Tipos 1.3, 2.1 e 3.1 são mudanças na Veritas. O aumento do tempo de mudança pode ser justificado pelo facto de que, quanto maior o tipo de mudança, maior é a diferença entre o modelo anterior e o novo modelo, o que se reflete num aumento da dificuldade e, conseqüentemente, num aumento do tempo de mudança. Esta análise permitiu definir um tempo médio para cada um dos tipos de mudança de ferramenta e que, quando se fosse verificar os tempos das mudanças de ferramenta futuras, se pudesse verificar se o tempo demorado era superior ao previsto. Caso isso acontecesse, deveria ser analisada a razão de ter superado o tempo previsto e encontradas soluções para que esse problema fosse evitado ou minimizado.

Além da análise dos tempos para os diferentes tipos de mudança, também foi realizada a análise das amostras não rejeitadas para cada tipo de mudança. Esta análise pode ser observada na Figura 36, sendo que esta foi realizada em percentagem, uma vez que o número

total de amostras é variável e realizar a análise em percentagem garante que se possa comparar os resultados para os diferentes tipos de mudança.

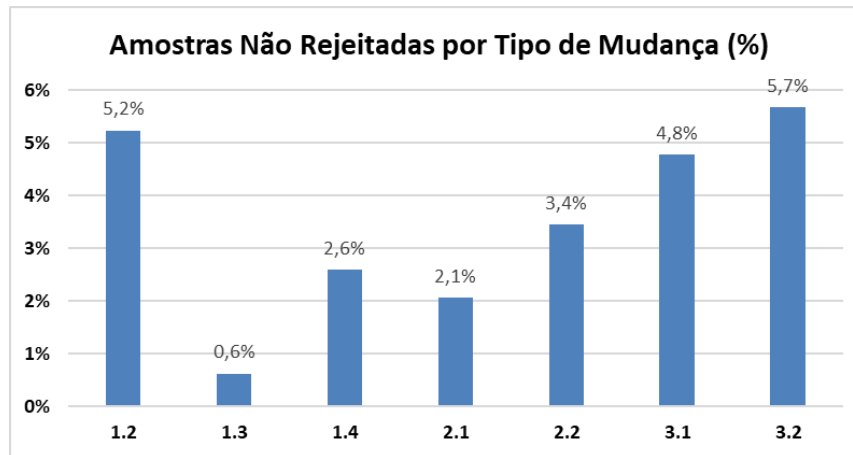


Figura 36 - Amostras Não Rejeitadas por Tipo de Mudança (%)

O gráfico da Figura 36, permite identificar a percentagem de amostras não rejeitadas antes de se iniciar o processo de melhoria do tempo de mudança de ferramenta, o que é bastante importante, pois a melhoria dos tempos de mudança de ferramenta não pode comprometer a qualidade das mudanças. Ao analisar o gráfico pode verificar-se que o tipo de mudança 1.2, 3.1 e 3.2 apresentam uma percentagem elevada de amostras não rejeitadas, ou seja, que a afinação das sedas não foi feita corretamente e que estes valores deveriam ser melhorados. Segundo os afinadores, os valores apresentados como amostras não rejeitadas são mais elevados do que quando acabam de afinar a máquina, porque quando afinam a máquina é suposto que saiam todas as amostras e ao longo do dia o departamento de controlo de qualidade vai dando indicações para que aliviem a máquina por estar a rejeitar garrafas que são consideradas boas. Ao aliviar a máquina, por vezes faz com que no momento da verificação das amostras rejeitadas, no final da tarde, algumas das amostras deixaram de ser rejeitadas.

5.3.2. Análise do desempenho dos afinadores

Após efetuar a análise de forma geral das mudanças de ferramenta, efetuou-se uma análise específica ao desempenho dos afinadores, de modo que se tivesse uma perceção da influência de cada afinador nos tempos de mudança de ferramenta e no número de amostras não rejeitadas.

A primeira análise a ser realizada foi verificar o número de afinações que tinham sido realizadas por cada afinador em cada uma das máquinas, e o gráfico resultante pode ser observado na Figura 37.

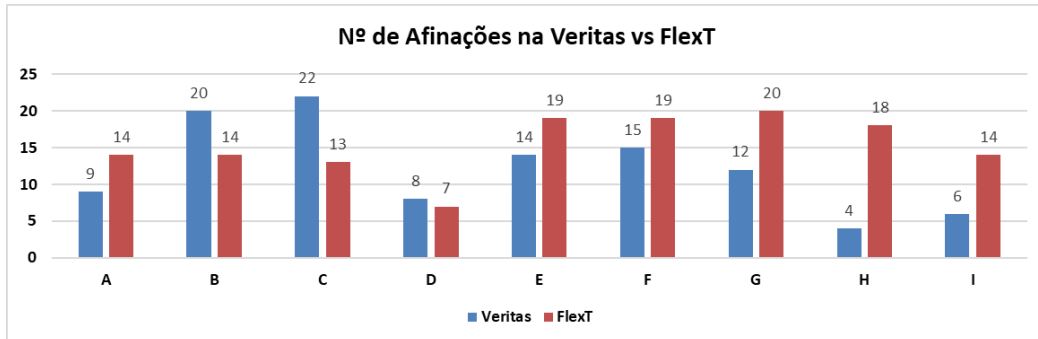


Figura 37 – Nº de Afinações de cada Operador, por Máquina

Através da Figura 37 é possível verificar que, à exceção dos operadores H e I, o número de mudanças realizadas por cada operador em cada uma das máquinas está equilibrada. Este gráfico permite ainda ter noção da informação que se tem sobre cada um dos afinadores, em que, à exceção do operador D, todos os outros dispõem de um número significativo de mudanças que permitem fazer a análise pretendida.

Apesar da informação obtida na Figura 37 ser relevante para verificar a informação disponível sobre cada afinador em cada uma das máquinas, surgiu a necessidade de saber, de forma mais precisa, o número de mudanças realizadas para cada tipo, uma vez que a análise que será realizada será sempre em função do tipo de mudança, para que seja possível comparar mudanças de dificuldade idênticas. Para responder a essa necessidade criaram-se os gráficos da Figura 38.

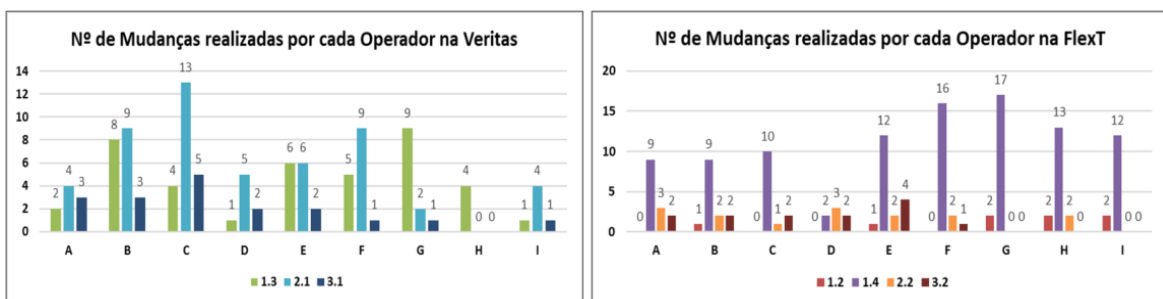


Figura 38 - Nº de Afinações de cada Operador por Tipo de Mudança

A Figura 38 permite verificar o número de vezes que cada afinador realizou a mudança de ferramenta para cada um dos tipos de mudança. Esta informação é muito importante para as análises que se seguem, uma vez que ao analisar a média do tempo de mudança e das amostras não rejeitadas deve ter-se em consideração se houve várias mudanças desse tipo ou se os dados não são significativos, pois quantos mais dados se tiver em consideração mais fidedignos serão os resultados obtidos.

Um exemplo do que foi referido é a análise para a mudança do Tipo 2.1, em que o operador C apresenta 13 mudanças de ferramenta e o operador G apenas apresenta 2 mudanças de ferramenta realizadas, o que faz com que os valores médios obtidos para o operador C sejam mais fidedignos do que os valores obtidos para o operador G.

O passo que se seguiu na análise dos dados fornecidos no ficheiro Excel foi verificar o tempo médio que cada operador demorava para realizar os diversos tipos de mudança de ferramenta, assim como a sua percentagem de amostras não rejeitadas. A análise do tempo médio foi realizada através de um conjunto de gráficos que podem ser observados na Figura 39 e a percentagem de amostras não rejeitadas na Figura 40.

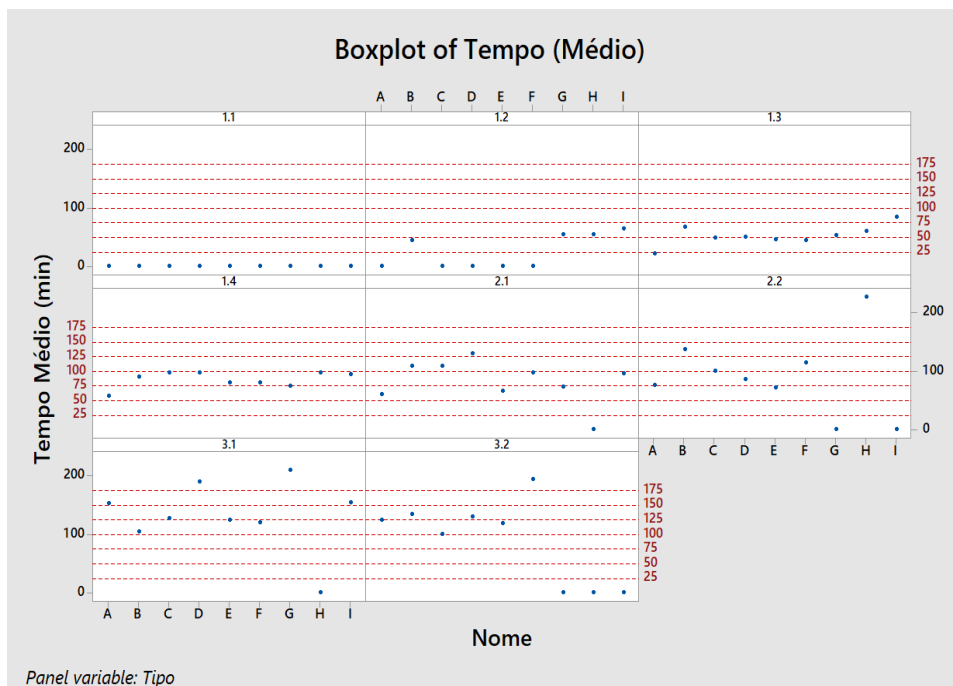


Figura 39 - Tempo Médio (min) de cada Operador por Tipo de Mudança

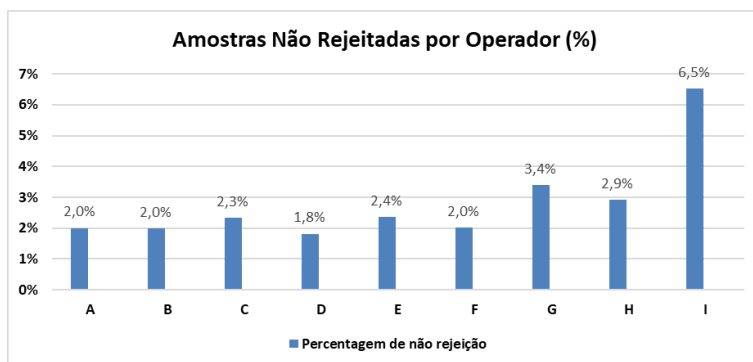


Figura 40 - Amostras Não Rejeitadas por Operador (%)

Através dos gráficos da Figura 39, é possível verificar que, para todos os tipos de mudança, existem afinadores com valores médios de mudança de ferramenta com diferenças significativas em relação aos restantes. Isto demonstra que não existe padronização das mudanças de ferramenta, o que justifica, em parte, as diferenças acentuadas nos tipos de mudanças de ferramenta e que é necessário realizar ações para que comece a existir padronização. A Figura 39, juntamente com a Figura 40, demonstram outro dos fatores que justifica estas diferenças, sendo este a experiência dos afinadores, uma vez que existem afinadores que estão há mais de 20 anos na empresa e outros apenas há 3 anos. Na Figura 40, pode verificar-se que os afinadores que apresentam pior desempenho são os representados pela letra G, H e I, sendo que estes afinadores são os mais novos do grupo.

Assim, a Figura 39 e a Figura 40 revelam uma necessidade de dar formação e apoio aos afinadores mais novos para que consigam, o mais rápido possível, atingir resultados próximos dos afinadores mais experientes, tanto a nível de tempo de mudança como a nível de qualidade de afinação da máquina.

Após a análise realizada, optou-se pelo foco nos três tipos de mudança que ocorriam com maior frequência (Tipo 1.3, 1.4 e 2.1) e pela realização de uma análise focada nessas mudanças. Assim, recorreu-se a 3 gráficos que permitissem fazer uma análise destas mudanças, onde se ilustraram o número de vezes que o afinador efetuou esse tipo de mudanças (Figura 41), o tempo médio de mudança (Figura 42) e a percentagem de amostras não rejeitadas pela máquina (Figura 43). Esta análise teve também o intuito de identificar o melhor operador para cada tipo de mudança para que, posteriormente, fosse dada formação aos afinadores mais novos e com maiores dificuldades tendo em vista a melhoria do seu desempenho.

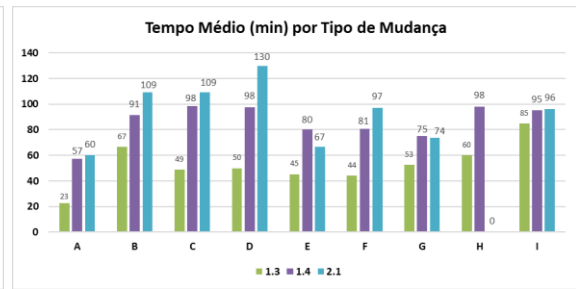
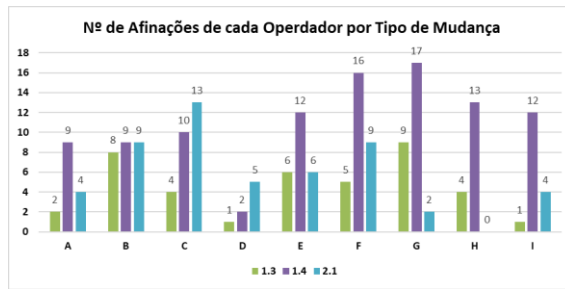


Figura 41 - Nº de Afições por Tipo de Mudança

Figura 42 - Tempo Médio (min) por Tipo de Mudança

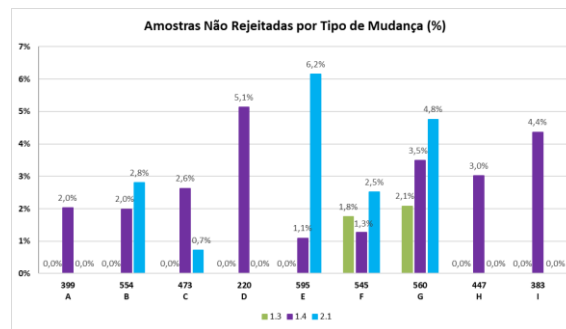


Figura 43 - Amostras Não Rejeitadas por Tipo de Mudança (%)

Através dos gráficos apresentados é possível verificar que o afinador A é o que apresenta melhor média de tempos para as 3 mudanças e, além disso, apresenta também uma percentagem de não rejeição baixa, o que faz com que seja o afinador que, à partida, poderia representar o melhor modelo para os três tipos de mudanças. Como o afinador A apresenta poucos dados para mudanças do Tipo 1.3 e do Tipo 2.1, os resultados não são muito confiáveis, o que faz com que se tenha de analisar cada tipo de mudança.

Para a mudança do Tipo 1.3, o afinador E foi considerado o melhor exemplo a seguir, isto porque além de apresentar um bom tempo médio de mudança, também apresenta 0% de amostras não rejeitadas. Além destes dois fatores positivos, existem dados de 6 mudanças de ferramenta, ou seja, é o terceiro afinador que tem mais dados para realizar a análise deste tipo de mudança, o que leva a concluir que os dados obtidos são uns dos mais fidedignos na análise realizada para este tipo de mudança.

Para a mudança do Tipo 1.4, o afinador selecionado foi o A, uma vez que apresenta o melhor tempo de mudança e uma baixa percentagem de amostras não rejeitadas. Apesar de não ser dos afinadores que se tem mais dados para este tipo de mudança, considerou-se que os dados

de 9 mudanças de ferramenta eram suficientes para considerar fiáveis os resultados apresentados.

Para a mudança do Tipo 2.1, o afinador escolhido como modelo a seguir foi o C. Este afinador apresenta um número bastante elevado de dados para este tipo de mudança em relação aos restantes e, apesar de não ser um dos que tem os melhores tempos médios de mudança, apresenta uma percentagem de amostras não rejeitadas bastante baixa. Apesar destes fatores, um aspeto determinante para a escolha deste afinador foi o facto de ter certos cuidados de operacionalização durante a mudança que outros afinadores não têm e ter uma grande influência no grupo. Ou seja, optar por escolher este afinador foi também uma forma de ter um membro a participar na formação que ajude os restantes operadores a aceitar mais facilmente esta metodologia de formações que se pretendia implementar.

Outra análise interessante a ser feita relaciona-se com os afinadores G, H e I, que são os mais novos do grupo, e apresentam todas características que deveriam ser melhoradas, justificando assim a necessidade de dar formação a estes operadores. Os afinadores H e I apresentam elevados tempos médios de mudança para os três tipos analisados e mau desempenho nas percentagens de amostras não rejeitadas para o tipo de mudança 1.4. Já o afinador G, apesar de apresentar tempos médios de mudança relativamente bons, apresenta maus resultados na percentagem de amostras não rejeitadas para os três tipos de mudança. Assim, com estes gráficos, comprova-se que realizar formações para os mais novos podia ser útil, uma vez que ao diminuírem o seu tempo de mudança para os valores dos afinadores mais experientes ficasse mais próximo de atingir o objetivo dos tempos de mudança pretendidos.

5.3.3. Determinação dos Objetivos de Tempo Médio por Tipo de Mudança

Uma vez que as implementações das melhorias do SMED seriam realizadas a partir de janeiro de 2023, solicitou-se aos responsáveis pela oficina dos afinadores que enviassem o ficheiro Excel, que se utilizou para esta análise, atualizado com os dados até ao final do ano. Isto permitiu verificar os tempos de mudança médios antes de serem implementadas medidas de melhoria e estabelecer os objetivos até ao final do projeto. Para estabelecer os objetivos teve-se em consideração apenas as mudanças de ferramenta sem manutenção, porque em mudanças que está previsto manutenção não há o objetivo de reduzir o tempo, pois essas mudanças são mais demoradas devido a estarem destinadas a operações de manutenção da máquina.

Os objetivos estabelecidos até ao final do projeto foram calculados através da média de tempos de mudança, sem manutenção, desde meio de julho até ao final do ano 2022.

A média do tempo de mudança, sem manutenção, obtida para este intervalo de tempo foi de 84 minutos, ou seja, o objetivo até ao final do projeto é que o tempo médio de mudança, sem manutenção, diminua para tempos inferiores a 67 minutos, efetuando assim uma redução de 20% em relação ao tempo de mudança antes de serem implementadas medidas de melhoria.

Como referido anteriormente, para obter a redução do tempo médio das mudanças de ferramenta, optou-se pelo foco nos três tipos de mudança que ocorrem com maior frequência, sendo que os valores médios dessas mudanças podem ser observados na Figura 44. O objetivo que se pretende obter no final do projeto para estes três tipos de mudança pode ser observado na Figura 45 e corresponde a uma redução de 20% dos tempos médios de mudança que ocorrem com maior frequência, ou seja, do Tipo 1.3, 1.4 e 2.1.

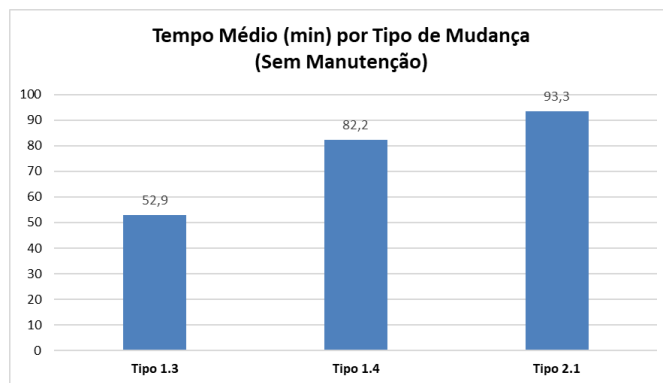


Figura 44 - Tempo Médio (min) por Tipo de Mudança (Sem Manutenção)

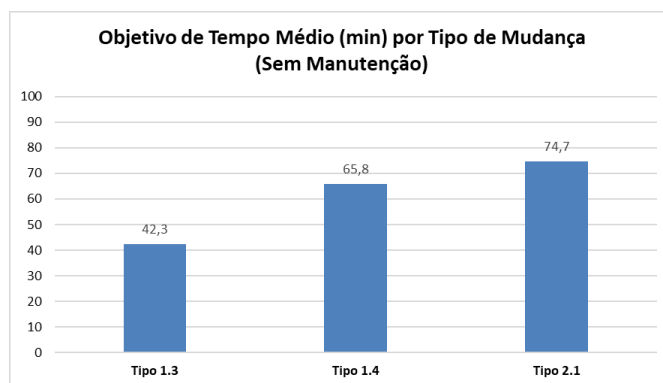


Figura 45 – Objetivo de Tempo Médio (min) por Tipo de Mudança (Sem Manutenção)

Os gráficos apresentados permitem verificar o objetivo de redução de 20% do tempo de mudança específico para os três tipos de mudança que ocorrem com maior frequência. Assim, até ao final da presente tese, o objetivo foi que a mudança do Tipo 1.3 demore menos de 43 minutos, do Tipo 1.4 demore menos de 66 minutos e que a mudança do Tipo 2.1 demore menos do que 75 minutos. Com estes objetivos mais específicos traçados pela empresa, o esperado é que ao conseguir atingi-los se consiga obter a redução de 20% do tempo geral das mudanças de ferramenta, sem manutenção.

5.4. Project Charter

A etapa que se seguiu foi a criação de um *Project Charter* para o projeto de SMED que estava a ser desenvolvido no âmbito da presente tese de mestrado. Todos os projetos da Vidrala devem ser colocados neste formato, para que sejam apresentados todos de igual forma internamente. Assim, houve a necessidade de colocar a informação sobre o projeto neste formato, uma vez que se trata de um projeto essencial para a empresa.

As etapas preenchidas no âmbito do *Project Charter* foram a visão geral do projeto, que indica o nome do projeto, as pessoas responsáveis por o promover, o líder e o principal executor do projeto e o local onde será realizado. Após a apresentação geral do projeto, segue-se o caso de estudo, em que se explica a sua importância, se faz uma breve descrição, mencionam-se as áreas de atuação do projeto, assim como os requisitos e objetivos e indicam-se os indicadores que devem ser cumpridos até ao final do projeto. Além desta informação é necessário colocar os nomes dos participantes e indicar os principais riscos que podem comprometer o sucesso do projeto. Esta informação pode ser verificada na Figura 46, sendo que, caso se pretenda verificar a página completa do *Project Charter*, pode consultar-se o Anexo G – *Project Charter*.



