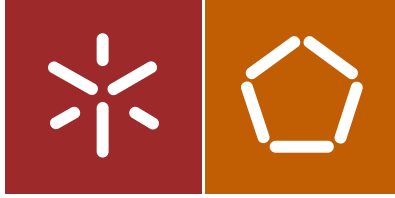




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Inês Marques Amaral Bastos

Implementação de um Projeto de Redução
de Setups numa linha de montagem final



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Inês Marques Amaral Bastos

Implementação de um Projeto de Redução
de Setups numa linha de montagem final

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira

DECLARAÇÃO

Nome: Inês Marques Amaral Bastos

Endereço eletrónico: imabastos@gmail.com Telefone: 913396139

Cartão do Cidadão: 14090050

Título da dissertação: Implementação de um Projeto de Redução de *Setups* numa linha de montagem final

Orientador:

Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira

Ano de conclusão: 2015

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ____/____/____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Chega assim ao final uma das fases mais exigentes do meu percurso acadêmico e é com um sentimento misto de realização e nostalgia que escrevo este capítulo da dissertação.

Agradeço ao Professor Francisco Moreira pela prontidão com que aceitou auxiliar-me a terminar a dissertação em tempo *record*, de forma a poder cumprir os meus objetivos pessoais.

Agradeço aos colegas da Bosch com quem tanto aprendi nos últimos meses.

Às minhas eternas companheiras de casa com quem partilhei dos melhores momentos da minha vida académica.

Agradeço aos meus amigos, os de sempre, por isso mesmo.

Agradeço-te João, por todos os momentos que partilhámos neste último ano, pela inesgotável alegria e paciência que sempre demonstraste, mesmo nos momentos mais difíceis.

Agradeço aos meus fantásticos irmãos.

Agradeço profundamente aos meus pais por todas as oportunidades que sempre me proporcionaram e pelo apoio incondicional. Sem vocês, nada disto seria possível!

A todos, o meu obrigado!

Inês

RESUMO

Este estudo descreve a implementação de um projeto de redução de *setups* numa linha de montagem final que produz painéis de instrumentação para veículos automóveis.

O projeto enquadrava-se na sistemática de melhoria contínua da fábrica, *BPS System Approach*, e o objetivo consistia na redução do tempo de setup de 36 para 4 minutos através da introdução de melhorias nos processos e da criação de um *standard* de mudança.

Tempos de *setup* são tempos não produtivos e por isso consideram-se desperdício, pelo que, a redução do tempo de *setup* da linha origina a diminuição das perdas de produção. Em simultâneo, possibilita uma maior flexibilidade produtiva através do aumento do número de *setups*, e diminui os *stocks* produzidos.

Na linha estudada utilizam-se *jigs* de grande dimensão e peso que dão origem a problemas ergonómicos. O *stacker* introduzido para mitigar o problema ergonómico contribuiu negativamente para o tempo de *changeover*. Outra agravante do processo é a inexistência de um *standard* de mudança que defina claramente quem executa os procedimentos e que resulta na sobre ocupação dos operadores da linha. Estes dois fatores conjugados contribuem para elevados tempos de *changeover*.

Adotou-se a metodologia SMED para a redução do tempo de *changeover* e a técnica PERT na estimação das durações esperadas das atividades. Traçou-se o caminho crítico das atividades de *changeover* para determinar as operações críticas do processo e para as quais se procurou melhorias.

Através da metodologia implementada, das melhorias introduzidas nos processos e do balanceamento das atividades de *changeover*, foi possível traçar um *standard* de mudança que possibilita realizar as operações em tempos inferiores a quatro minutos. O tempo de *changeover* da linha 2I03 foi reduzido de 21,78 para 10,65 horas por mês, o que representa uma melhoria de cerca de 49% do tempo inicial. O tempo poupado em operações de *setup* possibilita a produção adicional de cerca de 440 unidades por mês.

Palavras-Chave: Produção *Lean*, *Changeover*, SMED

ABSTRACT

This study describes the implementation of a project of setup reduction in a final assembly line that produces instrumentation systems for installation in automotive vehicles.

The project fits on the factory's continuous improvement program, BPS System Approach, and its goal is to reduce the setup time from 36 to 4 minutes, by introducing improvements on the processes and by creating a changeover standard.

Setup times are non-productive periods and therefore are considered waste, whose reduction causes a decrease in production losses. At the same time, it enables greater line flexibility by increasing the number of setups and also reduces stock.

In the line under study are used large and heavy jigs that originate ergonomic problems. The stacker introduced to mitigate the ergonomic problem contributed negatively to the changeover time. Another process aggravating factor was the lack of a standard for the changeover process that clearly defines who performs the procedures, resulting in over occupation of the line operators. These two factors contribute to high changeover times.

SMED methodology was adopted to reduce the changeover time and the PERT technique was used to estimate the expected durations of activities. The critical path of the changeover activities was traced in order to determine the critical operations of the process and for which improvements were seek.

Through the implemented methodology, the process improvements and the leveling of the changeover activities, it was possible to define a changeover standard that allows performing setup operations in less than four minutes time. The changeover time of the line 2I03 was reduced from 21,78 to 10,65 hours per month, which represents an improvement of 49% of the initial time. The time saved in setup operations allows an extra production of 440 units per month.

KEYWORDS: Lean Manufacturing, Changeover, SMED

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xix
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	2
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão da Literatura	7
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	7
2.1.1 Princípios <i>Lean</i>	8
2.1.2 Os 7 desperdícios.....	11
2.1.3 Melhoria Contínua	12
2.1.4 <i>Standard Work</i>	13
2.1.5 <i>Value Stream Mapping</i>	15
2.1.6 <i>Total Productive Maintenance</i>	16
2.1.7 5Ss	19
2.1.8 SMED – Single Minute Exchange of Die.....	20
2.1.8.1. Conceito de <i>SETUP</i>	20
2.1.8.2. Introdução ao SMED.....	22
2.1.8.3. Framework de implementação do SMED.....	23
2.1.8.3.1. Estágio Preliminar.....	24
2.1.8.3.2. Estágio 1: Separação das Operações Internas e Externas de <i>Setup</i>	24
2.1.8.3.3. Estágio 2: Conversão das Operações de <i>Setup</i> Internas em Externas	25
2.1.8.3.4. Estágio 3: Otimização de todos os aspetos das operações de <i>setup</i>	27
2.1.8.4. Técnicas de Gestão de Projetos para apoio à implementação do SMED	29

2.1.8.4.1.	<i>Program Evaluation and Review Technique (PERT)</i>	30
2.1.8.4.2.	<i>Precedence Diagramming Method (PDM)</i>	31
2.1.8.4.3.	<i>Critical Path Method (CPM)</i>	32
2.1.8.4.4.	<i>Resource Leveling</i>	32
2.1.8.5.	Críticas à Metodologia SMED	33
2.2	<i>Bosch Production System (BPS)</i>	34
2.2.1	<i>Continuous Improvement Process (CIP)</i>	35
2.2.2	<i>System CIP</i>	36
2.2.3	<i>BPS System Approach</i>	37
2.2.3.1.	Sistemática de acompanhamento dos <i>System CIP projects</i>	38
2.2.3.1.1.	<i>Key Performance Indicators e Key Performance Results</i>	39
2.2.3.1.2.	Sistemática de acompanhamento de projetos.....	40
2.2.3.1.2.1.	Reuniões de equipa.....	40
2.2.3.1.2.2.	Reuniões com <i>VS Manager</i>	40
2.2.3.1.2.3.	<i>BPS Steering Committee</i>	41
3.	Apresentação da Empresa	42
3.1	Missão e Valores	42
3.2	Bosch no Mundo.....	42
3.3	Setores de Atividade.....	43
3.4	Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.	43
3.4.1	Principais Produtos.....	44
3.4.2	Principais Clientes	44
3.4.3	Secção de Manutenção – TEF8.....	44
3.4.4	TPM na Bosch.....	46
4.	Análise do Processo de <i>Changeover</i> da Linha 2I03.....	48
4.1	Contextualização	48
4.2	Equipa de trabalho	51
4.3	Premissas do projeto.....	51
4.3.2	Medição de tempo de <i>setup</i>	52

4.3.3	KPIs e KPRs	53
4.3.4	Definição da Situação Inicial	54
4.3.5	Definição da <i>Target Condition</i>	55
5.	Implementação do SMED.....	57
5.1	Nomenclatura utilizada.....	57
5.2	Estágio Preliminar	57
5.3	Estágio 1.....	63
5.4	Estágio 2 e Estágio 3.....	68
5.5	Problemática do <i>Target</i>	81
5.6	Criação de instruções de mudança.....	83
6.	Análise dos Resultados	85
6.1	<i>Savings</i> mensais do projeto	88
7.	Considerações Finais	90
	Bibliografia	95
ANEXO I.	Folha de Estudo do Processo (Lean Enterprise Institute, 2015)	99
ANEXO II.	Gráfico de Balanceamento de Operadores (Lean Enterprise Institute, 2015)	100
ANEXO III.	Folha de Instrução de Trabalho (Lean Enterprise Institute, 2015)	101
ANEXO IV.	Folha de Estudo do Processo – Sit. Inicial (BOSCH, 2015)	102
ANEXO V.	<i>Standard</i> de Gestão de Espaço do <i>Trolley</i> das Bases.....	103
ANEXO VI.	Folha de Estudo do Processo – Novo <i>Layout</i>	104
ANEXO VII.	Instrução de Mudança	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura ilustrativa do pilar que o trabalho <i>standard</i> representa para o processo de melhoria contínua (Lean Enterprise Institute, 2015).	13
Figura 2 – Esquema adaptado do Modelo TPM de Nakajima (1988).....	17
Figura 3 – Benefícios resultantes do <i>setup</i> rápido (Lopes, et al., 2010)	21
Figura 4 – Imagem exemplificativa da redução do tempo de setup ao longo da implementação dos estágios (Shingo, 1985).....	29
Figura 5 – Localização do parâmetro estimado na distribuição de probabilidade β (Figura 6-4, PMI (2004))	30
Figura 6 – Exemplo de um diagrama PDM (Figura 6-2,PMI (2004)).....	31
Figura 7 – Imagem representativa do processo de derivação de projetos de melhoria, principais <i>inputs</i> e fases <i>System-CIP</i> , <i>Point-CIP</i> e <i>Daily Management</i> (BOSCH, 2015).....	37
Figura 8 – Imagem representativa das várias fases concebidas na BPS <i>System Approach</i> (BOSCH, 2015).....	38
Figura 9 – KPI <i>tree</i> onde se apresenta a relação entre os indicadores KPR e KPI (BOSCH, 2015).....	39
Figura 10 – Imagem representativa da presença do Grupo Bosch a nível Mundial (BOSCH, 2015)	43
Figura 11 – Organigrama da secção de Manutenção (TEF8) da Bosch Car Multimedia de Braga (BOSCH, 2015).....	45
Figura 12 – Modelo TPM considerado no <i>Bosch Production System</i> (BOSCH, 2015)	46
Figura 13 – Esquema ilustrativo dos tipos de manutenção e a sua relação com os pilares do modelo TPM	47
Figura 14 – Tempos de <i>changeover</i> em segundos dos eventos ocorridos entre Outubro e Dezembro de 2014 (Bosch, 2015).....	48
Figura 15 – (a) <i>Jigs</i> de grande dimensão e peso utilizados. (b) O <i>stacker</i> (empilhador) é a ferramenta utilizada para mitigar os problemas ergonómicos. (c) Identificação das ferramentas existentes. (d) Criação de um espaço para a colocação da ferramenta a trocar (BOSCH, 2015).....	49
Figura 16 – Abertura de uma janela lateral para o seguro transporte do <i>trolley</i> para a linha de produção (BOSCH, 2015).....	50

Figura 17 – Diagrama do tipo <i>Activity-on-Node</i> representativo do processo produtivo da linha em estudo (BOSCH,2015).	51
Figura 18 – <i>Layout</i> da linha 2I03 e representação dos postos alocados a cada um dos operadores, definido no trabalho <i>standard</i> (BOSCH, 2015).	52
Figura 19 – Representação esquemática da fórmula de contabilização do tempo de <i>setup</i>	53
Figura 20 – (a) Combinações possíveis de <i>changeover</i> . (b) Combinações de <i>changeover</i> a estudar. ..	59
Figura 21 – Diagrama AON do processo de fabrico juntamente com uma representação esquemática do género de operações necessárias ao <i>changeover</i> entre produtos do tipo A.	60
Figura 22 – <i>Layout</i> da linha 2I03 e localização dos <i>trolleys</i> de armazenamento dos <i>jigs</i> durante a produção (BOSCH, 2015).....	60
Figura 23 – <i>Layout</i> da linha 2I03 e localização dos <i>trolleys</i> de armazenamento dos <i>jigs</i> durante o processo de <i>setup</i> (BOSCH, 2015).	61
Figura 24 – Caminho Crítico das operações de <i>changeover</i> (BOSCH, 2015).....	62
Figura 25 - Capacidade dos postos e operadores da linha relativamente ao <i>target</i> definido para o QCO da linha (Bosch, 2015).....	63
Figura 26 – Capacidade dos postos e operadores e respetivo tempo de operação de <i>setup</i> interno, externo e potencialmente externo da situação inicial do projeto.	64
Figura 27 – Operações de <i>setup</i> internas, externas e potencialmente externas do caminho crítico	65
Figura 28 – Impacto nas durações das operações resultante da parcial implementação do estágio 1 – ação 1.....	67
Figura 29 – Caminho crítico após a implementação parcial do estágio 1 da metodologia SMED – ação 1	68
Figura 30 – Duração das operações de <i>changeover</i> dos postos da linha após a implementação de operações paralelas – ação 2	69
Figura 31 – Caminho crítico após a implementação das operações paralelas – ação 2.....	70
Figura 32 – Impacto das ações “Uniformização da camisa de aparafusamento e dos parafusos utilizados” e do “ <i>Standard</i> de Gestão de Espaço” na ocupação dos postos da linha – ação 3.	72
Figura 33 – Caminho crítico após da uniformização da camisa de aparafusamento e dos parafusos utilizados, e ainda da introdução do <i>standard</i> de gestão de espaço do <i>trolley</i> das bases.	73
Figura 34 – <i>Layout</i> da linha 2I03 e representação dos postos alocados a cada um dos operadores, definido no trabalho <i>standard</i> (BOSCH, 2015).	74

Figura 35 – Novo <i>layout</i> da linha e novo local para a colocação do <i>trolley</i> das bases durante o procedimento de mudança.	75
Figura 36 – Ocupação dos postos da linha durante o processo de mudança após a alteração de <i>layout</i> e do local de posicionamento do <i>trolley</i> dos <i>jigs</i> durante o QCO.....	75
Figura 37 – Caminho Crítico das operações de <i>changeover</i> após a introdução das alterações de <i>layout</i> e da colocação do <i>trolley</i> durante o QCO.....	77
Figura 38 – Plataforma auxiliar instalada para a colocação do suporte pré-preparado com os <i>dials</i> (Bosch, 2015)	79
Figura 39 – Duração das operações de cada um dos operadores e equipamentos após a implementação de um suporte para a pré-preparação dos <i>dials</i>	79
Figura 40 – Operações pertencentes ao caminho crítico e respetivo impacto originado pela implementação de um suporte para a pré-preparação dos <i>dials</i>	80
Figura 41 – Representação esquemática do tempo disponível para o <i>changeover</i> através da fórmula de medição utilizada na fábrica.	81
Figura 42 – Componentes do tempo de <i>setup</i> . Reproduzido de Lopes, et al. (2010) - Figura 2	82
Figura 43 – Gráfico das operações de <i>changeover</i> não considerando o tempo de operação.	82
Figura 44 – Proposta de fórmula de cálculo para o tempo do QCO na empresa.....	83
Figura 45 - Evolução do tempo de <i>changeover</i> ao longo da implementação do projeto (Bosch, 2015)	85
Figura 46 - Evolução da percentagem de eventos bem-sucedidos de <i>changeover</i> ao longo da implementação do projeto (Bosch, 2015)	85
Figura 47 - Evolução do OEE da linha ao longo da implementação do projeto (Bosch, 2015)	85
Figura 48 - Tempos de <i>changeover</i> em segundos dos eventos ocorridos na semana 25 de 2015 (Bosch, 2015)	86
Figura 49 – Resultados em termos de <i>changeover</i> obtidos nas situações inicial e final do projeto	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese de definições de <i>Lean Manufacturing</i> (Bhamu & Sangwan, 2014)	8
Tabela 2 – Situação inicial do tempo gasto em operações de <i>changeover</i> e da percentagem de eventos bem-sucedidos referentes ao mês de Março (BOSCH, 2015).....	54
Tabela 3 – Estimativas provável (M), pessimista (P) e otimista (O) do tempo de <i>changeover</i> e dos eventos bem-sucedidos do mês de Março, e a média ponderada (μ) e desvio-padrão (σ) estimados pela “ <i>PERT Three-Estimate Approach</i> ”	54
Tabela 4 – Valores médios de tempo de <i>changeover</i> e de percentagem de eventos com sucesso de outras linhas da área de negócio de IS.....	55
Tabela 5 – Excerto da tabela criada para o estudo do processo de <i>changeover</i> . Versão completa no ANEXO IV.	62
Tabela 6 – Classificação das operações de <i>setup</i> em internas e externas	64
Tabela 7 – Parcial implementação do estágio 1 – separação das atividades internas e externas – e atividades internas alocadas à versátil de linha.....	67
Tabela 8 – Pressupostos assumidos para a determinação do número de horas poupado em operações de mudança	88
Tabela 9 – Estimativa dos <i>savings</i> (horas) originados pelo projeto de redução de <i>setups</i>	89

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AON – *Activity-on-Node*

BPS – *Bosch Production System*

CIP – *Continuous Improvement Process*

CM – *Car Multimedia*

CM-AI – *Car Multimedia - Automotive Navigation and Infotainment Systems*

CM-CC – *Car Multimedia - Chassi systems and Control*

CM-IS – *Car Multimedia - Instrumentation Systems*

CM-MS – *Car Multimedia - Electronic Manufacturing Service*

CM-PS – *Car Multimedia - Professional Systems*

CPM – *Critical Path Method*

IFC – *Instrução de Fabricação e Controlo*

JIT – *Just-in-Time*

KPI – *Key Performance Indicators*

KPR – *Key Performance Results*

LM – *Lean Manufacturing*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PDM – *Precedence Diagramming Method*

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

QCO – *Quick Changeover*

RFID – *Radio Frequency Identification*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

SPL – *Single Point Lesson*

TC – *Tempo de Ciclo*

TEF – (acrónimo em alemão que significa “Planta de Engenharia”)

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

VS – *Value Stream*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, as exigências do mercado são cada vez maiores pois, se por um lado a concorrência é acérrima, por outro, o cliente requer cada vez maior qualidade a um menor custo e com um menor prazo de entrega. Agravantes de tudo isto são a redução do ciclo de vida dos produtos e a velocidade a que novos artigos chegam ao mercado, forçando as organizações a atingirem níveis acrescidos de flexibilidade e velocidade de produção.

Para fazer face a todas as exigências mencionadas, as organizações necessitam de cumprir os prazos, aumentar a produtividade dos processos, de reduzir os *stocks*, o tempo, os custos operacionais e de integrar todas as estruturas por forma a possibilitar a rápida troca de informações para responder rapidamente às necessidades do mercado.

A Toyota Motor Company, através da criação do *Toyota Production System*, conseguiu fazer face à instabilidade do mercado desenvolvendo metodologias de eliminação de desperdícios e de otimização de processos, de forma a garantir a satisfação do cliente (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977). Este sistema foi posteriormente adotado por muitas outras organizações.

O TPS requer a busca contínua e constante pela otimização dos processos, de forma a atingir a excelência operacional. O processo de melhoria contínua denomina-se, em Japonês, *Kaizen* e constitui o suporte para a sucessão de melhorias que a longo prazo se traduz em resultados consideráveis. Muitas organizações adotam a estratégia de realizar projetos de melhoria que, apesar de não satisfazerem plenamente o conceito *Kaizen* idealizado pelo princípio *Lean*, isto é, evolução suave e ininterrupta de melhorias, muitos autores consideram a abordagem por projetos é válida para a implementação sustentável da melhoria contínua nas organizações (Glover et al., 2015).

Os elevados tempos de *setup* são um dos muitos desperdícios que a metodologia *Lean* procura reduzir/eliminar, pois obrigam à fabricação de grandes lotes de produção e este é um fator redutor de flexibilidade produtiva, cria *stocks*, constitui perdas de capacidade e aumenta os custos de mão-de-obra.

Deste modo, a investigação descrita neste documento enquadra-se na sistemática de projetos de melhoria contínua implementada numa organização industrial e o seu âmbito é a redução de tempo de *setup* de uma linha de produção.

1.1 Enquadramento

O projeto de investigação ocorreu no âmbito da dissertação de mestrado do curso de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho e teve lugar na empresa Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.. Foi na secção de manutenção (TEF8) que o investigador esteve integrado durante cerca de sete meses e encontrou o apoio necessário para a realização do estudo.

O projeto desenvolvido surge no seio da BPS *System Approach* que é uma sistemática que procura a melhoria contínua através de projetos focados e de duração limitada que a organização implementa desde 2012. O BPS *System Approach* inclui também uma sistemática de acompanhamento de projetos que contempla, nas suas várias fases, reuniões semanais de *follow up* e apresentações mensais às chefias das várias secções e áreas de negócio.

A ação da secção de manutenção rege-se pelo modelo *Total Productive Maintenance* da Bosch, que é inspirado no modelo original de Nakajima, cujo objetivo é a eliminação dos seis principais tipos de perda de OEE: perdas por avarias, perdas derivadas de operações de *setup* e ajustes, perdas por micro-paragens perdas de velocidade, defeitos e retrabalhos e perdas no arranque dos equipamentos.

Deste modo, um dos projetos de melhoria atribuídos a TEF8, no qual se baseia o presente projeto de investigação, prende-se com a redução de tempos de *setup*, tal como mencionado anteriormente. O seu objeto de estudo é uma recente linha de produção da fábrica, onde se produzem painéis de instrumentação para automóveis. Os cinco diferentes produtos são fabricados em três turnos diários durante cinco dias por semana e, para tal, a empresa conta com cinco operadores, um chefe de linha e um operador versátil por turno.

1.2 Objetivos

Pretende-se com esta investigação a determinação do melhor método de mudança entre os vários produtos fabricados na linha em estudo de forma a reduzir o tempo despendido em operações de *setup*. Pretende-se que seja possível a mudança de linha em tempos iguais ou inferiores a quatro

minutos para que as operações de *Changeover* possam ser consideradas *Quick Changeover* e, como tal, representem apenas um pequeno impacto na disponibilidade da linha. Baixos tempos de *setup* têm também impacto nos *stocks* produzidos e na flexibilidade produtiva alcançada.

O projeto de redução de tempo de operações de *setup* inicia-se com uma duração média de 36 minutos por evento, o que significa que, caso se cumpra o objetivo estipulado, o tempo de *setup* deve ser reduzido em cerca de 89% do tempo inicial.

Como objetivo último da investigação, pretende-se a criação de um *standard* de mudança que permita a satisfação dos objetivos especificados pela empresa, isto é, um documento que registe todas as operações de preparação e de mudança efetiva necessárias para cada posto (operações internas e externas), de que forma e por quem devem ser executadas e qual a sua duração esperada. Este documento servirá não só para que novos operadores aprendam as funções a executar para um *setup* bem-sucedido, como também servirá de base para a melhoria contínua.

1.3 Metodologia de Investigação

O projeto de investigação enquadra-se no BPS *System Approach*, tal como referido anteriormente. Esta sistemática contempla duas revisões anuais de projetos e o projeto inicia-se na segunda revisão de 2014.

Deste modo, a primeira fase do projeto tem como objetivo a introdução ao chão de fábrica e a familiarização com as várias fontes de informação disponíveis para a recolha de dados, o acompanhamento do coordenador para a interiorização da sistemática de acompanhamento dos projetos em todas as suas fases (*System CIP* e *Point CIP*), e a progressiva ambientação e conhecimento dos processos operativos da linha em estudo. Para tal, o investigador deverá participar nas várias reuniões semanais inerentes à sistemática de acompanhamento de projetos e reuniões de equipa nas linhas de produção de forma a possibilitar a interiorização dos processos produtivos e de mudança existentes na fábrica.

Deverá efetuar-se a revisão da literatura existente sobre o tema de forma a preparar a implementação do projeto que se reinicia na primeira revisão de 2015, mais concretamente na 14ª semana desse ano.

O SMED – *Single Minute Exchange of Die* – é a metodologia desenvolvida por Shigeo Shingo em 1985 e adotada para melhorar os *setups* da linha em estudo. Constitui-se por quatro estágios fundamentais (estágio preliminar, estágio 1, 2 e 3) que, no seu conjunto permitem melhorar significativamente as performances de mudança de ferramentas.

Considerou-se a metodologia Investigação-Ação (*Action Research*) adequada ao projeto pelo facto de esta se caracterizar pelo envolvimento dos colaboradores da empresa interessados no problema em questão. Este é um tipo de investigação ativa que contempla as fases de diagnóstico, planeamento, ação e avaliação, promovendo ações de mudança na organização (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). Após a implementação das medidas propostas devem recolher-se novos dados de forma a estimar o seu impacto e, se seguida, planejar novas atividades.

Paralelamente deverá utilizar-se a Investigação Documental (*Archival Investigation*) que se baseia na análise de documentos e dados já existentes (Saunders, et al., 2009), mais concretamente, dados existentes na organização. Esta metodologia tem especial relevância para a fase de diagnóstico da situação inicial contemplada pela metodologia Investigação-Ação. Deste modo, poderá determinar-se o ponto de partida do projeto para que, numa fase mais avançada, se possa determinar os ganhos das propostas efetuadas. Quanto às informações em falta para o estudo do processo deverão ser estimadas através da recolha de dados.

A etapa de *System CIP* do BPS *System Approach* contempla as fases de estudo e implementação do projeto, sendo que nesta fase devem procurar-se melhorias com base na metodologia adotada e ainda implementar os estágios constituintes do SMED.

O estágio preliminar inicia-se com o estudo dos processos, suportado por uma forte recolha de filmagens dos procedimentos de mudança. Desta forma será possível o conhecimento das operações de *changeover* existentes, determinar a sua duração e respetiva sequência de mudança.

Deve determinar-se o caminho crítico das operações de *changeover*, de forma a direcionar a ação para as atividades com maior impacto no tempo total de operação. A classificação e separação das operações internas e externas pertencente ao primeiro estágio deverá ser realizada, e para a execução da conversão das atividades internas em externas será necessário estudar o trabalho *standard* da linha de forma a perceber quais os postos que cada colaborador opera e assim determinar a sua

disponibilidade para ajudar no processo de mudança. Deverão ainda realizar-se melhorias globais aos processos de mudança através da reestruturação das atividades existentes de forma a torná-las mais eficientes e a diminuir o seu tempo de *setup*, tal como previsto no terceiro estágio de Shingo.

Durante todo o processo de melhoria deve procurar-se envolver os operadores da linha e respetiva chefia, visto serem eles os maiores conhecedores do processo e, como tal, as suas contribuições serem fundamentais para a efetiva melhoria do *setup*. O seu envolvimento deverá também permitir uma maior receptividade a mudanças nos procedimentos.

Outra metodologia a utilizar deverá ser o balanceamento das atividades de *changeover* de forma a garantir a capacidade dos operadores e postos da linha para a realização das operações de *setup* dentro do *target* definido e ainda a criação de um *standard* de mudança que possibilite o atingimento dos objetivos pré-definidos.

1.4 Estrutura da dissertação

No primeiro capítulo é feita a descrição do contexto que releva o tema da dissertação, apresentando o enquadramento do tema nas necessidades da organização e na forma como este se integra nas suas sistemáticas. Apresenta-se também os objetivos propostos e a metodologia aplicada para o atingimento dos mesmos.

O segundo capítulo apresenta os principais conceitos *Lean* que suportam a metodologia que se pretende implementar, isto é, a eliminação de desperdícios e o aproveitamento das capacidades e envolvimento dos colaboradores. Introduzem-se também os seis principais tipos de perdas identificados pela metodologia *Lean*, perdas que se pretendem eliminar, uma das quais relacionada com a redução dos tempos *setup*. Fundamentalmente, o capítulo apresenta os conceitos introduzidos pela metodologia e a *framework* de implementação pela metodologia SMED, que orienta as atividades de redução de tempos de *setup*. Também se apresenta o processo de melhoria contínua da Bosch, estruturado através de projetos de melhoria e ainda a sistemática de acompanhamento dos mesmos.

A apresentação da organização pode encontrar-se no capítulo três, juntamente com uma explicação da divisão em que a empresa Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. se enquadra no contexto grupo Bosch.

De forma mais concreta, apresenta-se também a secção fabril na qual se enquadra a realização do projeto, suas funções e princípios regentes.

No capítulo quatro introduz-se a linha em estudo, faz-se uma contextualização do seu processo de *changeover*, apresenta-se a equipa de trabalho e as premissas do projeto.

No capítulo cinco expõe-se a fase de estudo e de implementação do projeto na organização, das ações realizadas e do seu impacto no processo de mudança, e explica-se ainda a problemática do target.

No capítulo seis faz-se uma análise dos resultados obtidos e finalmente, no último capítulo, apresentam-se as conclusões da investigação realizada e algumas propostas para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo deste capítulo esclarecer-se-ão alguns dos principais conceitos por detrás da investigação efetuada durante a realização desta dissertação.

2.1 *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing (LM), também conhecida como *Toyota Production System* (TPS), é uma filosofia de gestão nascida após a segunda guerra mundial no setor automóvel com intuito de otimizar os sistemas produtivos. Este conceito foi mencionado pela primeira vez em 1988 num artigo denominado “*Triumph of the Lean Production System*” do MIT Sloan Management Review (Krafcik, 1988), e aprofundado mais tarde pelo livro “*The Machine that Changed the World*” (Womack, Jones, & Roos, 1990).

LM defende a eliminação de desperdícios (*muda*, em Japonês), sem recorrer a recursos adicionais. É desta forma que a filosofia providencia uma forma de fazer mais com menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço, enquanto se aproxima mais de providenciar ao cliente exatamente o que é pretendido (Krafcik, 1988). Deste modo, torna-se possível um sistema produtivo que, com muito menos recursos, é capaz de produzir os mesmos outputs (Womack & Jones, 1996).

Tal como referido em “*The Machine that Changed the World*”, LM é um processo dinâmico de mudança, guiado por um conjunto de princípios e boas práticas e que procura a melhoria contínua, e, através das características que confere aos sistemas produtivos, possibilita a combinação perfeita entre quantidade e variedade de produtos (Womack, et al., 1990).

A Tabela 1 apresenta as definições de *Lean Manufacturing* apresentadas pelos principais autores desta filosofia de gestão, compiladas no artigo “*Lean Manufacturing: Literature Review and Research Issues*” de Bhamu and Sangwan, 2014.

Tabela 1 – Síntese de definições de *Lean Manufacturing* (Bhamu & Sangwan, 2014)

Autor (Ano)	Definição de <i>Lean Manufacturing</i>
Krafcik (1988)	<i>“Compared to mass production it uses less of everything-half the human effort in the factory, half the manufacturing space, half the investment in tools, half the engineering hours to develop a new product in half the time. Also it requires keeping far less than half the needed inventory on site, results in many fewer defects, and produces a greater and ever growing variety of products”</i>
Womack, et al. (1990)	<i>“Lean is a dynamic process of change driven by a systematic set of principles and best practices aimed at continuous improvement. LM combines the best features of both mass and craft production”</i>
Womack & Jones (1994)	<i>“Lean production can be defined as an alternative integrated production model because it combines distinctive tools, methods, and strategies in product development, supply management, and operations management into a coherent whole”</i>
Womack & Jones (1996)	<i>“The term lean denotes a system that utilizes less, in terms of all inputs, to create the same outputs, as those created by a traditional mass production system while contributing increased varieties for the end customer”</i>
Hayes & Pisano (1994)	<i>“Briefly, it is called lean as it uses less, or the minimum, of everything required to produce a product or perform a service”</i>

O Sistema Toyota de Produção foi extremamente inovador na sua época, utilizando a filosofia do “operador-pensante” da denominada Era-artesanal e fundindo-a com os conceitos “linha de produção” e “trabalho padronizado”, introduzidos pelo Fordismo, combinando assim as melhores características destas duas filosofias de produção.

2.1.1 Princípios *Lean*

Neste conceito de sistema produtivo a Gestão deixa de considerar os trabalhadores como dentes substituíveis de uma grande roda dentada e confere-lhes competências para realizar diferentes trabalhos – mais do que tarefas ligadas à produção, trabalhos de manutenção, registos, controlo de qualidade, entre outras, são também assumidas pelos operadores (Womack, et al., 1990).

Foi através do aumento do controlo conferido ao operador, da introdução do conceito *Just-in-Time*, e da adaptação do conceito de produção da Ford (eficiente, de fluxo constante e de larga-escala), que a Toyota deu origem àquilo que atualmente se denomina de *Lean Manufacturing*.

LM significa em português Produção Magra e isso reflete-se nos níveis de inventário mantidos no mínimo de forma a diminuir significativamente os custos, nos problemas de qualidade rapidamente detetados e resolvidos; nas linhas de montagem sem *buffers* que asseguram a produção de fluxo contínuo; no facto de as faltas inesperadas de algum dos operadores serem asseguradas pela equipa de trabalho; nas áreas de reparação pequenas em resultado da crença de que a qualidade deve estar assegurada pelo processo e não por uma área de retificação de problemas de qualidade (Womack, et al., 1990).

A metodologia contempla ainda métodos que possibilitam que as empresas melhorem as suas operações e processos, tais como *Just-in-Time* (JIT), *Total Productive Maintenance* (TPM), *Jidoka/Autonomation*, *Value Stream Mapping* (VSM) e *Kaizen/Continuous Improvement* (CI), e estes são considerados os mais importantes indicadores de performance operacional (Liker, 2003).

A filosofia de gestão em questão apresenta maiores riscos, pois qualquer pequeno problema interrompe a produção imediatamente, devido à inexistência de *buffers*. Contudo os ganhos potenciais são muito grandes, e por isso LM pode ser considerada *high-risk/high-return*. Estes riscos também podem ser minimizados através de uma força de trabalho experiente, boas parcerias com fornecedores e bons *designs* de produto (Womack et al., 1990; Krafcik, 1988).

Sistemas deste tipo encorajam o completo desenvolvimento e integração da tecnologia existente, políticas e recursos humanos, sendo este o fator-chave que possibilita a continua melhoria das competências, das máquinas e processos da organização e que torna um *Lean Production System* claramente mais vantajoso que qualquer outro sistema tradicional.

Os princípios nos quais a filosofia *Lean* assenta e que permitem eliminar os “7 desperdícios” de Ohno (ver subcapítulo 2.1.2) são (Cusumano, 1944):

- A produção *Just-in-Time* de pequenos lotes;
- *Work-in-Process* mínimo;
- Concentração geográfica das várias fases produtivas (produção de componentes e montagem final);
- Sistema puxado de produção com cartões *Kanban*;
- Nivelamento da produção;
- *Setups* rápidos;
- Racionalização de máquinas e de linhas de produção;
- Trabalho *standard*;
- Operadores polivalentes;
- Uso seletivo de automatização;
- Melhoria contínua dos processos;

Foi através da adoção do conjunto de princípios mencionados que a Toyota conseguiu conferir ao seu sistema produtivo a flexibilidade que lhe possibilitou produzir uma grande variedade de produtos, sendo esta característica uma tremenda vantagem competitiva (Womack, et al., 1990).

Alguns destes princípios, como os *setups* rápidos, o trabalho *standard*, e a melhoria contínua serão aprofundados nos subcapítulos que se seguem pois são conceitos fundamentais para o entendimento do projeto de investigação em curso.

O *Lean Thinking* é uma metodologia de gestão cunhada por James P. Womack and Daniel T. Jones (1996) tem como objetivo alcançar a empresa *Lean*. Esta filosofia está perfeitamente descrita no livro “*Lean thinking - Banish waste and create wealth in your corporation*” (Womack & Jones, 1996) e a sua implementação é orientada por cinco princípios bem definidos que são os seguintes:

1. Especificar Valor – especificar corretamente o que é valor para o cliente é o primeiro passo do pensamento *Lean*. Contrariamente à ideia existente em muitas empresas, quem define o que é valor é o cliente e não a empresa, devendo a organização tentar suprir da melhor forma possível as necessidades do cliente;
2. Identificar a Cadeia de Valor – a cadeia de valor é o conjunto das ações necessárias à fabricação de determinado produto ou serviço, desde o fornecedor até ao cliente, através dos fluxos de informação e de materiais. Através da análise da cadeia de valor é possível identificar três tipos de processos: (1) os que efetivamente geram valor; (2) os que não geram valor mas que são inevitáveis para as tecnologias e processos produtivos existentes; (3) e os que não agregam valor, devendo ser eliminados (*muda*);
3. Estabelecer o Fluxo Contínuo – Taiichi Ohno e os seus colaboradores concluíram que o verdadeiro desafio era a criação de fluxo contínuo para a produção de pequenos lotes, através da minimização dos tempos de processamento e de mudança de ferramentas. Deste modo torna-se possível manter os produtos em fabricação contínua;
4. Implementar o Sistema Puxado – A implementação de um sistema puxado é uma inversão de paradigma em que se pretende que as empresas satisfaçam as necessidades dos seus clientes, ao invés de “empurrar” os produtos para os seus clientes (sistema empurrado). Este princípio contribui largamente para a diminuição de *stocks*, uma vez que apenas são fabricados os produtos requeridos pelo cliente;
5. Trabalhar para a perfeição – Após a implementação dos quatro princípios anteriores chega-se à conclusão que o processo de redução de desperdícios, bem como a busca da completa satisfação das reais necessidades dos clientes não tem fim. A perseguição da perfeição é deste modo o quinto princípio do pensamento *Lean*.

2.1.2 Os 7 desperdícios

Tal como referido anteriormente (secção 2.1), a filosofia *Lean* baseia a sua ação na eliminação do desperdício em todos os processos e procedimentos das organizações.

Em “*Lean thinking - Banish waste and create wealth in your corporation*” (1996), James P. Womack and Daniel T. Jones definem desperdício como sendo “ toda a atividade humana que absorve recursos e não produz valor”.

Taiichi Ohno, um executivo da *Toyota*, identificou os sete desperdícios no livro “*The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*” (Ohno, 1988):

- *Transportation* – transporte; O transporte de materiais entre locais é considerado desperdício uma vez que as organizações têm custos elevados derivados do processo de deslocação (camiões, operadores, etc.), e este não acrescenta valor ao produto.
- *Inventories* – inventários; Inventário, seja sob a forma de matéria-prima, *work-in-process*, ou produto acabado, tem custos associados. Contudo, este desperdício esconde muitos outros desperdícios associados, tais como, o espaço que ocupa, os locais de armazenamento que requer, o embalamento, os transportes necessários, etc.. A todos estes processos também se associam custos.
- *Motion* – movimentos; Movimentos desnecessários de máquinas, ferramentas ou pessoas, tais como, viagens excessivas entre postos de trabalho, excessivo movimento de máquinas entre o ponto de partida e o ponto de início de trabalho ou ainda movimentos frequentes de abaixamento para alcançar algum material que poderia ser fornecido ao nível da cintura, entre muitos outros, são alguns exemplos de movimentos que são considerados desperdício.
- *Waits* – esperas; As esperas são um dos mais óbvios e mais sérios *mudas* da produção *Lean*. Uma grande percentagem do tempo de trabalho é passada “à espera” que algo aconteça, tal como, à espera de uma resposta de outro departamento, à espera de uma entrega de um fornecedor, ou ainda à espera que algum técnico arranje uma máquina...
- *Overproduction* – sobreprodução; Este é o mais sério de todos os 7 desperdícios. Trata-se de produzir demasiado, demasiado cedo. Normalmente ocorre que os lotes de produção são grandes, com *lead times* elevados, relações pobres com fornecedores, entre outros. A sobreprodução leva a

grandes inventários que, tal como falado anteriormente, mascaram muitos dos problemas da organização. O objetivo deve ser produzir apenas o que é pedido e quando é pedido pelo cliente.

- *Overprocessing* – sobre processamento; Este desperdício ocorre quando são utilizadas práticas desapropriadas para o fabrico de determinado produto, tais como, técnicas não apropriadas, tolerâncias demasiado apertadas, equipamento de tamanho desmedido, a execução de processos não requeridos pelo cliente, entre outros. Estas práticas custam tempo e dinheiro, pelo que devem ser eliminadas.
- *Defects* – defeitos; O mais óbvio dos desperdícios, mas nem sempre fácil de detetar antes de chegar ao cliente. Os defeitos custam mais do que apenas itens defeituosos porque acarretam retrabalho ou reposicionamento, gastam recursos de mão-de-obra e material, originam “papelada” e podem ainda levar à insatisfação e perda de clientes. Deste modo, os defeitos devem ser prevenidos sempre que possível e a implementação de dispositivos *poka yoke* e de máquinas com o princípio *jidoka/autonomation*, são formas expeditas de prevenir os erros de qualidade de ocorrerem. *Jidoka* é um princípio utilizado pelo TPS, onde as máquinas executam, para além da sua função produtiva, a função supervisora. Assim, quando estas detetam algum erro, param, assim como toda a linha de produção, de forma a resolver o problema sem criar mais produtos defeituosos.

2.1.3 Melhoria Contínua

Tal como referido no subcapítulo 2.1.1 um dos Princípios da filosofia *Lean* é a Melhoria Contínua e atingir um sustentável e efetivo processo de melhoria é também um dos princípios-base de uma organização bem-sucedida.

Kaizen, é uma palavra Japonesa que significa “mudar para melhor” e que se refere a um esforço sistemático de procura e aplicação de novas formas de realizar o trabalho, isto é, efetuar melhorias aos processos de forma repetida e ativa (Glover, Farris, & Van Aken, 2015).

Um mecanismo associado à produção *Lean* são os eventos *Kaizen*, isto é, projetos de melhoria focados e estruturados, executados por equipas multifuncionais para melhorar uma determinada área de trabalho, com objetivos especificados e num período de tempo determinado (Farris, Van Aken, Doolen, & Worley, 2008). Apesar de os projetos *Kaizen* se relacionarem com o princípio *Lean* de Melhoria

Continua, são diferentes na sua essência. Na prática, um evento *Kaizen* pode ser considerado uma técnica ou uma ferramenta de implementação da filosofia *Kaizen*.

O princípio *Kaizen* caracteriza-se por uma evolução suave e ininterrupta de melhorias incrementais. Por outro lado, os projetos *Kaizen* caracterizam-se por períodos de mudanças rápidas seguidos de períodos relativamente estáticos. Apesar do aparente paradoxo, os principais autores do princípio consideram que a ferramenta de implementação de melhoria contínua por projetos, juntamente com outros fatores que suportem o princípio, possa ser a abordagem ideal para atingir uma mudança sustentável nas organizações (Glover, et al., 2015).

2.1.4 *Standard Work*

O trabalho padronizado ou, em Inglês, *standard work*, é uma definição detalhada do método mais eficiente para a fabricação de um produto (ou prestação de um serviço) com um fluxo balanceado para atingir a taxa de produção desejada.

Através da divisão das operações nos seus elementos, da sua sequenciação e reorganização, é possível criar um *standard work* que descreva a forma mais eficiente de executar um determinado processo e que documente as “boas práticas” que devem ser efetuadas no decorrer desse mesmo processo.

Providencia uma *baseline* de trabalho a partir do qual podem ser desenvolvidos aperfeiçoamentos e permitindo a melhoria contínua do processo, isto é, *Kaizen*.

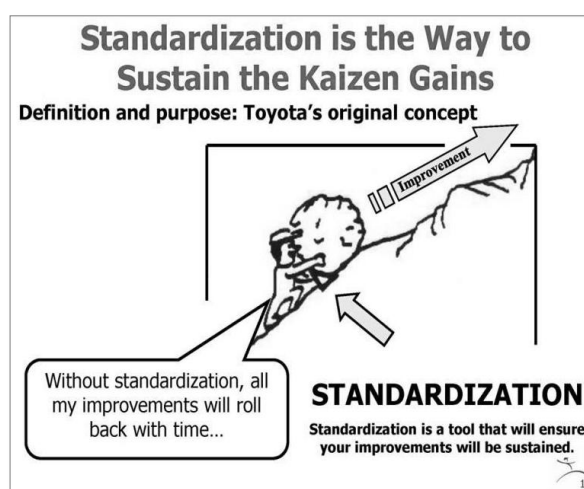


Figura 1 – Figura ilustrativa do pilar que o trabalho *standard* representa para o processo de melhoria contínua (Lean Enterprise Institute, 2015).