 PROJECT CHARTER 			
VISÃO GERAL DO PROJECTO			
Nome do Projecto	SMED - Zona Fria		
Código do Projecto		Link Para o Repositório	
Sponsor Principal	<u>Director de Fábrica</u>	Data de Aprovação	
Manager do Projecto	Orientador do Projeto na SB Vidros	Data da última Revisão	
Membro/Usuário Principal	Marcelo Cardoso	Cliente Final	SB Vidros
INFORMAÇÕES DO PROJECTO			
Business Case	O projeto de SMED será realizado na Zona Fria, mais concretamente, no trabalho efetuado pelos afinadores e tem como data final prevista a última semana de Junho. Este projeto tem como objetivo a redução de 20% dos tempos de mudança de ferramenta realizadas pelos afinadores nas Máquinas de Inspeção Automáticas (FluXinspect T e Vertax) e a sua padronização, conseguindo padronizar estes tempos para os valores standard de Vidrala. Além disso também se tem de garantir que as alterações realizadas para a obtenção destes resultados não prejudicam a qualidade de afinação das máquinas. Desta forma, o projeto apresentado representa uma elevada importância a nível estratégico, visto que irá permitir à Zona Fria ter os tempos de mudança de ferramenta adequados para acompanhar a Zona Quente, o que representa um processo crítico para o negócio de empresa, uma vez que caso não seja cumprido reflete-se em obra que vai diretamente para casco.		
Descrição	O projeto SMED realizado na Zona Fria, mais concretamente, nas mudanças de ferramenta realizadas pelos afinadores, tem como objetivo reduzir o seu tempo em 20%, sem prejudicar a qualidade com que são executadas. De modo a obter a redução de tempo prevista, serão aplicadas algumas medidas que têm por base os princípios Lean, a metodologia SMED e a padronização do trabalho para otimizar o processo de mudança de ferramenta. Assim, através da observação do trabalho realizado durante as mudanças de ferramenta e, de seguida, a aplicação de medidas de melhoria contínua, o objetivo é atingir uma redução de 20% do tempo médio de mudança de ferramenta, tendo por base a média de tempo utilizada na data inicial deste projeto. O foco inicial do projeto será as mudanças do Tipo 1.3, 1.4 e 2.1, uma vez que são as mudanças que ocorrem com maior frequência. As mudanças do Tipo 1.3 (realizada na Vertax) e Tipo 1.4 (realizada na FluXinspect T) consistem em mudanças em que a garrafa do novo modelo é muito parecida com a do modelo anterior, o que permite que a estrela usada seja a mesma e sejam feitos apenas ajustes posicionais. A mudança do Tipo 2.1 (realizada na Vertax) implica troca de ferramentas com ajustes de sensores, calibre, campânula, VSM e LNM.		
Âmbito	Mudanças de Ferramenta do Tipo: 1.3, 1.4 e 2.1	Fora de Âmbito	Mudanças de Ferramenta do Tipo: 1.1, 1.2, 2.2, 3.1 e 3.2
Requisitos	Os requisitos necessários para este projeto são uma equipa informada do processo que está a ser realizado, formação dos operados que realizam esta função e aquisição de mais material de trabalho.		
Objectivos	Redução de 20% do tempo médio de mudança de ferramenta nas máquinas de inspeção automáticas, especificamente nas FluXinspect T e Vertax. Não prejudicar a qualidade das mudanças.		
Indicadores Principais	Redução do tempo de médio de mudança de ferramenta	Critério de sucesso	≥ 20%
	Não aumentar a percentagem de amostras não rejeitadas		0%
Indicadores	Tipo de Mudança 1.3 (Sem Manutenção)	Tempo Médio: 53 minutos	Tempo Médio < 43 minutos
	Tipo de Mudança 1.4 (Sem Manutenção)	Tempo Médio: 62 minutos	Tempo Médio < 66 minutos
	Tipo de Mudança 2.1 (Sem Manutenção)	Tempo Médio: 93 minutos	Tempo Médio < 75 minutos
INFORMAÇÃO DOS STAKEHOLDERS			
Stakeholders Principais	Director de Fábrica	Equipa do Projecto	Marcelo Cardoso
	Chefe de Produção		Orientador do Projeto na SB Vidros
			Chefe da oficina Mias
			Sub-Chefe da oficina Mias
			Afinadores do dia (A, B, C, D, E, F, G, H, I)
PRINCIPAIS RISCOS			
Área	Descrição		
Zona Fria	Mudança de estrutura da equipa operacional		
Zona Fria	Resistência dos operadores às mudanças propostas		
Zona Fria	Aumento do número de amostras para afinar durante a mudança		

Figura 46 - Project Charter

Além da informação colocada no *Project Charter* e que pode ser verificada na Figura 46, existe no mesmo ficheiro de Excel um complemento designado *Activity Tracker*. O *Activity Tracker* é destinado a inserir as diversas medidas de melhoria que se pretendem implementar para atingir o objetivo do projeto. Assim, este ficheiro contém o nome dos responsáveis por implementar cada uma das medidas de melhoria, os objetivos que se pretendem atingir com as melhorias, a descrição de como serão realizadas, a data de início, a data prevista de conclusão da implementação e a data real em que foi concluída e ainda uma coluna para inserir comentários para as diversas melhorias a implementar. A Figura 47 permite visualizar o formato do *Activity Tracker* que é preenchido à medida que as propostas de melhoria são aprovadas pelos responsáveis da oficina das Mias.

ACTIVITY TRACKER

Ref	Assigned to	Milestone action	Activity	Start date	Due date	Close date	Status	Comment
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Figura 47 - Activity Tracker

O *Activity Tracker*, ilustrado na Figura 47, é essencial para garantir que todos os responsáveis pelo projeto sabem as medidas que devem ser implementadas e permite perceber se a execução da implementação está a ocorrer ao ritmo que se pretende ou não. O registo de todas as medidas que se pretendem implementar no mesmo documento facilita a verificação de se todas as melhorias estão a ser implementadas ou se há alguma que, apesar de aprovada, não está a ser executada.

6. Proposta e implementação de melhorias

A etapa que se seguiu à análise dos dados recolhidos e do ficheiro fornecido foi a realização de reuniões com os responsáveis da oficina dos afinadores, de modo a mostrar os resultados das análises realizadas, os aspetos que se consideraram relevantes de melhorar e as propostas de melhoria para esses mesmos problemas identificados. Após estas reuniões, as melhorias que foram aprovadas e que iam ser implementadas ou que ainda estavam em análise para uma futura implementação foram adicionadas ao *Activity Tracker*. Assim, este capítulo destina-se a descrever as propostas de melhoria presentes no *Activity Tracker*, sendo que este pode ser observado na Figura 48.

Ref	Assigned to	Milestone action	Activity
1	Orientador do Projeto + Marcelo	Garantir a organização na oficina Mias	Realização de auditorias mensais ao 5S na oficina Mias
2	Chefe da oficina Mias	Evitar que o operador saia a meio da mudança	Sensibilização da equipa
2	Chefe da oficina Mias	Evitar que os operadores fiquem à espera que a ferramenta fique disponível	Aquisição de mais material
3	Marcelo + Afinador C	Padronização do processo de mudança de ferramenta para que, mudanças do mesmo tipo, tenham apenas pequenas diferenças de tempo entre operadores	Construção de instruções de trabalho, para as mudanças de ferramenta, com definição dos principais passos e sua correcta sequência, de acordo com o melhor operador em termos de tempo e de amostras não rejeitadas. Construção de instrução de afinações de sedas -> FlexT
4	Marcelo + Afinador C	Padronização do processo de mudança de ferramenta para que, mudanças do mesmo tipo, tenham apenas pequenas diferenças de tempo entre operadores	Construção de instruções de trabalho, para as mudanças de ferramenta, com definição dos principais passos e sua correcta sequência, de acordo com o melhor operador em termos de tempo e de amostras não rejeitadas. Construção de instrução de afinações de sedas -> Veritas
5	Chefe da oficina Mias + Afinador C	Padronização do processo de mudança de ferramenta para que, mudanças do mesmo tipo, tenham apenas pequenas diferenças de tempo entre operadores	Dar formação, recorrendo às instruções de trabalho, aos elementos identificados com piores desempenhos
6	Marcelo + Sub-Chefe da oficina Mias	Facilitar e evitar perda de tempo dos operadores na localização canal/consola	Re-etiquetar canal-consola (FlexInspect T)
7	Marcelo + Sub-Chefe da oficina Mias	Evitar perda de tempo no desaperto/aperto da tampa do Génio	Compra de novas tampas para o Génio. De forma a permitir que apenas se tenha de dar meia volta aos parafusos para aceder ao Génio
8	Marcelo + Sub-Chefe da oficina Mias	Evitar perda de tempo no desaperto/aperto da tampa do <i>SideWall</i>	Teste e implementação de uma porta no <i>SideWall</i> de forma a facilitar a sua limpeza
9	Marcelo	Cumprimento das checklists de verificação/preparação do material para o dia de mudança, evitando perda de tempo devido a falta de material durante as mudanças	Plano de auditoria quinzenal (dias surpresa) para aferição da checklist de verificação + correta preparação
10	Qualidade	Redução do tempo de afinação	Estudar possibilidade de reduzir o número de amostras
11	Qualidade	Aumento do rendimento de produção	Estudar possibilidade de passar garrafas "boas" para garantir que não estão a ser rejeitadas
12	Marcelo + Chefe da oficina Mias + Sub-Chefe da oficina Mias	Diminuição de tempo de mudança estabelecendo objetivos concretos e verificar a qualidade da mudança	Definir objetivos de tempo para cada tipo de mudança, afetar resultados de tempos e de amostras não rejeitadas
13	Marcelo + Orientador do Projeto + Chefe da oficina Mias + Sub-Chefe da oficina Mias	Evitar perda de tempo durante as mudanças de ferramenta devido a parafusos que foram alterados e que dificultam o trabalho aos afinadores e devido a parafusos moídos	Plano de padronização das máquinas FlexT e Veritas - Verificar se todas as guias apresentam os parafusos standard; - Colocar na Checklist de Preparação a verificação do estado dos parafusos nas zonas em que estes costumam aparecer moídos com maior frequência: anel de sedas (Flex T) e chapas (Veritas)
14	Marcelo	Poupança de tempo na mudança	Acréscimo na checklist de preparação de ferramenta que para mudanças do Tipo 2.2 durante a preparação se deve colocar os dentes da ferramenta na altura correta
15	Chefe da oficina Mias + Sub-Chefe da oficina Mias	Evitar perda de tempo na mudança e melhoria da segurança de trabalho	Ter uma chapa da base com local da furação marcado para cada uma das máquinas Veritas. Assim, a furação deverá ser realizada previamente na oficina.
16	Chefe da oficina Mias + Sub-Chefe da oficina Mias	Evitar ir à secção durante a mudança e melhoria da segurança de trabalho	Acoplar um torno aos carrinhos que são levados para as mudanças

Figura 48 - *Activity Tracker* - Ações de Melhoria Propostas/Implementadas

As ações de melhoria apresentadas na Figura 48 podem ser divididas em três grandes grupos. O primeiro grupo corresponde às melhorias destinadas ao SMED, o segundo grupo às

melhorias da padronização de trabalho e formação de novos operadores e o terceiro grupo são outras ações que foram propostas e que permitem melhorar a empresa, mas que não se enquadram nos dois primeiros grupos mencionados. Assim, nos subcapítulos seguintes, são descritas cada uma das atividades que se realizaram e que foram mencionadas na Figura 48, no respetivo grupo. No final deste capítulo é apresentada uma tabela resumo do estado atual da implementação das melhorias propostas.

6.1. Propostas de Melhoria no âmbito do SMED

6.1.1. Eliminação das paragens para lanche durante as mudanças

A primeira proposta a ser aceite e implementada foi a sensibilização da equipa de forma que os operadores não fossem lanchar a meio da mudança, uma vez que foi um dos fatores que foi identificado como desperdício puro em duas das mudanças realizadas na FlexT e em uma mudança realizada na Veritas, e que levou a um atraso de aproximadamente 20 minutos em cada uma delas.

6.1.2. Aquisição de material para as mudanças

A aquisição de mais material para a oficina Mias teve o intuito de minimizar e, em alguns casos, resolver problemas que tinham sido identificados durante a observação das mudanças de ferramenta. Os problemas que se pretenderam resolver com a aquisição do material são explicados nos parágrafos seguintes.

Durante a observação de uma das mudanças de ferramenta na Veritas, verificou-se que um dos operadores teve de esperar aproximadamente 3 minutos, que outro operador de outra máquina acabasse de utilizar um berbequim para poder utilizá-lo. Além disso, na mesma mudança de ferramenta o operador teve de ir buscar o berbequim que já tinha sido levado para a secção por outro operador, demorando 6 minutos. Nesta mudança, a falta de material e a necessidade de este ser partilhado fez com que a mudança fosse condicionada, ocorrendo um desperdício de 9 minutos, o que fez com que fosse analisada a situação e se propusesse ao chefe da oficina das Mias a aquisição de mais material. Assim, para evitar que esta situação voltasse a acontecer, decidiu-se adquirir um novo berbequim.

Adquiriu-se também uma rebarbadora para que os afinadores a levassem para a mudança, caso fosse necessário. Esta aquisição é justificada pelo facto de terem sido identificados parafusos sem filetes (“moídos”) em 2 mudanças na FlexT e numa mudança da Veritas, que correspondem a aproximadamente 7 minutos desperdiçados em cada mudança para tentar retirar e trocar o parafuso, sendo que por norma quando isto ocorre é necessário ir à secção cortar os parafusos, o que aumenta muito o tempo de mudança. Assim, através desta aquisição, o intuito é que os afinadores, no dia anterior à mudança de ferramenta, ao identificarem a existência de parafusos sem filetes (“moídos”) na máquina, levem logo a rebarbadora evitando a sua deslocação à secção para cortar os parafusos e assim eliminem não só o tempo de deslocação até à secção, como também o tempo de tentar desaparafusar o referido parafuso, melhorando o tempo de retirar e substituir o parafuso.

O restante material adquirido foram 2 aparafusadoras de impacto que permitem auxiliar os afinadores nas mudanças da FlexT, caso seja necessário efetuar a troca de ferramenta ou colocar os dentes da ferramenta na altura correta. Esta aquisição tem assim a função de melhorar estas duas tarefas de *Setup* Interno que demoram um tempo considerável nas mudanças de ferramenta.

6.1.3. Formações com os afinadores

A formação dos afinadores, inicialmente, era para ser efetuada através da realização de reuniões que ocorriam uma vez por semana durante um determinado período de tempo, no entanto, o chefe das oficinas das Mias solicitou que as reuniões fossem mantidas ao longo do tempo, pois considerava que era útil ter um período de tempo por semana para falar com os afinadores a fim de reverem alguns aspetos de melhoria. Inicialmente, estas reuniões deveriam ocorrer apenas com os afinadores mais novos e com o Afinador C, que ajudou a fazer as instruções de trabalho que vão ser apresentadas no capítulo “**Instruções de trabalho para as mudanças de ferramenta**”, mas o chefe da oficina das Mias indicou que deveriam estar presentes sempre alguns afinadores mais experientes, uma vez que considerava que todos poderiam rever alguns aspetos importantes e darem a sua opinião caso realizassem as tarefas de forma diferente.

As instruções de trabalho e as reuniões de formação foram bem acolhidas pelo chefe da oficina das Mias e, principalmente, pelos afinadores mais novos que afirmaram que acham que estas instruções de trabalho já deviam ter sido criadas há mais tempo, pois a sua aprendizagem foi feita com vários afinadores que tinham métodos diferentes de trabalho, o

que tornou a sua formação mais difícil. O chefe da oficina das Mias indicou que as instruções de trabalho são muito importantes para que esse erro não se voltasse a repetir com os novos operadores e que com estas reuniões se poderiam esclarecer as diversas dúvidas existentes, de forma a ultrapassá-las.

Assim, esta ação de melhoria teve o intuito de auxiliar na redução dos tempos de mudança, pela partilha de algumas estratégias utilizadas pelos afinadores mais experientes, mas também teve o intuito de dar formação aos afinadores mais novos que apresentam maiores dificuldades.

6.1.4. Re-etiquetar canal-consola das FlexT

Re-etiquetar todas as FlexT foi mais uma das tarefas que foi aprovada e implementada durante este projeto. Esta tarefa consistiu em colocar uma identificação em cada uma das extremidades dos cabos dos sensores e das luzes, utilizados para a afinação das sedas. Esta tarefa já tinha sido realizada no passado, mas durante a observação das mudanças de ferramenta verificou-se que esta identificação já tinha saído, parcial ou totalmente, em todas as máquinas.

Na FlexT existem muitos cabos e é necessário o afinador saber em que canal os cabos estão ligados para os identificar na consola. A identificação dos cabos poupa tempo, pois sem ela os afinadores têm de seguir os cabos desde a extremidade que liga à luz ou ao sensor até à extremidade que liga aos canais, o que é um trabalho complicado devido à quantidade de cabos que existe na FlexT, tal como se pode observar na Figura 49.

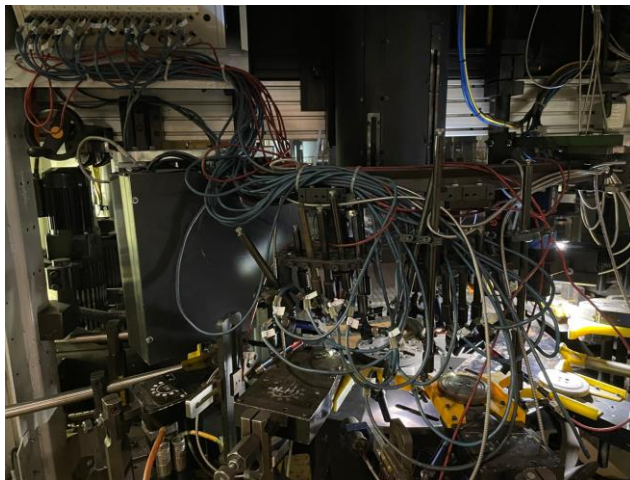


Figura 49 - Cabos das luzes e dos sensores na FlexT

Com a identificação dos cabos, os afinadores apenas têm de verificar a letra presente na extremidade junto ao sensor ou luz e procurar em que canal se encontra essa mesma letra. Na Veritas não foi realizada a identificação pelo facto de os afinadores afirmarem que não tinham dificuldade em identificar os canais.

Para a identificação utilizaram-se dois tipos de nomenclatura. Enquanto para os cabos que correspondiam aos sensores se utilizou apenas a ordem alfabética, nos cabos que correspondiam às luzes utilizou-se também a ordem alfabética, mas com um L (que corresponde a Luz) antes de cada letra.

Além de efetuar a re-etiquetagem, também se colocou a numeração dos canais por cima de cada um deles, pois enquanto algumas máquinas têm uma chapa direita e é fácil ver o número de cada canal, outras têm a chapa com a numeração inclinada, o que dificulta a visibilidade dos afinadores mais baixos.

Através da Figura 50 é possível verificar um exemplo de uma das máquinas que foi re-etiquetada e da numeração que foi colocada por cima dos canais em algumas das máquinas.

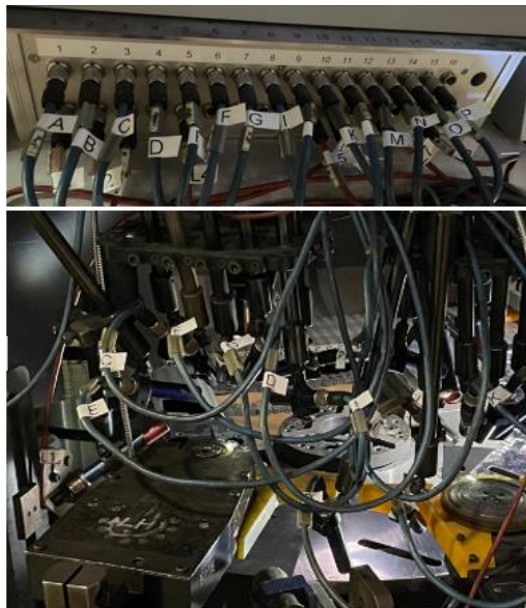


Figura 50 - Re-etiquetagem dos cabos na FlexT

6.1.5. Compra e substituição das tampas do Génio

Durante a observação das mudanças de ferramenta, verificou-se que o operador demorava cerca de 3 minutos para efetuar a limpeza do Génio, uma vez que tinha de desapertar 4

parafusos para tirar a tampa. Esta tarefa era dificultada, já que o local onde estão inseridos os parafusos foi ficando danificado, devido não só ao seu aperto excessivo, como aos choques que a tampa levou ao longo do tempo, o que faz com que, atualmente, seja necessária uma anilha em alguns parafusos de forma que a tampa do Génio fique presa, tal como se pode verificar na Figura 51, levando assim a um aumento do tempo da tarefa.



Figura 51 - Estado atual das tampas do Génio

Este desgaste presente nas tampas do Génio faz com que os afinadores demorem um total de 3 minutos a efetuar a sua limpeza, em que cerca de 1 minuto é para retirar a tampa, 1 minuto para a limpeza e mais 1 minuto para voltar a colocar a tampa, ou seja, num total de 3 minutos, 2/3 do tempo é para tirar e colocar a tampa. Assim, definiu-se como objetivo melhorar esta etapa, que é necessária realizar em algumas mudanças.

Inicialmente pensou-se em implementar um sistema de molas em que fosse apenas necessário abrir as molas para aceder ao génio, mas através do diálogo com alguns operadores verificou-se que as chapas de origem vêm com o formato da zona dos parafusos, que se pode verificar na Figura 52, e que permite retirar a chapa dando apenas meia volta a cada parafuso e levantando a chapa para cima e depois, para voltar a recolocar a tampa, basta colocá-la na posição e apertar ligeiramente os parafusos.

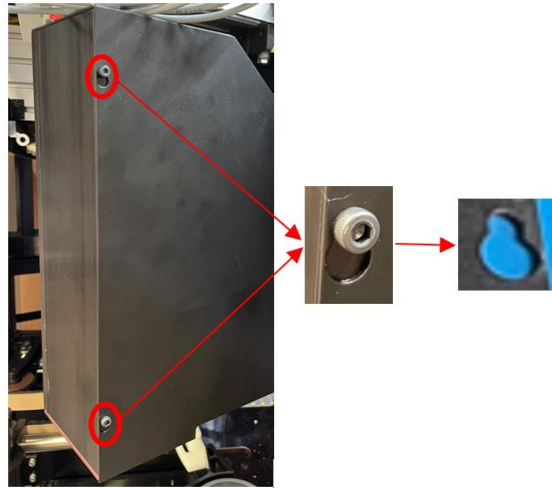


Figura 52 - Chapa do Génio Nova

Com a tampa do Génio em bom estado, como ilustrado na Figura 52, a tarefa de retirar a tampa passará a demorar cerca de 15 segundos, que corresponde ao tempo de rodar meia-volta em cada parafuso e levantar a tampa, e cerca de 15 segundos para a voltar a colocar (tempo recolhido correspondente a um afinador que realizou a etapa numa chapa nova do génio). Assim, esta etapa passaria de um total de 3 minutos para 1,5 minutos, havendo uma poupança de 1,5 minutos, ou seja, o tempo desta etapa seria reduzido em 50%. Assim, a solução proposta para melhorar esta etapa foi adquirir novas tampas para as FlexT.

6.1.6. Teste e implementação de sistema de abertura das tampas do *SideWall*

Outra das tarefas que foi verificada durante as observações das mudanças de ferramenta que deveria ser alvo de melhoria foi a abertura do *SideWall* para proceder à sua limpeza, uma vez que o operador demorava mais tempo para conseguir aceder ao seu interior do que para executar a limpeza. Esta tarefa ocupa cerca de 5 minutos, em que 4 minutos são para retirar e voltar a colocar a tampa do *SideWall* e 1 minuto é para realizar a limpeza. O tempo demorado a abrir e fechar o *SideWall* é justificado pelo facto de, para aceder à parte que se pretende limpar, é necessário retirar a tampa de um dos lados do *SideWall*, o que corresponde a retirar 14 parafusos. Pode observar-se o *SideWall* e o seu interior, que é necessário limpar, através da Figura 53, sendo que a parte que se pretende limpar é apenas a que está presente no retângulo vermelho.

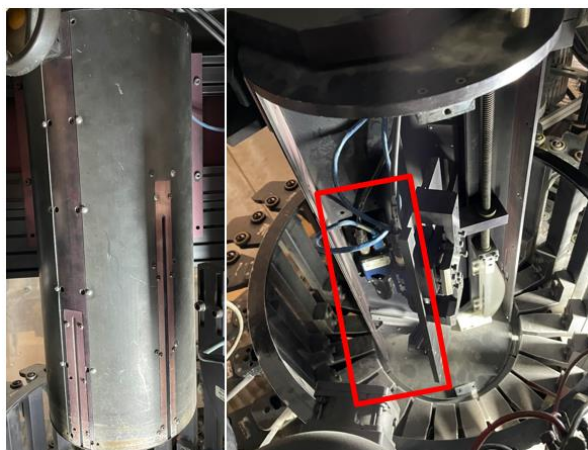


Figura 53 - Vista externa e interna do *SideWall*

A proposta de melhoria que foi aprovada pelo chefe da oficina das Mias consiste em criar uma “porta” na zona do *SideWall* que é necessária aceder para realizar a limpeza. Para realizar esta tarefa solicitou-se a um serralheiro para ir à empresa proceder às medições necessárias e, em conjunto com o chefe da oficina das Mias e um afinador, explicou-se o que se pretendia e o local em que teria de haver a “porta”. Para que se perceba melhor o que foi realizado, pode-se verificar na Figura 54 três imagens em que se pode visualizar o desenho que foi feito na tampa do *SideWall* no local em que será a porta (Imagem A), a visão que o afinador terá da porta, através do lado de trás da máquina (Imagem B), e uma visão, aproximada, de como será a porta no meio da ferramenta na FlexT (Imagem C).

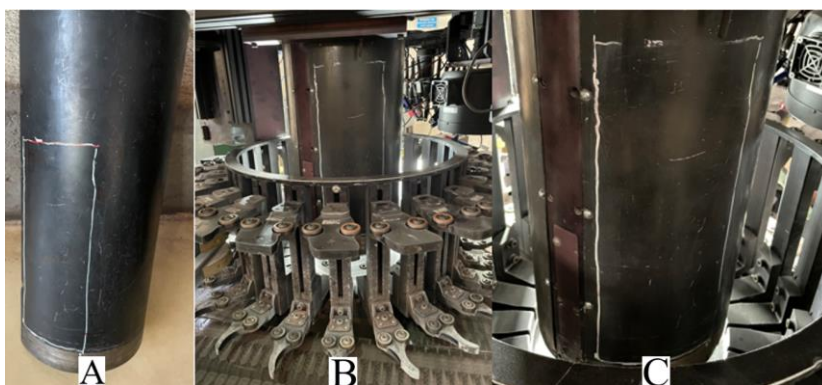


Figura 54 - Local do *SideWall* em que deveria ser criada uma "porta"

Assim, o que ficou acordado com a empresa foi mandar fazer uma “porta” numa tampa de *SideWall* e testá-la. Caso corra como previsto, o objetivo será replicar em todas as FlexT, uma vez que com esta melhoria se estima que aceder à zona de limpeza demore cerca de 30

segundos, ou seja, esta etapa de limpeza do *SideWall* passaria de um total de 5 minutos para um total de 2 minutos, ou seja, haveria uma poupança de 3 minutos que corresponde a 60% de redução de tempo nesta etapa.