Os três componentes essenciais do *standard work*, tal como definidos por Ohno no livro “*The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*” (1988) são:

- *takt time*, isto é, a taxa à qual os produtos devem ser produzidos para satisfazer a procura do cliente;
- *cycle time*, a sequência pela qual o operador realiza as tarefas dentro do *takt time*;
- *standard work-in-process*, o inventário requerido para manter o processo a decorrer de forma suave;

Desenvolver *standard work* é uma das tarefas mais difíceis das disciplinas do *Lean Six Sigma*, contudo, se for desenvolvido de forma eficiente, deve permitir, que qualquer pessoa possa executar as operações sem variações no *output* desejado. Tal como mencionado pelo Lean Enterprise Institute, a implementação das metodologias *Lean* será bastante complexa se não for utilizado o *standard work* como suporte.

Para estabelecer o trabalho standardizado devem utilizar-se formulários para a recolha e registo de dados importantes para a sua definição. O Lean Enterprise Institute (2015) propõe alguns formulários utilizados por engenheiros e supervisores entendidos para o desenvolvimento do trabalho *standard*. Estes documentos servem também para que os próprios operadores efetuem melhorias nos seus postos de trabalho (Narusawa & Shook, 2009):

- *Standard Work Process Study Sheet* (ANEXO I)

A folha de estudo de processo é utilizada para definir e registar o tempo dos elementos de trabalho de um processo.

São também sugeridas algumas dicas para o estudo dos tempos: adotar uma posição onde se possam observar as mãos dos operadores em movimento, medir cada elemento da operação separadamente e cada ciclo de trabalho, observar um operador que seja qualificado para executar o trabalho, e separar sempre o tempo do operador do tempo de máquina.

- *Standard Work Operator Balance Chart* (OBC) (ANEXO II)

O gráfico de balanceamento de operações ajuda a criar o fluxo contínuo num processo de várias fases e operadores, através da distribuição dos elementos de trabalho em relação ao *takt time*.

— *Standardized Job Instruction Sheet* (ANEXO III)

A folha de instrução de trabalho é utilizada para o treino de novos operadores. Nela estão listados todos os passos do trabalho, e qualquer capacidade requerida para a realização da operação em segurança, com o máximo de qualidade e eficiência. Também pode ser utilizada por operadores com experiência para confirmar os corretos procedimentos.

2.1.5 *Value Stream Mapping*

O *Value Stream Mapping* (VSM), em português Mapeamento do Fluxo de Valor, é um das ferramentas chave da metodologia *Lean*, utilizado para identificar visualmente os desperdícios resultantes das ineficiências ou incapacidades dos sistemas produtivos, tais como, ineficiências de informação, tempo, dinheiro, espaço, pessoal, máquinas, material e ferramentas durante o processo de transformação de um produto.

Para a utilização desta ferramenta é necessário primeiramente identificar a cadeia de valor, ou *Value Stream*, isto é, a sequência de todas as ações necessárias para conceber, produzir e providenciar um determinado produto ou serviço, através de fluxos de informação, material e de valor (Womack & Jones, 1996).

De seguida, é necessário realizar o mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping*) que consiste em traçar o caminho de produção, desde o fornecedor até ao cliente, de um determinado produto ou serviço, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de todos os processos de materiais e fluxos de informação. O mapa resultante denomina-se o “mapa de estado atual”.

Posteriormente traça-se o "*future state map*" demonstrando como o valor deveria fluir. Deste modo, através do Mapeamento do Fluxo de Valor, identificam-se claramente as ineficiências do atual processo produtivo, pois a ferramenta VSM considera não só os passos do processo que acrescentam valor ao produto, mas também as que não acrescentam, permitindo assim identificar fontes escondidas de desperdício.

As ineficiências identificadas através do VSM constituem oportunidades para a implementação das várias técnicas *Lean* para a redução dos desperdícios. Deste modo, o passo que se segue é o esboço de um plano de implementação que permita a eliminação das causas raiz do desperdício e a realização

de melhorias aos processos, de forma a dotar o sistema produtivo de características *Lean* (Rother & Shook, 2003).

2.1.6 *Total Productive Maintenance*

O *Total Productive Maintenance* (TPM) é um modelo pensado por Seiichi Nakajima e descrito no livro "*Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*" em 1988. O TPM não é uma política de manutenção mas sim uma cultura, isto é, uma nova filosofia e atitude perante a manutenção que pretende a melhoria contínua através da atitude das pessoas, e defende que a produção e a manutenção devem trabalhar em uníssono.

Nakajima define o TPM como "*innovative approach to maintenance that optimizes equipment effectiveness, eliminates breakdowns, and promotes autonomous maintenance by operators through day-to-day activities involving the total workforce*". O seu propósito é alcançar a performance ideal e atingir as zero perdas, o que significa zero defeitos ou refugo, zero avarias, zero acidentes e zero desperdícios nos processos produtivo ou de mudança (Nakajima, 1988).

Empresas que implementem esta metodologia poderão verificar um crescimento no envolvimento dos trabalhadores, novas capacidades interiorizadas, mais criatividade e, para muitos operários, a TPM poderá constituir uma forma de participação ativa na vida corporativa e o sentimento de posse relativamente ao seu posto de trabalho, aumento da eficiência, diminuição do número de avarias, queda no número de acidentes de trabalho, redução do desperdício interno, melhorias na qualidade do trabalho e redução de queixas, redução de custos de produção, redução de materiais em *stock*, entre outras.

A ação do TPM contribui para a eliminação dos seis principais tipos de perdas identificados pelo modelo:

- 1) Perdas por avarias;
- 2) Perdas derivadas de operações de *setup* e ajustes;
- 3) Perdas por micro-paragens;
- 4) Perdas de velocidade;
- 5) Defeitos e retrabalhos;
- 6) Perdas no arranque dos equipamentos;

Por sua vez, a eliminação deste tipo de desperdício tem influência direta no indicador *Overall Efficiency Equipment* (OEE), considerado por Lonnie Wilson (2010) a ferramenta primária para medir a eficiência da produção. O indicador mencionado pode medir a produtividade de uma estação de trabalho, de uma célula, de uma linha ou mesmo de uma fábrica e o seu cálculo engloba três parâmetros operacionais: disponibilidade do equipamento (D), performance do equipamento (P), qualidade da produção (Q). O indicador OEE calcula-se através da seguinte expressão:

$$OEE = D \times P \times Q$$

Equação 1 – Formula utilizada para o cálculo do *Overall Equipment Efficiency* (OEE) (Nakajima, 1988)

Os tipos de perda 1) e 2) influenciam diretamente o parâmetro “disponibilidade do equipamento”, D, devido ao tempo despendido com os equipamentos parados. Os tipos de perda 3) e 4) afetam o parâmetro (P) “performance do equipamento” pois têm impacto direto no tempo de ciclo da máquina. Por fim, os dois últimos tipos de perda, 5) e 6) influem na quantidade de unidades sucataadas ou retrabalhadas e, como tal, refletem-se no Índice de qualidade, Q.

O modelo traduz-se, de forma simplificada na “Casa TPM” que sintetiza os oito pilares nos quais o modelo se baseia: manutenção autónoma, manutenção planeada ou preventiva, melhorias específicas, educação e formação, gestão da qualidade e do processo, gestão de novos equipamentos, segurança e meio ambiente e TPM em áreas administrativas (Nakajima, 1988). A seguinte figura ilustra a mencionada “Casa TPM”.

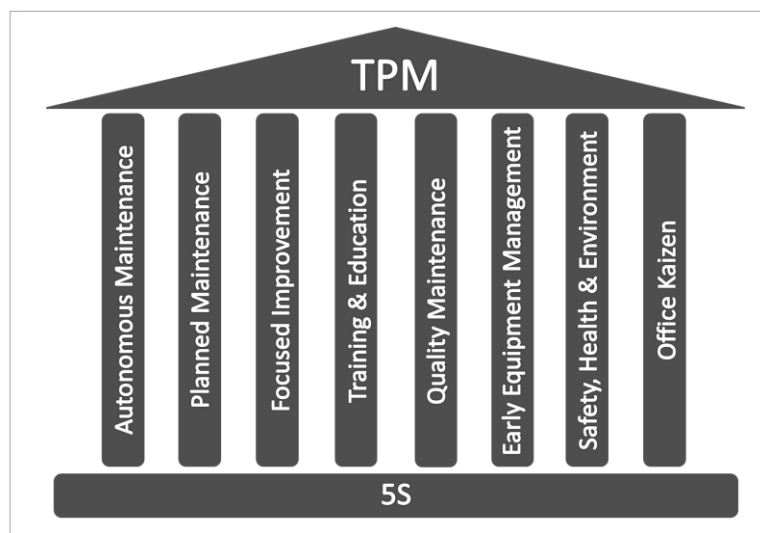


Figura 2 – Esquema adaptado do Modelo TPM de Nakajima (1988)

De seguida explicam-se os pilares do modelo *Total Productive Maintenance*:

— Manutenção Autónoma

Manutenção autónoma (*autonomous maintenance*) pode ser definida como “*process by which equipment operators accept and share responsibility (with maintenance) for the performance and health of their equipment*” (Robinson & Ginder, 1995) ou ainda como um processo que envolve “*the participation of each and every operator, each maintaining his own equipment and conducting activities to keep it in the proper condition and running correctly*” (Komatsu, 1999). Deste modo, pretende-se instruir os operários e trabalhadores a executarem tarefas de fácil realização tais como apertar, lubrificar, limpar ou, se apropriado, monitorizar a ação de máquinas, para evitar defeitos e modos de falha. Através deste tipo de atividades, os operadores ganham o sentimento de propriedade para com os equipamentos que operam e também ocorre a libertação dos técnicos de manutenção para atividades que requeiram maior *know-how*.

— Manutenção Planeada

A manutenção planeada pretende criar rotinas de manutenção proactiva, cujo objetivo é providenciar o controlo de intervenções planeadas em detrimento de intervenções forçadas resultantes de avarias. Desta forma é possível planejar as intervenções para momentos em que os equipamentos se encontrem parados e evitar perdas de produção, ao mesmo tempo que se possibilita que os equipamentos se encontrem em condições ótimas (Pardue, Peity, & Moore, 1994).

— Melhorias Específicas

O pilar referente às melhorias específicas defende a existência de uma equipa de colaboradores que trabalhe proactivamente para atingir melhorias ao nível da operação dos equipamentos. Essas atividades de melhoria têm como principal objetivo a redução das seis principais perdas relacionadas com a maquinaria mencionadas anteriormente.

— Educação e Formação

O pilar da Educação e Formação pretende colmatar as falhas de conhecimento que possam existir e que impeçam o alcance dos objetivos do TPM. Pretende-se aumentar o *know-how* de todos os colaboradores e também as suas competências de manutenção. As formações mencionadas devem aplicar-se não só a todos os operadores e técnicos de manutenção, mas também à gerência.

— Gestão da Qualidade e do Processo

O pilar da Gestão da Qualidade e do Processo pretende tornar os equipamentos à prova de erro, isto é, implementar dispositivos de deteção e prevenção de erro nos processos produtivos. A aplicação da ferramenta “*root cause analysis*” é aconselhada para a eliminação de erros recorrentes através da erradicação da sua causa-raiz, e, por conseguinte, a prevenção de possíveis defeitos de qualidade.

— Gestão de Novos Equipamentos

A Gestão de Novos Equipamentos pretende garantir que o conhecimento relativo à maquinaria, gerado através da sua utilização quotidiana e da implementação do modelo TPM, seja transmitido para o *design* e características dos equipamentos que a organização pretenda adquirir no futuro.

— Segurança e Meio Ambiente

Manter um saudável e seguro ambiente de trabalho é uma das ambições do modelo TPM retratada pelo pilar “Segurança e Meio Ambiente”. A sua ação prende-se com a eliminação de potenciais riscos para a saúde e a segurança, contribuindo para um local de trabalho cada vez mais seguro. O TPM estabelece especificamente o objetivo de “zero acidentes”.

— TPM em Áreas Administrativas

O modelo TPM não se limita a implementar melhorias ao nível do *gemba* (palavra Japonesa para chão de fábrica) estendendo a sua aplicação também às áreas administrativas das organizações. As atividades de redução de desperdício nas áreas indiretas de produção agilizam operações administrativas que, por sua vez, facilitam uma melhor assistência às áreas diretas.

A implementação do modelo implica uma forte implementação do método “5Ss”, conforme ilustrado anteriormente na Figura 2, onde a “base” da Casa TPM é referido método.

2.1.7 5Ss

O método 5Ss torna possíveis melhorias na organização do trabalho, melhorias ao nível da efetividade, um decréscimo da taxa de acidentes de trabalho e é um princípio básico na aplicação do TPM (Jaca, Viles, Paipa-Galeano, Santos, & Mateo, 2014). É um sistema que pretende criar e manter um local de trabalho bem organizado, limpo, eficiente e com qualidade, e não se aplica única e exclusivamente a

produtos, mas também à qualidade, aos métodos operatórios das máquinas, características de processos, a processos e procedimentos, e possibilita a melhoria contínua (Hiroyuki, 1990).

Tal como referido em “*5 Pillars of the Visual Workplace*” de 1990, os 5Ss contemplam os cinco conceitos denominados por palavras Japonesas:

1. *SEIRI - Sorting and Filtering*- método para libertar espaço no local de trabalho e eliminar todos os objetos desnecessários, com impacto na mentalidade no local de trabalho, removendo os maus vícios;
2. *SEITON – Stabilization* - definir os locais e as suas barreiras. Pretende-se arrumar o local de trabalho para que os objetos úteis fiquem facilmente identificados e alcançáveis, numa lógica que facilite a sua utilização;
3. *SEISO – Shining*- a limpeza no local de trabalho. É imperativo detetar as fontes de sujidade pois só assim se pode melhorar a qualidade dos produtos e a segurança das pessoas;
4. *SEIKETSU – Standardization* - manter o *status* conseguido através do estabelecimento de regras, hábitos, e procedimentos standard;
5. *SHITSUKE - Support for change* - Requer que os procedimentos sejam especificados e cumpridos.

2.1.8 SMED – Single Minute Exchange of Die

O Sistema Toyota de Produção impulsionou a produção em pequenos lotes e a redução de *stocks*, e estas, por sua vez, “incentivaram enormemente ações no sentido da redução do tempo de *setup*” (Sugai, McIntosh, & Novaski, 2007).

2.1.8.1. Conceito de *SETUP*

Denomina-se de *setup* ou *changeover* a mudança de ferramentas e os ajustes aos equipamentos necessários numa mudança de produção.

Durante esta operação não há acréscimo de valor – há apenas gasto de tempo e aumento de custos. Se os tempos de *changeover* são elevados, os lotes produzidos são conseqüentemente grandes para justificar as perdas originadas pela mudança de produtos e, naturalmente, as quantidades de *stock* resultantes são elevadas. Deste modo, o tempo de *setup* é considerado desperdício e a sua redução ou até mesmo eliminação, torna-se imperativa.

Os benefícios da redução dos tempos de *setup* são inúmeros. Com a diminuição do tempo de mudança de ferramentas, ocorre o aumento da disponibilidade das máquinas, o aumento da produtividade e a redução dos custos de mão-de-obra.

Um rápido *changeover* possibilita também o aumento da frequência dos *setups*, que, por sua vez, permite reduzir o tamanho dos lotes de produção. Lotes mais pequenos contribuem para a diminuição dos *stocks*, dos seus custos derivados, e do *Work in Process*.

Todas as características proporcionadas por um *setup* rápido, diminuem o *lead time* e reforçam a flexibilidade do sistema produtivo. Relacionado ainda com a redução de *stocks*, verificam-se também melhorias ao nível da qualidade (Lopes, Neto, & Pinto, 2010).

A seguinte figura apresenta de forma esquemática os benefícios de um *setup* rápido explicados anteriormente.

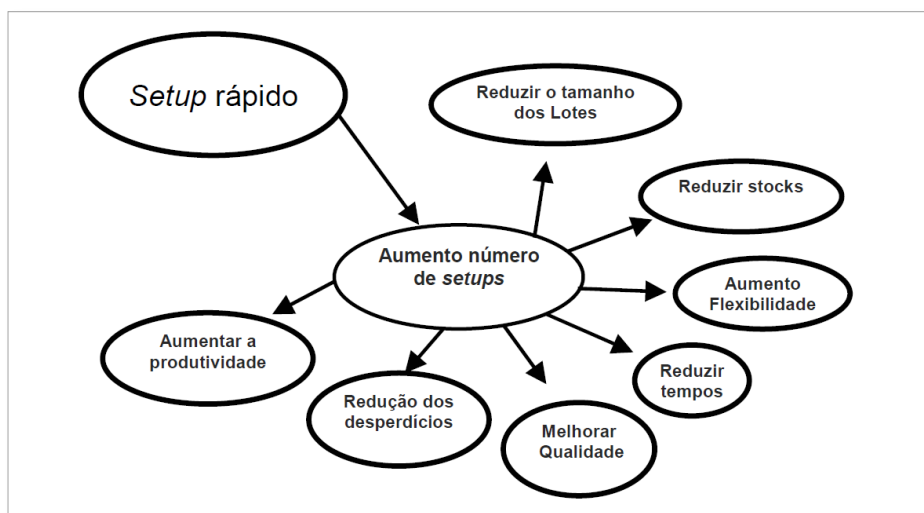


Figura 3 – Benefícios resultantes do *setup* rápido (Lopes, et al., 2010)

São os benefícios mencionados que tornam a rápida troca de ferramentas reconhecidamente fundamental e indispensável para a produção *Just-In-Time* (Handfield, 1993). Também Seiichi Nakajima (1988) releva o *Quick Changeover* considerando-o uma das seis áreas-chave de foco do método TPM.

“When I ask about the major difficulties encountered in the many factories I visit, the response is usually brief: diversified, low-volume production...the main difficulty generally turns out to be the setup

operations required – calibrations, switching of tools or dies, etc. Frequent setups are necessary to produce a variety of goods in small lots.”

Shigeo Shingo (1985)

2.1.8.2. Introdução ao SMED

O SMED – *Single Minute Exchange of Die* – é uma metodologia para a mudança rápida de ferramentas desenvolvida por Shigeo Shingo durante 19 anos. Os estudos que deram origem à metodologia tiveram lugar na empresa Toyota Motor Corporation em 1985 e foram publicados no livro “SMED – *Revolution in manufacturing*”.

Existem várias técnicas de mudança rápida de ferramentas – *Quick Changeover* – sendo SMED a mais popular (Lopes, et al., 2010). O conceito inovador japonês foi inicialmente adotado por todas as fábricas da Toyota e continuou a desenvolver-se como um dos principais elementos do TPS (Shingo, 1985). A sua prática seria difundida na engenharia industrial em todo o mundo (Shingo, 1985; Sugai, et al., 2007).

Esta metodologia tem estado na primeira linha em termos de atividade de redução do *changeover* desde metade da década de 80 e o que se verifica é que o termo SMED está impregnado nas perceções académicas e industriais como atividade de melhoria de performance de *changeover* (McIntosh, Culley, Mileham, & Owen, 2001).

SMED é um sistema de redução de tempo de *setup* de máquinas que traz aglutinado uma meta de tempo: o "*single digit*"; Isto significa que as mudanças deverão ter durações de um dígito apenas, isto é, inferiores a 10 minutos (Sugai, et al., 2007). Shingo (1985) refere-se ao SMED como sendo uma "[...] abordagem científica para a redução do setup, que pode ser aplicada em qualquer fábrica ou equipamento", contudo esta afirmação é refutada por alguns autores.

A grande inovação introduzida pela metodologia SMED relaciona-se com a distinção de dois novos conceitos:

- *Internal setup* – operações de *setup* que apenas podem ser realizadas com a máquina parada;
- *External setup* – operações de *setup* que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento;

A metodologia SMED concerne em si três ingredientes essenciais que permitem a sua eficácia: uma forma básica de pensar a produção, um sistema realista e um método prático.

2.1.8.3. Framework de implementação do SMED

No seu livro "*A Revolution in Manufacturing*" o autor apresenta uma *framework* para a implementação da sua metodologia.

A *framework* de implementação inclui 4 estágios conceptuais definidos por Shingo que retratam a implementação faseada do SMED. São eles:

- Estágio preliminar: etapas internas e externas são indistinguíveis;
- Estágio 1: separação das operações internas e externas de *setup*;
- Estágio 2: conversão das operações de *setup* internas em externas;
- Estágio 3: otimização de todos os aspetos das operações de *setup*;

O autor apresenta também no seu livro algumas técnicas e ferramentas úteis para a execução de cada um dos seus estágios.

McIntosh et al. (2000) faz ainda uma clara distinção entre SMED como conceito, SMED como metodologia e SMED como programa de melhoria:

- SMED como um conceito: caracteriza-se pela definição dos 4 estágios do SMED e a introdução de 3 novos conceitos: a separação das atividades internas e externas de *setup*; a conversão das atividades internas em externas; "*streamlining*" todos os aspetos relacionados com as operações de *setup*;
- SMED como uma metodologia: refere-se aos 4 estágios quanto às técnicas a aplicar e descrevendo implicitamente uma ordem de aplicação desses mesmos estágios e técnicas;
- SMED como um programa de melhoria: descreve a totalidade da atividade de melhoria que tem o SMED como fundamento. Este programa inclui a análise de todas as atividades de *setup*, o treino em técnicas de melhoria, melhorias ao nível da seleção da equipa e das responsabilidades dos elementos da mesma;

De seguida apresentam-se os quatro estágios conceptuais do SMED.

2.1.8.3.1. Estágio Preliminar

No estágio preliminar o processo de mudança encontra-se na sua situação inicial, onde a distinção entre as etapas internas e externas não existe.

É necessário, numa primeira fase, recolher as durações de cada atividade de mudança. Para tal, Shingo (1985) sugere a utilização da filmagem, pois é um método bastante eficaz quando não há um grande número de repetições de tarefas. Segundo Noaker (1991), Shingo ressuscita uma ferramenta de engenharia criada por Frank G. Gilbreth - a gravação em vídeo.

Este método é extremamente efetivo se a filmagem for mostrada aos operadores imediatamente após a atividade de *setup*, uma vez que lhes dá visibilidade dos problemas ocorridos. Confere-lhes também consciência imediata dos erros e a possibilidade de contribuírem com as suas ideias para a sua resolução. Shingo afirma que, ainda que alguns consultores defendam que seja preferível a análise em profundidade à produção contínua com o propósito de melhorar o *setup*, na sua opinião, o diálogo informal com os colabores é suficiente para encontrar soluções de melhoria.

De facto, o envolvimento dos colaboradores diretos já foi descrito como sendo uma das principais características das filosofias modernas de produção em "*TPM for Workshop Leaders*" de Shirose (1992). O autor realça também que os esforços das equipas do chão de fábrica podem aumentar significativamente a capacidade de produção de uma empresa, contudo, sabe-se que este é um processo difícil de implementar.

2.1.8.3.2. Estágio 1: Separação das Operações Internas e Externas de *Setup*

Este estágio dedica-se à classificação das atividades de *changeover* como internas e externas, sendo internas as operações que apenas podem ser realizadas com os equipamentos parados, e externas as atividades que podem ser executadas com os equipamentos em funcionamento, tal como referido anteriormente. Segundo Monden (1984) e Shingo (1985), a distinção das ações de preparação interna e externa é o conceito mais importante do SMED.

Shingo afirma que "[...] se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de setup como setup externo, então, o tempo necessário para o setup interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre setup interno e externo é o passaporte para atingir o SMED".

Para assegurar que as operações que podem ser realizadas como *setup* externo são realizadas enquanto os equipamentos ainda estão em funcionamento, o autor sugere algumas ferramentas, tais como, a utilização de uma *check-list*. Neste documento deverão constar informações de todas as operações de *setup* que deverão ser preparadas de forma antecipada à mudança, tais como, nomes, especificações, e ferramentas necessárias, evitando possíveis erros e perdas de tempo consequentes.

O autor sugere também a utilização de uma *check-table*, isto é, uma mesa onde se desenham as ferramentas e componentes necessários preparar de forma antecipada ao *setup* interno. Deste modo, é facilmente identificável se alguma coisa estiver em falta. Esta é uma técnica de gestão visual com extrema eficiência.

Estas duas ferramentas deverão ser específicas para cada máquina para evitar serem confusas e caírem em desuso.

É também de extrema importância a verificação funcional das ferramentas a utilizar para o *setup* interno, pois, caso este passo não seja confirmado, poderão ocorrer perdas devidas a erros de funcionalidade.

O transporte de materiais deve ser otimizado para que as ferramentas e componentes se encontrem o mais próximo possível do local de troca e o mínimo de tempo seja desperdiçado em operações de transporte. Estas operações deverão ser executadas por um operador, caso este tenha disponibilidade enquanto o equipamento ainda está em funcionamento, ou por uma pessoa externa ao processo.

2.1.8.3.3. Estágio 2: Conversão das Operações de *Setup* Internas em Externas

O segundo estágio envolve duas noções importantes:

- O reexame das operações para verificar se não existe nenhum erro de classificação das atividades;
- Procurar formas de converter as operações internas em externas;

Segundo McIntosh et al. (2000), o principal objetivo da metodologia SMED é a tradução de tarefas de mudança internas em operações de *setup* externas.

A “conversão” das atividades implica a necessidade de encontrar operações que possam ser feitas com os equipamentos em funcionamento e passar a executá-las antes de a produção parar. Este procedimento é de extrema importância, mas também de difícil implementação pois requer a abertura dos colaboradores para a alteração de “velhos hábitos”.

A metodologia SMED refere alguns procedimentos da operação interna que devem ser traduzidos em atividade externa:

- A execução de testes e afinações deve ser feita antecipadamente para que, após a troca de ferramentas a produção se possa iniciar de imediato;
- A preparação antecipada das operações, tal como por exemplo o pré-aquecimento de materiais;
- A otimização/eliminação de ajustes de posição, ou seja, através da criação de mecanismos para garantir a correta posição das ferramentas é possível melhorar ou até mesmo eliminar os ajustes de posição necessários;
- O fornecimento contínuo de materiais de forma a garantir o seu ininterrupto abastecimento ao posto;
- A criação de suportes temporários para *stocks* de matéria-prima pronta a processar. Aquando da entrada do novo produto há o risco de a matéria-prima necessária ainda não se encontrar no local de abastecimento, originando paragens. Estes suportes servem exatamente para mitigar esse problema;
- A standardização de funções. Para a execução deste procedimento é necessário partir a operação nos seus elementos básicos, e identificar aquelas que podem ser *standard* para os vários produtos. Este procedimento é muito eficaz na redução de tempo de *changeover* uma vez que “*the quickest way of replacing something, is to replace nothing.*” (Shingo, 1985);
- A implementação de conjuntos de ferramentas multiusos. Deste modo, se a mesma ferramenta puder ser utilizada para mais do que um produto, evita-se o seu *changeover*;

Estes são apenas alguns dos muitos exemplos dados pelo autor de procedimentos que podem ser executados de forma a converter as atividades de *changeover*, contudo, as ações deverão ser avaliadas de forma a determinar se são ou não aplicáveis às diferentes realidades industriais e processos de manufatura.

2.1.8.3.4. Estágio 3: Otimização de todos os aspetos das operações de *setup*

Apesar de ser possível atingir o “*single minute*” apenas através da conversão das operações internas em externas, este nem sempre é o caso. Surge assim a necessidade do 3º estágio conceptual – *Streamlining All Aspects of the Setup Operation* (Shingo, 1985) – onde é feita a análise detalhada de cada operação elementar do *changeover*, e se efetuam atividades de melhoria para cada um desses elementos, sendo eles internos e externos.

Também Hall (1983) dá a entender que o single-minute apenas é possível através da realização do 3º estágio, i. e., através da modificação das máquinas, eliminação de ajustes, etc.. Contudo, segundo McIntosh et al. (2000), não é incomum que as aplicações do SMED não realizem o estágio 3 devido à extrema valorização dos dois primeiros.

Para a melhoria das operações externas, o autor da metodologia SMED propõe a automatização do armazenamento e transporte de ferramentas e componentes, de forma a diminuir a mão-de-obra necessária para a preparação das operações de *setup*. Esta ação contudo, não diminui diretamente o tempo requerido para as operações de *changeover* uma vez que não tem impacto no tempo despendido com operações internas. Para tal, são sugeridas algumas técnicas que serão agora apresentadas:

— A implementação de operações paralelas:

A realização de operações de *setup* interno pode ser significativamente melhorada através da implementação de operações paralelas. Denomina-se de operações paralelas quando as atividades internas de *setup* são realizadas em simultâneo por mais do que um operador, sendo que a sua duração total diminui significativamente. Na verdade, sendo duas pessoas a executar as ações, a redução do tempo de operação será provavelmente superior a 50% pois ocorre a economia de pequenas perdas, como por exemplo, deslocações.

A implementação de atividades paralelas requer especial atenção às esperas desnecessárias pois, a sua errada implementação pode não trazer vantagens em termos de redução de tempo.

É comum haver resistência por parte dos colaboradores na implementação deste tipo de atividade devido à falta de pessoal disponível, contudo, segundo a metodologia SMED, a ajuda necessária seria apenas de poucos minutos, uma vez que as operações são simples e que até um colaborador sem qualificação para o trabalho o pode executar.

— A implementação de engates funcionais:

Uma cavilha/parafuso de quinze roscas necessita também de quinze voltas para ficar perfeitamente apertado pois, na verdade, o que realmente concretiza o aperto é a última volta e, quando ao desaperto, este apenas se conclui após a última volta no sentido contrário. As restantes voltas, em ambos os sentidos, são desperdício. Também devido ao excessivo comprimento do parafuso serão necessárias muitas voltas para que a fêmea exerça a sua função.

Um engate funcional é um dispositivo cuja função é prender objetos no seu devido local com o mínimo de esforço possível. Deste modo, de forma a tornar uma cavilha/parafuso regular num dispositivo deste tipo é necessário repensar o seu comprimento mínimo necessário de forma a continuar a cumprir a sua função de fixação do objeto, mas evitando o desperdício.

— A eliminação completa de ajustes e afinações:

Segundo Shingo (1985), “*adjustments and test runs normally account for as much as 50% of setup time*”. Deste modo, a sua eliminação resulta em poupanças significativas de tempo.

É importante reconhecer que os testes e ajustes apenas se tornam necessários quando ocorrem incorretas ações de centralização, dimensionamento, etc. advindas de passos anteriores de *setup* interno. Estes procedimentos não são independentes, mas sim originados por etapas anteriores do processo. Para se proceder à sua eliminação é necessário repensar os estágios de *setup* anteriores e perceber o que pode ser melhorado para evitar o desperdício em etapas subsequentes.

No seu livro, Shingo descreve vários métodos para a eliminação de ajustes em vários tipos de máquinas e materiais.

Ao longo da implementação da *framework* enunciada e dos seus estágios integrantes, as durações internas e externas de *changeover* deverão sofrer diminuições significativas, tal como ilustrado na imagem que se segue.

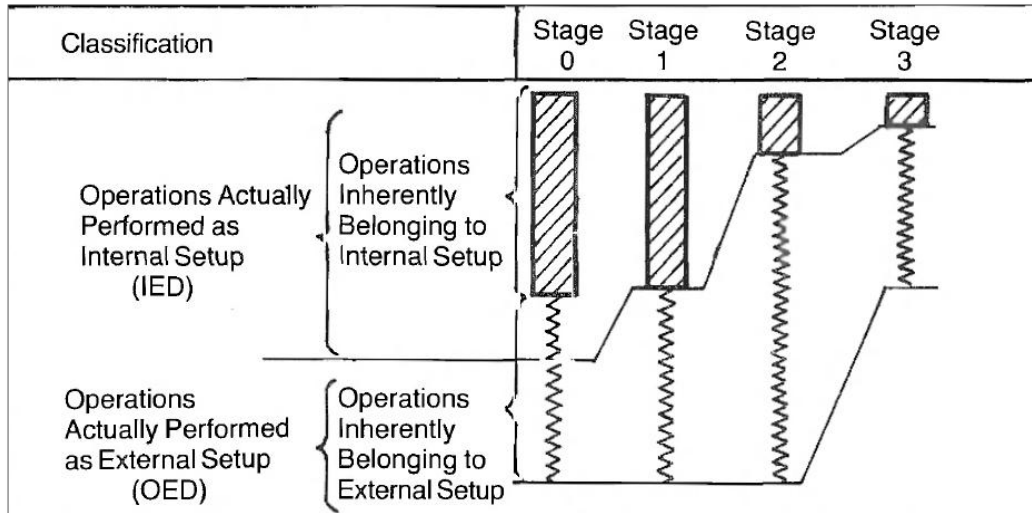


Figura 4 – Imagem exemplificativa da redução do tempo de setup ao longo da implementação dos estágios (Shingo, 1985)

A implementação desta *framework* possibilita incrementos de capacidade produtiva e a diminuição do tamanho dos lotes de produção, e a habilidade requerida para a sua aplicação pode ser alcançada com a prática e a experiência prolongada. Deste modo, torna-se possível que qualquer pessoa a possa implementar e revolucionar os sistemas produtivos existentes, em qualquer panorama industrial.

2.1.8.4. Técnicas de Gestão de Projetos para apoio à implementação do SMED

Para auxiliar a investigação poderá ser útil a utilização de técnicas de Gestão de Projetos, tais como, o *Precedence Diagramming Method* (PDM), *Program Evaluation Review Technique* (PERT), o *Critical Path Method* (CPM) e o *Resource-based Method*. Algumas das vantagens da sua utilização são enunciadas em “*Introduction to Operation Research*” de Hillier and Lieberman (2005):

- Possibilitar uma representação gráfica do fluxo das atividades;
- Permitir estimar o tempo total utilizado para completar as tarefas de mudança se nenhum atraso inesperado ocorrer;
- Perceber quando é que cada uma das atividades individuais necessita de começar e terminar de forma a cumprir o tempo estimado para o término das atividades;
- Entender quando é que cada uma das atividades individuais pode começar e terminar se nenhum atraso inesperado ocorrer;

- Permitir determinar quais as atividades críticas (*bottleneck*) cujo atraso deve ser evitado de forma a prevenir atrasos na duração total da atividade de mudança;
- Para as restantes atividades, tornar possível a perceção do atraso tolerado de forma a que a duração total da atividade de *changeover* não ultrapasse o tempo previsto;

2.1.8.4.1. Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Program Evaluation and Review Technique (PERT) é uma técnica utilizada para calendarizar, organizar e coordenar tarefas de um projeto ou processo. É um método que analisa as tarefas necessárias para completar determinado projeto, especialmente o tempo requerido por cada uma dessas atividades, de forma a determinar o tempo mínimo necessário para completar o objetivo proposto (Trietsch & Baker, 2012).

Esta técnica contempla uma abordagem para estimar parâmetros com elevado grau de incerteza: *The PERT Three-Estimate Approach*. Esta abordagem estima os parâmetros através uma média ponderada e, para tal, consideram-se três casos:

- Estimativa mais Provável (M) = a duração mais provável da atividade;
- Estimativa Pessimista (P) = a duração da atividade sob as condições menos favoráveis;
- Estimativa Otimista (O) = a duração da atividade sob as condições mais favoráveis;

A técnica PERT assume que as três estimativas seguem uma distribuição de probabilidade β e a seguinte imagem retrata a localização do parâmetro estimado na respetiva distribuição de probabilidade:

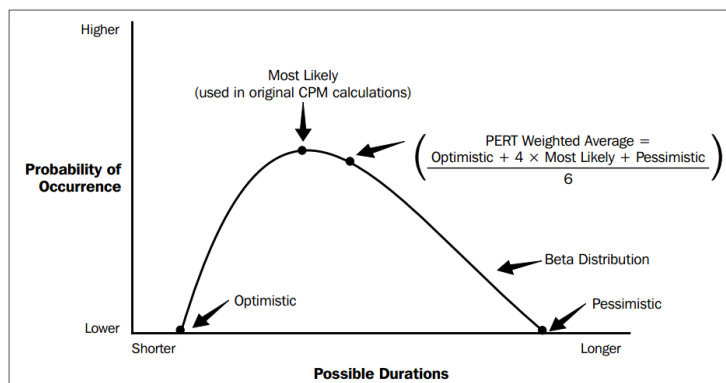


Figura 5 – Localização do parâmetro estimado na distribuição de probabilidade β (Figura 6-4, PMI (2004))

Deste modo, a técnica PERT permite estimar parâmetros através da seguinte fórmula:

$$\text{Parâmetro_estimado} = \mu = \frac{(P + 4M + O)}{6}$$

Equação 2 – Fórmula utilizada pela técnica PERT para estimar parâmetros com elevado grau de incerteza (Hillier & Lieberman, 2005)

O intervalo entre a melhor e a pior duração é de aproximadamente 6σ e, deste modo, a variância pode calcular-se através da seguinte fórmula:

$$\sigma^2 = \left(\frac{(P - O)}{6}\right)^2$$

Equação 3 – Fórmula utilizada pela técnica PERT para estimar a variância de parâmetros com elevado grau de incerteza (Hillier & Lieberman, 2005)

É possível calcular a probabilidade de um projeto ter uma determinada duração estimada, assumindo para tal uma distribuição de probabilidade normal para o Caminho Crítico (conceito que será abordado no subcapítulo 2.1.8.4.3).

2.1.8.4.2. *Precedence Diagramming Method (PDM)*

Uma vez estimadas as durações das atividades será necessário conhecer as relações de interdependência entre as atividades e, para tal, poderá utilizar-se uma rede de precedências o como por exemplo a *Activity-on-Arrow* (AON).

Estas redes servem para representar de forma gráfica e esquemática muitos tipos de problemas. Em “*Introduction to Operation Research*” de Hillier and Lieberman (2005) refere-se o quão valorosas podem ser estas representações para uma melhor compreensão e resolução dos mesmos, pois neste diagrama retratam-se as dependências das atividades e o sequenciamento das mesmas. As redes de precedências podem ser úteis também para a representação das atividades de um processo.

Um diagrama AON apresenta as atividades como nodos, tipicamente representados por círculos ou retângulos, e as precedências das operações através de setas, tal como se pode ver na seguinte figura:

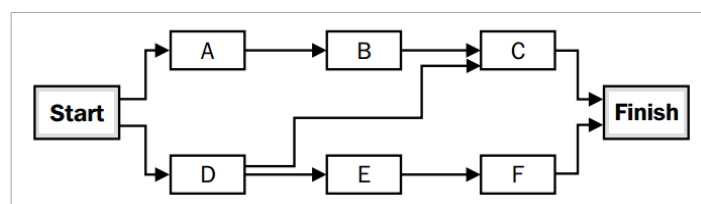


Figura 6 – Exemplo de um diagrama PDM (Figura 6-2,PMI (2004))

Para traçar este tipo de *network* são necessários três tipos de informações relativas às atividades dos projetos/processos:

1. Informação sobre as atividades – partir o projeto/processo em operações individuais (até ao nível de detalhe desejado);
2. Relações de precedência – identificar os predecessores imediatos de cada uma das atividades;
3. Duração de cada uma das atividades;

2.1.8.4.3. *Critical Path Method (CPM)*

O método do Caminho Crítico é uma ferramenta da gestão de projetos que calcula o caminho mais longo para o término de uma atividade planeada e permite, por isso, calcular o tempo necessário para realizar a totalidade do projeto/processo.

O caminho mais longo denomina-se na Gestão de Projetos por caminho crítico e é constituído pela sequência das atividades da *network* que contribuem para a mais longa duração. Deste modo, estas atividades determinam o tempo mínimo necessário para completar o projeto/processo.

Através desta ferramenta é possível perceber quais as atividades que podem ser realizadas em simultâneo com outras, e quais as variações que cada uma delas pode sofrer sem tornar a duração total mais longa.

O gráfico de Gantt é largamente utilizado para traçar calendarizar o projeto ou o processo, devido ao facto de possibilitar gerir grandes quantidades de informação, ao mesmo tempo que apresenta as atividades e as suas precedências de forma clara e intuitiva. Neste tipo de gráfico também é possível realçar as atividades pertencentes ao caminho crítico.

Um dos *softwares* mais comumente utilizados para traçar os Gráficos de Gantt é o Microsoft Project pois é de uso gratuito e *user friendly*.

2.1.8.4.4. *Resource Leveling*

Utilizando as análises matemáticas apresentadas anteriormente, pode ocorrer uma sobre utilização dos recursos existentes durante determinados períodos de tempo, devido à tentativa de sobrepor os

momentos de realização das atividades. Esta situação pode ocorrer, por exemplo, quando alguma máquina ou pessoa é necessária para a execução de mais do que uma tarefa em simultâneo.

Segundo o Project Management Institute (2004), o *Resource Leveling*, ou o Nivelamento de Recursos, em português, é uma técnica que faz o ajuste das datas de início e fim das atividades com base nas restrições de recursos. O principal objetivo é fazer o balanceamento entre a procura e a disponibilidade dos recursos existentes.

A técnica mencionada faz o reagendamento das atividades, tipicamente utilizando *software* de gestão de projetos, para efetuar o balanceamento da utilização dos recursos, adiando as mesmas até que existam recursos disponíveis para a sua realização. Como resultado do nivelamento de recursos, pode ocorrer o atraso da data de término do projeto/processo caso as tarefas do caminho crítico sejam afetadas pelo reagendamento.

2.1.8.5. Críticas à Metodologia SMED

De acordo com Sugai et al. (2007) “Shingo inquestionavelmente realizou contribuições substanciais quando se trata de melhorias em tempo de setup [...]”, contudo, vários autores escreveram sobre as limitações e os aspetos não considerados na metodologia SMED.

A aplicação sequencial dos estágios de Shingo e das suas técnicas foi referida por McIntosh et al. (2000) em “*A critical evaluation of Shingo’s SMED methodology*”, onde foi considerado que o procedimento implementado na sua sequência “prescrita”, nem sempre é eficiente para a melhoria do QCO. Estes autores defendem também um certo grau de liberdade na implementação da metodologia, isto é, preferem a possibilidade da enfatização de algumas técnicas em detrimento de outras. No artigo de Sugai et al. (2007) são descritos casos práticos de aplicação não sequenciada e bem-sucedida da metodologia SMED.

No livro de McIntosh et al. de 2000, os autores defendem também que Shingo não promove suficientemente algumas opções de melhoria em todas as fases de implementação, especialmente propostas relacionadas com atividades de redução das tarefas existentes de *changeover*. Os autores consideram que oportunidades de melhoria deste tipo aparecem especialmente quando ocorrem alterações de conceito do sistema produtivo já existente, sendo por isso importante que esta etapa seja realizada numa fase mais inicial da implementação, contrariamente ao estabelecido pelo SMED.

Outra crítica levantada à metodologia de Shingo foi o grande enfoque no setor metalomecânico. A título de exemplo, os autores Sugai et al. (2007) revelam que a implementação da metodologia na indústria farmacêutica é limitada pois muitas das técnicas mencionadas não se aplicam à realidade em causa. Apesar disso, o SMED auxiliou na distinção das operações internas e externas de *setup*.

Os mesmos autores apontam uma realidade não considerada pelo SMED: a influência da sequência de lotes de peças diferentes na preparação da linha de produção e no seu *setup*.

2.2 *Bosch Production System (BPS)*

O sucesso do Grupo Bosch baseia-se na constante procura de melhorias das suas tecnologias produtivas e foi deste modo que, de forma a adaptar-se às exigências impostas pelo mercado, a Bosch desenvolveu o seu próprio sistema de gestão. Este sistema baseia-se no *Toyota Production System* (TPS) e é denominado de *Bosch Production System* (BPS).

O BPS é uma abordagem sistemática de ajustamento e reestruturação dos processos de criação de valor até à entrega ao cliente. As suas orientações pretendem incentivar a uma cultura de otimização dos processos produtivos, a redução dos *lead times* e custos, e assegurar a qualidade através da redução do desperdício na cadeia de valor e do envolvimento pró-ativo dos seus colaboradores. Este sistema defende também o envolvimento dos fornecedores nas fases mais iniciais do processo produtivo, colocando sempre o seu foco nos requisitos do cliente.

Assegurando a qualidade, o baixo custo e o prazo de entrega a Bosch garante a satisfação dos seus clientes, e potenciando o envolvimento e crescente capacitação dos colaboradores, assegura a satisfação dos associados. O grupo Bosch assegura assim o seu fim último: sucesso da organização.

Deste modo, o BPS pretende reger-se pelos princípios da metodologia *lean* e a sua implementação do é grandemente apoiada por ferramentas da metodologia enunciada como o SMED (secção 2.1.8), *Pull-system* através de cartões *Kanban*, 5Ss (secção 2.1.7), *Poka-yoke*, *Jidoka*, Gestão Visual, Limites de Reação (sistemas de reação rápida), *Milkrun*, TPM (secção 2.1.6).

Uma vez implementados os princípios do *Bosch Production System* a melhoria contínua é necessária para que a eliminação de desperdícios, a otimização dos recursos e o aperfeiçoamento dos processos

ocorram de forma continuada. Apenas deste modo a organização pode atingir a excelência que ambiciona.