6.1.7. Auditorias à Preparação de Ferramenta para o dia seguinte

Uma das tarefas realizadas neste projeto e que se considerou fundamental para a melhoria dos tempos de mudança de ferramenta foram as auditorias realizadas às preparações de ferramenta no dia anterior à mudança.

No dia anterior a cada mudança, os afinadores devem verificar o modelo de garrafa que vai entrar em produção no dia seguinte, para verificarem se é necessário trocar de ferramenta na máquina. Além disso devem deslocar-se até à máquina em que vão realizar a mudança e verificar, de acordo com uma *checklist* de verificação, vários fatores da máquina que têm de ser tidos em conta e, no final, preparar todo o material que identificaram como necessário para a mudança, de modo que no dia seguinte tenham tudo pronto e seja só transportar o material para a máquina.

Esta tarefa é essencial, pois ao ser cumprida com os devidos cuidados faz com que os afinadores tenham uma probabilidade muito pequena de terem de se deslocar à secção durante as mudanças, já que fizeram a verificação da máquina e caso tenha sido identificado algum material em mau estado já prepararam e levaram consigo o material de substituição.

As auditorias à preparação de ferramenta foram uma melhoria importante, porque os afinadores muitas vezes não a realizavam corretamente, o que levava a que tivessem de se deslocar durante a mudança de ferramenta à secção, como foi verificado nas mudanças observadas, fazendo com que houvesse um desperdício de tempo que era evitado se tivessem verificado bem a máquina e preparado o material conforme o estado em que a máquina se encontrava.

Para realizar as auditorias utilizaram-se duas *checklists*, uma para cada uma das máquinas, idênticas às disponibilizadas aos afinadores para que estes tenham uma lista de aspetos da máquina que devem verificar e que ajuda a que estes não se esqueçam de verificar nenhuma parte importante. Estas *checklists* podem ser observadas na Figura 55 ou num formato maior através do Anexo H – *Checklists* de Verificação da Preparação de Ferramenta.

Verificação Pré-Mudança da FlexT

vidrala

Linha: _____ Data: _____

Afinador: _____

	Verificou?	
	SIM	NAO
Luzes e vidros do sidewall de cima, baixo e base manchados, riscados?		
Difusores do plugcalibre partidos, manchados ou riscados?		
Rodas dos rotadores estão gastas ou danificadas?		
Os rotadores estão todos a amortecer bem?		
As guias estão partidas ou danificadas?		
As correias de saída da máquina estão gastas ou danificadas?		
Os valores dos ganhos das câmaras da base e sidewall estão com valores elevados (acima de 90%)?		
Todos os roletes da estrela da máquina estão a rodar bem e têm proteção de plástico?		
O filtro de ar condicionado está limpo?		
Os caretos da máquina estão gastos ou partidos?		
O tapete da máquina apresenta muito desgaste?		
As chapas da base da máquina estão gastas?		
Existem parafusos molidos na estrela e nos dentes que seja necessário substituir?		
Nas mudanças do tipo 2.2 ou 3.2 foram colocados os dentes da ferramenta na altura correta?		
Outros aspectos relevantes:		

Verificação Pré-Mudança da Veritas

vidrala

Linha: _____ Data: _____

Afinador: _____

	Verificou?	
	SIM	NAO
Sensor ultrassónico e de saída estão limpos?		
Motores de saída a rodar bem e soltos?		
As correias de saída da máquina estão gastas ou danificadas?		
Rodas dos rotadores estão gastas ou danificadas?		
Os rotadores estão todos a amortecer bem?		
As guias estão partidas ou danificadas?		
Todos os roletes da estrela da máquina estão a rodar bem e têm proteção de plástico?		
Os acoplamentos estão gastos ou danificadas?		
O teclado e o rato estão a funcionar corretamente?		
As chapas da base da máquina estão gastas?		
Existem parafusos molidos que seja necessário substituir?		
Outros aspectos relevantes:		

Figura 55 - Checklists de verificação utilizadas nas auditorias

Um dos aspetos que contribuiu para que a preparação de ferramenta fosse realizada de forma mais rápida e, que em caso de no dia da mudança fosse necessário ir à secção, se encontrasse o material pretendido o mais rapidamente possível, foram as auditorias realizadas à oficina relativamente ao 5S. Esta metodologia foi aplicada antes do presente projeto iniciar. Durante este projeto foram realizadas auditorias de forma a garantir que a secção se mantinha organizada de acordo com as melhorias implementadas no 5S.

6.1.8. Redução do número de amostras

Uma implementação que seria muito útil a nível de redução de tempo de mudança era a diminuição do número de amostras que se tem de afinar durante as mudanças de ferramenta. O número de amostras para afinar é variável, mas por vezes chega a ser superior a 20 amostras e esse fator, associado à presença de defeitos mais complicados, faz com que seja muito difícil afinar. Consequentemente, os afinadores acabam por perder muito tempo nessa tarefa. Assim, a redução das amostras seria um grande passo para a redução de tempo de mudança, mas isso não podia colocar em causa a qualidade do produto enviado para o cliente, ou seja, esta implementação gera um conflito entre quem pretende melhorar tempos de afinação e as pessoas responsáveis por garantir a qualidade do produto.

Esta situação foi reportada ao responsável da Zona Fria da Vidrala que indicou que esta fábrica tem um grande número de amostras, o qual é muito superior ao de outras fábricas do grupo. Assim, o passo que deveria de ser executado era analisar as amostras existentes e

verificar quais delas são realmente necessárias e quais podem ser excluídas. Esta tarefa seria árdua e demorada, ou seja, os resultados, caso se conseguisse reduzir o número de amostras, não seriam visíveis antes do projeto terminar. De qualquer forma, foi dada a sugestão à empresa de realizar esta implementação que se acredita que, no futuro, poderá provocar uma redução de tempo considerável em todos os tipos de mudança de ferramenta nas Mias.

Uma alternativa a esta implementação seria a Emart criar um sistema em que não fosse necessário afinar as amostras, pois com a qualidade das câmaras e sensores que existem atualmente e que venham a surgir no futuro, acredita-se que será possível que a máquina recuse automaticamente as garrafas com defeito apenas através da leitura feita pelas câmaras e sensores e que os afinadores apenas tenham de fazer ajustes nos parâmetros do computador da máquina.

6.1.9. Definir objetivos de tempo para cada tipo de mudança, afixar resultados de tempos e de amostras não rejeitadas

Um dos problemas que foi verificado para a generalidade dos afinadores, com exceção do Afinador A, foi que estes afinavam a máquina com o objetivo de que, quando chegasse o novo modelo de garrafa, a máquina tivesse preparada. E mesmo sendo-lhes explicado que se estava a tentar reduzir o tempo para que estivessem preparados quando a Zona Quente aumentasse o ritmo de produção, estes continuavam a não se preocupar com a diminuição do tempo de mudança e a afirmar que o importante era ter a máquina afinada quando chegassem as garrafas. Assim, a estratégia que se optou por colocar em prática foi fixar os tempos que cada afinador demorava em cada mudança, para cada um dos tipos (sem manutenção). Nos gráficos resultantes foi colocada uma linha correspondente ao tempo máximo que a Vidrala determinou como objetivo futuro para que a Zona Fria estivesse preparada para o aumento de ritmo da Zona Quente. Além disso, foi colocado também um gráfico, para cada tipo de mudança, o número de amostras que havia para afinar e quantas destas não tinham sido rejeitadas, pois assim era visível para todos se estavam a realizar as mudanças dentro do tempo previsto e se as amostras estavam a ser todas rejeitadas ou não. Colocar a informação relativa às amostras, se estas estavam a ser todas rejeitadas, serviu para evitar que alguns afinadores tivessem a justificação de que alguns eram mais rápidos porque afinavam mal as amostras. Isto serviu também para que tivessem noção da discrepância de resultados que alguns apresentavam em relação aos outros e se esforçassem para melhorar.

Inicialmente, apenas se disponibilizou esta informação para as mudanças do Tipo 1.4 para que não houvesse demasiada informação e, como era a mudança que ocorria com maior frequência, acordou-se que seria o melhor método. Pode verificar-se um exemplo dos dados colocados no quadro da oficina das Mias através da Figura 56.

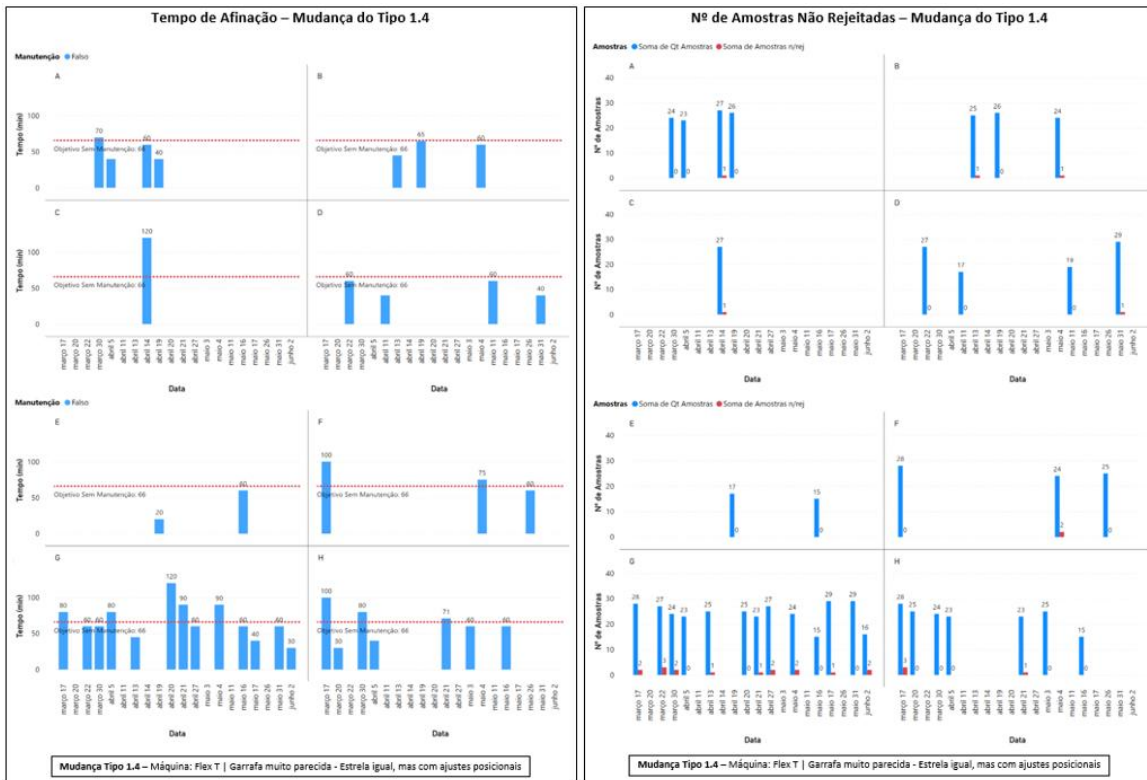


Figura 56 – Exemplo dos dados divulgados sobre os tempos de mudança e amostras não rejeitadas

Esta análise de tempos foi realizada com recurso ao PowerBI, Figura 56, sendo que os responsáveis por reportar todos os dados das mudanças colocavam essa mesma informação num ficheiro Excel, numa pasta partilhada, o que permitia atualizar o PowerBI de forma automática e, assim, analisar os dados ao longo do tempo. Com esta análise de dados foi possível ir verificando se o tempo geral das mudanças ia diminuindo ou se havia valores fora do previsto. Quando tal acontecia dialogava-se com o chefe da oficina dos afinadores, a fim de perceber o que não correu como previsto na mudança para, assim, evitar que se repetisse.

6.1.10. Padronização das máquinas FlexT e Veritas

Durante a observação das mudanças de ferramenta, os afinadores foram alertando para um fator que, apesar de parecer não ser muito relevante, na sua totalidade pode levar a que o tempo de mudança aumente alguns minutos. As máquinas ao longo dos anos foram sofrendo

alterações que não deveriam ter sido realizadas, mas que por vezes, por ser a solução mais rápida, efetuaram-se essas alterações e, posteriormente, não foram alteradas novamente para o original. Muitas das alterações realizadas foram de parafusos, já que eram retirados e substituídos por outros de cabeça com geometria diferente por serem o que estava disponível no momento e acabaram por não ser retirados, ficando até aos dias de hoje, o que pode levar a que seja necessário usar chaves que não eram necessárias inicialmente. Outra das alterações realizadas foi a colocação de porcas onde, anteriormente, existia apenas um parafuso, o que aumenta o tempo de mudança.

Ao ser reportada esta situação, resolveu-se verificar todas as máquinas FlexT e Veritas, de forma a analisar e registar as partes alteradas e colocá-las de novo com as peças originais. Como se decidiu efetuar esta tarefa, aproveitou-se esta oportunidade para verificar em que locais era possível substituir os parafusos por manípulos, visto ser mais rápido de desapertar e não correr o risco de danificar os parafusos.

Relativamente aos parafusos danificados que fossem verificados na observação das máquinas, estes deveriam ser trocados quando fossem efetuadas as trocas de material na máquina e, além disso, acrescentou-se na *checklist* de preparação de ferramenta um ponto destinado à identificação de parafusos danificados e, caso ocorresse essa situação, os operadores deviam estar preparados e levarem o material necessário para a mudança.

Alguns exemplos dos problemas e oportunidades de melhoria verificados na FlexT e na Veritas, podem ser observados na Figura 57, em que na imagem A são identificados dois locais em que poderiam ser colocados manípulos, na imagem B é mostrado um dos locais numa FlexT em que foram colocadas porcas e que, inicialmente, não tinha, e por fim, na imagem C é apresentado um local numa Veritas em que poderia ser colocado um manípulo.

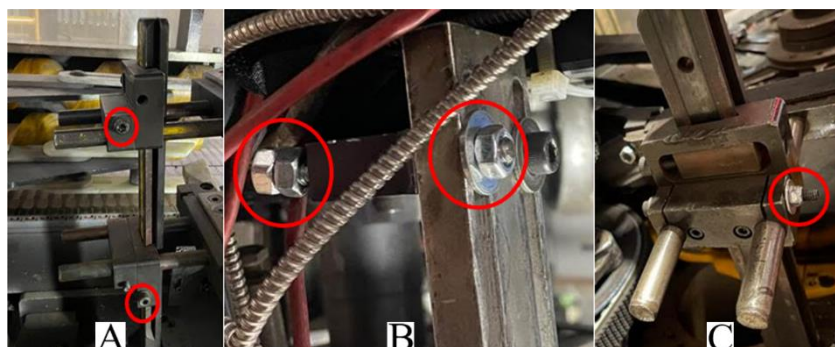


Figura 57 - Exemplos de problemas e oportunidades de melhoria identificados nas FlexT e Veritas

Através da Figura 58 é possível verificar uma das alterações que foi realizada numa FlexT em que se colocaram manípulos para facilitar o desaperto dos parafusos.

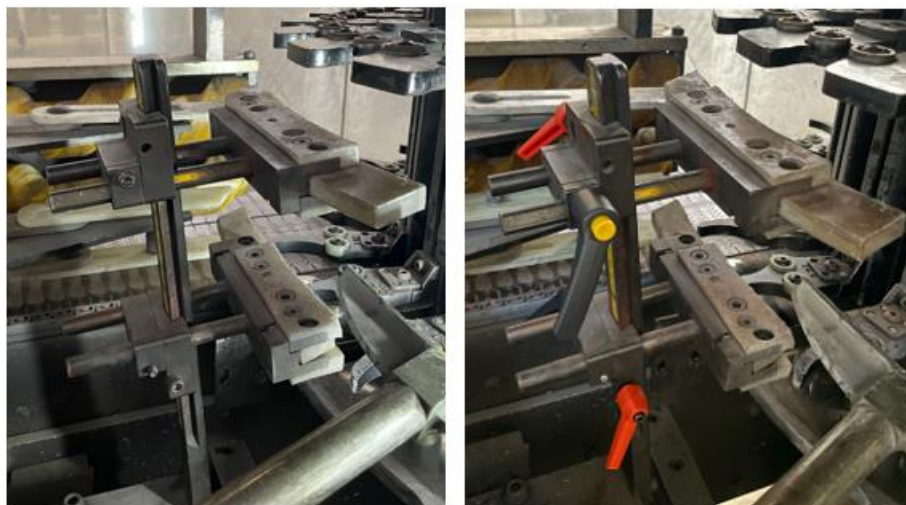


Figura 58 - Substituição de Parafusos por Manípulos numa FlexT

6.1.11. Colocar os dentes de ferramenta na altura correta antes da mudança

Uma das medidas a serem implementadas, de forma a converter uma etapa de *Setup* Interno para *Setup* Externo, diz respeito à etapa “Colocação dos dentes da ferramenta na altura correta” quando se trata de mudanças do Tipo 2.2. Como referido anteriormente, este tipo de mudanças requer que seja trocado o conjunto de ferramentas e, atualmente, o que se observou é que os afinadores trocam a ferramenta e depois ajustam a altura dos dentes, uma tarefa que demora cerca de 9 minutos. Este tempo poderia ser poupado, uma vez que os afinadores na oficina têm um local em que podem colocar a ferramenta, de forma a selecionarem a mais adequada para a mudança, e se, após esse processo, colocarem logo os dentes da ferramenta na altura correta permite que essa etapa seja convertida para *Setup* Externo, poupando assim cerca de 9 minutos na mudança.

De forma que esta medida seja cumprida, além de ter sido comunicado aos afinadores que deveriam colocar os dentes da ferramenta na altura correta antes da mudança, foi acrescentado esse ponto na *checklist* de preparação da mudança, de forma que também fosse controlado nas auditorias realizadas à preparação da ferramenta.

6.1.12. Preparar as chapas da base da Veritas na oficina antes da mudança

Quando se trocam as chapas da base da Veritas, os afinadores costumam levar as chapas novas e verificar na máquina onde têm de fazer os furos, pois o local de furação é diferente em algumas máquinas. Para este caso, a solução seria arranjar uma amostra com os locais das furações marcados para cada uma das máquinas. Estas eram vantajosas pelo facto de se conhecer, de forma prévia, o local exato onde as furações deviam ser realizadas. Sempre que fosse necessário trocar as chapas da Veritas, estas eram preparadas antecipadamente. Assim, passar-se-ia esta tarefa de *Setup* Interno para *Setup* Externo.

Caso as Veritas tivessem todas o mesmo local de furação bastava encomendar ao fornecedor as chapas previamente preparadas, o que poderá ser realizado no futuro, pois num dos fornos usados todas as linhas apresentam Veritas e vão ser substituídas todas por FlexT, o que fará com que seja apenas um forno a ter linhas com Veritas e se possa escolher as máquinas que tenham todas o mesmo local de furação para essas linhas.

6.1.13. Acoplar um torno aos carrinhos que são levados para as mudanças

Durante as mudanças de ferramenta, os afinadores, por vezes, devido a imprevistos, têm de se deslocar à oficina das Mias para utilizar o torno, como é o caso de terem de escarear as chapas da base de plástico da Veritas, quando apenas é necessário virá-las, devido ao desgaste, em vez de substituí-las. Quando se viram as chapas é necessário escarear, porque o parafuso tem de ficar alinhado com a superfície, caso contrário as garrafas podem embater neste e, por sua vez, acabarem por se partir. Através da Figura 59 é possível observar uma chapa nova e a evolução de um dos furos desde a fase inicial até ao parafuso ser colocado, após escarear o furo.

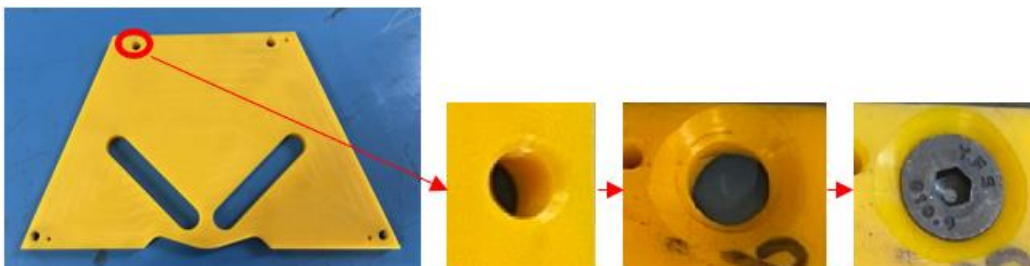


Figura 59 - Furo de uma chapa da base da Veritas escareado

Não havendo um torno acoplado ao carro e para não terem de ir à oficina das Mias, os afinadores seguram a chapa de plástico com uma mão contra uma superfície e realizam a tarefa de escarear com a outra mão, o que compromete a segurança dos afinadores e a qualidade da operação. A forma de evitar esta questão de falta de segurança consiste em acoplar um torno nos carrinhos. Além de auxiliar nesta tarefa, ao acoplar um torno no carrinho seria útil também para o caso de ser necessário cortar um parafuso danificado em que se tenha de prender no torno a peça em que se encontra fixo o parafuso.

6.2. Padronização das mudanças de ferramenta e formação de novos operadores

6.2.1. Instruções de trabalho para as mudanças de ferramenta

Um dos aspetos que foi verificado durante a observação das mudanças de ferramenta era que vários afinadores realizavam as mudanças de ferramenta de forma diferente e, posteriormente, na análise do ficheiro Excel fornecido, verificou-se que para o mesmo tipo de mudança existiam diferenças significativas no tempo de mudança, o que podia estar relacionado com o facto de não haver padronização nas instruções de trabalho. Assim, como foi explicado anteriormente, escolheu-se um afinador para apoio na criação de instruções de trabalho para cada tipo de mudança que ocorriam mais frequentemente.

Embora se tenha apresentado esta solução, o chefe dos afinadores disse que queria que fosse apenas um afinador a ajudar a fazer as instruções de trabalho, sendo este o Afinador C. Além disso, o chefe da oficina das Mias afirmou que em vez de criar uma instrução de trabalho para as mudanças do Tipo 1.3, 1.4 e 2.1, tinha também intenção que se criasse para o Tipo 2.2, pois assim elaboravam-se duas instruções de trabalho para cada máquina, sendo que uma das instruções seria para quando houvesse mudança de ferramenta e outra quando não fosse necessário mudar a ferramenta. Estas instruções de trabalho podem ser observadas na Figura 60 e na Figura 61 ou, se for necessário verificar num maior formato, pode verificar-se o Anexo I – Instruções de Trabalho.



Figura 60 - Instruções de Trabalho para as Mudanças de Ferramenta na FlexT

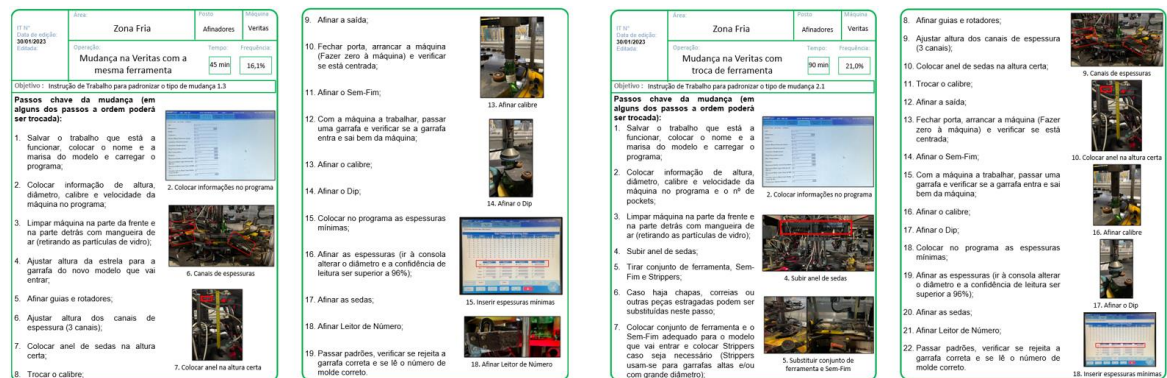


Figura 61 - Instruções de Trabalho para as Mudanças de Ferramenta na Veritas

Estas instruções de trabalho serviram assim para dois grandes propósitos, o primeiro era constituir uma base de aprendizagem para futuros afinadores na empresa, pois assim têm uma base pela qual se devem guiar, de forma que no futuro se consigam ter as mudanças de ferramenta o mais padronizadas possível. Além deste propósito, serviram também para dar formação aos afinadores mais novos que, tal como foi analisado anteriormente, apresentavam piores desempenhos a nível de tempo e qualidade de afinação que os afinadores mais experientes.