2.2.1 *Continuous Improvement Process* (CIP)

Uma organização deve procurar melhorar continuamente a eficiência e efetividade dos seus processos e é assim que surge o *Continuous Improvement Process* (CIP), também conhecido com *Kaizen*, em Japonês, que pretende a melhoria contínua do local de trabalho e envolve não só trabalhadores mas também as chefias.

O *Continuous Improvement Process* (CIP) foi introduzido por Robert Bosch GmbH em 1991 e tem-se expandido para todo o Grupo Bosch, incluindo todas as áreas de negócio, produção e escritórios.

O objetivo CIP é manter e continuamente desenvolver a atmosfera de negócio, na qual todos os colaboradores participam na criação e implementação de medidas de melhoria, bem como na eliminação dos desperdícios da sua área de atuação. Este processo é orientado ao pensamento e comportamento do cliente.

As melhorias implementadas podem variar de pequenos passos incrementais, normalmente sem investimento associado, até mudanças de cariz mais profundo, associadas normalmente a investimentos avultados e proporcionando avanços estratégicos consideráveis.

Princípios do CIP

Os princípios defendidos pelo Processo de Melhoria Contínua são sete:

- Ambicionar sempre melhorar a situação atual, e que as conquistas passadas sirvam de base para melhorias adicionais. Deste modo o Processo de Melhoria Contínua nunca termina.
- Os clientes são quem determina o que é qualidade e deve procurar satisfazer 100% dos seus requisitos.
- Cada um é responsável pela qualidade do seu próprio trabalho.
- Ambicionar eliminar as causas dos erros e os desperdícios de qualquer tipo.
- Procurar envolver os colaboradores no processo de desenvolver novas ideias, no planeamento e na resolução de problemas.

- As equipas de trabalho devem basear-se em parcerias e no reconhecimento da performance e do sucesso de todas as partes.
- Cada um dos colaboradores deve ser encorajado para contribuir para o CIP. Todos os níveis de gestão devem procurar exemplificar os princípios do Processo de Melhoria Contínua e assegurar a sua implementação.

É deste modo que o CIP questiona o comportamento, os sistemas e processos utilizados nas áreas da organização e deve ser considerado como princípio orientador das atividades corporativas.

Como dizia o fundador do Grupo, Robert Bosch, "*We should always strive to improve what we already have, no one should be satisfied with what has already been accomplished but rather should always endeavor to make it better.*".

2.2.2 *System CIP*

O *System CIP* é um procedimento sistemático que ambiciona o contínuo desenvolvimento da Cadeia de Valor através de uma visão holística do processo, com recursos limitados, mas com curtos e eficientes ciclos de melhoria. O principal objetivo é atingir a sustentabilidade do negócio a longo prazo.

A busca de melhorias é feita de forma estruturada através de projetos denominados de *System CIP projects*. Bianualmente efetuam-se as revisões, ou seja, momentos em que se confrontam vários *inputs* como os *Business Requirements, Vision, Daily Management Meeting feedbacks, Business Unit Indicators*, desperdícios do sistema produtivo identificados através de mapeamentos do fluxo de valor (VSM), entre outros, e se realiza a derivação dos pontos críticos identificados em projetos de melhoria.

As revisões fazem-se individualmente para cada uma das áreas de negócio da fábrica:

- CM-AI – Automotive Navigation and Infotainment Systems;
- CM-CC – Chassi systems and Control;
- CM-PS – Professional Systems;
- CM-IS – Instrumentation Systems;
- CM-MS – (Electronic) Manufacturing Systems;

A seguinte imagem retrata o processo de derivação dos projetos de melhoria bem como os *inputs* que são tidos em consideração e ainda as fases de *System CIP project, Point CIP* e *Daily Management*.

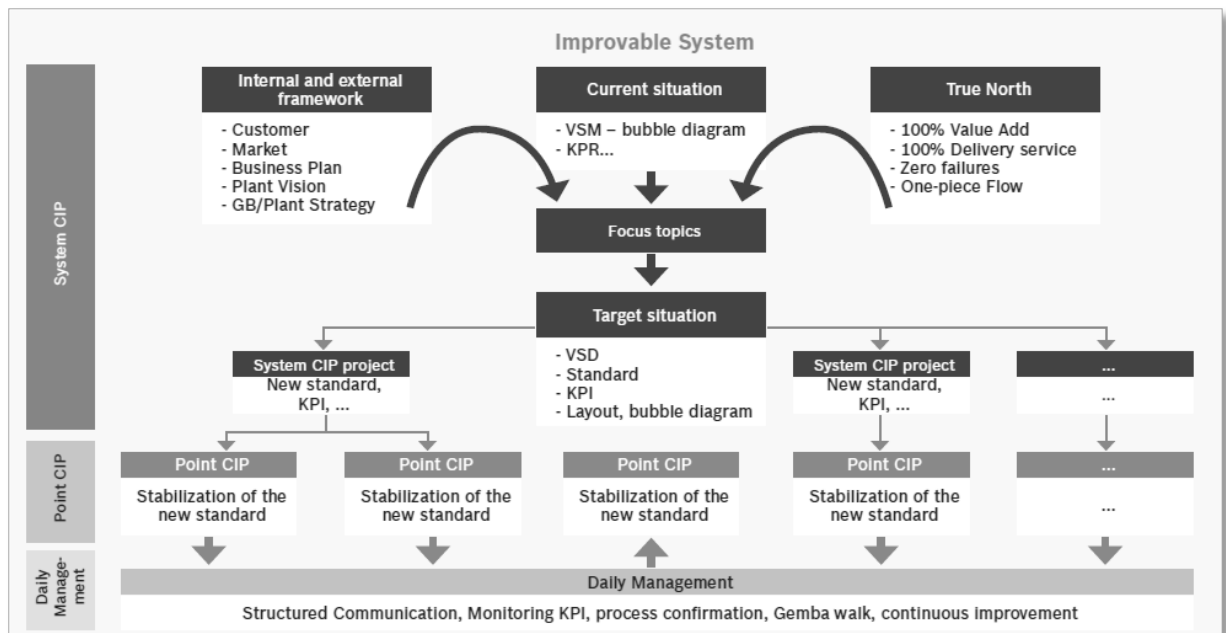


Figura 7 – Imagem representativa do processo de derivação de projetos de melhoria, principais *inputs* e fases *System-CIP*, *Point-CIP* e *Daily Management* (BOSCH, 2015)

Os pontos críticos em foco no *System CIP* deverão atravessar duas fases nomeadamente, o *System CIP project*, onde se deve procurar as causas-raiz dos problemas em questão, planejar ações de melhoria, e fazer a sua implementação, e o *Point CIP*, onde se pretende a estabilização do processo e a perseguição dos desvios identificados. Após a bem-sucedida passagem pelas fases mencionadas, os pontos alvo de melhoria passarão a ser seguidos no *Daily Management* onde se faz a gestão diária dos problemas dos problemas ocorridos.

Cada uma das fases mencionadas tem uma duração máxima prevista de três meses, sendo que os projetos de melhoria que deverão ser executados e concluídos até ao início da revisão seguinte.

Os múltiplos problemas e as suas respetivas causas implicam medidas e soluções individuais, contudo, um fator crucial na aplicação bem-sucedida do BPS é observar e entender o contexto geral do *value stream*, colocando a ênfase na melhoria holística do fluxo de valor.

2.2.3 BPS System Approach

BPS System Approach é o nome atribuído à abordagem sistemática utilizada na fábrica que estrutura a realização das melhorias e acompanhamento dos pontos críticos identificados, ao longo das várias fases contempladas pelo processo de melhoria contínua. Os processos contemplados em cada uma

das várias fases mencionadas, respetivos *targets* e oscilação dos resultados estão claramente demonstrados na seguinte imagem.

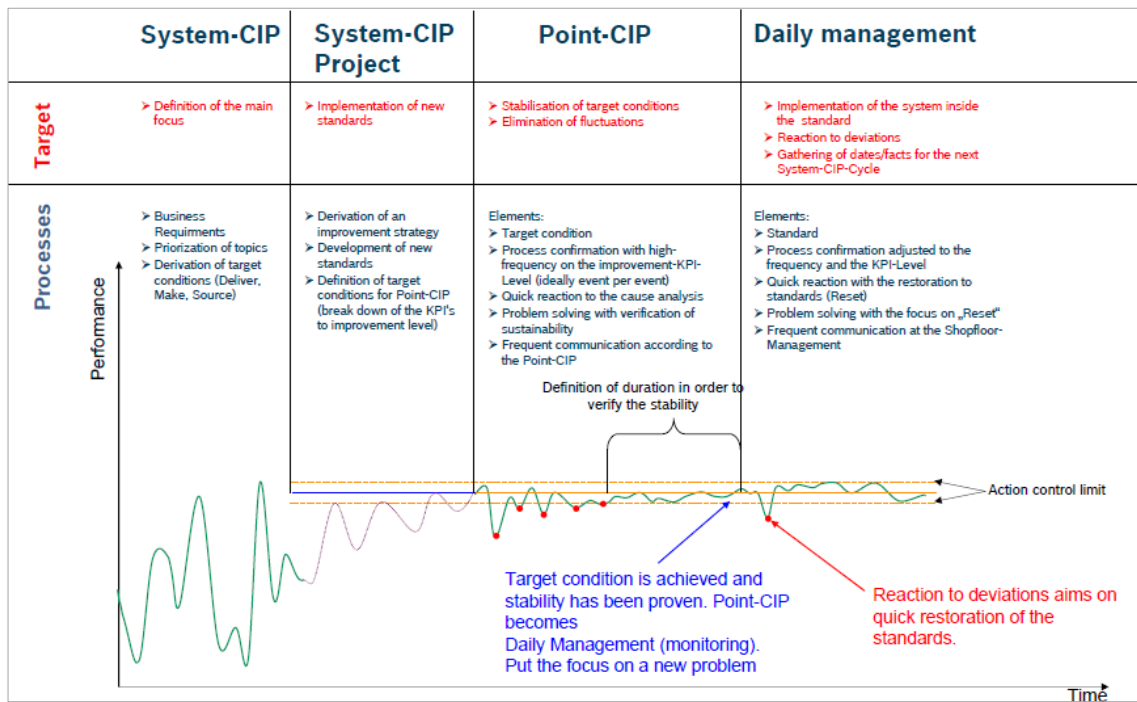


Figura 8 – Imagem representativa das várias fases concebidas na BPS System Approach (BOSCH, 2015)

O BPS System Approach propõe uma sistemática de acompanhamento e implementação bem definida para cada uma das fases do processo de melhoria, e é através desta que garante uma abordagem estruturada ao processo de melhoria contínua.

2.2.3.1. Sistemática de acompanhamento dos System CIP projects

Como já mencionado, na fase de *System CIP project*, pretende-se a análise do problema em causa, a identificação das causas-raiz do mesmo, a definição de atividades de melhoria e a priorização das ações de a efetuar. Também durante esta fase se realiza a implementação de *standards* que efetivem as melhorias dos processos, a medição do impacto destas mesmas medidas e a posterior validação.

Os projetos originados durante a revisão do *System CIP* são atribuídos às secções responsáveis pelos pontos críticos identificados, e estas, por sua vez, nomeiam um *owner* (responsável) para cada projeto. Deve também eleger-se uma equipa de trabalho para auxiliar na implementação do projeto que pode conter membros dos vários departamentos e secções da fábrica para uma eficaz atuação.

Apesar de esta fase ter uma duração máxima prevista de 12 semanas, o projeto poderá reunir as condições necessárias para passar para a fase seguinte, *Point CIP*, antes dessa data desde que

cumpra o critério definido pela organização de obter resultados dentro do objetivo estabelecido durante 3 semanas consecutivas (com *standards* implementados e validados).

Durante a implementação do projeto os indicadores são medidos semanalmente e reportados em reuniões apropriadas que serão explicadas no capítulo 2.2.3.1.2 e, para o seguimento dos indicadores é necessária a prévia definição dos indicadores de performance e *Target Conditions*.

2.2.3.1.1. *Key Performance Indicators e Key Performance Results*

Antes de se dar início a um projeto há um conjunto de parâmetros que deverão ser definidos de forma a possibilitar a medição de resultados e facilitar a demonstração do impacto das ações implementadas. Deste modo é necessário caracterizar a situação inicial do projeto, definir claramente os *Key Progress Indicators* (KPIs) e *Key Progress Results* (KPRs) e finalmente uma *Target Condition*.

Após a definição do responsável de cada projeto, torna-se necessário estabelecer o *Key Performance Indicator* (KPI), isto é, o indicador a medir que permitirá o seguimento do projeto e dos seus resultados. Na empresa, este indicador pode ser também denominado de KPI *improvement*.

Outros indicadores de relevante importância são os *Key Performance Results* (KPR) ou, segundo a nomenclatura utilizada na empresa, os KPI *monitoring*. Estes não são mais que os macro indicadores que, no decorrer do projeto, refletirão o impacto da variação sentida pelos KPIs. A relação entre indicadores está perfeitamente retratada na KPI *tree*:

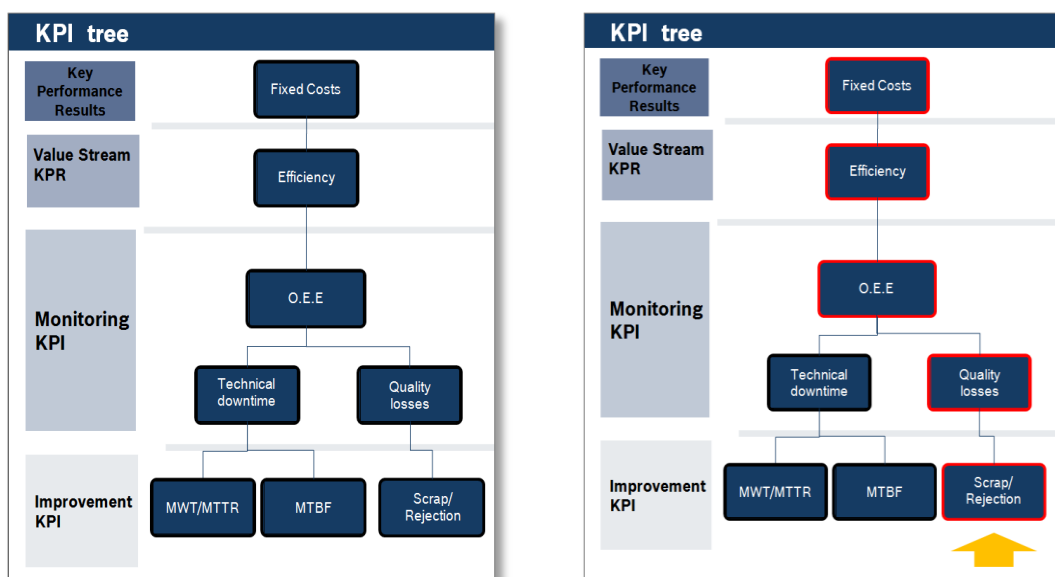


Figura 9 – KPI *tree* onde se apresenta a relação entre os indicadores KPR e KPI (BOSCH, 2015)

Exemplos dos indicadores apresentados poderão ser:

- KPI *improvement*. – O número de avarias de uma determinada máquina de uma linha de produção;
- KPI *monitoring* – O OEE dessa mesma linha;

2.2.3.1.2. Sistemática de acompanhamento de projetos

No *BPS System Approach* utiliza-se uma sistemática para o efetivo acompanhamento dos projetos e perseguição dos problemas. Esta estrutura-se em três tipos de eventos nos quais participam diferentes intervenientes.

2.2.3.1.2.1. Reuniões de equipa

Uma das premissas para a realização dos projetos é a definição da equipa de trabalho. Preferencialmente, a equipa deverá conter colaboradores de vários setores de forma a envolver o máximo de áreas de especialidade, e pessoas de vários turnos para que a informação do trabalho realizado não fique estanque num turno específico.

As reuniões da equipa do projeto devem realizar-se semanalmente, num dia, hora e local definido no início do projeto pelos seus intervenientes. Durante a realização da mesma o *owner* deve apresentar os dados do *status* do projeto recolhidos previamente, de forma a identificar os principais problemas.

O objetivo dessas mesmas reuniões é que os problemas existentes sejam debatidos pelos vários elementos da equipa e que, em conjunto, se definam ações de melhoria e de mitigação das causas-raiz dos problemas. As ações definidas são registadas numa lista de pontos em aberto, *Open Point List*, onde também se regista quem é o responsável por cada ação definida e a data prevista de implementação.

2.2.3.1.2.2. Reuniões com *VS Manager*

Realiza-se semanalmente uma reunião com o *Value Stream Manager* da área de negócio do projeto em dia, hora e local definidos previamente pelo responsável. Nela deverão participar todos os *owners* dos vários projetos em andamento. Nessas reuniões, o *owner* do projeto deve apresentar os valores recolhidos previamente dos indicadores KPI e KPR do projeto da semana anterior para que estes sejam registados juntamente como os dados dos restantes projetos e, de forma a facilitar a rápida perceção

do seu *status*, classifica-se a verde ou a vermelho consoante o valor do KPI da semana em questão. Juntamente com os dados das semanas antecedentes, as informações ficam afixadas de forma visível nos quadros de indicadores junto às linhas de produção da área de negócio em questão.

O objetivo dessas mesmas reuniões é que os *VS Managers* possam acompanhar o desenvolvimento dos projetos, impulsionar a implementação de *standards* e pressionar o cumprimento de prazos. Informações relativas aos *standards* implementados e aos seus responsáveis são registados, assim como as presenças nas reuniões.

Durante o *Point CIP* faz-se ainda uma reunião diária com o chefe de linha de forma a confirmar se houve desvios nos parâmetros seguidos e se todos os *standards* estão dentro dos conformes.

2.2.3.1.2.3. *BPS Steering Committee*

O *BPS Steering Committee* ocorre semanalmente a um dia e horário fixo, contudo, em cada evento apresenta-se apenas uma ou duas áreas de negócio. Deste modo, para cada área de negócio o *BPS Steering Committee* realiza-se mensalmente. Neste evento devem participar *VS Managers* das várias áreas de negócio da fábrica, os chefes das seções de apoio à produção e os *owners* dos projetos da área de negócio em questão.

O principal objetivo desta sistemática é fazer um ponto de situação mais detalhada de cada um dos projetos, apresentar os *standards* implementados e fazer um *update* aos vários responsáveis da fábrica relativamente ao andamento dos mesmos.

Na abertura do comité, o *Value Stream Manager* deve apresentar os indicadores mensais da sua área de negócio e explicar as suas oscilações. Pressupõe-se que o responsável faça a ponte entre os indicadores insatisfatórios e os projetos a decorrer, uma vez que os resultados destes deverão ter impacto nos macro indicadores da secção.

Seguidamente, cada *owner* apresenta o seu projeto, começando por fazer a sua caracterização quanto à situação inicial e aos *targets* a atingir, expor a análise efetuada, os *standards* implementados e a eficácia dos mesmos. Finalmente, apresentar os valores dos indicadores KPI e KPR do projeto desde o seu início até ao momento atual, explicar as suas variações e ações ainda por realizar.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Remete-se para 1886 a fundação da "Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica" por Robert Bosch, em Estugarda. O fundador deste grande Grupo foi o responsável pela invenção do primeiro magneto de ignição para automóveis que se revelaria uma etapa fundamental para o desenvolvimento da empresa.

Na atualidade, 125 anos passados, a empresa Robert Bosch GmbH é mundialmente reconhecida não só pelos seus produtos na vanguarda da tecnologia e de alta qualidade, mas também pelo seu compromisso social, materializado na Fundação beneficente com o mesmo nome, que detém 92% das ações da organização.

3.1 Missão e Valores

"*WE ARE BOSCH*" é o mote que reflete os valores da empresa, a ética profissional com que se lida com os seus parceiros de negócios, investidores, colaboradores e sociedade. Os pilares em que se baseia a ação da empresa são a orientação para o futuro e resultados, a responsabilidade e sustentabilidade, a iniciativa e determinação, a transparência e confiança, equidade, a fiabilidade, credibilidade, legalidade e a diversidade.

3.2 Bosch no Mundo

O Grupo Bosch está presente em mais de 50 países através de 360 subsidiárias e empresas regionais. Em 2014 empregou cerca de 290 mil pessoas, gerou uma faturação de 48,9 mil milhões de euros e registou 4600 patentes em todo o mundo, demonstrando ser uma organização com relevância a nível mundial.

A seguinte imagem apresenta a dispersão geográfica da organização em termos mundiais, e revela a sua presença nos 5 continentes, com maior expressão no continente Europeu, onde está representada em cerca de 50 empresas, espalhadas por 16 países diferentes.

Também em Portugal o Grupo Bosch está presente, contando atualmente com 5 empresas espalhadas pelo país. Podemos encontrar filiais em Abrantes, Aveiro, Braga, Lisboa e Ovar e no seu conjunto empregam cerca de 3500 colaboradores.



Figura 10 – Imagem representativa da presença do Grupo Bosch a nível Mundial (BOSCH, 2015)

3.3 Setores de Atividade

A sua atividade divide-se em três setores de negócio, sendo eles a tecnologia automóvel, a tecnologia industrial, os bens de consumo e tecnologias de construção. Cada um destes setores dá origem às diferentes divisões da Bosch.

Dentro do setor de negócio da “Tecnologia Automóvel” surgem várias divisões tais como *Gasoline Systems*, *Diesel Systems*, *Chassis Systems Control*, *Electrical Drives*, e *Car Multimedia*, entre outras.

Esta última, a divisão *Car Multimedia* da Bosch foca-se no desenvolvimento de soluções inteligentes concebidas com funções de entretenimento, navegação, telemática, e assistência à condução, para integração no interior do veículo. O seu objetivo é a maximização da "*Driving Convenience*". A principal unidade produtiva desta divisão é uma empresa portuguesa, localizada em Braga, a Bosch Car Multimedia Portugal, S.A..

3.4 Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

A empresa Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. é o local onde o objeto desta dissertação tem lugar e onde todo o processo de investigação se realiza.

Em atividade desde 1990, a empresa mencionada é a maior unidade do Grupo Bosch em Portugal e é uma das maiores empregadoras da sua região. Conta atualmente com cerca de 2400 colaboradores e, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística, a unidade foi a 6ª maior empresa exportadora nacional em 2010.

3.4.1 Principais Produtos

Com reconhecido *know-how*, na organização produzem-se mais de 5,8 milhões de componentes eletrónicos para aplicações em auto rádios, sistemas de navegação, eletrodomésticos, caldeiras e sensores.

Os mais recentes e inovadores produtos concebidos na organização são sistemas *Car Multimedia* complexos e ligados em rede com funcionalidades de rádio, entretenimento, navegação e telemática. Denominam-se de *Premium Instrument Clusters*. Existem também os *Head-up Displays* que são sistemas para uso em veículos comerciais que permitem o interface do utilizador com as condições do carro sem desviar o olhar da estrada.

3.4.2 Principais Clientes

Citroën, Audi, Opel, Volkswagen, Škoda Auto, General Motors, BMW, SEAT, Alpha Romeo, Fiat, Lancia, Nissan, Renault, Ford, Bosch, Vulcano, e Junkers são alguns dos principais clientes da Bosch Car Multimedia Portugal S.A..

A fábrica conta também com um departamento de Investigação e Desenvolvimento, um Centro de Assistência Técnica e serviços de Informática para a Península Ibérica e é ainda um Centro de Competências para o mercado Europeu.

3.4.3 Secção de Manutenção – TEF8

A fábrica organiza-se por departamentos, tendo cada um uma diferente responsabilidade, mas contribuindo com o seu empenho e *know-how* para melhoria do todo. O departamento de engenharias (*engineering plant*), TEF, é o departamento responsável por apoiar a Produção, assegurando essencialmente que os equipamentos estão disponíveis quando necessários, e é numa das suas secções – TEF8 – que a realização desta dissertação está enquadrada.

TEF8 é a secção responsável por apoiar a produção através da manutenção das máquinas e as suas principais atividades são: a redução de avarias dos equipamentos, a análise e resolução de problemas sistemáticos, reconhecer os pontos fracos das máquinas, equipamentos e processos para eliminar as suas causas, redução de defeitos, desenvolver, definir e implementar atividades adicionais de manutenção e respetivos guias rápidos, estabelecer e utilizar as informações de manutenção,

planeamentos e sistemas de controlo (gerir e corrigir os alertas críticos e fatais), garantir o arranque dos equipamentos e a contínua otimização de processos.

A secção conta atualmente com 99 colaboradores, dos quais 8 coordenadores, 3 técnicos informáticos, 12 estagiários e, distribuídos por 8 turnos, especialistas de cada tipo de equipamento e um grande número de técnicos mecânicos e elétricos. O seguinte esquema apresenta o organigrama da secção:

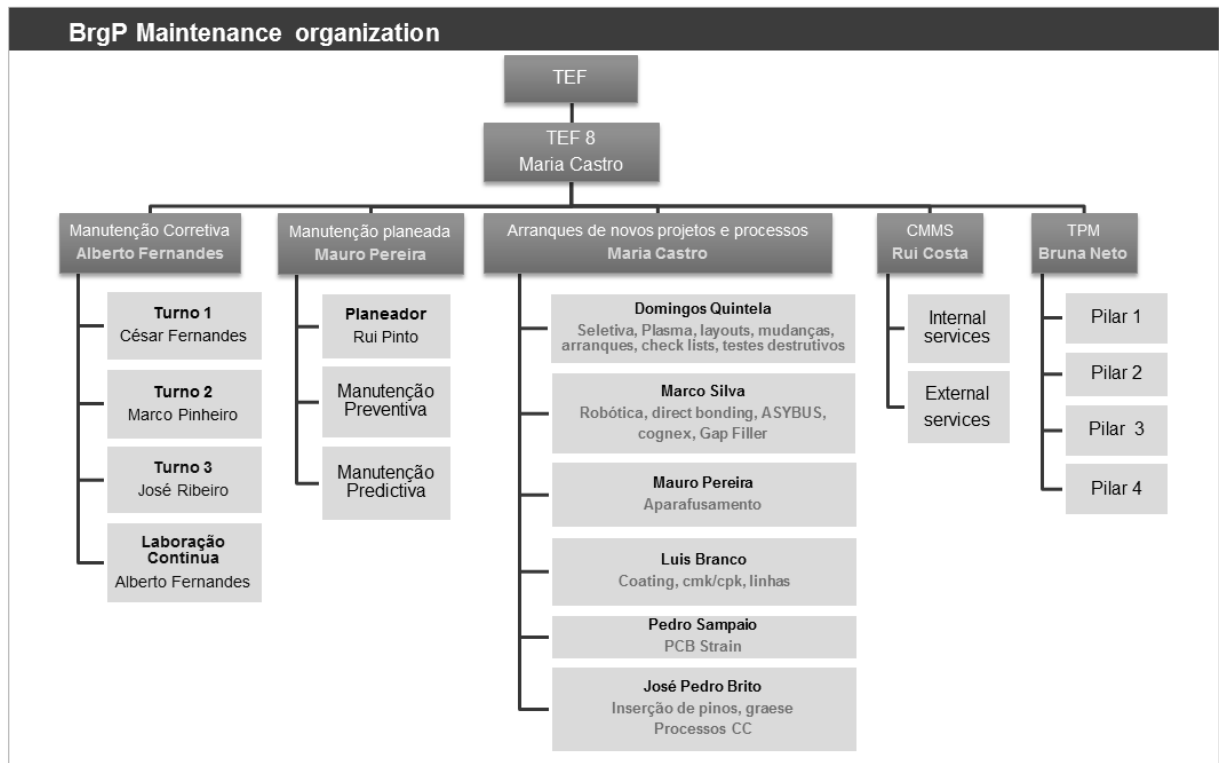


Figura 11 – Organigrama da secção de Manutenção (TEF8) da Bosch Car Multimedia de Braga (BOSCH, 2015)

Os principais objetivos da secção prendem-se com o aumento da qualidade, a redução dos tempos de paragem de produção e o conseqüente aumento da eficiência das linhas, a otimização das tarefas de manutenção, aumentar o “*No-Touch-Time*” das máquinas, e a redução dos custos de manutenção, a inversão da taxa de manutenção corretiva/preventiva (diminuição da ação corretiva e aumento da ação preventiva) e a promoção dos zero acidentes.

Quanto aos fundamentais indicadores medidores da performance da secção podem mencionar-se os custos, a qualidade, a produtividade e os acidentes ocorridos.

3.4.4 TPM na Bosch

A ação da secção é direcionada pelo modelo TPM da Bosch e nos seus pilares enquadram-se as suas principais atividades.

Este modelo é inspirado no original modelo TPM de Nakajima explicado no capítulo 2.1.6 – *Total Productive Maintenance* e é um componente central do *Bosch Production System*.

O foco das atividades do modelo são a melhoria da disponibilidade das máquinas e dos equipamentos. Neste processo, o *feedback* dos colaboradores diretos é extremamente importante, originando melhorias nos métodos de trabalho e nos processos, levados a cabo pela manutenção e pelos departamentos de planeamento.

Deste modo, o modelo baseia-se principalmente no conhecimento dos colaboradores e suporta os princípios Bosch de padronização, flexibilidade, prevenção de desperdícios, capacitação dos colaboradores, transparência e melhoria contínua.

No modelo considerado pelo BPS, os originais oito pilares fundamentais do modelo de Nakajima foram agrupados em apenas quatro. São eles a manutenção autónoma, a manutenção planeada, a gestão de novos equipamentos, e a eliminação dos principais problemas.

A seguinte figura retrata os pilares do modelo TPM considerados no BPS.

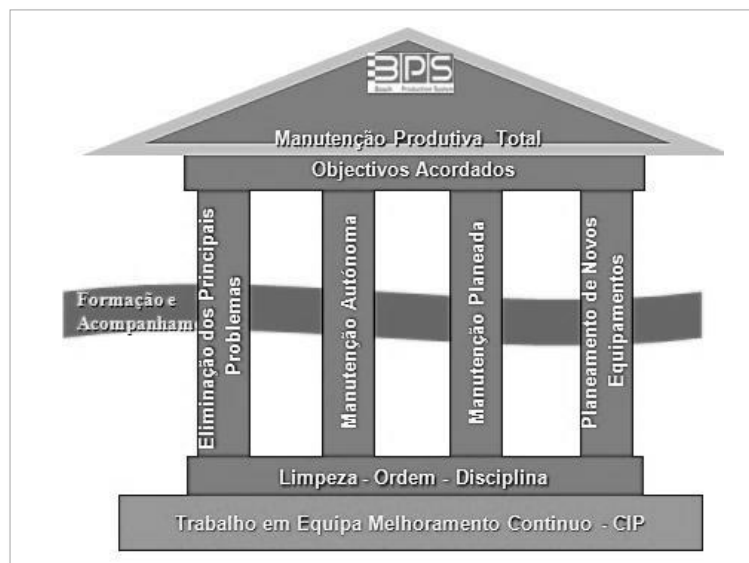


Figura 12 – Modelo TPM considerado no *Bosch Production System* (BOSCH, 2015)

Transversal a todos os pilares, a implementação deste modelo pressupõe a utilização do trabalho em equipa e da ferramenta *Lean 5S*, de forma a conferir às atividades contempladas nos pilares a organização, ordem e disciplina necessárias. Pressupõe-se ainda o cultivo do processo de melhoria contínua, em paralelo com a educação e formação dos colaboradores da organização.

As principais atividades dos colaboradores alocados a tarefas ligadas ao TPM têm como principais funções a implementação de atividades de manutenção autónoma, e todos os processos inerentes (criação das instruções de manutenção, formação aos operadores, etc), desenvolver e implementar os conceitos TPM, 5Ss e QCO na fábrica, desde planos de limpeza, serviço, visualização, *cockpit charts*, entre outras.

As atividades-chave da secção de manutenção enquadram-se nos pilares do TPM considerados pelo BPS, assim como os vários tipos de manutenção: corretiva, autónoma, preventiva, e preditiva, tal como demonstrado pelo seguinte esquema:

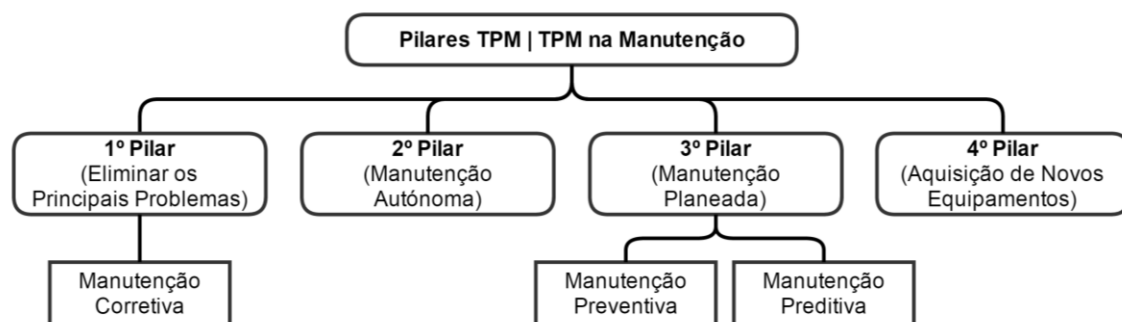


Figura 13 – Esquema ilustrativo dos tipos de manutenção e a sua relação com os pilares do modelo TPM

Cada técnico da secção está alocado a um tipo de manutenção, corretiva ou planeada, contudo pretende-se que, de forma crescente, a diversificação de tarefas seja gradualmente integrada no plano de atividades de todos os técnicos, de forma a promover a polivalência dos mesmos.

4. ANÁLISE DO PROCESSO DE *CHANGEOVER* DA LINHA 2103

No capítulo que se segue apresentar-se-á o projeto de melhoria objeto desta dissertação, mais concretamente, a descrição do processo, as premissas utilizadas, o estudo efetuado, as ações de melhoria implementadas, a análise de resultados e os custos e *savings* do projeto.

4.1 Contextualização

O tempo de *changeover* da linha 2103 foi identificado como sendo um dos pontos críticos de desperdício da área de negócio de IS e, como tal, foi aberto um projeto de melhoria do *setup* que se iniciou na segunda revisão do ano de 2014. Segundo o objetivo geral de fábrica, a duração do QCO de uma linha não deverá ultrapassar os 240 segundos (4 minutos), e como tal, estabeleceu-se o *target* nesse valor.

A seguinte imagem reflete os valores medidos (em segundos) dos eventos de *changeover* ocorridos entre Outubro e Dezembro de 2014.

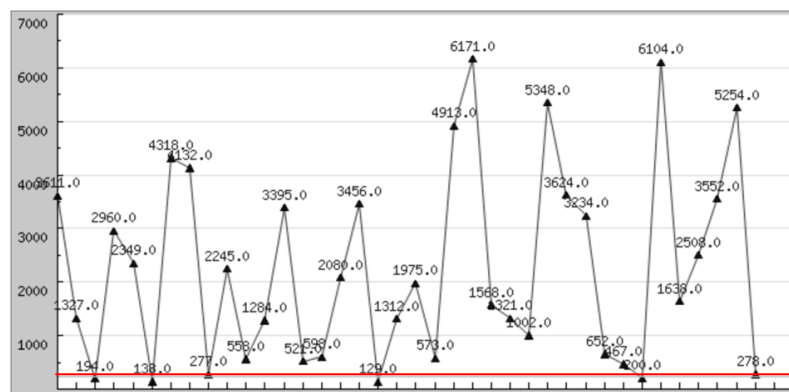


Figura 14 – Tempos de *changeover* em segundos dos eventos ocorridos entre Outubro e Dezembro de 2014 (Bosch, 2015)

O projeto tem lugar numa linha de montagem final de painéis de instrumentação onde se produzem cinco diferentes produtos, para duas marcas de automóveis A e B: A1, A2, A3 e A4 e ainda B1. Na linha mencionada trabalham cinco operadores liderados por um chefe de linha e, a apoiar a produção com tarefas extraordinárias existe um operador versátil, denominado na organização por versátil de linha.

Nas indústrias de produção em massa, denomina-se de *jigs* as ferramentas – com formato de caixa, moldura, etc. – especialmente desenhadas para cada tipo de produto, utilizadas para guiar as

ferramentas de trabalho de forma a assegurar uma rápida e boa performance, ou simplesmente, para segurar as unidades durante os processos. Estas ferramentas são também importantes para garantir que os procedimentos são executados dentro das especificações dadas pelos clientes, assegurando a qualidade dos produtos (Madsen, 2011).

Devido à grande dimensão das unidades produzidas na linha em estudo, os *jigs* utilizados são igualmente grandes e pesados (Figura 15 (a)), sendo que alguns deles chegam mesmo a ultrapassar os 20kg o que contribui para dificultar as operações de *changeover*. O elevado peso destas ferramentas constitui também um problema em termos ergonómicos, visto que o transporte dos *jigs* é feito manualmente, sendo este um dos graves problemas da realização das operações de mudança da linha.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 15 – (a) *Jigs* de grande dimensão e peso utilizados. (b) O *stacker* (empilhador) é a ferramenta utilizada para mitigar os problemas ergonómicos. (c) Identificação das ferramentas existentes. (d) Criação de um espaço para a colocação da ferramenta a trocar (BOSCH, 2015)

A linha em estudo é recente na fábrica pelo que os seus processos não estão perfeitamente estabilizados e as condições de *changeover* existentes são escassas. Durante a revisão iniciada em 2014, muitas ações foram realizadas no sentido de criar as condições necessárias para executar as operações de mudança, tais como, a aquisição de ferramentas necessárias para eliminar os problemas ergonómicos das operações de *changeover* (*stacker* da Figura 15 (b)), a identificação das ferramentas existentes (Figura 15 (c)), a criação de espaços livres para a colocação da ferramenta a trocar (Figura 15 (d)), a abertura de janelas nos *trolleys* de armazenamento dos *jigs* para possibilitar a sua segura deslocação para o interior da linha (Figura 16), a implementação de botões de troca rápida de ferramenta, à semelhança das restantes linhas da fábrica, entre outras.



Figura 16 – Abertura de uma janela lateral para o seguro transporte do *trolley* para a linha de produção (BOSCH, 2015)

Estas ações foram muito importantes para a criação das condições mínimas necessárias para a execução das operações, contudo, revelaram-se insuficientes para a redução significativa do tempo de mudança. Deste modo, o projeto voltou a ser aberto na primeira revisão de 2015, com início na semana 14 desse ano.

Para atingir o objetivo traçado torna-se assim necessária a análise detalhada dos processos de mudança e a implementação da metodologia SMED para a eficaz redução de tempo de mudança de ferramentas. Esta investigação constitui o âmbito da presente dissertação. O *follow up* do projeto enquadra-se na sistemática de acompanhamento de projetos do *BPS System Approach* descrita na secção 2.2.3.1.2.

4.2 Equipa de trabalho

Para a implementação da metodologia SMED é necessário reunir uma equipa de trabalho. A equipa definida para a execução do projeto é constituída pela investigadora, pela coordenadora TPM da secção de manutenção (TEF8), um colega do departamento de desenvolvimento (TEF1) responsável pelos processos de montagem final, e pelos chefes de linha dos turnos da manhã e da tarde onde o estudo dos processos de mudança tem lugar. Estes últimos elementos da equipa apoiam não só no conhecimento dos processos produtivos, mas também na implementação das medidas definidas pela equipa de redução de *setups*. Durante o curso do projeto realizam-se reuniões semanais de forma a possibilitar o acompanhamento da implementação do mesmo.

4.3 Premissas do projeto

Antes de se iniciar o estudo é necessário definir algumas premissas tais como, os indicadores de performance a seguir durante a execução do projeto, definir o ponto de partida do mesmo e o objetivo a atingir. Estes pressupostos permitem medir o impacto das ações.

4.3.1 Descrição do processo

Para efetuar o estudo do *setup* é necessário, primeiramente, conhecer o processo produtivo e, para tal, apresenta-se de seguida um diagrama AON representativo do mesmo.

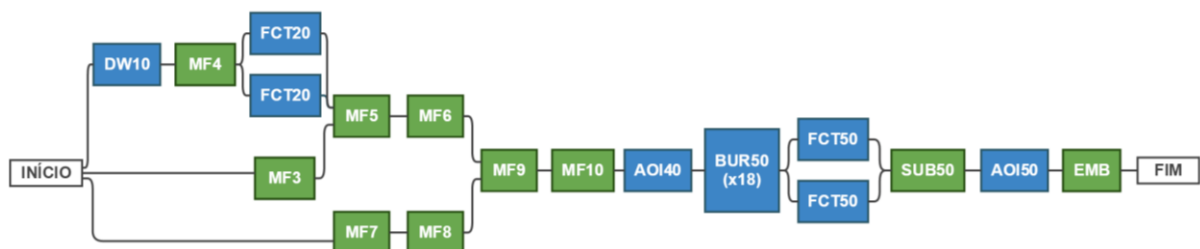


Figura 17 – Diagrama do tipo *Activity-on-Arrow* representativo do processo produtivo da linha em estudo (BOSCH,2015).

Em nodos de formato retangular estão esquematizados os postos da linha, sendo que, a verde estão representados os postos de montagem final que requerem operador, e a azul as restantes máquinas. Representado pelas linhas de interligação demonstra-se a sequência de operações e respetivo fluxo de materiais. Os nodos de “Início” e “Fim” indicam que o percurso produtivo se realiza da esquerda para a direita.

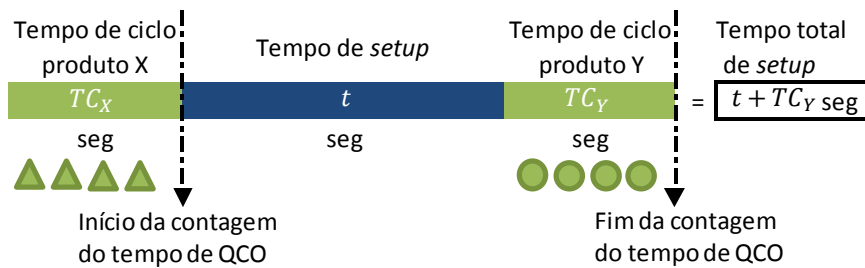


Figura 19 – Representação esquemática da fórmula de contabilização do tempo de *setup*

4.3.3 KPIs e KPRs

Um projeto integrado na sistemática do *Bosch System Approach* dever ser seguido em reuniões apropriadas (ver subcapítulo 2.2.3.1.2) onde semanalmente se faz o seguimento dos indicadores de cada projeto. Para tal, torna-se necessário definir claramente quais os indicadores a acompanhar durante toda a sua duração.

O tempo de *setup* é o indicador que se pretende melhorar, pelo que faria sentido que este indicador fosse o KPI *improvement* (ver secção 2.2.3.1.1), tal como ocorreu na revisão de 2014. Contudo, devido ao acompanhamento dessa revisão, identificou-se alguma dificuldade em relacionar o tempo médio de *changeover* com as melhorias introduzidas no processo, visto que, avarias demoradas ocorridas durante as operações de *setup* afetam extremamente o tempo médio de *changeover*, de forma negativa, especialmente sendo o número semanal de eventos de mudança bastante reduzido. Deste modo, a equipa conclui que é um melhor indicador de performance a percentagem de eventos bem-sucedidos por semana, isto é;

$$\text{KPI } improvement \text{ (\% eventos com sucesso)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ eventos com sucesso}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de eventos}} \times 100$$

Equação 4 – Fórmula de cálculo do indicador de performance KPI *improvement*

O indicador escolhido reflete melhor a evolução do projeto, já que não é sensível à grande variabilidade de tempos medida no reduzido número de eventos de mudança.

O tempo dedicado a operações de *setup* tem influência direta na disponibilidade das máquinas e, como tal, no *Overall Equipment Effectiveness* da linha, sendo este um dos macro indicadores da mesma. Deste modo, o OEE da linha deve ser o KPI *monitoring* do projeto.

Estes indicadores têm como função possibilitar a percepção da evolução das operações de *changeover* ao longo do tempo, assim como perceber o impacto que o QCO tem nos macro indicadores da linha.

4.3.4 Definição da Situação Inicial

Para definir claramente a situação inicial do projeto utiliza-se a “*PERT Three-Estimate Approach*” que é uma técnica utilizada na estimação de parâmetros com elevado grau de incerteza, tal como referido no subcapítulo 2.1.8.4.1, e que permite estimar com relativa assertividade o ponto de partida do projeto.

A *BPS System Approach* define que o período a estudar para determinar a situação inicial do projeto deve ser o mês antecedente ao início do mesmo. Deste modo, apresentam-se na tabela que se segue os valores referentes ao tempo de *changeover* e à percentagem de eventos de mudança bem-sucedidos relativos ao mês de Março de 2015.