6.2.2. Instruções de Afinação de Sedas

Durante as observações das mudanças de ferramenta, verificou-se que uma das etapas que demora mais tempo a ser realizada é a afinação das sedas e, ao dialogar com o chefe da oficina das Mias, verificou-se que esta é a etapa mais difícil de aprender em formação. Assim, por solicitação do chefe da oficina das Mias, foram concebidas duas fichas com

instruções para afinar as sedas, tanto na FlexT como na Veritas. As instruções de afinação de sedas são bastante idênticas para ambas as máquinas, sendo que as principais diferenças para algumas das sedas são as estações utilizadas e o número de lâmpadas e sensores utilizados. Estas fichas revelam-se bastante importantes, pois apesar de apenas se aprender com a prática, para cada tipo de sedas os operadores já têm uma ideia de como vai ficar a luz e o sensor. Pode observar-se a primeira página de cada instrução de afinação de sedas na Figura 62 e caso se pretenda observar as duas instruções completas pode consultar-se o Anexo J – Instruções de Afinação de Sedas.

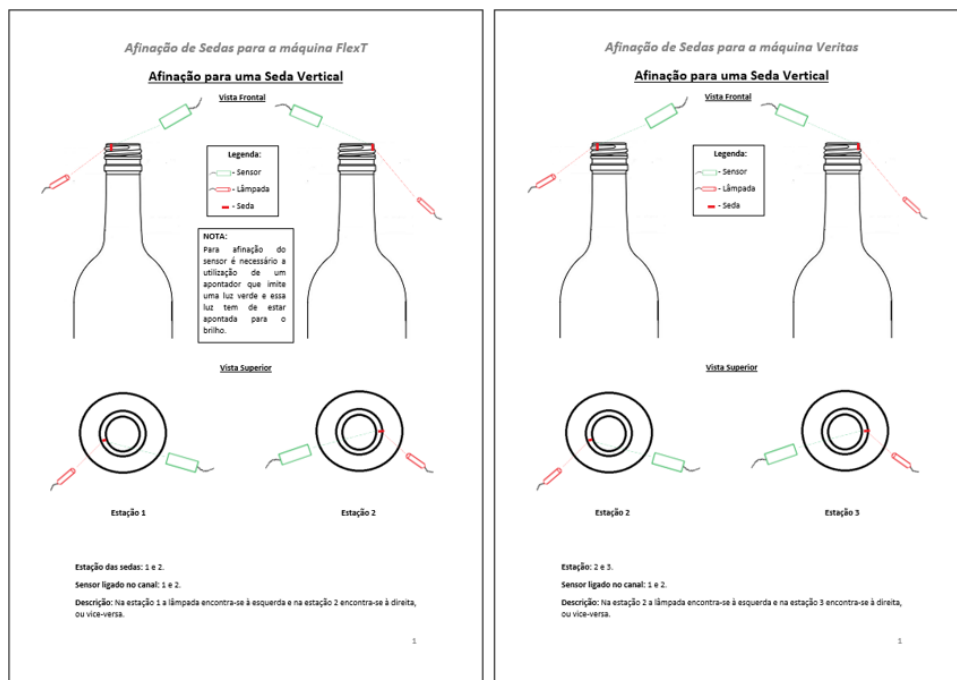


Figura 62 - Instruções de Afinação de Sedas

As instruções de afinação de sedas, em conjunto com as instruções de trabalho, para as mudanças de ferramenta, são um auxílio para os novos afinadores que estão a entrar na empresa e uma forma de se conseguir, começando pelos mais novos, criar uma padronização na forma como as máquinas são afinadas. Durante o decorrer do presente projeto entraram 3 novos operadores para a oficina das Mias, sendo que estas instruções de trabalho e afinação de sedas já eram levadas para as máquinas quando iam aprender a realizar as mudanças de ferramenta e para o treino de afinação de sedas.

6.3. Restantes ações de melhoria implementadas

6.3.1. Realizar auditorias ao 5S na Oficina das Mias

Esta etapa não foi propriamente uma medida que foi implementada, uma vez que já vinha a ser executada desde que foi implementado o 5S na oficina das Mias, antes deste projeto ser iniciado. Optou-se por colocar esta medida nas ações implementadas, porque apesar de já estar a ser realizado pelo supervisor do projeto na empresa, foi decidido que como responsável pelo projeto SMED também iria passar a auxiliar nesta etapa, crucial para o bom funcionamento da oficina e que se acredita que se reflita nos tempos de mudança. Estas auditorias são muito importantes, uma vez que só assim se garante que a limpeza e organização é mantida como foi previsto quando foi implementado o 5S.

6.3.2. Passar garrafas “boas” depois de afinar a máquina

Um problema que ocorre após afinar as máquinas de inspeção é a existência de algumas amostras que têm defeitos muito pequenos que fazem com que, para tentar que a máquina rejeite essas amostras, se tenha de “apertar” os parâmetros da máquina o que resulta, por vezes, na rejeição de garrafas boas e apenas quando chegam as garrafas produzidas é que é possível ir aliviando os valores, caso se veja que se estão a rejeitar garrafas boas, o que também pode provocar que se deixe de rejeitar garrafas com defeito.

A forma encontrada para resolver este problema seria existirem nas amostras 3 garrafas boas e assim, após afinar a máquina, os afinadores passavam as amostras e ajustavam logo os parâmetros para que esta rejeitasse as garrafas com defeito e deixasse passar as garrafas boas. Esta implementação iria aumentar o tempo de mudança, uma vez que podiam ter de ser feitos ajustes aos parâmetros da máquina, mas em contrapartida iria aumentar o rendimento da produção e faria com que não fosse necessário realizar tantos ajustes após as garrafas produzidas estarem a passar pelas máquinas de inspeção, poupando tempo aos afinadores após a mudança de ferramenta na máquina que poderia ser utilizado para realizar outras tarefas, como por exemplo, uma melhor preparação para a mudança do dia seguinte.

6.4. Resumo do estado atual da implementação das melhorias propostas

Durante este projeto foram sugeridas diversas ações de melhoria, as quais foram apresentadas nos subcapítulos anteriores. Estas ações de melhoria encontram-se em diversos estados de implementação, uma vez que umas podem já ter sido completamente implementadas, outras podem estar à espera de material para realizar a implementação, outras estão ainda em processo de análise para decidir se vão ser implementadas ou não e ainda existe a possibilidade de algumas se manterem ao longo do tempo. De forma que seja mais fácil perceber o estado de implementação de cada uma delas foi criada a Tabela 7.

Tabela 7 - Estado Atual da Implementação das Melhorias Propostas

Ação de Melhoria	Estado de Implementação
Eliminação das paragens para lanche durante as mudanças	Concluído
Aquisição de material para as mudanças	Concluído
Formações com os afinadores	Implementação Contínua
Re-etiquetar canal-consola das FlexT	Concluído
Compra e substituição das tampas do Génio	À espera do material
Teste e implementação de sistema de abertura das tampas do <i>SideWall</i>	À espera do material
Auditorias à Preparação de Ferramenta para o dia seguinte	Implementação Contínua
Redução do número de amostras	Em análise
Definir objetivos de tempo para cada tipo de mudança, afixar resultados de tempos e de amostras não rejeitadas	Implementação Contínua
Padronização das máquinas FlexT e Veritas	Está a ser implementado
Colocar os dentes de ferramenta na altura correta antes da mudança	Concluído
Preparar as chapas da base da Veritas na oficina antes da mudança	Em análise
Acoplar um torno aos carrinhos que são levados para as mudanças	Em análise
Instruções de trabalho para as mudanças de ferramenta	Concluído
Instruções de Afinação de Sedas	Concluído
Realizar auditorias ao 5S na Oficina das Mias	Implementação Contínua
Passar garrafas “boas” no final de afinar a máquina	Em análise

Através da Tabela 7, é possível confirmar que, das primeiras 13 ações de melhoria que dizem respeito ao projeto SMED, 4 foram concluídas, 3 foram implementadas e devem ser mantidas ao longo do tempo, 1 começou a ser implementada em algumas máquinas, mas ainda não está concluída, 2 estão à espera de material para realizar a implementação e 3 estão

em análise para uma possível implementação no futuro. No que diz respeito às 2 ações de melhoria da padronização das mudanças de ferramenta e formação de novos operadores, foram criados os ficheiros necessários para auxiliar neste objetivo de melhoria. Por fim, no que diz respeito às 2 ações de melhoria que não estão diretamente relacionadas com o SMED nem à padronização das mudanças, uma é para manter ao longo do tempo, enquanto a outra ainda está em análise para uma possível implementação futura.

7. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos

Este capítulo destina-se à análise e discussão dos resultados obtidos no final do projeto. Assim, nos subcapítulos que se seguem são efetuadas diversas análises dos resultados segundo diferentes perspetivas, de forma a verificar se os objetivos, previamente determinados, foram atingidos. Assim, este capítulo será dividido em 4 partes, sendo uma delas destinada à análise da redução do tempo de mudança, outra destinada a verificar se a percentagem de amostras não rejeitadas não aumentou, outra a analisar a evolução dos afinadores e, por fim, será feita uma análise do impacto das melhorias implementadas nos resultados obtidos para cada uma das máquinas. Para realizar esta análise foi fundamental o conhecimento adquirido sobre Excel e PowerBI.

7.1. Análise e Discussão dos Tempos de Mudança Obtidos

Neste primeiro subcapítulo são analisados os dados que dizem respeito à evolução do tempo de mudança. Para realizar esta análise o melhor possível, foi efetuado, inicialmente, uma análise do tempo de mudança em geral, seguindo-se uma análise por máquina e, posteriormente, uma análise por tipo de mudança.

7.1.1. Análise e Discussão do Tempo das Mudanças em Geral

O primeiro aspeto que deve ser analisado é verificar se o objetivo de reduzir em 20% o tempo médio das mudanças, sem manutenção, foi alcançado. É possível verificar a média geral do tempo de mudança (sem manutenção) antes e depois da implementação das ações de melhoria através da Figura 63, respetivamente.

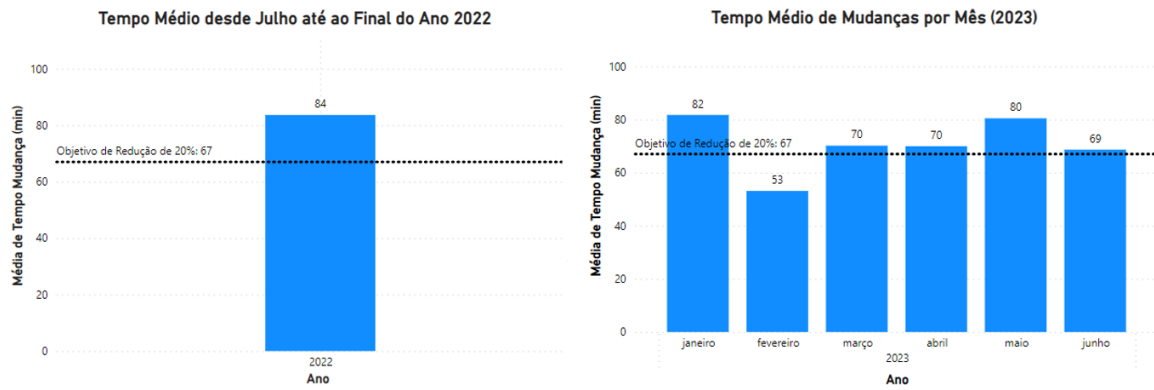


Figura 63 - Valor Médio das Mudanças Antes do Projeto e a sua Evolução

Através do gráfico da Figura 63, é possível verificar que no último mês do projeto se esteve muito perto de atingir o objetivo previamente estabelecido, sendo que se conseguiu uma redução de, aproximadamente, 18%. Apesar de não ter sido atingido o objetivo na sua totalidade, o resultado obtido, segundo o chefe dos afinadores, foi muito positivo, uma vez que esta empresa é uma referência para as outras do grupo a nível das mudanças nas Mias.

A nível quantitativo pode estimar-se o número de garrafas e as toneladas de vidro poupadas com estas melhorias, caso a Zona Quente aumentasse o seu ritmo e o tempo poupado fosse o tempo durante o qual as garrafas iam para casco. Para fazer esta estimativa o supervisor do projeto na empresa indicou que se deveria considerar uma velocidade de 300 garrafas por minuto e que cada garrafa pesa cerca de 200 gramas, pois o número de garrafas produzidas por minutos e o seu peso variam de modelo para modelo. Assim, com estes dados estima-se que a poupança geral por mudança seria de 4500 garrafas o que equivale a 0,9 toneladas de vidro, tendo em conta que houve uma redução geral de 15 minutos por mudança. Não é possível indicar a poupança a nível financeiro, porque o valor gasto pela empresa por cada tonelada de vidro é confidencial.

Dos dados analisados na Figura 63, pode verificar-se que a melhoria de tempos de mudança foi relativamente estável ao longo dos meses, com exceção dos meses de fevereiro e de maio de 2023.

Em fevereiro de 2023, a diminuição de tempo de mudança geral é justificada pelo facto de apenas terem sido realizadas mudanças de ferramenta do Tipo 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 e 2.1, tal como se verifica na Figura 64, ou seja, não houve mudanças de muita complexidade, o que provocou uma grande diminuição do tempo global das mudanças.

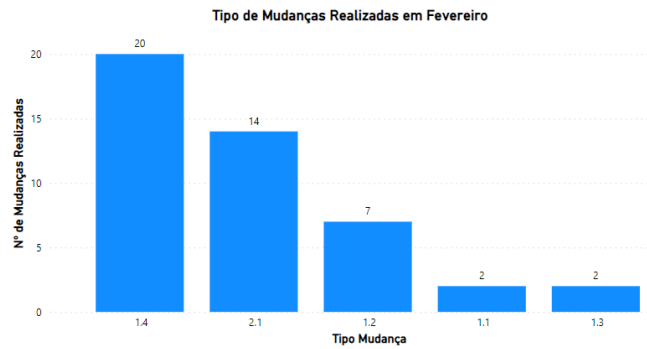


Figura 64 - Tipo de Mudanças Realizadas em fevereiro de 2023

Relativamente ao mês de maio de 2023, os tempos de mudança subiram devido ao facto de o responsável pela recolha dos tempos de mudança estar de férias, o que fez com que se tivesse de recorrer aos tempos que os afinadores colocavam nos seus relatórios para os obter valores para este mês. Ao tentar perceber o que se tinha passado neste mês, os afinadores indicaram que, enquanto alguns colocavam o tempo real, outros pensavam que o tempo que colocavam não servia para nenhuma análise e por isso não os preenchiam corretamente. Assim, pode considerar-se que os dados de maio não são tão fidedignos como os restantes.

O mês de fevereiro permite verificar que os tipos de mudança que ocorrem com maior frequência em cada mês são fundamentais para que esse mês apresente um bom ou mau tempo médio. Assim, através da Figura 65 pode comparar-se quais os tipos de mudança que ocorreram com maior frequência antes e no final do projeto, já que é um dos fatores essenciais para a média geral dos tempos de mudança obtidos.

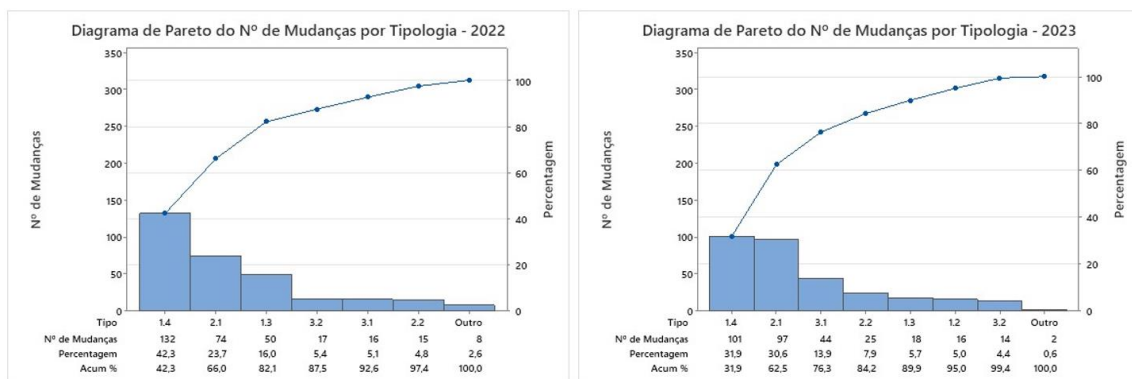


Figura 65 - Nº de Mudanças por Tipologia 2022 e 2023

Através da Figura 65 é possível verificar que as mudanças do Tipo 1.4 e Tipo 2.1 continuam a ser as duas mais frequentes, mas o Tipo 1.3 não ocorreu com tanta frequência. O facto da mudança do Tipo 2.1 ter aumentado consideravelmente a sua percentagem de ocorrência e a do Tipo 1.3 ter reduzido bastante, faz com que seja mais difícil uma redução global do tempo de mudança, porque a mudança do Tipo 2.1 é considerada mais complicada do que a do Tipo 1.3, ou seja, durante o projeto ocorreram com maior frequência mudanças mais complicadas e que requerem mais tempo de mudança do que estava a ocorrer quando se iniciou o projeto.

7.1.2. Análise e Discussão do Tempo das Mudanças por Máquina

O projeto de melhoria dos tempos de mudança, tal como foi explicado inicialmente, foi destinado às mudanças nas duas máquinas rotativas da empresa, ou seja, às mudanças na FlexT e na Veritas. Assim, considera-se importante verificar a percentagem de tempo que se conseguiu reduzir em cada uma delas. Através da Figura 66, pode verificar-se a redução do tempo para as mudanças realizadas na FlexT e, através da Figura 67, a redução de tempo para as mudanças realizadas na Veritas.



Figura 66 - Valor Médio Inicial na FlexT e a sua Evolução

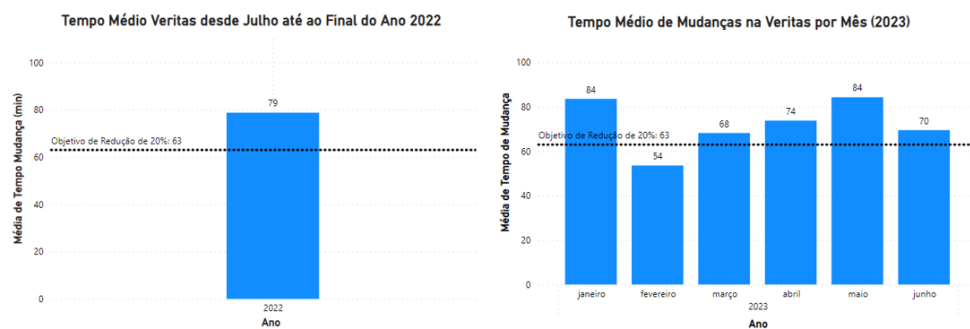


Figura 67 - Valor Médio Inicial na Veritas e a sua Evolução

Através da Figura 66, pode verificar-se que o objetivo na FlexT foi ultrapassado com sucesso, conseguindo-se uma redução de, aproximadamente, 23% no tempo geral das mudanças nesta máquina. Enquanto na Veritas, tal como se verifica na Figura 67, o objetivo não foi alcançado, pois apenas se conseguiu reduzir, aproximadamente, 11%. Esta redução menor na Veritas pode ser justificada por haver menos potencial de melhoria nesta máquina e pelo número de mudanças do Tipo 2.1 e 3.1 terem aumentado, enquanto as do Tipo 1.3 reduziram, o que fez aumentar a dificuldade das mudanças na sua generalidade.

A nível quantitativo, mantendo a estimativa de uma velocidade de 300 garrafas por minuto e que o seu peso é de 200 gramas cada, estima-se que para a FlexT houvesse uma poupança de 6000 garrafas por mudança, o que equivale a 1,2 toneladas de vidro, uma vez que houve uma redução geral de 20 minutos. Enquanto para a Veritas a poupança por mudança seria de 2700 garrafas, o que equivale a 0,54 toneladas de vidro, uma vez que a redução geral foi de 9 minutos.

Apesar de se pretender reduzir os tempos de mudanças em ambas as máquinas, é positivo que a melhor redução tenha sido efetuada na FlexT, pois no futuro as Veritas serão substituídas por FlexT, tornando estas máquinas a prioridade da empresa.

7.1.3. Análise e Discussão do Tempo de Mudança por Tipo

A análise que se segue é a redução que se conseguiu obter para cada um dos tipos de mudanças que se tinha verificado inicialmente, como os que ocorriam com maior frequência, e que foram o foco do projeto (Tipo 1.3, 1.4 e 2.1), pois nesta forma de análise é possível verificar mais precisamente se houve uma melhoria ou não, pois são analisadas mudanças do mesmo tipo, ou seja, de dificuldade semelhante. Além disso, é também analisada a melhoria de tempo para a mudança do Tipo 3.1, uma vez que teve um aumento significativo no número de mudanças e no final do projeto era o terceiro tipo com mais mudanças realizadas. Esta análise de tempos pode ser observada para cada um dos tipos de mudança referidos através da Figura 68, Figura 69, Figura 70 e Figura 71.

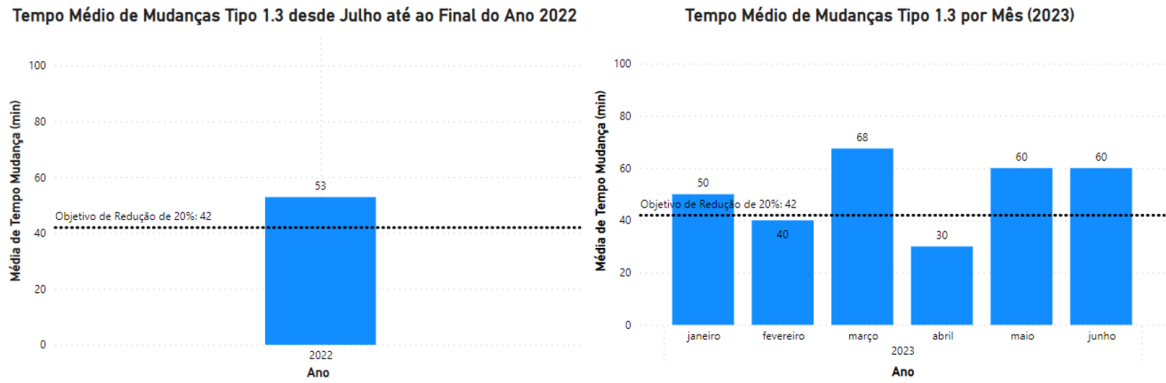


Figura 68 - Tempo Médio da Mudança Tipo 1.3 Antes do Projeto e a sua Evolução

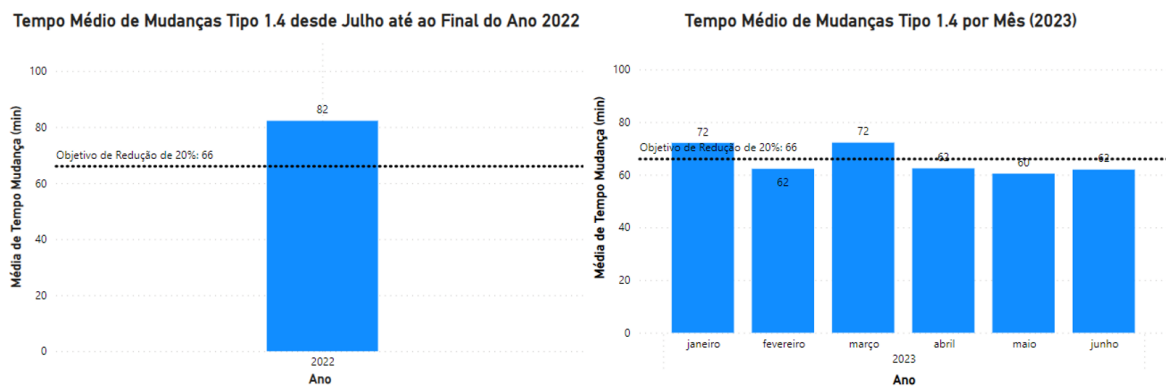


Figura 69 - Tempo Médio da Mudança Tipo 1.4 Antes do Projeto e a sua Evolução



Figura 70 - Tempo Médio da Mudança Tipo 2.1 Antes do Projeto e a sua Evolução



Figura 71 - Tempo Médio da Mudança Tipo 3.1 Antes do Projeto e a sua Evolução

Relativamente à mudança do Tipo 1.3, não se conseguiu obter qualquer melhoria do tempo, pelo contrário aumentou o tempo médio das mudanças. Isto pode ser justificado pelo facto de ter havido poucas mudanças deste tipo, como foi o caso dos dados de junho de 2023, onde ocorreram apenas 2 mudanças, ou seja, ao ter poucas mudanças basta uma correr mal que a média já vai ser superior ao previsto.

As mudanças do Tipo 1.4 foram classificadas inicialmente como as mais importantes e atingiu-se uma redução de, aproximadamente, 24%, o que é um resultado muito positivo visto que se mantém como um dos tipos de mudança mais frequentes. Para este tipo de mudança, colocaram-se os resultados fixados na oficina das Mias e acredita-se que o facto de os afinadores estarem a par dos seus resultados, e não quererem desempenhar pior tempo do que estava determinado, fez com que se conseguisse uma redução mais estável ao longo do tempo. A redução no mês de junho de 2023 podia ter sido superior, mas devido a duas mudanças no mesmo dia em que os afinadores demoraram 105 minutos cada um, fez com que a média subisse consideravelmente neste último mês. Este é um dos casos em que, devido a um dia mais complicado nas mudanças, os resultados podem ser consideravelmente alterados o que faz com que se tenha de ir acompanhando os resultados frequentemente para verificar estes casos e tentar perceber o porquê de terem ocorrido e como se pode evitar que se voltem a repetir.

Nas mudanças do Tipo 2.1 também se conseguiu alcançar um resultado bastante positivo, uma vez que se conseguiu reduzir, aproximadamente, 24% do tempo de mudanças determinado inicialmente. Esta redução também foi bastante importante visto que durante o projeto foi uma das mudanças que ocorreu com maior frequência. Para este tipo de mudança, uma vez que tem de haver troca de ferramenta, é fundamental a boa preparação no dia

anterior, algo que foi trabalhado ao longo do projeto com as auditorias à preparação da ferramenta.

Decidiu-se colocar na tese também a redução de tempo nas mudanças do Tipo 3.1, pois teve um grande incremento na sua frequência de ocorrência e atingir uma redução de, aproximadamente, 24% foi, sem dúvida, fundamental para a redução geral do tempo das mudanças.

7.2. Análise e Discussão das Amostras Não Rejeitadas

Um dos fatores que se considerou essencial, além da melhoria dos tempos de mudança, foi garantir que os afinadores continuavam a realizar uma boa afinação. Este controlo foi realizado através dos dados fornecidos por um elemento do departamento do controlo de qualidade que todos os dias passa as amostras no final da tarde e regista se estão todas a ser rejeitadas ou não. O número de amostras não rejeitadas por mudança foi sendo acompanhada através do software PowerBI, diariamente, e os resultados percentuais foram acompanhados através de um ficheiro Excel numa pasta partilhada. Para efetuar a comparação, pode observar-se a percentagem de amostras não rejeitadas antes do projeto na Tabela 8 e no final do projeto na Tabela 9.

Tabela 8 - Análise das Amostras Não Rejeitadas no Ano 2022

Máquina	Amostras Totais	Amostras Não Rejeitadas	Percentagem (%)
Veritas	1602	28	1,75
FlexT	3660	124	3,39
Total	5262	152	2,89

Tabela 9 - Análise das Amostras Não Rejeitadas no Ano 2023

Máquina	Amostras Totais	Amostras Não Rejeitadas	Percentagem (%)
Veritas	1783	27	1,51
FlexT	3470	107	3,08
Total	5253	134	2,55

Através das duas tabelas apresentadas pode verificar-se que, mesmo com melhoria do tempo das mudanças, a percentagem de amostras não rejeitadas em ambas as máquinas não foi comprometida. Assim, conseguiu-se alcançar um dos objetivos do projeto, ou seja, melhorar o tempo das mudanças sem comprometer a sua qualidade.

7.3. Análise e Discussão da Evolução dos Afinadores

A análise seguinte consiste em verificar a evolução que os afinadores tiveram desde o início do projeto até ao final. Para realizar esta análise, dividiram-se os afinadores em dois grupos: afinadores com mais de 10 anos de experiência e afinadores com menos de 10 anos de experiência. A análise de evolução consiste em analisar 2 parâmetros, a evolução ao nível do tempo de mudança e ao nível de amostras não rejeitadas.

7.3.1. Análise e Discussão da Evolução dos Afinadores Mais Experientes

A primeira análise à evolução dos afinadores foi realizada aos afinadores que têm mais de 10 anos de experiência. Assim, os afinadores que estão neste grupo são os Afinadores A, B, C, D e E.

Relativamente à evolução do tempo de mudança, esta pode ser observada através da Figura 72.

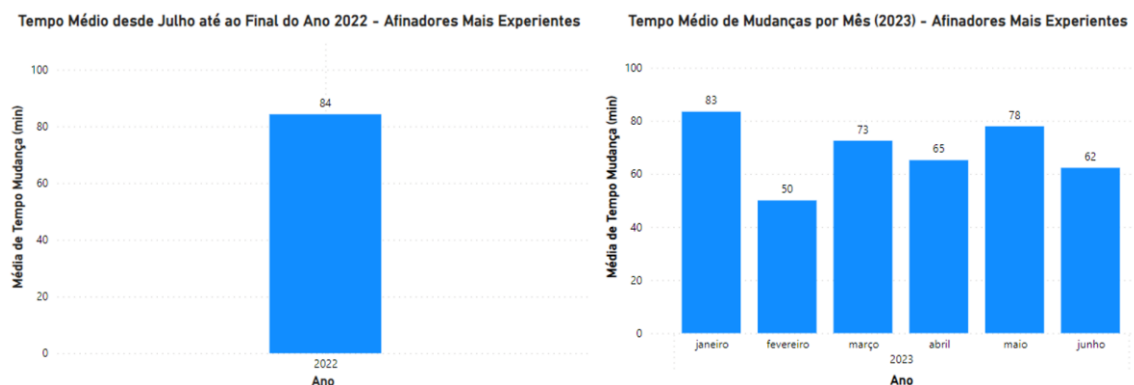


Figura 72 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças dos Afinadores Mais Experientes

Através dos gráficos da Figura 72, pode verificar-se que os afinadores mais experientes conseguiram uma boa evolução, sendo que o seu tempo médio geral diminuiu,

aproximadamente, 26% o que é uma redução significativa. Embora não seja visível pelos gráficos apresentados, todos os afinadores mais experientes apresentaram uma redução do seu tempo geral nas mudanças.

Relativamente à percentagem de amostras não rejeitadas, os resultados da evolução podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 - Evolução do Número de Amostras Não Rejeitadas - Afinadores Mais Experientes

Ano	Amostras Totais	Amostras Não Rejeitadas	Percentagem (%)
2022	2806	75	2,67
2023	2893	68	2,35

Na Tabela 10, é possível verificar que, mesmo com a elevada melhoria do tempo de mudança, a qualidade da afinação não foi comprometida, pois a percentagem de amostras não rejeitadas não aumentou comparativamente com o início do projeto.

7.3.2. Análise e Discussão da Evolução dos Afinadores Menos Experientes

A segunda análise à evolução dos afinadores foi realizada aos afinadores que têm menos de 10 anos de experiência. Para esta análise são tidos em conta os Afinadores F, G, H e I.

Os afinadores menos experientes, ao contrário dos mais experientes em que a melhoria foi geral, apresentaram evoluções completamente distintas o que fez com que houvesse a necessidade de prestar a devida atenção a este grupo. Assim, optou-se por realizar, além da análise geral, uma análise individual a cada um dos afinadores, à exceção do Afinador I, pois este apenas realizou mudanças em janeiro de 2023.

7.3.2.1. Análise Geral da Evolução dos Afinadores Menos Experientes

Os valores da evolução do tempo geral de mudança e da percentagem de amostras não rejeitadas podem ser observados na Figura 73 e na Tabela 11, respetivamente.

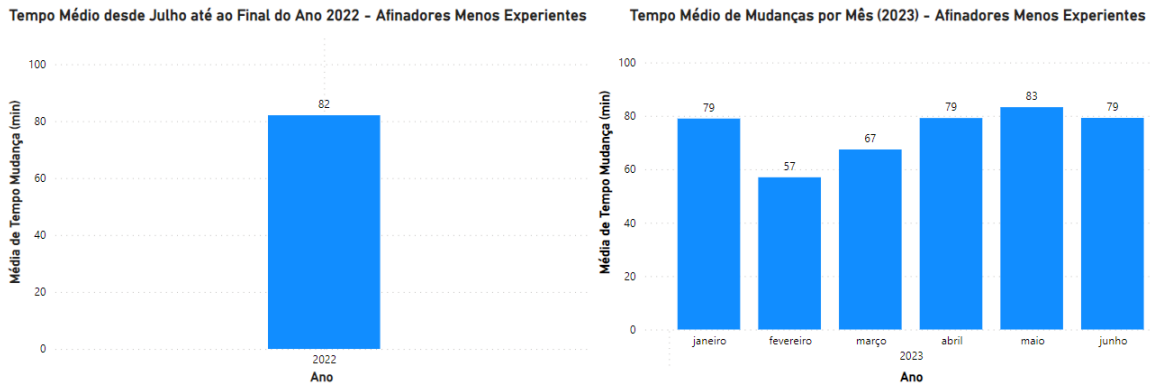


Figura 73 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças dos Afinadores Menos Experientes

Tabela 11 - Evolução do Número de Amostras Não Rejeitadas - Afinadores Menos Experientes

Ano	Amostras Totais	Amostras Não Rejeitadas	Percentagem (%)
2022	2456	77	2,89
2023	2360	66	2,80

Através da Figura 73, pode verificar-se que o tempo de mudança diminuiu apenas ligeiramente, ou seja, os resultados obtidos não foram os esperados uma vez que ao serem menos experientes deveriam ter um potencial de melhoria alto e os seus valores deviam de se ir aproximando dos valores dos afinadores mais experientes. O aspeto positivo é que, tal como demonstra a Tabela 11, a percentagem de amostras não rejeitadas no geral não aumentou, ou seja, a qualidade das mudanças não foi comprometida.

7.3.2.2. Análise da Evolução do Afinador F

O primeiro afinador a ser analisado é o Afinador F, que é o mais experiente deste grupo, sendo que se esperaria que já tivesse uma prestação mais aproximada à dos mais experientes. Os seus resultados da evolução do tempo de mudança podem ser observados na Figura 74 e da percentagem de amostras não rejeitadas através da Tabela 12.

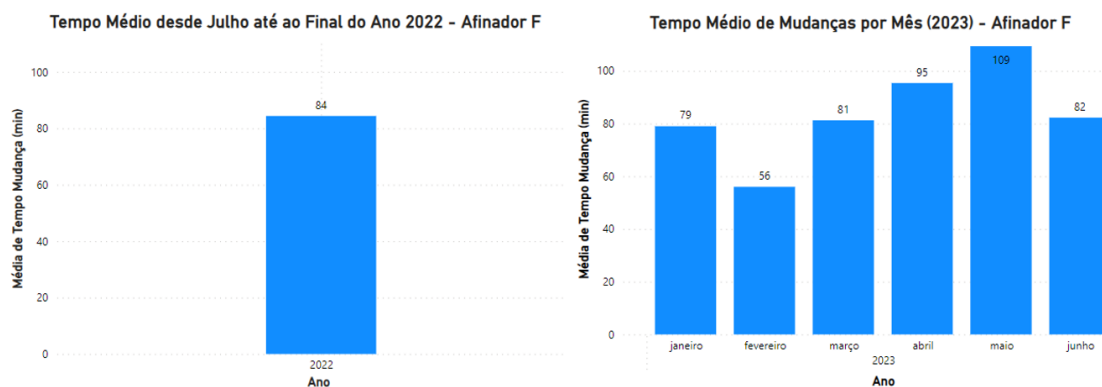


Figura 74 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças do Afinador F

Tabela 12 - Evolução da Percentagem de Amostras Não Rejeitadas do Afinador F

Ano	Amostras Totais	Amostras Não Rejeitadas	Percentagem (%)
2022	690	17	2,46
2023	720	24	3,33

Através da Figura 74, é possível verificar que apesar de ter havido uma ligeira redução no último mês, a verdade é que o Afinador F ficou aquém das expectativas da redução de tempo, principalmente tendo em conta que já tem alguns anos de experiência e seria de esperar que se estivesse a aproximar rapidamente dos valores dos afinadores mais experientes. Além disso, a percentagem de amostras não rejeitadas também aumentou desde o início do projeto, tal como se pode observar na Tabela 12. Estes aspetos levaram a que se tivesse uma conversa com o afinador para tentar perceber se havia algo que o incomodava, já que o seu principal problema é a falta de concentração, que faz com que leve material errado para as mudanças e cometa alguns erros que poderiam ser evitados se tivesse mais concentrado, pois segundo o seu chefe é um bom afinador, mas que tem alguma falta de atenção na preparação e execução das mudanças.

7.3.2.3. Análise da Evolução do Afinador G

Relativamente ao Afinador G, tinha sido verificado anteriormente que este apresentava tempos de mudança relativamente bons, mas que apresentava um elevado nível de amostras não rejeitadas, sendo que deveria melhorar também nesse aspeto. Através da Figura 75, é possível verificar a sua evolução a nível do tempo geral das mudanças e através da Tabela 13 a evolução da percentagem de amostras não rejeitadas.

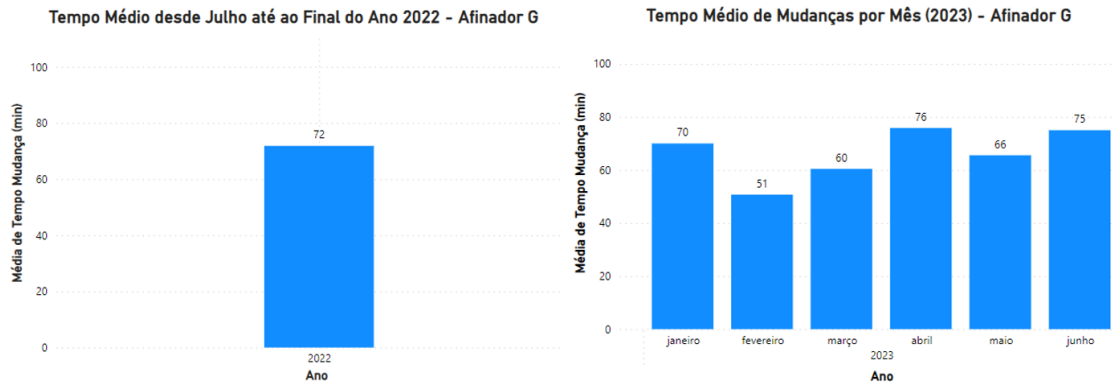


Figura 75 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças do Afinação G

Tabela 13 - Evolução da Percentagem de Amostras Não Rejeitadas do Afinação G

Ano	Amostras Totais	Amostras Não Rejeitadas	Percentagem (%)
2022	797	25	3,14
2023	806	28	3,47

O Afinação G, tal como o Afinação F, não apresentou melhorias nem a nível de tempo de mudança nem a nível de percentagem de amostras não rejeitadas, tal como se verifica na Figura 75 e Tabela 13, sendo que estes foram os únicos afinadores que durante o projeto não apresentaram nenhuma melhoria. Relativamente ao Afinação G, os tempos de mudanças que se tinham analisado inicialmente não eram negativos, tendo em conta que era um dos afinadores mais novos, no entanto era de esperar que houvesse uma melhoria a nível de tempo de mudança e a nível das amostras não rejeitadas. Este afinador não demonstrou muito interesse em melhorar durante o projeto, o que demonstra que deverá ser criado no futuro um método que faça com que os afinadores entendam que se a empresa pretende que haja uma melhoria eles têm de se esforçar para a conseguirem alcançar.

7.3.2.4. Análise da Evolução do Afinação H

O último afinador do grupo com menos experiência é o Afinação H e foi o que apresentou uma melhoria tanto a nível de tempo de mudança como a nível da percentagem de amostras não rejeitadas, tal como se pode observar na Figura 76 e na Tabela 14, respetivamente.

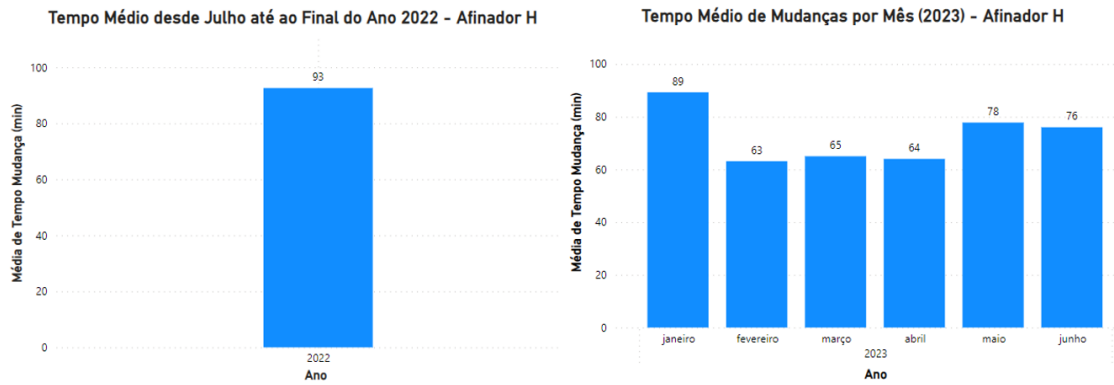


Figura 76 - Evolução do Tempo Geral das Mudanças do Afinador H

Tabela 14 - Evolução da Percentagem de Amostras Não Rejeitadas do Afinador H

Ano	Amostras Totais	Amostras Não Rejeitadas	Percentagem (%)
2022	584	17	2,91
2023	818	12	1,47

Através da Figura 76 e da Tabela 14 é possível comprovar que o Afinador H conseguiu ter uma boa evolução tanto a nível de tempo de mudança como de amostras não rejeitadas, sendo que este afinador representa aquilo que se pretendia verificar também nos outros dois afinadores com menos experiência que foram analisados.

Assim, após analisar cada um dos afinadores mais novos, pode verificar-se que ainda existe uma grande margem de melhoria, pois ao conseguir melhorar o desempenho destes afinadores para resultados ainda mais próximos dos mais experientes, ter-se-ia conseguido atingir o objetivo de redução de 20% no tempo geral das mudanças.

7.4. Análise e Discussão do Impacto das Melhorias Implementadas

De forma a analisar o impacto que cada uma das ações de melhoria implementadas teve na obtenção dos resultados apresentados, foram construídas tabelas para cada máquina em que ocorreram as mudanças, estando os valores apresentados em percentagem para que se tenha uma melhor perceção do impacto de cada melhoria.

Cada uma das tabelas criadas é constituída por cinco colunas, em que a primeira indica a ação de melhoria que foi implementada, a segunda indica o tempo que se estima que tenha sido poupado numa mudança em que esta ação de melhoria foi aplicada, a coluna seguinte indica a percentagem de tempo poupado tendo em conta a média geral das mudanças dessa máquina, a quarta coluna indica a percentagem estimada de mudanças em que a ação de melhoria tenha sido aplicada e, por fim, o valor percentual que se estimou que a ação de melhoria tenha influenciado na diminuição do tempo geral das mudanças.

Relativamente à máquina FlexT, através da Tabela 15, pode observar-se a estimativa de tempo poupado, em percentagem, por cada uma das ações de melhoria implementadas.

Tabela 15 - Impacto das Ações de Melhoria nas Mudanças de Ferramenta na FlexT

Ação de Melhoria	Poupança (min)	Poupança na Mudança (%)	Ocorrência (%)	Poupança Geral (%)
Eliminação das paragens para lanche durante as mudanças	20 min	23%	14%	3%
Aquisição de material para as mudanças	8 min	9%	14%	1%
Re-etiquetar canais das máquinas	6 min	7%	100%	7%
Auditorias à Preparação de Ferramenta para o dia seguinte	10 min	11%	36%	4%
Padronização das máquinas	2 min	2%	31%	1%
Colocar dentes de ferramenta na altura correta antes da mudança (Tipo 2.2)	9 min	10%	28%	3%
Definir e afixar objetivos de tempos de mudança (Tipo 1.4)	4 min	5%	59%	3%
Formação dos afinadores	1 min	1%	100%	1%
			Total	23%

Das ações de melhoria implementadas e apresentadas na Tabela 15, as ações de formação e de afixação dos resultados das mudanças de ferramenta, indicando se os afinadores estavam dentro ou fora do objetivo pretendido, são as duas ações de carácter qualitativo, o que fez com que fosse atribuído a estas ações a percentagem de melhoria que restava para a obtenção do valor de melhoria total. Relativamente às restantes ações de melhoria destaca-se a ação de re-etiquetar os cabos das máquinas e as auditorias realizadas na preparação de ferramenta,

uma vez que foram as que mais se destacaram na redução do tempo geral das mudanças de ferramentas nesta máquina.

Relativamente à máquina Veritas, através da Tabela 16, pode observar-se a estimativa de tempo poupado, em percentagem, por cada uma das ações de melhoria implementadas.

Tabela 16 - Impacto das Ações de Melhoria nas Mudanças de Ferramenta na Veritas

Ação de Melhoria	Poupança (min)	Poupança (%)	Ocorrência (%)	Poupança Geral (%)
Eliminação das paragens para lanche durante as mudanças	20 min	25%	11%	3%
Aquisição de material para as mudanças	8 min	10%	22%	2%
Auditorias à Preparação de Ferramenta para o dia seguinte	9 min	11%	33%	4%
Formação dos afinadores + Padronização das máquinas	1,5 min	2%	100%	2%
			Total	11%

No caso das ações de melhoria aplicadas para as mudanças na Veritas, apresentadas na Tabela 16, optou-se por juntar as ações de formação dos afinadores e de padronização das máquinas, já que se tinham apenas efetuado ações de melhoria numa das máquinas e não se consegue fazer uma estimativa precisa do tempo de mudança poupado por esta ação. Assim, uma vez que a ação de formação dos afinadores é de caráter qualitativo, o que dificulta a estimativa do impacto no tempo poupado, optou-se por uni-las, uma vez que se estima que as duas ações juntas tenham contribuído cerca de 2% para os resultados apresentados. Relativamente às restantes ações de melhoria, destacam-se as auditorias à preparação de ferramenta como a ação mais importante para a redução de tempo nas mudanças realizadas na Veritas.

O presente projeto originou a submissão de um artigo na *10th International Conference on Manufacturing and Industrial Technologies (ICMIT 2024)*, cujo *abstract* se encontra no Anexo K – *Abstract* do Artigo Submetido na *10th International Conference on Manufacturing and Industrial Technologies (ICMIT 2024)*.

8. Conclusões e Trabalhos Futuros

8.1. Conclusões

Este projeto teve como objetivo a redução de 20% do tempo médio das mudanças de ferramenta, sem que fosse afetada a qualidade com que as mudanças eram realizadas. No final deste projeto, pode concluir-se que o resultado obtido é muito positivo, pois apesar de não se ter conseguido atingir a redução de 20% ambicionada pela empresa, conseguiu-se uma redução média de 15 minutos, o que equivale a 18% do tempo médio de todas as mudanças (sem manutenção). Esta redução de tempo, no caso de a Zona Quente conseguir aumentar o ritmo tal como pretendido, faz com que haja uma poupança geral por mudança de 4500 garrafas, o que equivale a 0,9 toneladas de vidro, sendo que para estes cálculos se assumiu uma velocidade de 300 garrafas por minuto com um peso de 200 gramas cada. Ao analisar a poupança de tempo geral por máquina verificamos que para as mudanças da FlexT se conseguiu reduzir 23% no tempo geral, enquanto na Veritas apenas se conseguiu reduzir 11%, o que acaba por ser positivo uma vez que as Veritas vão ser substituídas sucessivamente por FlexT, tornando estas máquinas a prioridade da empresa. Com estas melhorias por máquina estima-se que na FlexT a poupança por mudança seria de 6000 garrafas, o que equivale a 1,2 toneladas de vidro, enquanto para a Veritas a poupança por mudança seria de 2700 garrafas, o que equivale a 0,54 toneladas de vidro. Relativamente aos objetivos de redução do tempo de mudanças com foco nas mudanças do Tipo 1.3, 1.4 e 2.1, conclui-se que os objetivos foram alcançados para as mudanças do Tipo 1.4 e 2.1, ficando apenas a mudança do Tipo 1.3 aquém do objetivo.

Tendo-se obtido um bom resultado a nível da redução do tempo de mudança, verificou-se a qualidade das mudanças, visto que esta não poderia ser afetada durante o projeto. Este fator foi controlado ao longo do tempo através do número de amostras não rejeitadas em cada mudança e, no final, ao analisar os dados percentuais verificou-se que a qualidade não tinha sido afetada, pois a percentagem de amostras não rejeitadas manteve-se abaixo dos valores obtidos antes do início do projeto. Assim, esta condicionante do projeto foi concluída com sucesso.

Além dos objetivos principais, ao longo do projeto foram criadas Instruções de Trabalho para que no futuro haja uma padronização das mudanças de ferramenta. Estes ficheiros

foram criados, com auxílio de um afinador experiente, e aprovados pelo chefe dos afinadores, sendo criado também um ficheiro a explicar a afinação das sedas para cada uma das máquinas, uma vez que é uma das etapas mais difíceis das mudanças e tem o intuito de auxiliar os novos elementos do grupo de afinadores durante a sua formação.

Durante este projeto houve diversas dificuldades que condicionaram os resultados obtidos, sendo estas a mentalidade de alguns operadores que apresentaram alguma resistência a algumas das melhorias propostas, a elevada variabilidade do número de amostras que por vezes dificultavam muito a mudança de ferramenta e o facto de, ao haver muitos modelos de garrafas, as mudanças terem um grau de dificuldade muito variável.

8.2. Trabalhos Futuros

Os próximos passos deste projeto deverão ser a continuação da implementação das ações de melhorias, como é o caso das auditorias, para garantir que os procedimentos não deixam de ser cumpridos e não há uma regressão no trabalho efetuado. Outra das etapas a ser efetuada é a implementação das ações de melhoria que não foram aplicadas devido ao material necessário ainda não ter chegado. Além disso, é necessário verificar se as melhorias propostas, e que se encontram em análise, podem ser implementadas e, caso seja para avançar, iniciar a sua implementação.