Tabela 2 – Situação inicial do tempo gasto em operações de *changeover* e da percentagem de eventos bem-sucedidos referentes ao mês de Março (BOSCH, 2015)

Semana	Tempo de <i>setup</i> (min)	Eventos com sucesso (%)
W10	21,6	11%
W11	61,4	17%
W12	20,4	18%
W13	11,6	13%

É com base nos valores apresentados que é possível estimar as perspetivas prováveis (M), pessimistas (P) e otimistas (O) dos indicadores “tempo de *changeover*” e “eventos com sucesso” para que, através das equações Equação 2 e Equação 3 enunciadas no subcapítulo 2.1.8.4.1, seja possível estimar os parâmetros iniciais do projeto (μ e σ), apresentados na seguinte tabela:

Tabela 3 – Estimativas provável (M), pessimista (P) e otimista (O) do tempo de *changeover* e dos eventos bem-sucedidos do mês de Março, e a média ponderada (μ) e desvio-padrão (σ) estimados pela “*PERT Three-Estimate Approach*”

Estimativas		Tempo de <i>setup</i> (min)	Eventos com sucesso (%)
Provável	(M)	28,8	15%
Pessimista	(P)	61,4	11%
Otimista	(O)	11,6	18%
Média ponderada	(μ)	36	15%
Desvio Padrão	(σ)	8,3	1%

Observando os valores da tabela anterior pode constatar-se que o tempo médio inicial de *changeover* é de 36 minutos e que a percentagem de eventos com durações iguais ou inferiores a 4 minutos é de

15%. Da mesma forma calcula-se a média ponderada do OEE da linha 2I03, das semanas referentes ao mês de Março, e verifica-se que o valor inicial deste indicador é de 84%.

Pode concluir-se que o ponto de partida do projeto em questão, relativamente aos indicadores previamente definidos, é:

— KPI *improvement* = 15%

— KPI *monitoring* = 84%

4.3.5 Definição da *Target Condition*

Após a definição do ponto de partida do projeto é necessário definir a *Target Condition*, isto é, o objetivo a atingir com a execução do projeto. Como referido anteriormente neste capítulo, o objetivo geral de fábrica é atingir os 240 segundos de tempo médio de *changeover*, contudo, como também já mencionado na secção 4.3.3, o KPI *improvement* do projeto é a percentagem de eventos bem-sucedidos, obrigando à definição de uma *Target Condition* para o novo indicador.

De forma a definir-se uma percentagem de eventos que possibilite atingir os 4 minutos de tempo médio de *changeover* e que, em simultâneo, seja tangível atendendo às condicionantes da linha em questão, efetua-se o estudo dos tempos de mudança em linhas similares à 2I03. Assim sendo, elegem-se três diferentes linhas da área de negócio de IS que produzem unidades com grandes dimensões e que, por conseguinte, possuem *jigs* com proporções elevadas e cujo número de eventos de mudança efetuados por semana é relativamente reduzido. Pretende-se que as condições existentes nas linhas selecionadas sejam o mais similares possível à linha em estudo de forma a possibilitar uma estimativa realista.

Estudou-se o período compreendido entre a 2^a e a 13^a semanas de 2015, anteriores ao projeto e os resultados obtidos relativamente aos tempos médios de *changeover* e de percentagem de eventos bem-sucedidos é a seguinte:

Tabela 4 – Valores médios de tempo de *changeover* e de percentagem de eventos com sucesso de outras linhas da área de negócio de IS

Linhas de IS	Tempo <i>setup</i> (seg)	Eventos com sucesso (%)
2I01	138	90%
2I05	249	67%
2I06	835	17%

A linha 2I06 apresenta uma percentagem de eventos com sucesso bastante reduzida, (similar à 2I03), pelo que se percebe que os seus processos de mudança também necessitam de melhorias

significativas, ainda que o seu tempo médio de *changeover* seja expressivamente inferior ao apresentado pela linha em estudo. Este facto indica que existe uma grande variabilidade nos tempos de *changeover* da linha 2103.

A linha 2101 apresenta um valor de eventos com sucesso bastante consistente (90%), e o seu tempo médio de *changeover* encontra-se claramente abaixo dos 4 minutos, enquanto que a 2105 apresenta um QCO médio de 249 segundos que, apesar de estar fora de *target* está muito próximo do valor pretendido, com sucesso em apenas 67% dos seus eventos.

Com base nas informações anteriores, definiu-se que o *target* da 2103 deveria ser substancialmente superior aos 67% da linha 2105 devido à grande variabilidade dos tempos de *changeover* apresentados, ao mesmo tempo que deverá ser inferior aos 90% da linha 2101, de forma a que o objetivo seja realista atendendo ao tempo disponível para a implementação do projeto.

Deste modo, estabeleceu-se o *target* para o indicador “% de eventos com sucesso” da linha 2103 em 85%.

5. IMPLEMENTAÇÃO DO SMED

Após a definição das premissas relativas ao projeto, estão reunidas as condições para dar início à sua implementação. Neste capítulo descreve-se o estudo efetuado do processo de *setup* inicial da linha, cada uma das ações de melhoria implementadas e o seu respetivo impacto, levanta-se uma problemática identificada relativamente à forma de medição do *target*, e descreve-se a instrução criada para documentar o *standard* de mudança.

5.1 Nomenclatura utilizada

Para facilitar a explicação do estudo realizado e das ações implementadas, ao longo do presente capítulo utiliza-se a letra “X” para retratar o produto que se encontra inicialmente na linha e a letra “Y” para o produto que entra na linha por meio do processo de *changeover*.

A evolução do processo de *setup* ao longo do projeto é representada por meio de “Ações” numeradas, enquadradas nos respetivos estágios da metodologia SMED.

5.2 Estágio Preliminar

Tal como referido na secção anterior, a implementação da metodologia de Shingo inicia-se pelo Estágio Preliminar. Enquadrado neste estágio deverá efetuar-se um estudo do processo de mudança de forma a determinar:

- a) Quais os postos que requerem operações de *setup* e entre que produtos;
- b) Detalhar que operações são;
- c) Ferramentas a utilizar e onde se encontram;
- d) Operadores necessários;
- e) Duração de cada uma das atividades de *changeover*;

O TPM da Bosch criou para cada um dos postos das linhas um documento denominado SPL – *Single Point Lesson* – onde se explicitam quais os procedimentos de mudança a executar para cada um dos produtos que aí se fabricam, acompanhados de fotografias explicativas/exemplificativas dos mesmos. Estes documentos tiveram extrema utilidade para perceber de forma mais ágil quais as operações que é necessário executar para concretizar o *changeover* em cada um dos postos existentes para cada um dos produtos.

Entendeu-se então que os processos de mudança dos vários produtos são relativamente similares, com a exceção do produto B1 que difere substancialmente nalgumas das operações a realizar. Existem também algumas exceções relativamente ao produto A1 que requer duas operações adicionais no posto MF-9, sendo que também exige uma operação de *setup* a menos sempre que a mudança é executada de ou para o produto A2, pois ambos utilizam o mesmo *jig* no posto MF-6.

Apesar de existir um documento que especifica as operações necessárias para a mudança dos postos, existem ainda algumas informações em falta, como por exemplo, a que operador as tarefas estão alocadas, a duração dessas operações, entre outras. Desta forma, as SPLs contribuíram para responder à alínea a) e parcialmente à alínea b) enunciadas anteriormente, contudo, é necessário observar o processo no *gemba* para determinar as respostas aos restantes tópicos.

Procurou-se estudar o processo de mudança inicial com recurso a filmagens, tal como aconselhado por Shingo na sua metodologia. Após a observação de vários eventos de mudança, constata-se que a realização do processo de *changeover* é completamente desorganizado e não existe uma definição clara de quem realiza qual operação. As operações eram realizadas de forma aleatória à medida que eram necessárias e a cada evento a ordem das atividades era distinta. Mesmo que esta seja a forma mais simples de realizar o *changeover*, não ter uma forma sistemática e uma distribuição de trabalho equitativa para cada operador tem vários inconvenientes, nomeadamente:

1. Sem trabalho standardizado a probabilidade de os operadores se esquecerem de realizar determinada tarefa é bastante maior;
2. Devido à desigual distribuição de tarefas, é frequente que ocorra que os operadores fiquem parados à espera que outros terminem determinada atividade;
3. O *changeover* certamente demorará muito mais a ficar completo devido à desorganização do processo.

Constatou-se também que os processos de *setup* analisados eram maioritariamente realizados entre os produtos A1 e A2. Os restantes produtos do cliente A eram apenas fabricados esporadicamente, e o produto B1, nesta fase do processo, era quase sempre fabricado nos turnos da noite, dificultando assim a recolha de filmagens do seu processo de mudança.

Uma questão que foi rapidamente identificada foi a grande variedade de mudanças que podem ocorrer tendo em conta o elevado número de produtos fabricados na linha. São 25 as combinações possíveis de *changeover*, tal como demonstrado na Figura 20 (a).

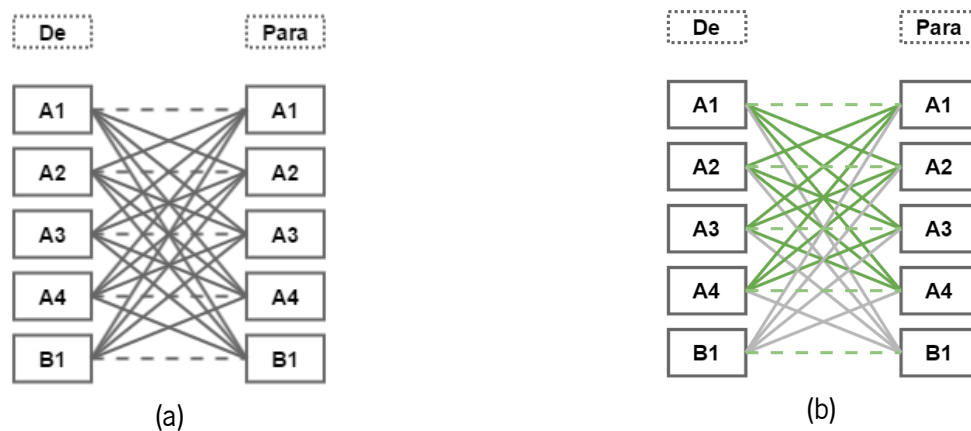


Figura 20 – (a) Combinações possíveis de *changeover*. (b) Combinações de *changeover* a estudar.

A análise aprofundada de cada uma das possibilidades requer um esforço muito elevado e, por isso, torna-se necessário tomar decisões relativamente aos processos a estudar, uma vez que o projeto tem uma duração prevista de 3 meses, tal como definido pelo *System CIP*.

Visto que o número de eventos de *setup* que contemplam o produto B1 é escasso, e os poucos que ocorrem tem lugar no turno da noite que não está a ser estudado, a análise deste processo é inviável.

Quanto aos produtos do cliente A, os seus procedimentos de mudança são muito semelhantes e, como tal, realizar-se-á uma análise generalizada das operações de *changeover* através do estudo dos tempos médios de operação. Existem ainda operações de mudança entre referências do mesmo produto (A1→A1, A2→A2, A3→A3, A4→A4) que não envolvem a totalidade das operações necessárias aquando do *changeover* entre diferentes produtos pois não é necessário trocar os *jigs* utilizados, mas apenas mudanças de materiais e trocas de programas nos equipamentos. Assim, pode considerar-se que estas combinações de mudança se encontram contempladas nas combinações mais complexas entre diferentes produtos. Serão também consideradas no estudo as operações excecionais de *setup* necessárias ao produto A1.

Na Figura 20 (b) estão representadas a verde as 17 combinações de *changeover* que serão consideradas no estudo, que totalizam 68% dos casos possíveis.

Uma vez definidos os eventos de *changeover* a estudar pode prosseguir-se o estudo do processo de mudança entre os produtos do cliente A. No seguinte diagrama AON podem ver-se os postos da linha juntamente com uma representação esquemática do tipo de operações necessárias ao *changeover* dos mesmos:

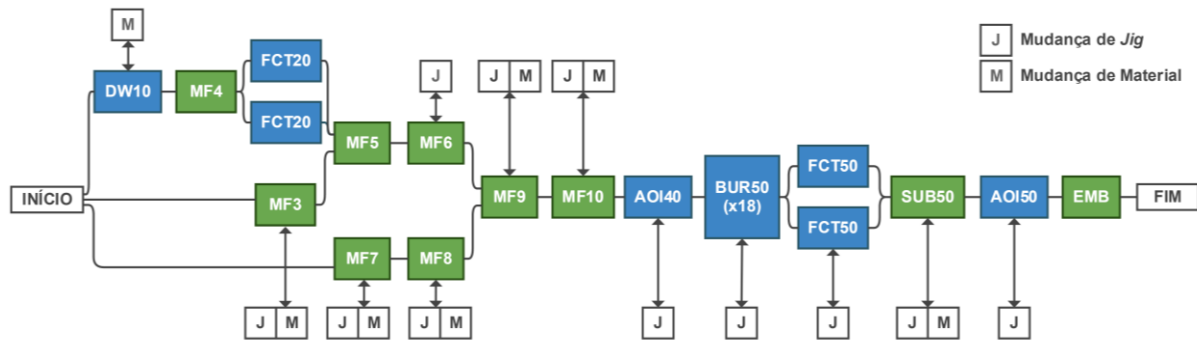


Figura 21 – Diagrama AON do processo de fabrico juntamente com uma representação esquemática do género de operações necessárias ao *changeover* entre produtos do tipo A.

Os materiais são abastecidos em caixas através de rampas localizadas entre os vários postos da linha, e os *jigs* de pequena dimensão estão alocados em baixo do posto – MF3, SUB50 e AOI50 –, contrariamente aos de grande dimensão que se encontram armazenados em *trolleys* localizados fora da linha durante o processo produtivo e que, no momento do *changeover* são trazidos para o interior da linha – MF6, MF7, MF8, MF9, MF10, AOI40, BUR50 e FCT50.

Na Figura 22 apresenta-se o *layout* da linha assinalado nos locais onde se encontram localizados os *trolleys* de armazenamento dos *jigs*, durante os momentos produtivos em que não são necessários.

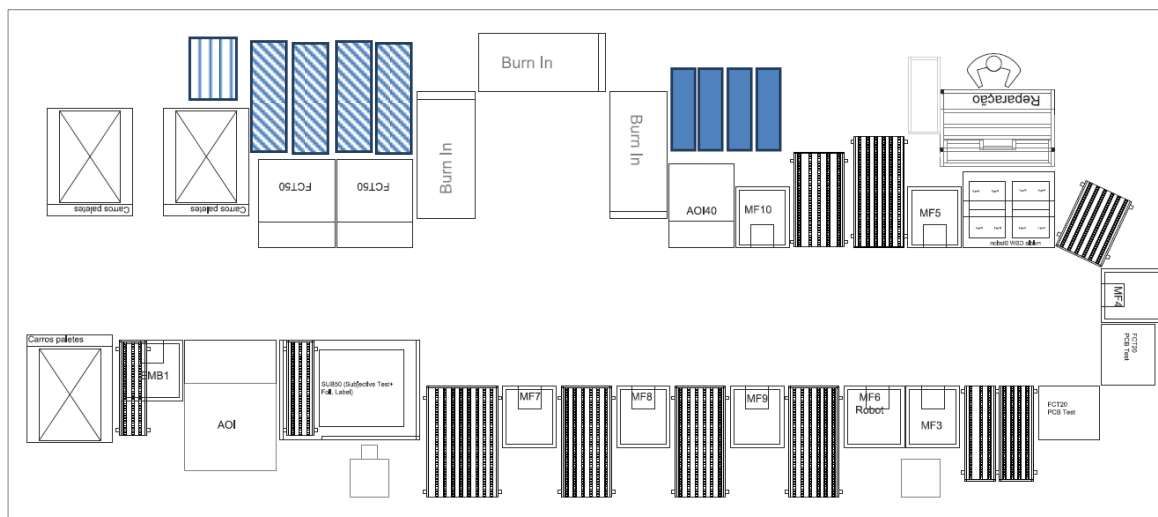


Figura 22 – *Layout* da linha 2103 e localização dos *trolleys* de armazenamento dos *jigs* durante a produção (BOSCH, 2015).

No *trolley* representado através de riscas verticais ficam armazenados os *jigs* de todos os produtos dos equipamentos FCT50 e AOI40, nos representados através de riscas diagonais, as ferramentas dos postos MF6, MF7, MF8, MF9 e MF10 de todos os produtos (um produto por *trolley*, sendo que um deles fica nos postos da linha), e nos *trolleys* de cor sólida ficam alocados os *jigs* do BUR50.

Na Figura 23 demonstram-se as distâncias a percorrer para colocar cada um dos *trolleys* na sua devida localização durante o processo de *changeover*.

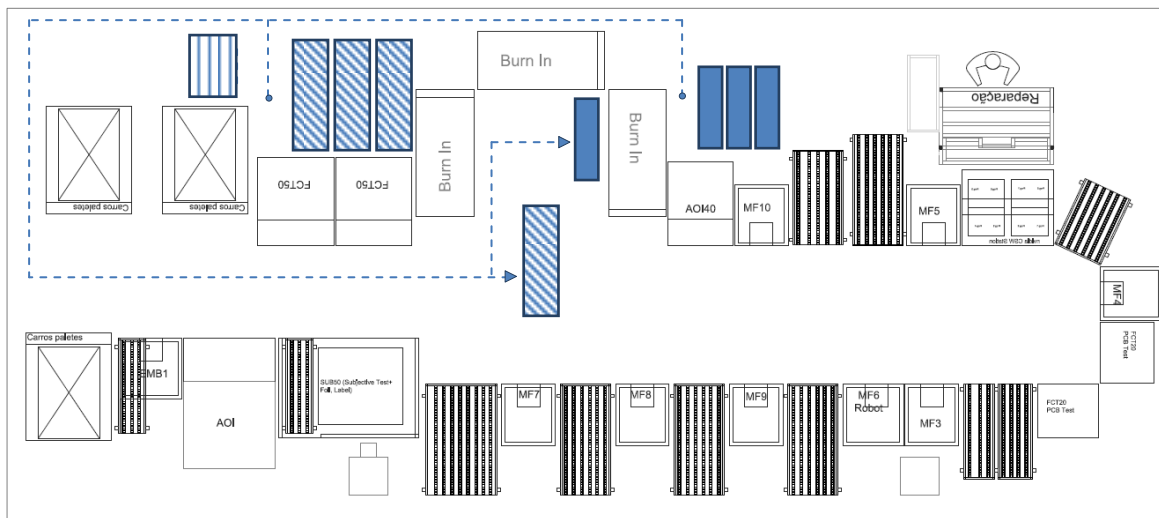


Figura 23 – Layout da linha 2103 e localização dos *trolleys* de armazenamento dos *jigs* durante o processo de *setup* (BOSCH, 2015).

Partindo destes pressupostos iniciou-se a listagem das operações com base nas filmagens efetuadas, e a estimativa da duração de cada uma, suportada pela PERT *Three-Estimate Approach*. Para o registo destas informações adaptou-se a Folha de Estudo do Processo (ANEXO I) de forma a contemplar os cenários otimista, pessimista e provável necessários à abordagem de estimativa de parâmetros utilizada, e ainda três colunas onde se efetuou o registo do operador que realiza cada uma das operações na situação inicial, o posto à qual a operação está alocada e as ferramentas necessárias à sua realização. De seguida pode ver-se um excerto da tabela criada para estudar o processo de *changeover*. A versão completa da tabela pode encontrar-se no ANEXO IV.

Tabela 5 – Excerto da tabela criada para o estudo do processo de *changeover*. Versão completa no ANEXO IV.

Quick Change Over Produto Cliente A → Produto Cliente A		Medições						Estimativas					Situação Inicial		
Posto	Operação	1	2	3	...	9	10	σ^2	Provável (M)	Otimista (O)	Pessimista (P)	μ	Op.	Equip.	Fer.
DW10	Material DW10	5	6	7	...	4	5	0	5	4	7	5	Op1	DW10	-----
	Mudança programa DW10	5	10	7	...	5	7	1	8	5	12	8	Op1	DW10	-----
	Tempo de espera_DW10	77	72	75	...	72	70	2	74	70	78	74	---	DW10	-----
MF3	Material MF3	10	13	16	...	10	14	1	13	10	16	13	Op1	MF3	-----
	Mudança base MF3	47	46	35	...	50	48	22	47	35	63	48	Op1	MF3	-----
MF6	Desconectar MF6	23	24	20	...	27	21	3	24	19	30	24	Op2	MF6	-----
	Levar + buscar base MF6	77	88	36	...	42	44	75	51	36	88	55	Op2	MF6	Jig_MF6
	Conectar MF6	59	35	36	...	32	33	22	37	31	59	40	Op2	MF6	-----
MF7	Buscar Trolley Bases	64	60	79	...	64	69	11	66	59	79	67	Op4	MF7	Stacker
	Buscar Stacker	64	47	50	...	48	54	8	53	47	64	54	Op4	MF7	Trolley Bases
	Retirar Material Anterior	157	123	144	...	136	129	132	132	107	176	135	Op4	MF7	-----
	Verificação + Prep. Material MF7	173	105	157	...	138	142	136	150	105	175	147	Op4	MF7	-----
	Desconectar posto_MF7	37	35	30	...	35	31	6	32	22	37	31	Op4	MF7	-----
	Troca de jig_MF7	12	14	25	...	17	23	5	19	12	25	19	Op4	MF7	Jig_MF7
	Conectar posto_MF7	29	31	43	...	40	29	11	32	23	43	33	Op4	MF7	-----
	Troca calcador	16	32	72	...	29	35	87	35	16	72	38	Op4	MF7	-----
	Troca programa	94	62	62	...	65	70	34	66	59	94	69	Op4	MF7	-----
	Tempo de espera após colocação dials	47	72	44	...	42	45	28	46	40	72	50	-----	MF7	-----
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Baseado nas durações estimadas é possível traçar o caminho crítico das operações de *setup*, representado a vermelho na Figura 24. As operações identificadas como pertencentes ao caminho crítico deverão ser as atividades para as quais os esforços de redução de tempo deverão ser direcionados de forma a diminuir o tempo total de operação de *changeover*.