Outro dos focos de trabalho para o futuro deverá ser a padronização das mudanças de ferramenta, sendo que para isso as Instruções de Trabalho criadas podem ser uma ferramenta essencial. Durante o projeto entraram 3 novos afinadores, sendo que este trabalho de padronização deverá começar por eles. Assim, um dos trabalhos que deve ser iniciado a partir do momento que estes afinadores comecem a aprender a afinar as máquinas FlexT e Veritas, deve ser dar-lhes formação com recursos às Instruções de Trabalho criadas e deve ser verificado se estão realmente a fazê-lo de forma correta, pois será através deles que se pode começar a implementar a padronização e a mentalidade de trabalho padronizado no grupo para os futuros afinadores. A estes afinadores será também importante que lhes seja ensinado a afinar sedas com auxílio dos ficheiros de Instrução de Afinação de Sedas criados, pois irá facilitar a sua aprendizagem e irá criar uma padronização dos canais utilizados para cada tipo de seda.

9. Bibliografia

- [1] Região de Leiria, “Grupo Vidrala investiu 50 milhões de euros na Santos Barosa em quatro anos,” *Região de Leiria*, 2021.
- [2] Vidrala, “Our Identity,” [Online]. Available: <https://www.vidrala.com/en/vidrala/>. [Acedido em 5 outubro 2022].
- [3] Vidrala, [Online]. Available: <https://vidrala.talentclue.com/pt-pt/grupo-vidrala> . [Acedido em 5 outubro 2022].
- [4] Vidrala, “Catálogo Programa Cantera Vidrala,” [Online]. Available: https://www.vidrala.com/default/documentos/1099_es-catalogo_programa_cantera_vidrala.pdf . [Acedido em 6 outubro 2022].
- [5] Vidrala, “Meet Vidrala,” [Online]. Available: <https://www.vidrala.com/en/vidrala/about-us/information/>. [Acedido em 6 outubro 2022].
- [6] Vidrado, “Processos de fabricação do vidro,” 8 dezembro 2010. [Online]. Available: <https://vidrado.com/noticias/artigos/processos-de-fabricacao-do-vidro/>. [Acedido em 7 outubro 2022].
- [7] A. Vidro, “Massfix: Única empresa do mercado que recicla todo tipo de vidro.,” 20 janeiro 2015. [Online]. Available: <https://www.anavidro.com.br/massfix-unica-empresa-do-mercado-que-recicla-todo-tipo-de-vidro/>. [Acedido em 15 fevereiro 2023].
- [8] Albaregiya, “Freepik,” [Online]. Available: https://br.freepik.com/fotos-premium/grande-forno-industrial-fechado-na-fabricacao-de-vidro_18214488.htm. [Acedido em 15 fevereiro 2023].
- [9] Trabalhos Feitos, “Processo de Fabricação do Vidro,” [Online]. Available: <https://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Processo-De-Fabrica%C3%A7%C3%A3o-Do-Vidro/79448686.html>. [Acedido em 8 outubro 2022].
- [10] Wikimedia, “Glass Forming Process Blow-Blow,” 12 abril 2009. [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glass_Forming_Process_Blow-Blow.svg. [Acedido em 8 outubro 2022].
- [11] JV Glass Container Company JSC, “JV Glass Container Company JSC (GCC),” [Online]. Available:

- https://www.thegef.org/sites/default/files/events/4_Glass%20Container%20Company%20%28GCC%29%20NNPB%2015%2005%2017.pdf. [Acedido em 8 outubro 2022].
- [12] Kanch, “NNPB: Less weight - less energy - less environmental impact,” 2015. [Online]. Available: https://www.hey-international.com/press-review?tx_ttnews%5Btt_news%5D=64&cHash=13b41aea6989f6357961cd4ab051a76f. [Acedido em 8 outubro 2022].
- [13] Emhart Glass SA, “Forming Process,” [Online]. Available: https://emhartglass.com/sites/default/files/publications/2020-10/P0002%20-%20Forming%20Process_0.pdf. [Acedido em 8 outubro 2022].
- [14] J. Manoel, “Análise de Processos Fabris na BA Vidro,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [15] Vetropack, “Vetropack launches bottle made from tempered lightweight glass,” 20 setembro 2022. [Online]. Available: <https://www.packaging-gateway.com/news/vetropack-glass-returnable/>. [Acedido em 16 fevereiro 2023].
- [16] Bucher Emhart Glass, “FleXinspect T,” [Online]. Available: <https://emhartglass.com/sites/default/files/publications/2020-10/BR0038RevD%20-%20FleXinspect%20T.pdf>. [Acedido em 16 fevereiro 2023].
- [17] Bucher Emhart Glass, “Technical News Bulletin,” outubro 2017. [Online]. Available: <https://emhartglass.com/sites/default/files/publications/2020-10/TNB261%20-%20Replacement%20Kits%20Available%20for%20Obsolete%20Servostar%20C2%20A%20Veritas%20iM%20Servo%20Amps.pdf>. [Acedido em 16 fevereiro 2023].
- [18] nControl, “O que é RFID?,” [Online]. Available: <https://www.ncontrol.com.pt/o-que-e-rfid.html>. [Acedido em 9 outubro 2022].
- [19] V. Borges, “RFID: O que é e como funciona,” 15 setembro 2022. [Online]. Available: <https://www.grupocpcon.com/rfid-o-que-e-e-como-funciona/>. [Acedido em 9 outubro 2022].
- [20] Supply Chain Magazine, “VIDRALA LOGISTICS DUPLICARÁ A SUA FROTA EM CINCO ANOS,” 8 setembro 2019. [Online]. Available: <https://www.supplychainmagazine.pt/2019/09/08/vidrala-logistics-duplicara-a-sua-frota-em-cinco-anos/>. [Acedido em 16 fevereiro 2023].
- [21] N. Skhmot, “What is Lean?,” 5 agosto 2017. [Online]. Available: <https://theleanway.net/what-is-lean>. [Acedido em 15 outubro 2022].

- [22] Toyota, “TOYOTA PRODUCTION SYSTEM. MAXIMISING PRODUCTION EFFICIENCY THROUGH THE ELIMINATION OF WASTE,” [Online]. Available: <https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/this-is-toyota/toyota-production-system>. [Acedido em 16 outubro 2022].
- [23] D. Kondrasovas, “A “casa” do STP – Sistema Toyota de Produção,” 28 junho 2010. [Online]. Available: <https://davidkond.wordpress.com/2010/06/28/casastp/>. [Acedido em 16 outubro 2022].
- [24] CI&T, “Lean: o que é, qual sua filosofia e como ajuda sua empresa,” 5 novembro 2021. [Online]. Available: <https://ciandt.com/br/pt-br/article/lean-o-que-e-quando-surgiu-e-como-pode-impactar-sua-empresa>. [Acedido em 18 outubro 2022].
- [25] I. Ferreira e P. Novo, *PowerPoint da Unidade Curricular de Gestão da Produção e Logística*, Ano Letivo: 2021/2022.
- [26] Lean Enterprise Institute, “Lean Thinking and Practice,” [Online]. Available: <https://www.lean.org/lexicon-terms/lean-thinking-and-practice/>. [Acedido em 21 outubro 2022].
- [27] Lean Enterprise Institute, “Muda, Mura, Muri,” [Online]. Available: <https://www.lean.org/lexicon-terms/muda-mura-muri/>. [Acedido em 22 outubro 2022].
- [28] Kanbanize, “Os 7 Desperdícios do Lean: Como Otimizar Recursos,” [Online]. Available: <https://kanbanize.com/pt/gestao-lean/valor-desperdicio/7-desperdicios-do-lean> . [Acedido em 29 outubro 2022].
- [29] Vector Solutions, “What Is Standardized Work in Lean Manufacturing?,” 22 agosto 2019. [Online]. Available: <https://www.vectorsolutions.com/resources/blogs/what-is-standardized-work-in-lean-manufacturing/> . [Acedido em 2 novembro 2022].
- [30] Sesa Systems, “Melhore seu desempenho com o Visual Management,” [Online]. Available: <https://www.sesa-systems.pt/gestao-visual>. [Acedido em 5 novembro 2022].
- [31] P. Naydenov, “What Are the Best 10 Lean Tools? Understand their Benefits and Pitfalls,” 10 outubro 2019. [Online]. Available: <https://kanbanize.com/blog/best-lean-tools/>. [Acedido em 31 outubro 2022].
- [32] Purdue University, “Lean Tools and Principles and Their Applications,” 30 junho 2021. [Online]. Available: <https://www.purdue.edu/leansixsigmaonline/blog/lean-tools/>. [Acedido em 7 novembro 2022].

- [33] A. Turcato, “Metodologia 5S: o que é e como aplicar nas empresas?,” [Online]. Available: <https://crmpiperun.com/blog/metodologia-5s/>. [Acedido em 12 novembro 2022].
- [34] AP | PORTUGAL, “Os 9 princípios da metodologia Kaizen,” [Online]. Available: <https://blog.apportugal.com/pt/os-9-principios-da-metodologia-kaizen> . [Acedido em 19 novembro 2022].
- [35] G. Mitoso, “O que é Metodologia Kaizen?,” 28 janeiro 2021. [Online]. Available: <https://8quali.com.br/o-que-e-metodologia-kaizen/> . [Acedido em 19 novembro 2022].
- [36] Kanbanize, “Gemba Walk: Onde o Trabalho Realmente Acontece,” [Online]. Available: <https://kanbanize.com/pt/gestao-lean/melhoria/o-que-e-gemba-walk>. [Acedido em 21 novembro 2022].
- [37] N. Veiga, “Sistema de Gestão da Qualidade de um Laboratório de Ensaios,” Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, 2015.
- [38] Kanbanize, “What Is Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle?,” [Online]. Available: <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-pdca-cycle>. [Acedido em 1 abril 2023].
- [39] Lean Enterprise Institute, “Plan, Do, Check, Act (PDCA),” [Online]. Available: <https://www.lean.org/lexicon-terms/pdca/>. [Acedido em 1 abril 2023].
- [40] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, 1985.
- [41] Mazda, “A Story Behind the Name of “Mazda”,” [Online]. Available: <https://www.mazda.com/en/innovation/mazda-stories/mazda/behind/>. [Acedido em 16 fevereiro 2023].
- [42] Mitsubishi Heavy Industries, “History,” [Online]. Available: <https://www.mhi.com/finance/mr2018/introduction/history.html>. [Acedido em 16 fevereiro 2023].
- [43] Toyota Motor Corporation, “1969,” 04 outubro 2017. [Online]. Available: <https://global.toyota/en/download/18974505/>. [Acedido em 16 fevereiro 2023].
- [44] A. C. Moreira e G. C. S. Pais, *Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation*, 2011.
- [45] Vorne Industries Inc., “SMED (SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIE),” [Online]. Available: <https://www.leanproduction.com/smed/>. [Acedido em 2 janeiro 2023].

- [46] PREDCOD, “HAVE YOU HEARD OF THE 7 PROVEN BENEFITS OF SMED?,” 29 outubro 2021. [Online]. Available: <https://predcod.com/benefits-of-smed/>. [Acedido em 2 janeiro 2023].
- [47] J. Martins, “Abordagem LEAN aplicada aos processos de maquinação na indústria de moldes,” Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, 2014.
- [48] H. Sanches, “Aplicação da Metodologia SMED na Indústria Vidreira,” Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2015.
- [49] R. Santos, “Implementação de Metodologia SMED para Redução dos Tempos de Preparação do Equipamento Simon 350,” Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, 2015.
- [50] F. Pires, “Implementação de ferramentas LEAN numa linha de impressão flexográfica,” Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, 2017.
- [51] F. Henriques, “Desenvolvimento de projetos de melhoria contínua numa empresa de compostos termoplásticos e reticuláveis,” Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, 2021.

Anexos

Anexo A - Resumo das Teses de mestrado e doutoramento consultadas

Nome da Tese	Autor	Data da Tese	Área da Tese	Resultados
Abordagem LEAN aplicada aos processos de maquinação na indústria de moldes [47]	Joana de Sousa Martins (IPL)	Julho de 2014	Indústria de moldes. Empresa: Geocam – Maquinação e Moldes, Lda Aplicou o SMED com intuito de reduzir os tempos de mudança de ferramenta. Para isso, a autora, realizou a padronização do trabalho. Analisou atividades internas que deveriam passar para atividade externas. Otimizou a tarefa de preparação de ferramenta (otimizando e eliminando algumas atividades).	<p>A secção de CNC divide-se em 2 grupos. No primeiro as medidas aplicadas foram as seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Em vez de varrer, a máquina, duas vezes (antes de tirar a peça e quando se realiza a limpeza do interior da máquina), quando possível deve varrer-se apenas 1 vez. - Utilizar a zona junto à máquina destinada, anteriormente, para a colocar apenas as peças que vão entrar na máquina, também para as peças que vão sair (Assim, a peça que sai fica naquela zona até a máquina iniciar o seu funcionamento e só depois é que se transportam). - Aquisição de um sistema automático para otimizar os tempos de desempenamento e centramento da peça a ser otimizada. <p>Estas 3 medidas tinham uma expectativa de reduzir estas etapas, aproximadamente, de 26 minutos para 8 minutos.</p> <p>No segundo grupo de máquinas aplicou-se apenas a seguinte melhoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aquisição de um sistema automático, a fim de otimizar os tempos de desempenamento e centramento da peça a ser otimizada; <p>Esta medida, permitiu uma redução de tempo prevista, aproximadamente, de 14 minutos para 5 minutos.</p> <p>As medidas adotadas, para ambos os grupos, permitiram à autora fazer uma previsão do dinheiro poupado, utilizando os tempos médios de <i>Setup</i> dos registos efetuados, os valores/hora de cada máquina, considerando que o grupo 1 tem 2 <i>Setups</i>/dia e o grupo 2 tem 4 <i>Setups</i>/dia, a poupança é de cerca de 7.000,00€/ano.</p> <p>Também se realizaram melhorias do processo de preparação de ferramentas de</p>

				<p> corte, sendo dividido, este processo em 3 tipos diferentes, consoante o tipo de ferramenta: </p> <ul style="list-style-type: none"> - Fez-se a análise das atividades realizadas e verificou-se que havia um tempo significativamente despendido, na procura de ferramentas, assim como na simulação de possíveis colisões de ferramentas nas peças. - Para a simulação de possíveis colisões de ferramenta, passou-se essa função para os programadores, que a deviam realizar quando faziam a programação CAM, o que fez com que os operadores não tenham de a realizar. - Para eliminar tempo de procura de ferramenta utilizou-se os 5S para fazer uma identificação e reorganização do material, colocando-o de acordo com a frequência de utilização. Assim, foram definidos locais específicos de posicionamento de material para evitar que os colaboradores coloquem o material no local errado. <p> No grupo 1, a preparação de fresa/broca passou de 7min para 4min30seg, a preparação de fresa/broca com alongador, de 16min para 10min e a preparação da roca de 6min para 4min e 30 seg. </p> <p> No grupo 2, não se verificou a procura de ferramenta na preparação de fresas/brocas com alongador ou rocas, nem o controlo de colisões, já que estas são ferramentas pouco utilizadas neste grupo de maquinação. No entanto, a preparação da fresa/broca sem alongador passou de 8 min para 3 min. </p> <p> Além destas, foi também implementada a seguinte melhoria: </p> <ul style="list-style-type: none"> - Foi construída uma padronização da tarefa de preparação das ferramentas de corte para estabelecer um padrão e uniformizar as melhores práticas. <p> Esta permitiu que, o grupo 1, passasse de uma média de tempo de 10min para 6min e o grupo 2 de 6min para 4min. </p> <p> A autora estimou que seria possível poupar cerca de 12.000,00 €/ano. </p>
--	--	--	--	---

				Assim, no total, se todas estas melhorias forem implementadas com sucesso a autora estimou que a organização pouparia 19.000,0€ por ano.
Aplicação da Metodologia SMED na Indústria Vidreira [48]	Hélder Rafael Vidigal Sanches (FEUP) Faculdade de Engenharia Universidade do Porto	2015-01-04	Indústria Vidreira. Empresa: BA Vidros O autor aplicou primeiro a metodologia 5S e, posteriormente, SMED para reduzir o tempo de mudança de ferramenta na empresa BA. O projeto de 5S serviu de preparação para o projeto SMED, ajudando na organização e identificação do material, a fim de introduzir a equipa de mudanças e manutenção aos conceitos da melhoria contínua.	<p>- Criaram-se folhas de registo onde os eletromecânicos têm de preencher: a data da mudança, a referência da embalagem que vai entrar, a hora de início e de fim da mudança mecânica, assim como a hora a que terminaram a afinação dos padrões.</p> <p>- Têm sistema de “monos”, estes são garrafas antigas sem defeitos, que permite passar 5 garrafas sem defeito, de forma a garantir que as MIL não rejeitam garrafas idênticas. Este sistema, permite realizar afinação antes de chegarem as primeiras garrafas;</p> <p>- Redução da percentagem de escoamento (quociente entre garrafas inspecionadas por minuto e garrafas produzidas por minuto). Permite reduzir as micro paragens, encravamentos e desgaste de material, aumentando a eficiência da leitura das máquinas);</p> <p>- Aquisição de centro de máquina e suporte de sabres. Um centro de máquina extra possibilita que a montagem das estrelas seja feita anteriormente à mudança de fabrico. Na altura da mudança, em vez de se fazer a substituição das duas estrelas, faz-se a substituição do centro de máquina com as duas estrelas já fixadas (Tempo Interno → Tempo Externo). Colocar escalas para facilitar o processo de colocação das estrelas e dos sabres, o que fará com que se torne mais evidente, durante o fabrico, a verificação da sua correta aplicação.</p> <p>- Compra e utilização de máquinas de aperto pneumáticas para apertar e desapertar as estrelas de suporte. Utilização de uma ferramenta desenhada especificamente para a remoção do tubo extrator (Redução do tempo na remoção do tubo e no desgaste causado ao mesmo, face ao alicate de grifos utilizado atualmente);</p> <p>Normalização:</p>

				<ul style="list-style-type: none"> - As ajudas visuais colocadas nas máquinas rotativas têm o objetivo de normalizar os defeitos que são rejeitados, em cada posto de inspeção, consistindo em definir para cada posto de inspeção da máquina, quais os defeitos que nestes devem ser inspecionados. Nas ajudas visuais também são especificados os canais que devem ser usados para o controle de espessura. - Quadro para afinação dos padrões nas máquinas rotativas que é preenchido pelo eletromecânico que afinar a máquina durante a mudança de fabrico, onde são disponibilizados os padrões afinados em cada canal. A disponibilidade desta informação é útil quando a máquina de inspeção não rejeita um determinado padrão e este tem de ser novamente afinado; - Fichas onde estão presentes os parâmetros de afinação da máquina e o material que é trocado;
Implementação de Metodologia SMED para Redução dos Tempos de Preparação do Equipamento Simon 350 [49]	Raquel Palos dos Santos (IPL)	Setembro de 2015	<p>Indústria de produção de cartão canelado. Empresa: Europac</p> <p>Objetivo passou por desenvolver a produtividade da máquina integrada <i>Simon 350</i>, para isso o foco passava por reduzir o tempo médio de preparação de encomendas, recorrendo, para atingir esse objetivo, ao SMED.</p>	<p>Além da autora, na sua tese de mestrado, ter poupado algum tempo, na conversão de tarefas internas em tarefas externas, e de apresentar algumas formas aplicadas de simplificação de tarefas externas, o que será explicado, de seguida, são algumas ações aplicadas que permitiram simplificar as tarefas internas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substituiu a atual chave de bocas por uma chave de roquete, esta mudança permitiu agilizar a operação de apertar os parafusos de fixação do molde; - Existiam cinco tipologias de navalhas de escatelar diferentes, no entanto, a sua localização encontrava-se longe da zona onde são utilizadas. Portanto, a autora propôs duas soluções. A primeira passava por alocar uma prateleira para as mesmas, assim como para os respetivos parafusos, para que fiquem mais perto de onde são necessários, com a devida identificação. A alternativa era um kit de mudança de navalhas para que o operador evite fazer tantas movimentações; - Para reduzir o tempo de colocar o molde, a autora, propôs efetuar a gravação de

				<p>uma escala, numa barra do cilindro de fixação do molde, para que não precise de usar uma fita métrica para o posicionar. Esta técnica de colocar uma escala, também foi utilizada, numa etapa, em que se tem de colocar o carimbo no rolo porta-carimbos e que para colocar na zona certa utilizava-se fita métrica, passando a ter uma escala.</p> <p>- Para preparar o entregador, o operário precisa de regular a entrada da prancha, necessitando para isso de usar uma prancha de cartão diretamente para regular a entrada. Em vez disso, a proposta era criar um documento que indicava a altura para cada tipo de prancha e afixar esse mesmo documento no local em que será necessário consultar essa informação.</p>
Implementação de ferramentas <i>LEAN</i> numa linha de impressão flexográfica [50]	Filipe Pires (IPL)	Setembro de 2017	<p>Indústria de cartonagem. Empresa: Cartonarte, Lda.</p> <p>O objetivo deste trabalho é implementar e validar ferramentas <i>Lean</i>, com vista a reduzir o tempo de <i>Setup</i>.</p> <p>O autor, através do recurso ao SMED, aos 5S e à Gestão Visual propôs melhorias à empresa para problemas que observou. Nas soluções validadas apenas são referidas as que se relacionam com o SMED, já que</p>	<p>O autor encontrou 8 problemas que deveriam ser resolvidos. Sendo eles tanto de SMED, como de 5S e Gestão visual. Os problemas de SMED eram os seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planeamento da produção; - Organização entre os operadores; - Operações externas realizadas com máquina parada; - Vegetais (papel que contém o posicionamento de dobras e vincos que o produto final terá) não acompanham o cliché; - Não padronização de ferramentas/consumíveis; <p>Os problemas de 5S e de Gestão Visual eram:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informação visual insuficiente; - Não identificação e demarcação de zonas; - Desorganização de ferramentas de apoio à produção. <p>O autor fez assim um plano de ações que se resumem nas seguintes:</p> <p>Para o SMED:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicação de alguns conceitos da metodologia (classificação e separação de operações de <i>Setup</i>);

			<p>é o foco do meu trabalho. Apesar do autor também mencionar as melhorias de 5S e Gestão Visual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de Folha de Instruções de Trabalho; - Folha de Instrução de Operação e Folha de padronização de trabalho combinado; - Eliminação e otimização de tarefas de <i>Setup</i>. <p>Para o 5S e Gestão visual:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementar quadro de controlo; - Marcação do chão da secção; - Identificação de itens mais importantes e das zonas de trabalho, aquisição e normalização de ferramentas e de consumíveis nas impressoras e organização de algumas ferramentas e acessórios. <p>O autor realça que durante a definição das propostas de plano de ação mencionadas, foi realizada uma consulta, junto dos operadores e do responsável, pela melhoria contínua da fábrica. Além disso, foram ouvidas algumas sugestões dos operadores e apresentadas algumas ideias com o intuito de perceber a receptividade por parte da equipa.</p> <p>De seguida, são apresentadas apenas as propostas de melhoria que foram aceites relacionadas com o SMED:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aquisição de uma nova bancada de preparação de clichés, uma vez que a antiga tinha uma grande deterioração (impacto de alteração não foi avaliado por a mesa não ter chegado a tempo); - Realização de mais tarefas pelo operador do alimentador. Este operador não estava habilitado a realizar todas as tarefas sem supervisão, contudo, existem tarefas onde poderá dar auxílio aos operadores especializados; - Diminuição de erros de impressão, sendo que para isso os novos clichés de impressão devem ter calhas Poka-Yoke (não foi possível avaliar o impacto da melhoria); - A colocação de um carrinho de clichés lavados/usados junto das unidades impressoras, beneficiam os operadores ao eliminar as deslocações ao extremo da
--	--	--	---	--

				<p>linha que, tipicamente, se traduz em quase 50 metros de deslocações;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Padronização de ferramentas/consumíveis, nas unidades impressoras. Todas as impressoras teriam os acessórios e consumíveis utilizados mais recorrentemente, o que permitiu menos deslocações e tempo perdido; - Folha de instruções de trabalho. Com este documento criado, será possível descentralizar o conhecimento, que antes desta alteração era retido pelos trabalhadores mais experientes. <p>Não foi colocada a informação relativa a melhorias de 5S e de Gestão Visual, porque o foco da minha tese é o SMED.</p>
Desenvolvimento de projetos de melhoria contínua numa empresa de compostos termoplásticos e reticuláveis [51]	Filipe Henriques (IPL)	Novembro de 2021	<p>Empresa de compostos termoplásticos e reticuláveis - Cabopol Polymer Compounds.</p> <p>O objetivo passa por aumentar a eficiência e reduzir os custos, recorrendo à metodologia <i>Lean</i>.</p> <p>Os projetos realizados pelo autor foram o desenvolvimento de um modelo de melhoria contínua, processo de padronização de tempos de <i>Setup</i>, a melhoria do tempo de <i>Setup</i> do departamento de produção e,</p>	<p>A paragem para <i>Setup</i>, entre produções de referências diferentes, é a tipologia de interrupção produtiva que mais prejudica a disponibilidade das máquinas da empresa. Os <i>Setups</i> entre produções são constituídos pela limpeza de equipamento, troca de consumíveis e de ferramentas. As milhares de referências produzidas criam uma elevada variabilidade de tempos de <i>Setup</i>, podendo ser diretas, ou seja, não implicam paragem na extrusão, ou implicam paragens de cerca de 15 horas em algumas situações.</p> <p>De modo a conseguir reduzir os tempos de <i>Setup</i> e a melhorar estes processos, o autor implementou 6 tipos de projetos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento e implementação de um modelo de melhoria contínua; - Padronização de <i>Setups</i>; - Projeto SMED na linha nº 8; - Redefinição de tarefas e operações no <i>Setup</i> da linha 8; - Mapeamento e substituição das abraçadeiras com parafusos por apertos manuais; - 5S em diversas áreas. <p>→ No desenvolvimento de um modelo de melhoria contínua, o que foi efetuado foi a criação de um plano de como se deve</p>

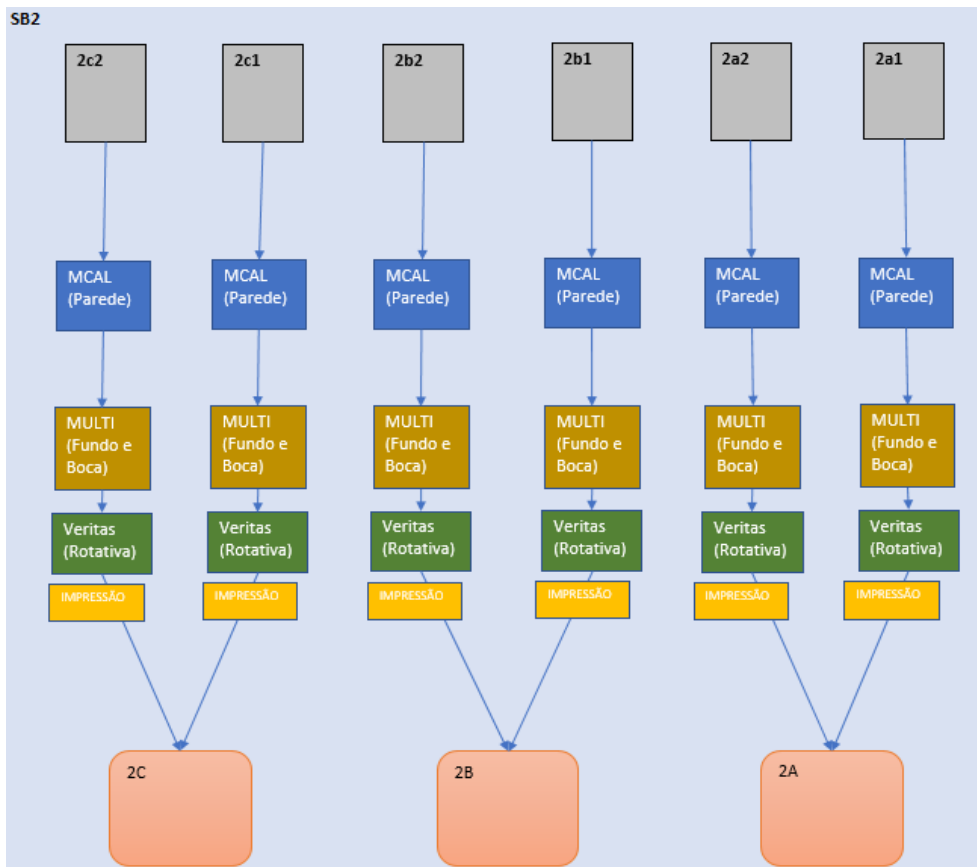
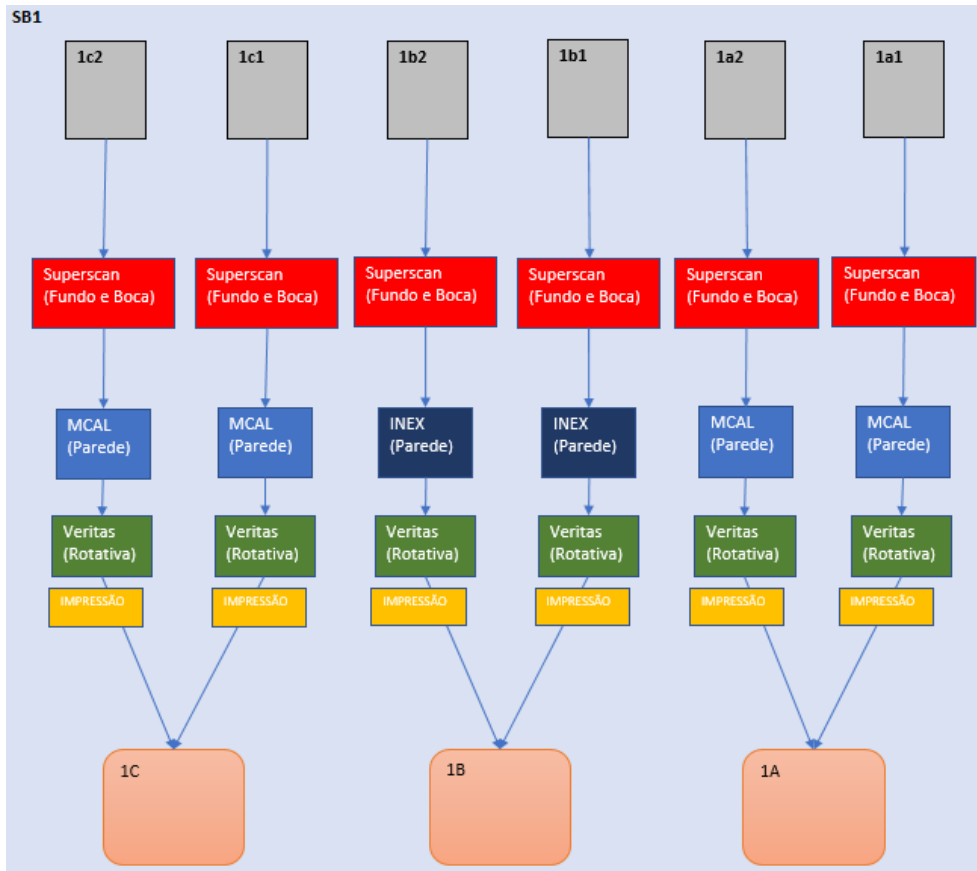
			<p>posteriormente, no departamento de manutenção, um projeto de substituição de abraçadeiras com parafusos por apertos manuais, assim como o projeto 5S.</p>	<p>proceder para elaborar um processo de melhoria contínua. Sendo que neste modelo o processo de melhoria contínua poderia ser iniciado através de um Key Performance Indicator (KPI), fora do objetivo ou por uma proposta de sugestão de melhoria.</p> <p>→ O processo de padronização de tempos de Setup iniciou-se com a realização de um <i>Brainstorm</i> com os elementos da direção da produção, de modo a obter todas as possíveis combinações de <i>Setups</i>, assim como as suas condicionantes que fazem variar o tempo destes. Como as linhas são diferentes, foi necessário fazer uma análise individual para cada uma delas. Foram identificadas as condicionantes que influenciam os tempos de <i>Setup</i> e todos os equipamentos que necessitam de limpeza, em cada uma das linhas. Após esta etapa, obteve-se os tempos médios de <i>Setup</i>, obtendo assim os tempos médios de execução de acordo com o tipo de limpeza. Os resultados obtidos permitiram que as chefias do departamento de produção tivessem uma métrica para avaliar o desempenho dos <i>Setups</i>/operadores. Como agora existe um documento com todos os tipos de limpeza é possível evitar as questões recorrentes de que equipamentos é necessário limpar e permite reduzir o tamanho da instrução de trabalho. Além disto, ainda permitiram ao departamento de planeamento projetar com maior precisão o tempo de produção de cada lote, sendo possível delinear os prazos de entrega ao cliente com maior rigor.</p> <p>→ No projeto “Melhoria do tempo de Setup: mudanças cor preta para cor branca ou natural” iniciou-se com a avaliação do procedimento efetuado. Após observar o procedimento efetuado, foi estudado o impacto da troca de produção, para que esta possa ser realizada por dois técnicos em vez de um, como acontecia até ao momento. Para isto, foi criada uma</p>
--	--	--	--	---

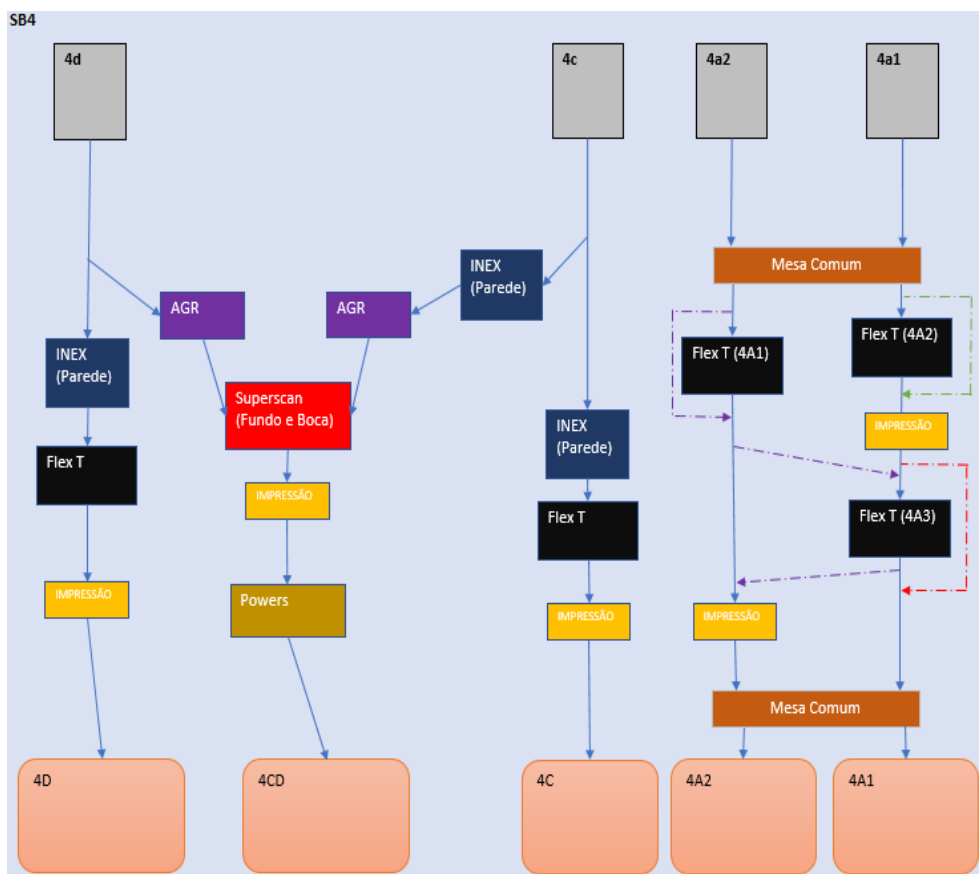
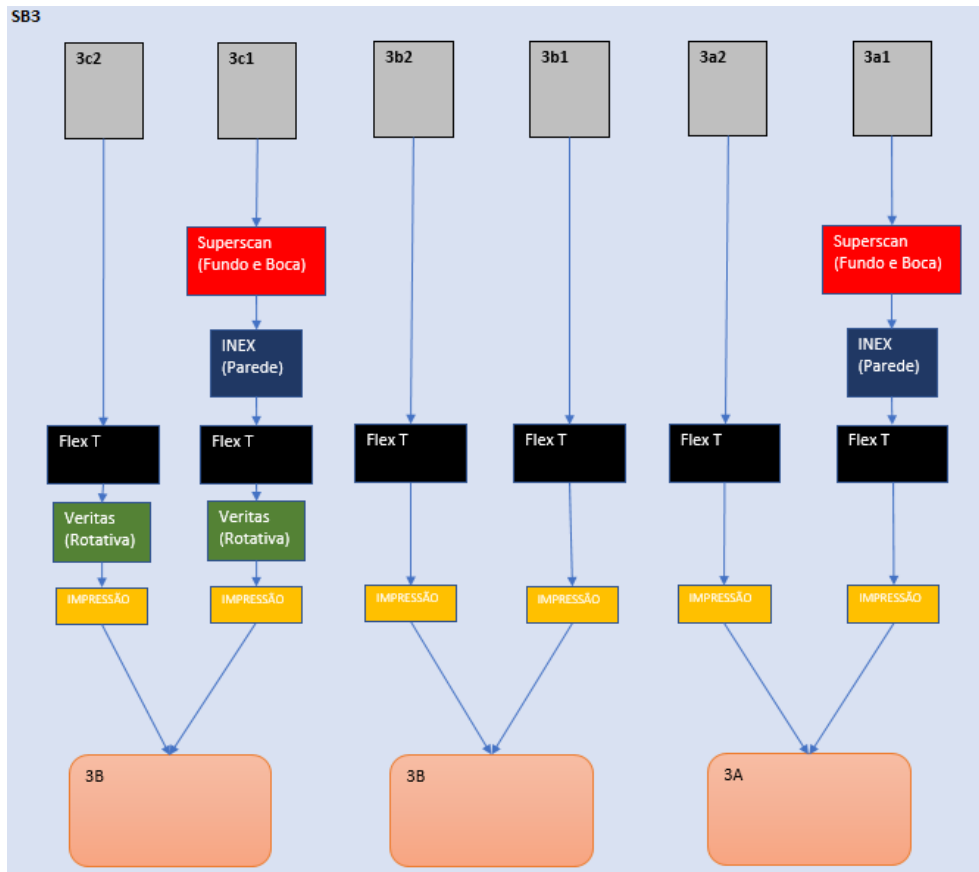
				<p>instrução de trabalho para auxiliar os técnicos e foi dada uma breve formação para os preparar e para explicar quais eram os objetivos que se pretendiam. Esta medida permitiu reduzir em 55% o tempo existente entre produções sem qualquer custo adicional. Isto permitiu que o departamento “gargalo” do <i>Setup</i> deixa-se de ser o departamento da produção e passasse a ser o departamento da manutenção.</p> <p>→ O projeto “Melhoria do tempo de Setup no departamento de manutenção” surgiu, uma vez que, através do projeto anterior a manutenção é que passou a ser o departamento gargalo. Para melhorar este departamento recorreu-se ao SMED. Assim, o projeto iniciou após se reunir a equipa, já que é necessário explicar a intervenção, realizando uma formação para que todos os trabalhadores estejam em sintonia e participem, de forma mais ativa. Posto isto, verificaram-se os tempos que os técnicos de manutenção despendiam, no apoio à produção, na execução do <i>Setup</i> na troca de referência. Utilizando a captação, por vídeo, para recolher os tempos e decompor as tarefas efetuadas.</p> <p>No fim desta fase 0 do SMED, iniciou-se a identificação e conversão de tarefas internas em externas e a verificação de etapas que podiam ser eliminadas. Foi identificado que 16,9% do tempo era de etapas que poderiam ser eliminadas, o que permite que haja uma redução imediata de 16,9% do tempo total de intervenção, o que corresponde a cerca de 22,5 minutos. Outra ação foi delegar tarefas a um colaborador, que esperava que a manutenção efetua-se a intervenção, realizando assim trabalho que era realizado também pela manutenção, permitindo uma redução de 6,9% do tempo. O autor também realizou um levantamento de algumas sugestões de alternativas ao procedimento atual que permitissem aumentar a sua eficiência.</p>
--	--	--	--	--

				<p>Foram ainda realizadas melhorias adicionais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Suportes para tubagem da água e extração de gases que permitiram eliminar a tubagem espalhada no chão, aumentando a velocidade de deslocação entre equipamentos e a limpeza; - Uniformização dos parafusos das abraçadeiras das tubagens da água e de extração de gases, isto iria permitir eliminar indecisão de ferramenta a usar, uniformizando os parafusos, passando a ser apenas necessário a utilização de uma ferramenta. Não foi possível efetuar isto para todos os parafusos devido às condições a que são expostos, assim foi colocada uma etiqueta com a identificação da ferramenta a utilizar, junto ao local de trabalho. - Reposicionamento da mangueira de ar-comprimido e acoplamento de pistola de ar-comprimido. Colocou-se a mangueira de ar comprimido, junto à zona do câmbio de filtros (local de maior utilização da mesma) e acrescentou-se uma pistola de ar-comprimido à mangueira. Isto permitiu uma limpeza mais rápida do equipamento e evitou o desgaste da mangueira, já que esta deixou de estar vincada. - Reposicionamento da bomba hidráulica do câmbio de filtros para um local em que desempenham menos tarefas, aumentando a área de trabalho e facilitando a limpeza; - Utilização de manguitos térmicos para o operador efetuar a limpeza com maior segurança, assim a intervenção é mais rápida e existe menos risco de ocorrência de acidente; - Carro de ferramentas exclusivo para a linha 8, permitindo levar o material todo da mudança, evitando o deslocamento à bancada e como é exclusivo daquela linha evita a procura de material por outras linhas quando não estão na bancada. No carrinho apenas foi colocada a ferramenta de maior dimensão; - Suporte para as ferramentas no local de utilização, permite colocar as
--	--	--	--	---

			<p>ferramentas, de menor dimensão, evitando deslocamentos até ao carrinho e permite saber exatamente onde se localiza cada ferramenta. Além disso, reduz o tempo de <i>Setup</i>, pois as ferramentas já estão no seu respetivo local.</p> <p>- Limpeza de crivos e câmbio de filtros com rebarbadora em vez de uma espátula, o que tornou a limpeza mais rápida e com um acabamento final melhorado;</p> <p>- Caixa para parafusos e porcas para que os operadores coloquem os parafusos e porcas retirados durante o <i>Setup</i>, isto permitiu aumentar a organização do <i>Setup</i> e a rapidez de execução do mesmo, pois já não se despendia tempo à procura dos parafusos.</p> <p>Segundo o autor, com todas as melhorias, face ao tempo inicial tendo em conta todas as fases do SMED conseguiu reduzir 46% do tempo.</p> <p>→ Projeto abraçadeiras. As abraçadeiras que fixavam as mangas, que conduzem o material entre os vários equipamentos, eram apertadas por parafusos de diferentes tamanhos, o que implicava vários tipos de chaves e enganos de ferramenta de forma recorrente, para combater este problema, procedeu-se à padronização das abraçadeiras, substituindo as existentes por abraçadeiras de aperto manual o que faz com que sejam mais práticas de aplicar, não sendo necessário nenhuma ferramenta auxiliar e ter um sistema <i>Poka-Yoke</i> que elimina a possibilidade dos operadores se enganarem. Esta melhoria permitiu reduzir o tempo em 61%.</p> <p>Além destas melhorias o autor também realizou um projeto 5S.</p>
--	--	--	---

Anexo B – Mapeamento da Zona Fria








Anexo C – SMED: Estágio Preliminar (FlexT)

Descrição das Etapas	Característica	Operador
Deslocar para o banco anti de ferramentas	
Folhear as monturas e colar as corais	
Deslocar para o banco	
Colocar as monturas, um lado de uma vez	
Etapas para o lado	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Trabalhar o lado a lado e 1/2 de 1/2	
Colocar o lado de trás da máquina	
Sobretudo com um único ponto de trabalho	
Colocar o lado de trás da máquina	
Ajustar o lado de trás e o centro de ferramentas	
Sobretudo com um único ponto de trabalho	
Colocar o lado de trás da máquina	
Ajustar o lado de trás e o centro de ferramentas	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	
Deslocar para o banco de trás da máquina	

Anexo E – SMED: Estágio Preliminar (Veritas)

Descrição das Etapas	Classificação	Operador
Retirou estufa de cima	1	1
Retirou estufa de baixo	1	1
Verificou a temperatura da máquina	1	1
Verificou a temperatura da água para lavar as chaves (4 chaves)	1	1
Escurecer pelas amarras para que estivesse a ser usada	1	1
Ajustar a forma do buraco do parafuso na chapa 1	1	1
Colocar Chapa 1	1	1
Ajustar a forma do buraco do parafuso na chapa 2	1	1
Colocar Chapa 2	1	1
Ir à secção montar os parafusos e cones	1	1
Parar para o Lanche	1	1
Centrar os parafusos para ficarem mais curtos	1	1
Colocar para a máquina	1	1
Colocar a máquina	1	1
Ajustar a forma do buraco do parafuso na chapa 3	1	1
Colocar Chapa 3	1	1
Ajustar a forma do buraco do parafuso na chapa 4	1	1
Colocar Chapa 4	1	1
Montar estufa de cima	1	1
Montar estufa de baixo	1	1
Substituir o calibre	1	1
Colocar cunhas das pedras com altura correta	1	1
Colocar cunhas das espessuras na altura certa	1	1
Affinar canais de espessura	1	1
Ir buscar amostras	1	1
Affinar todos no pedro (5 amostras)	1	1
Affinar todos na base (1 amostra) e a máquina optativa	1	1
Affinar todos de 1 confid (1 amostra)	1	1
Passou as amostras para verificar se a máquina optativa	1	1
Affinar todas verticais (3 amostras)	1	1
Affinar todas horizontais (3 amostras)	1	1

Anexo G – Project Charter

 PROJECT CHARTER 	
VISÃO GERAL DO PROJECTO	
Nome do Projecto	SMED - Zona Fria
Código do Projecto	Link Para o Repositório
Sponsor Principal	Director de Fábrica / Data de Aprovação
Manager do Projecto	Orientador do Projeto na SB Vidros / Data da última Revisão
Membro/Usuário Principal	Marcelo Cardoso / Cliente Final / SB Vidros
INFORMAÇÕES DO PROJECTO	
Business Case	O projeto de SMED será realizado na Zona Fria, mais concretamente, no trabalho efetuado pelos afinadores e tem como data final prevista a última semana de Junho. Este projeto tem como objetivo a redução de 20% dos tempos de mudança de ferramenta realizadas pelos afinadores nas Máquinas de Inspeção Automáticas (FakInspect T e Vertas) e a sua padronização, conseguindo padronizar estes tempos para os valores standard da Vidrala, além disso também se tem de garantir que as alterações realizadas para a obtenção destes resultados não prejudicam a qualidade de afinação das máquinas. Desta forma, o projeto apresentado representa uma elevada importância a nível estratégico, visto que irá permitir à Zona Fria ter os tempos de mudança de ferramenta adequados para acompanhar a Zona Quente, o que representa um processo crítico para o negócio da empresa, uma vez que caso não seja cumprido reflecte-se em obra que vai diretamente para casa.
Descrição	O projeto SMED realizado na Zona Fria, mais concretamente, nas mudanças de ferramenta realizadas pelos afinadores, tem como objetivo reduzir o seu tempo em 20%, sem prejudicar a qualidade com que são executadas. De modo a obter a redução de tempo prevista, serão aplicadas algumas medidas que têm por base os princípios Lean, a metodologia SMED e a padronização do trabalho para otimizar o processo de mudança de ferramentas. Assim, através da observação do trabalho realizado durante as mudanças de ferramenta e, de seguida, a aplicação de medidas de melhoria contínua, o objetivo é atingir uma redução de 20% do tempo médio de mudança de ferramenta, tendo por base a média de tempo utilizada na data inicial deste projeto. O foco inicial do projeto será as mudanças do Tipo 1.3, 1.4 e 2.1, uma vez que são as mudanças que ocorrem com maior frequência. As mudanças do Tipo 1.3 (realizada na Vertas) e Tipo 1.4 (realizada na FakInspect T) consistem em mudanças em que a garrafa do novo modelo é muito parecida com a do modelo anterior, o que permite que a estrela usada seja a mesma e sejam feitos apenas ajustes posicionais. A mudança do Tipo 2.1 (realizada na Vertas) implica troca de ferramentas com ajustes de ancore, calibre, campânula, VMA e LAM.
Âmbito	Mudanças de Ferramenta do Tipo: 1.3, 1.4 e 2.1 / Fora de Âmbito / Mudanças de Ferramenta do Tipo: 1.1, 1.2, 2.2, 3.1 e 3.2
Requisitos	Os requisitos necessários para este projeto são uma equipa informada do processo que está a ser realizado, formação dos operários que realizam esta função e aquisição de mais material de trabalho.
Objectivos	Redução de 20% do tempo médio de mudança de ferramenta nas máquinas de inspeção automáticas, especificamente nas FakInspect T e Vertas. Não prejudicar a qualidade das mudanças.
Indicadores Principais	Redução do tempo de médio de mudança de ferramenta / Critério de sucesso / ≥ 20% Não aumentar a percentagem de amostras não rejeitadas / 0%
Indicadores	Tipo de Mudança 1.3 (Sem Manutenção) / Tempo Médio: 53 minutos / Tempo Médio < 43 minutos Tipo de Mudança 1.4 (Sem Manutenção) / Tempo Médio: 82 minutos / Tempo Médio < 66 minutos Tipo de Mudança 2.1 (Sem Manutenção) / Tempo Médio: 93 minutos / Tempo Médio < 75 minutos
INFORMAÇÃO DOS STAKEHOLDERS	
Stakeholders Principais	Director de Fábrica / Equipa do Projecto / Marcelo Cardoso Chefe de Produção / Orientador do Projeto na SB Vidros / Chefe da oficina Mias / Sub-Chefe da oficina Mias / Afinadores do dia (A,B,C,D,E,F,G,H,I)
PRINCIPAIS RISCOS	
Área	Descrição
Zona Fria	Mudança de estrutura da equipa operacional
Zona Fria	Resistência dos operadores às mudanças propostas
Zona Fria	Aumento do número de amostras para afinar durante a mudança
TIMELINE	
	
COMPROMISSO DO SPONSOR	
ASSINATURA	
Sponsor Principal	Manager do Projecto
Nome:	Nome:
Data:	Data:

Anexo H – *Checklists* de Verificação da Preparação de Ferramenta

Checklist de Verificação para a FlexT



Verificação Pré-Mudança da FlexT

Linha: _____ Data: _____

Afinador: _____



	Verificou?	
	SIM	NÃO
Luzes e vidros do sidewall de cima, baixo e base manchados, riscados ?		
Difusores do plug/calibre partidos, manchados ou riscados?		
Rodas dos rotadores estão gastas ou danificadas ?		
Os rotadores estão todos a amortecer bem?		
As guias estão partidas ou danificadas?		
As correias de saída da máquina estão gastas ou danificadas?		
Os valores dos ganhos das câmaras da base e sidewall estão com valores elevados (acima de 90%)?		
Todos os roletes da estrela da máquina estão a rodar bem e têm proteção de plástico?		
O filtro do ar condicionado está limpo?		
Os carretos da máquina estão gastos ou partidos?		
O tapete da máquina apresenta muito desgaste?		
As chapas da base da máquina estão gastas?		
Existem parafusos moídos na estrela e nos dentes que seja necessário substituir?		
Nas mudanças do tipo 2.2 ou 3.2 foram colocados os dentes da ferramenta na altura correta?		
Outros aspectos relevantes:		

Checklist de Verificação para a Veritas



Verificação Pré-Mudança da Veritas



Linha: _____ Data: _____

Afinador: _____

	Verificou?	
	SIM	NÃO
Sensor ultrasónico e de saída estão limpos?		
Motores de saída a rodar bem e soltos?		
As correias de saída da máquina estão gastas ou danificadas?		
Rodas dos rotadores estão gastas ou danificadas ?		
Os rotadores estão todos a amortecer bem?		
As guias estão partidas ou danificadas?		
Todos os roletes da estrela da máquina estão a rodar bem e têm proteção de plástico?		
Os acoplamentos estão gastos ou danificados?		
O teclado e o rato estão a funcionar corretamente?		
As chapas da base da máquina estão gastas?		
Existem parafusos molidos que seja necessário substituir?		
Outros aspectos relevantes:		

Anexo I – Instruções de Trabalho

Instruções de Trabalho para a FlexT

IT N° Data de edição: 30/01/2023 Editada:	Área:	Posto:	Máquina:
	Zona Fria		Afinadores Flex T
	Operação:	Tempo:	Frequência:
Mudança na Flex T com a mesma ferramenta		90 min	40,3%

Objetivo : Instrução de Trabalho para padronizar o tipo de mudança 1.4

Passos chave da mudança (em alguns dos passos a ordem poderá ser trocada):

1. Salvar o trabalho que está a funcionar, colocar o nome e a marisa do modelo e carregar o programa;
2. Mudar o diâmetro da garrafa e a velocidade no trabalho e verificar se as inspeções estão nas estações corretas;
3. Limpar máquina na parte da frente e na parte detrás com a mangueira de ar (retirando as partículas de vidro);
4. Ver se a garrafa encosta bem nos dentes, verificando zonas indicadas na imagem (se inclinar tem de se alterar a altura dos dentes);
5. Afinar guias e rotadores;
6. Afinar altura com o génio (verificar se a garrafa não bate no génio e ajustar as câmaras indicadas na imagem colocando as câmaras em "Simular");
7. Verificar saída da garrafa da máquina (braço de saída a 5mm da garrafa);
8. Limpar o génio (quando necessário);



4. Garrafa encostada nos dentes




6. Afinar altura com o génio




7. Garrafa a sair da máquina


9. Limpar câmara do SideWall (quando necessário);
10. Rodar a ferramenta manualmente, com a garrafa na primeira estação até à última estação, para verificar se a estrela e a garrafa não batem em nada;
11. Fazer o zero à máquina;
12. Verificar o centro da estrela;
13. Afinar Sem-Fim, entrada da garrafa na máquina (tem de entrar no centro dos dentes);
14. Com a máquina a funcionar passar garrafa e verificar se entra e sai bem da máquina;
15. Afinar o génio (no final de afinar colocar as câmaras em "Atual", de modo a tirar fotografia quando passa a garrafa);
16. Afinar o SideWall, Base e Stress (Stress apenas no Forno 3);
17. Afinar as espessuras (3 canais);
18. Afinar as sedas;
19. Afinar o Leitor de Número;
20. Calibrar máquina e trabalho;
21. Afinar dimensionais (caso exista);
22. Passar padrões, verificar se rejeita a garrafa correta e se lê o número de molde correto.




13. Garrafas a entrar na máquina



17. Apontar canais de espessuras



18. Apontar lâmpadas e sensores



19. Apontar Leitor de Número

IT N° Data de edição: 30/01/2023 Editada:	Área:	Posto:	Máquina:
	Zona Fria		Afinadores Flex T
	Operação:	Tempo:	Frequência:
Mudança na Flex T com troca de ferramenta		120 min	6,0%

Objetivo : Instrução de Trabalho para padronizar o tipo de mudança 2.2

Passos chave da mudança (em alguns dos passos a ordem poderá ser trocada):

1. Salvar o trabalho que está a funcionar, colocar o nome e a marisa do modelo e carregar o programa;
2. Mudar o diâmetro da garrafa e a velocidade no trabalho, verificar se as inspeções estão nas estações corretas e verificar o nº de cavidades;
3. Limpar máquina na parte da frente e na parte detrás com mangueira de ar (retirando as partículas de vidro);
4. Verificar se é necessário subir o génio;
5. Desapertar anel e subir SideWall;
6. Trocar o conjunto de ferramentas;
7. Efetuar limpeza das câmaras (quando necessário);
8. Apertar o anel e descer o caixote das câmaras do SideWall;
9. Trocar o Sem-Fim;
10. Afinar altura com o génio (verificar se a garrafa não bate no génio e ajustar as câmaras indicadas na imagem colocando as câmaras em "Simular");

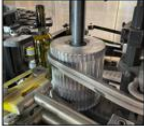


5. Desapertar anel e subir SideWall




10. Afinar altura com o génio


11. Afinar guias e rotadores;
12. Ajustar / trocar a saída da máquina (braço de saída a 5mm da garrafa);
13. Rodar a ferramenta manualmente, com a garrafa na primeira estação até à última estação, para verificar se a estrela e a garrafa não batem em nada;
14. Fazer o Zero à máquina;
15. Verificar o centro da estrela;
16. Afinar o Sem-Fim, entrada da garrafa na máquina (tem de entrar no centro dos dentes);
17. Com a máquina a funcionar passar garrafa e verificar se entra e sai bem da máquina;
18. Afinar o génio (no final de afinar colocar câmaras em "Atual" de modo a tirar fotografia quando passa a garrafa);
19. Afinar o SideWall, Base e Stress (Stress apenas no Forno 3);
20. Afinar as espessuras (3 canais);
21. Afinar as sedas;
22. Afinar o Leitor de Número;
23. Calibrar máquina e trabalho;
24. Afinar dimensionais (caso exista);
25. Passar padrões, verificar se rejeita a garrafa correta e se lê o número de molde correto.




12. Garrafa a sair da máquina




16. Garrafas a entrar na máquina



20. Apontar canais de espessuras



21. Apontar lâmpadas e sensores



22. Apontar Leitor de Número

Instruções de Trabalho para a Veritas

IT N° Data de edição: 30/01/2023 Editada:	Área: Zona Fria	Posto Afinadores	Máquina Veritas
	Operação: Mudança na Veritas com a mesma ferramenta	Tempo: 45 min	Frequência: 16,1%

Objetivo : Instrução de Trabalho para padronizar o tipo de mudança 1.3

Passos chave da mudança (em alguns dos passos a ordem poderá ser trocada):

1. Salvar o trabalho que está a funcionar, colocar o nome e a marisa do modelo e carregar o programa;
2. Colocar informação de altura, diâmetro, calibre e velocidade da máquina no programa;
3. Limpar máquina na parte da frente e na parte detrás com mangueira de ar (retirando as partículas de vidro);
4. Ajustar altura da estrela para a garrafa do novo modelo que vai entrar;
5. Afinar guias e rotadores;
6. Ajustar altura dos canais de espessura (3 canais);
7. Colocar anel de sedas na altura certa;
8. Trocar o calibre;



2. Colocar informações no programa




6. Canais de espessuras




7. Colocar anel na altura certa


9. Afinar a saída;
10. Fechar porta, arrancar a máquina (Fazer zero à máquina) e verificar se está centrada;
11. Afinar o Sem-Fim;
12. Com a máquina a trabalhar, passar uma garrafa e verificar se a garrafa entra e sai bem da máquina;
13. Afinar o calibre;
14. Afinar o Dip;
15. Colocar no programa as espessuras mínimas;
16. Afinar as espessuras (ir à consola alterar o diâmetro e a confiança de leitura ser superior a 96%);
17. Afinar as sedas;
18. Afinar Leitor de Número;
19. Passar padrões, verificar se rejeita a garrafa correta e se lê o número de molde correto.




13. Afinar calibre



14. Afinar o Dip



15. Inserir espessuras mínimas



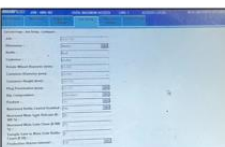
18. Afinar Leitor de Número

IT N° Data de edição: 30/01/2023 Editada:	Área: Zona Fria	Posto Afinadores	Máquina Veritas
	Operação: Mudança na Veritas com troca de ferramenta	Tempo: 90 min	Frequência: 21,0%


Objetivo : Instrução de Trabalho para padronizar o tipo de mudança 2.1

Passos chave da mudança (em alguns dos passos a ordem poderá ser trocada):


1. Salvar o trabalho que está a funcionar, colocar o nome e a marisa do modelo e carregar o programa;
2. Colocar informação de altura, diâmetro, calibre e velocidade da máquina no programa e o nº de pockets;
3. Limpar máquina na parte da frente e na parte detrás com mangueira de ar (retirando as partículas de vidro);
4. Subir anel de sedas;
5. Tirar conjunto de ferramenta, Sem-Fim e Strippers;
6. Caso haja chapas, correias ou outras peças estragadas podem ser substituídas neste passo;
7. Colocar conjunto de ferramenta e o Sem-Fim adequado para o modelo que vai entrar e colocar Strippers caso seja necessário (Strippers usam-se para garrafas altas e/ou com grande diâmetro);



2. Colocar informações no programa




4. Subir anel de sedas




5. Substituir conjunto de ferramenta e Sem-Fim


8. Afinar guias e rotadores;
9. Ajustar altura dos canais de espessura (3 canais);
10. Colocar anel de sedas na altura certa;
11. Trocar o calibre;
12. Afinar a saída;
13. Fechar porta, arrancar a máquina (Fazer zero à máquina) e verificar se está centrada;
14. Afinar o Sem-Fim;
15. Com a máquina a trabalhar, passar uma garrafa e verificar se a garrafa entra e sai bem da máquina;
16. Afinar o calibre;
17. Afinar o Dip;
18. Colocar no programa as espessuras mínimas;
19. Afinar as espessuras (ir à consola alterar o diâmetro e a confiança de leitura ser superior a 96%);
20. Afinar as sedas;
21. Afinar Leitor de Número;
22. Passar padrões, verificar se rejeita a garrafa correta e se lê o número de molde correto.




9. Canais de espessuras




10. Colocar anel na altura certa



16. Afinar calibre



17. Afinar o Dip



18. Inserir espessuras mínimas

Anexo J – Instruções de Ajustagem de Sedas

Ajustagem de Sedas para a máquina FlexT

Ajustagem de Sedas para a máquina FlexT

Ajustagem para uma Seda Vertical

Vista Frontal

Legenda:
 - Sensor (Green arrow)
 - Lâmpada (Red arrow)
 - Seda (Red line)

NOTA:
 Para ajustagem do sensor é necessário a utilização de um apontador que emite uma luz verde e essa luz tem de estar apontada para o brilho.

Vista Superior

Estação 1 Estação 2

Estação das sedas: 1 e 2.
 Sensor ligado no canal: 1 e 2.
 Descrição: Na estação 1 a lâmpada encontra-se à esquerda e na estação 2 encontra-se à direita, ou vice-versa.

1

Ajustagem de Sedas para a máquina FlexT

Ajustagem para uma Seda Horizontal

Vista Frontal

Legenda:
 - Sensor (Green arrow)
 - Lâmpada (Red arrow)
 - Seda (Red line)

NOTA:
 Para ajustagem do sensor é necessário a utilização de um apontador que emite uma luz verde e essa luz tem de estar apontada para o brilho.

Vista Superior **Vista Lateral**

Estação 1 (2)

Estação das sedas: Máquina Direita – 1 | Máquina Esquerda – 2.
 Sensor ligado no canal: 5, 6, 7 e 8.
 Descrição: 2 lâmpadas a apontar para o interior da marisa e 4 sensores inclinados de cima para baixo a apontar para o brilho da seda. As lâmpadas ficam por detrás da garrafa e os sensores ficam à frente da garrafa.

2

Ajustagem de Sedas para a máquina FlexT

Ajustagem para uma Seda do Peito

Vista Frontal

Legenda:
 - Sensor (Green arrow)
 - Lâmpada (Red arrow)
 - Seda (Red line)

NOTA:
 Para ajustagem do sensor é necessário a utilização de um apontador que emite uma luz verde e essa luz tem de estar apontada para o brilho.

Estação 2 (1) - Luzes Estação 2 (1) - Sensores

Vista Superior **Vista Lateral**

Estação 2 (1)

Estação das sedas: Máquina Direita – 2 | Máquina Esquerda – 1.
 Sensor ligado no canal: 9, 10, 11, 12, 13.
 Descrição: 2 lâmpadas por detrás da garrafa e 4 sensores à frente da garrafa a apontar de cima para baixo.

3

Ajustagem de Sedas para a máquina FlexT

Ajustagem para uma Seda na Base

Vista Frontal

Legenda:
 - Sensor (Green arrow)
 - Lâmpada (Red arrow)
 - Seda (Red line)

NOTA:
 Para ajustagem do sensor é necessário a utilização de um apontador que emite uma luz verde e essa luz tem de estar apontada para o brilho.

Vista Superior

Estação 2 (1)

Estação das sedas: Máquina Direita – 2 | Máquina Esquerda – 1.
 Sensor ligado no canal: 14 e 15.
 Descrição: Na seda da base aponta-se uma luz por baixo da garrafa (entre os rasgos da chapa da base) e o sensor está do lado da frente da garrafa, sendo que o sensor deve estar mais para um dos lados (se a luz estiver apontada para o lado direito o brilho sai do lado direito e vice-versa). São utilizados 1 ou 2 sensores e 1 ou 2 lâmpadas, consoante a dificuldade das amostras padrão.

4

Afinação de Sedas para a máquina FlexT

Afinação para uma Seda na Rosca

Legenda:

— Sensor

— Lâmpada

— Seda

Vista Frontal

NOTA:
Para afinação do sensor é necessário a utilização de um apontador que imite uma luz verde e essa luz tem de estar apontada para o brilho.

Vista Superior

Vista Lateral

Estação 1 (2)

Estação das sedas: Máquina Direita – 1 | Máquina Esquerda – 2.
Sensor ligado no canal: 3, 4.

Descrição: 2 lâmpadas por detrás da garrafa, uma tem de apontar para o primeiro filete da rosca e a outra para o segundo filete da rosca. Os sensores são posicionados na parte da frente da garrafa, consoante as amostras existentes, pode-se colocar 2 ou 3 sensores.

5

Afinação de Sedas para a máquina FlexT

Afinação para uma Seda do 1º Cordão

Legenda:

— Sensor

— Lâmpada

— Seda

Vista Frontal

NOTA:
Para afinação do sensor é necessário a utilização de um apontador que imite uma luz verde e essa luz tem de estar apontada para o brilho.

Vista Superior

Vista Lateral

Estação 1 (2)

Estação das sedas: Máquina Direita – 1 | Máquina Esquerda – 2.
Sensor ligado no canal: 3, 4.

Descrição: 1 lâmpada por detrás da garrafa e 2 sensores à frente da garrafa. Dependendo das amostras poderão ser usadas mais lâmpadas e mais sensores.

6

Afinação de Sedas para a máquina Veritas

Afinação de Sedas para a máquina Veritas

Afinação para uma Seda Vertical

Legenda:

— Sensor

— Lâmpada

— Seda

Vista Frontal

Vista Superior

Vista Lateral

Estação 2 Estação 3

Estação: 2 e 3.
Sensor ligado no canal: 1 e 2.

Descrição: Na estação 2 a lâmpada encontra-se à esquerda e na estação 3 encontra-se à direita, ou vice-versa.

1

Afinação de Sedas para a máquina Veritas

Afinação para uma Seda Horizontal

Legenda:

— Sensor

— Lâmpada

— Seda

Vista Frontal

Vista Superior

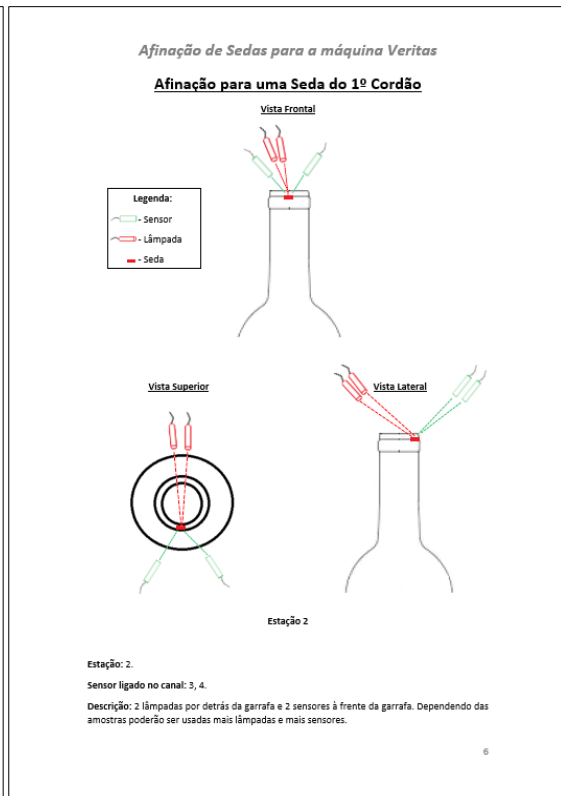
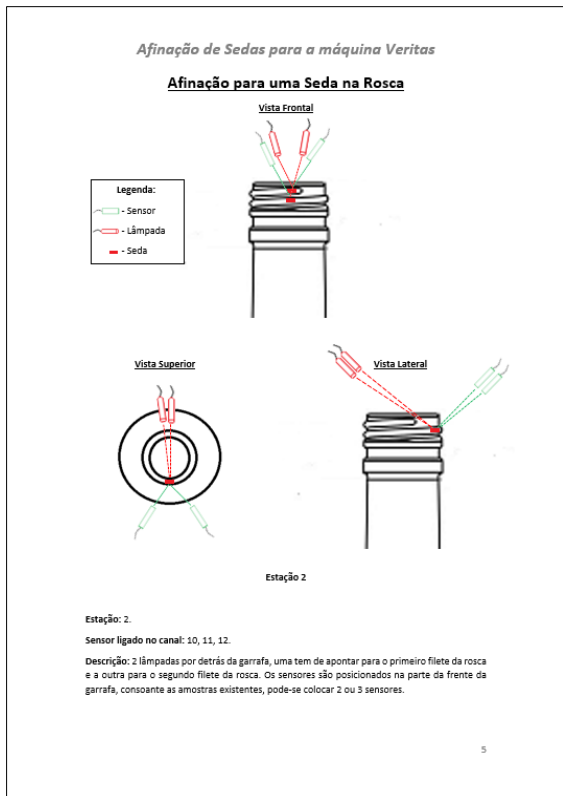
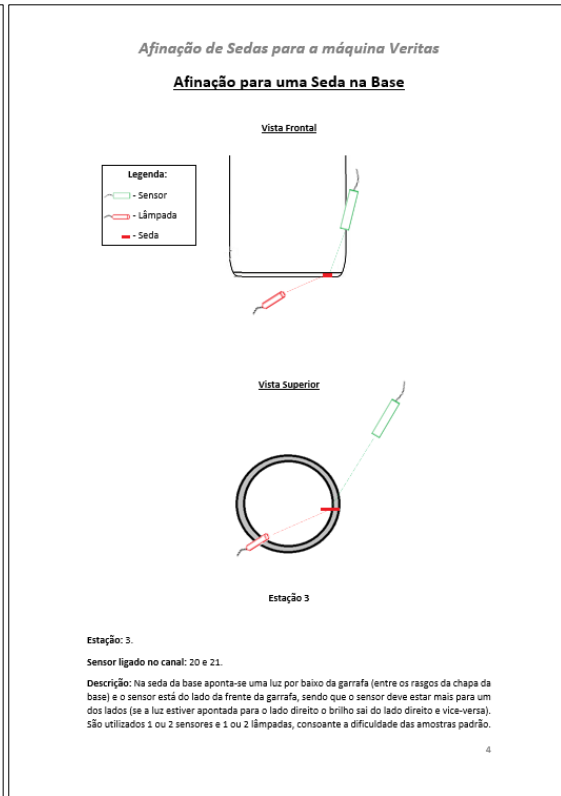
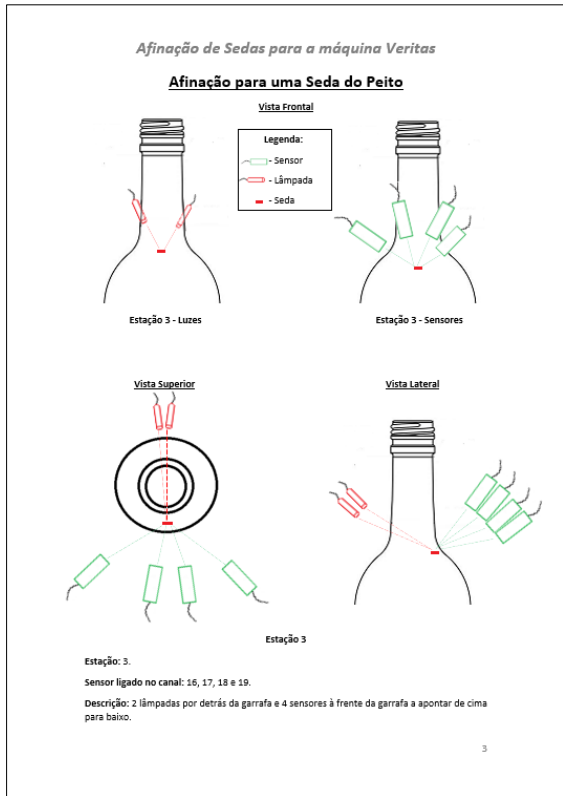
Vista Lateral

Estação 4

Estação: 4.
Sensor ligado no canal: 5, 6, 7 e 8.

Descrição: 2 lâmpadas a apontar para o interior da marisa e 4 sensores inclinados de cima para baixo à apontar para o brilho da seda. As lâmpadas ficam por detrás da garrafa e os sensores ficam à frente da garrafa.

2



Anexo K – Abstract do Artigo Submetido na 10th International Conference on Manufacturing and Industrial Technologies (ICMIT 2024)

Implementing SMED in the Tool Change of Glass Inspection Machines: A Case Study

Marcelo Cardoso¹ [0000-0002-2729-5270], Maria Leopoldina Alves^{1,2} [0000-0002-9025-950X],
Marcelo Gaspar^{1,3} [0000-0003-3153-6468]

¹ School of Technology and Management, Polytechnic of Leiria, 2411-901 Leiria, Portugal

² INESC Coimbra - Institute for Systems Engineering and Computers at Coimbra, Polytechnic of Leiria,
Portugal

³ ADAI - Association for Development of Industrial Aerodynamics University of Coimbra, Coimbra, Portugal
leopoldina.alves@ipleiria.pt

Abstract: In order to maintain competitiveness, manufacturing sectors have challenges that require both the increase of process productivity and minimized downtime. Efforts to reduce setup time for high-volume production processes can result in increased productivity and efficiency. The lean methodologies, in particular, play a significant role in identifying opportunities for improvement that can lead to waste reduction and increased value in operations. The main goal of this current research focuses on the implementation of the Single Minute Exchange of Die (SMED) approach within the specific context of tool change in automatic inspection machines used within the glass industry. Consequently, this initiative yielded a significant global decrease of 18% in the total average of tool change. The reduction in overall setup time, as a result of the proposed research, was considered highly significant in a well-established production process. Also, this improvement enabled the automated glass selection machines to maintain the same percentage of non-rejected samples without any increase. This study confirmed not only the resulting enhancement in efficiency related to the tool change on automated inspection machines used in the glass industry, but also the upholding of the quality of the changes, which remained uncompromised by the proposed setup sequence.

Keywords: Glass Industry, Lean Manufacturing, Automatic Inspection Machines, Continuous Improvement, Standardization, SMED.

Author Information Form (required)

Note: Please fill in every author's information in the paper. This form helps us to understand your paper better, the form itself will not be published.

Full Name	Title (Prof., Assoc. Prof., Assist. Prof. Dr., etc.)	Research Areas	Personal Website
Marcelo Cardoso		Operations Management	
Maria Leopoldina Alves	Prof. Dr.	Mechanical Technology	
Marcelo Gaspar	Prof. Dr.	Operations Management	