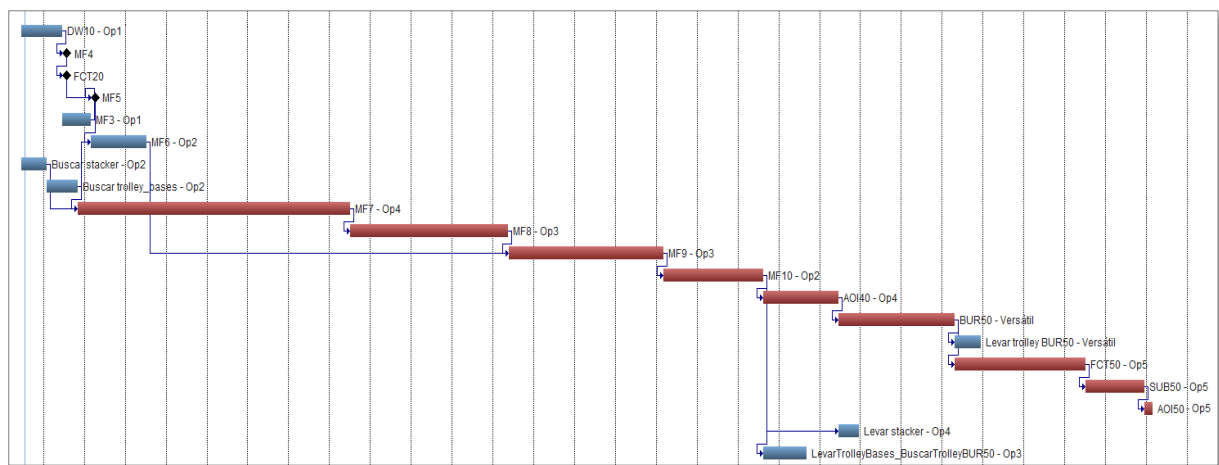


Figura 24 – Caminho Crítico das operações de *changeover* (BOSCH, 2015)

Retratar a ocupação dos operadores e dos equipamentos durante os processos de mudança é extremamente útil para perceber se existe ou não capacidade para o atingimento do *target* definido através das operações de *setup* existentes e respetiva alocação a cada um dos operadores. Para tal, baseado no Gráfico de Balanceamento das Operações do *Lean Enterprise Institute* (ANEXO II) construiu-se um gráfico para retratar essa mesma capacidade que se pode encontrar na Figura 25.

Recorreu-se ao documento de trabalho *standard* da linha para se perceber a duração do ciclo de operação de cada um dos operadores e equipamentos, e desta forma, determinar a sua capacidade relativamente às operações de *setup*.

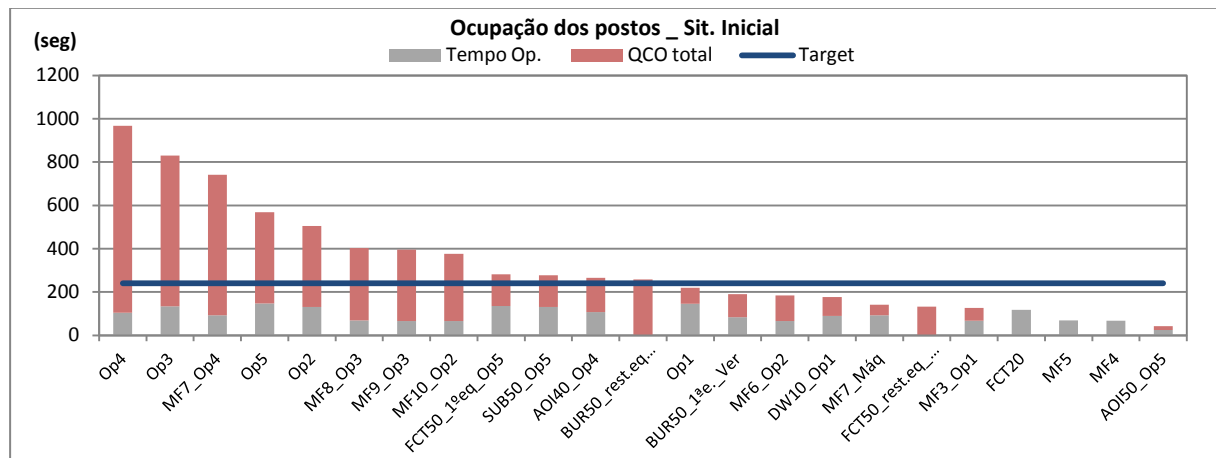


Figura 25 - Capacidade dos postos e operadores da linha relativamente ao *target* definido para o QCO da linha (Bosch, 2015)

As durações de cada posto foram organizadas de forma decrescente para uma rápida percepção dos postos cuja mudança é mais demorada. O gráfico traçado demonstra que a duração das operações realizadas na situação inicial pelos colaboradores 2, 3, 4 e 5 estão claramente acima da capacidade existente. Também a duração das operações de *setup* dos equipamentos MF7, MF8, MF9, MF10, AOI40, FCT50, BUR50, e SUB50 excede o *target* definido.

Terminada a análise inicial ao *changeover* é necessário dar início ao processo de redução dos tempos de *setup* e, para tal, deve implementar-se o primeiro estágio mencionado pela metodologia SMED.

5.3 Estágio 1

O segundo estágio de Shingo requer a classificação das atividades em operações internas e externas. Uma operação externa pode ser realizada com os equipamentos e máquinas em funcionamento, e uma atividade interna requer a paragem do posto/equipamento para a sua realização (Shingo, 1985).

Assim, com base nos fundamentos enunciados e de forma aplicada ao caso de estudo, pode concluir-se que as atividades relacionadas com o transporte de ferramentas, verificações e devoluções de material são do tipo externo, e atividades como a desconexão e conexão dos *jigs*, a troca de ferramentas e programas são consideradas operações internas.

Na seguinte tabela pode ver-se um excerto da classificação das operações efetuadas, sendo que a versão completa da mesma pode ser observada no ANEXO IV.

Tabela 6 – Classificação das operações de *setup* em internas e externas

Quick Change Over			....
Produto Cliente A → Produto Cliente A			....
Tipo op.	Posto	Operação	....
Ext.	DW10	Material DW10	....
Int.		Mudança programa DW10	....
Int.		Tempo de espera_DW10	....
Ext.	MF3	Material MF3	....
Int.		Mudança base MF3	....
Int.	MF6	Desconectar MF6	....
Ext.		Levar + buscar base MF6	....
Int.		Conectar MF6	....
Ext.	MF7	Buscar Trolley Bases	....
Ext.		Buscar Stacker	....
Ext.		Retirar Material Anterior	....
Ext.		Verificação + Prep. Material MF7	....
Int.		Desconectar posto_MF7	....
Int.		Troca de jig_MF7	....
Int.		Conectar posto_MF7	....
Int.		Troca calcador	....
Int.		Troca programa	....
Int.		Tempo de espera após colocação dials	....
⋮	⋮	⋮	⋮

Com base na classificação anterior traçou-se o gráfico ilustrado na Figura 26, semelhante ao da Figura 25, onde se demonstra quais as operações que são realizadas externamente e que não tem influência no tempo de paragem do posto (Op. Ext), as operações que em teoria podem ser realizadas com o posto em funcionamento embora na situação inicial do projeto a sua realização acarrete a paragem do posto (Potenciais Ops Ext.), e ainda as operações internas cuja duração implica a paragem de produção (Op. Int).

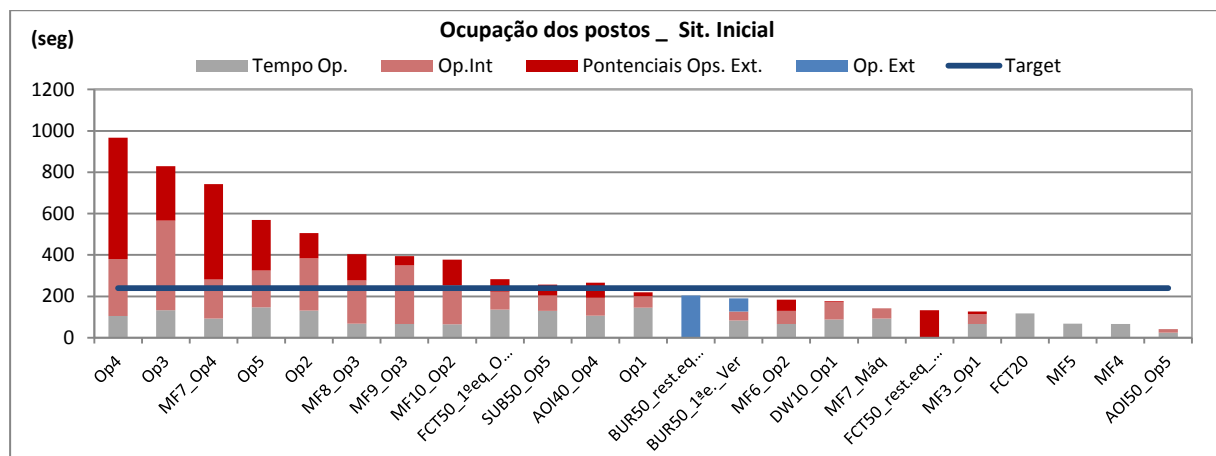


Figura 26 – Capacidade dos postos e operadores e respetivo tempo de operação de *setup* interno, externo e potencialmente externo da situação inicial do projeto.

O gráfico acima mostra que, através da alocação de tarefas existente na situação inicial do projeto, o “posto” *bottleneck* da linha em termos de operações de mudança é o Operador 4 que tem um tempo previsto de *setup* de 967 segundos, isto é, aproximadamente 16 minutos. Verificou-se ainda que vários

são os postos cuja capacidade é excedida, nomeadamente, Op4, Op3, MF7_Op4, Op5, Op2, MF8_Op3, MF9_Op3, MF10_Op2, FCT50_1ºeq_Op5, SUB50_Op5 e AOI40_Op4.

Traçou-se também um gráfico que retrata as atividades internas, externas e potencialmente externas pertencentes ao caminho crítico, de forma a determinar a duração total das operações de *setup*, tal como se pode ver na Figura 27.

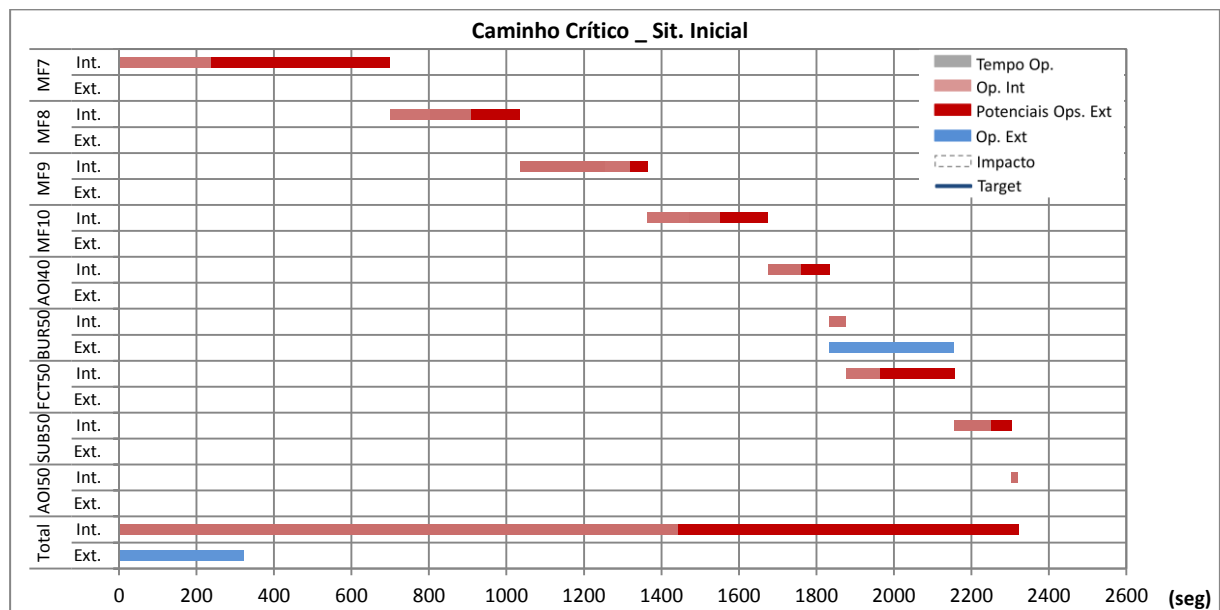


Figura 27 – Operações de *setup* internas, externas e potencialmente externas do caminho crítico

O tempo total de *changeover*, na situação inicial do projeto é de 2321 segundos, isto é, aproximadamente 39 minutos de tempo operacional.

Uma vez efetuada a classificação das atividades, é necessário fazer a separação das internas e externas, pois esta é uma das “fórmulas” de redução de tempos utilizadas pela metodologia SMED. Estima-se que esta ação seja capaz de reduzir os tempos internos de operação entre 30 e 50% (Shingo, 1985).

Ação 1 – Separação das Operações Internas em Externas

Já foi mencionado que os *jigs* da grande maioria dos postos da linha se encontram armazenados em *trolleys* localizados no exterior da mesma. Como tal, no momento do *changeover*, estas ferramentas devem ser transportadas para junto dos postos, de forma externa, isto é, antecipadamente à paragem do equipamento, para que a sua execução não incremente o tempo de paragem.

Uma vez que a duração das operações executadas atualmente por cada um dos operadores da linha excede a sua capacidade e, por isso, não tem disponibilidade para preparar atividades alheias, para que seja possível uma preparação antecipada da atividade de *setup*, é necessário que alguém externo ao processo execute essa mesma preparação. Também o espaço é uma restrição ao QCO pois, mesmo que o transporte das ferramentas seja antecipado, seria necessário existir espaço suficiente na linha onde armazenar as ferramentas até ao momento da paragem do posto e início do processo de *changeover*, não sendo este o caso.

Quanto às operações que envolvem a troca de materiais, mais concretamente a devolução dos materiais do produto X e a verificação e preparação dos materiais do produto Y, os requisitos a que obrigam são de novo o espaço e a mão-de-obra. O espaço é uma das restrições encontradas uma vez que para a devolução/preparação antecipada dos materiais que saem/entram, é necessário espaço adicional nas rampas onde se possam colocar as caixas dos novos materiais até que seja finalizada a fabricação da última unidade do produto X. Relativamente ao requisito de mão-de-obra, a antecipada verificação dos materiais requer também alguém externo ao processo por motivos de falta de capacidade operativa.

Deste modo, apenas foi possível a conversão em atividades externas algumas das “Potenciais Ops. Ext.”, nomeadamente as presentes na Tabela 7, atendendo às restrições enunciadas anteriormente. A conversão das operações foi possível através da alocação das tarefas à versátil de linha, pois esta é a única operadora com disponibilidade para as realizar antecipadamente à paragem do posto. Também as operações internas relativas aos equipamentos AO140 e FCT50 foram alocadas a esta operadora uma vez que, deste modo, é possível libertar os restantes operadores de algumas das atividades que excedem a sua capacidade.

Tabela 7 – Parcial implementação do estágio 1 – separação das atividades internas e externas – e atividades internas alocadas à versátil de linha.

Tipo op.	Posto	Operação	Duração esperada	Operador	
				Sit. Inicial	Ação 1
Ext.	MF7	Buscar Trolley Bases (pos1)	67	Op2	Versátil
Ext.		Buscar Stacker	54	Op2	Versátil
Int.	AOI40	Buscar Base para troca	41	Op4	Versátil
Ext.		Troca jig + programa	86	Op4	Versátil
Ext.		Recolocar base armazenamento	32	Op4	Versátil
Ext.	MF10	Levar trolley bases	56	Op3	Versátil
Ext.		Levar Stacker	43	Op2	Versátil
Ext.	BUR50	Buscar trolley BUR50	64	Op3	Versátil
Ext.		Levar Trolley BUR50	54	Op4	Versátil
Int.	FCT50	Conectar o posto FCT50	16	Op5	Versátil
Int.		Troca de programa FCT50	60	Op5	Versátil
Int.		Desconectar o posto FCT50	12	Op5	Versátil
Ext.		Levar+buscar base para troca FCT50	45	Op5	Versátil
Ext.		Trocar plataforma auxiliar	14	Op5	Versátil

Através da parcial separação das atividades em operações externas, verificaram-se significativas reduções nos tempos dos postos. O *bottleneck* das operações de *setup* passou a ser a disponibilidade do Operador 3, que leva agora 12,3 minutos a terminar todas as operações a si alocadas, representando uma redução de 23,1% da operação *bottleneck* da mudança. Na Figura 28, pode verificar-se o impacto da separação das atividades através das frações de coluna a tracejado, que representam o total de tempo reduzido a cada posto, e ainda, através das frações de coluna com preenchimento parcial (vermelho/azul), representativas do acréscimo de atividade interna/externa ao respetivo posto.

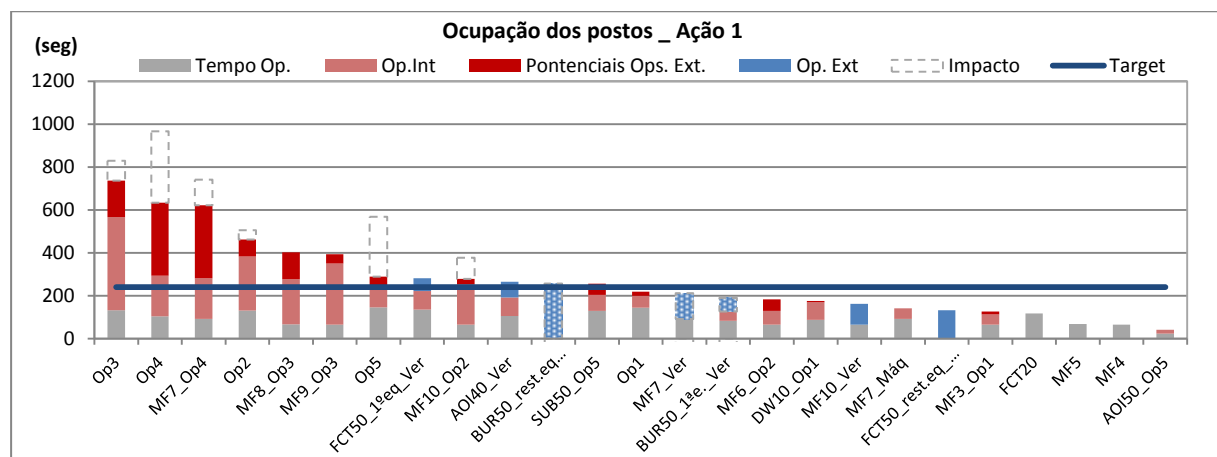


Figura 28 – Impacto nas durações das operações resultante da parcial implementação do estágio 1 – ação 1.

Também no caminho crítico se notaram significativos impactos nos vários postos da linha tal como mostra a Figura 29. Houve um impacto de 23,2% no tempo interno, reduzindo a duração total das operações do caminho crítico do QCO para 29,5 minutos. Estima-se contudo que, caso fosse possível a total separação das “Potenciais Ops. Ext.”, ocorreria uma redução de 47% do tempo interno total.

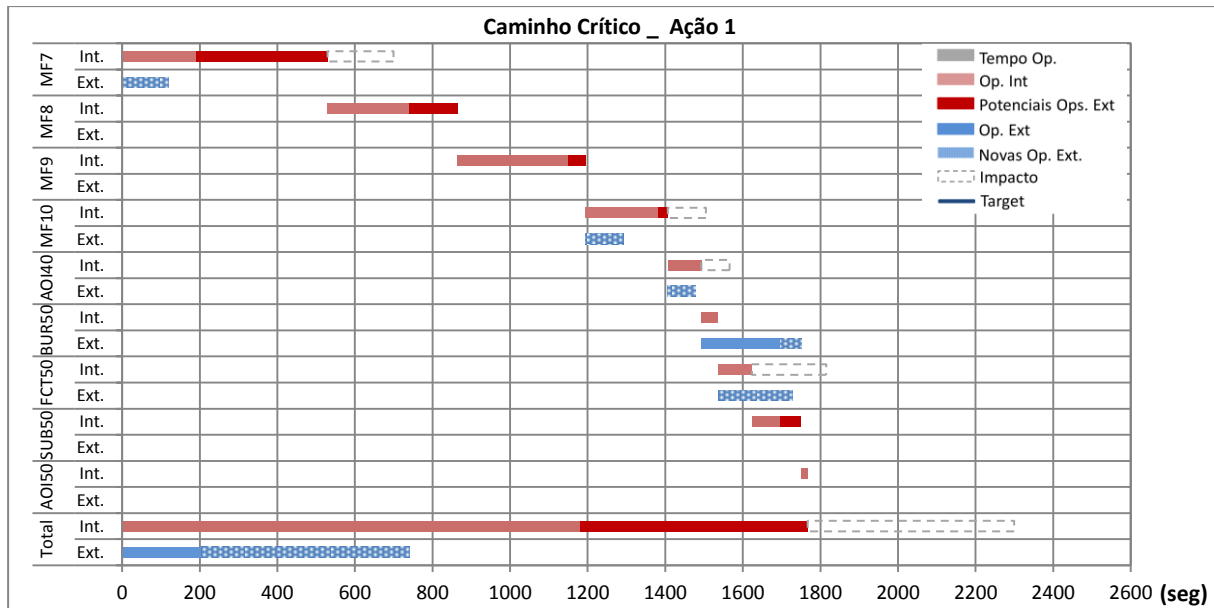


Figura 29 – Caminho crítico após a implementação parcial do estágio 1 da metodologia SMED – ação 1.

5.4 Estágio 2 e Estágio 3

Autores como McIntosh et al. (2000) e Sugai et al. (2007), defendem um certo grau de liberdade na implementação da metodologia visto que a aplicação não sequenciada do SMED apresenta resultados tão ou mais eficientes do que a execução ordenada dos estágios (ver secção 2.1.8.5).

Baseado na literatura mencionada e através da análise pormenorizada do processo de *setup* em estudo, concluiu-se que a introdução de ações do estágio 3, nomeadamente a técnica das operações paralelas, teria um impacto significativo e mais imediato na redução do tempo de *setup* do que se seguida a sequência indicada por Shingo. Optou-se então por uma implementação não sequenciada da metodologia SMED, tal como se explica neste subcapítulo.

Ação 2 – Implementação de Operações Paralelas

A implementação de operações paralelas é uma técnica utilizada para a redução do tempo interno de operação enquadrada no 3º estágio do SMED que pretende a melhoria de todas as atividades de *changeover*. A ação baseia-se na partição das atividades internas de *setup* e atribuição a dois operadores de forma a serem realizadas paralelamente. Esta operação pode reduzir em mais de 50% o tempo necessário para a execução da totalidade das operações (ver secção 2.1.8.3.4).

Esta técnica foi identificada como sendo adequada para implementar nos postos MF7, MF8, MF9 e MF10 pois as atividades requeridas para o completo *changeover* do posto podiam ser realizadas em

paralelo por dois operadores, diminuindo-se assim substancialmente o tempo total de operação de cada um dos postos mencionados. A sua implementação trouxe grandes vantagens também a nível da redução do tempo total de atividade pois os postos onde foi feita a implementação da referida técnica apresentavam a maior duração de atividade interna (e “Potencial Op. Ext.”) de *changeover*.

Para a realização desta ação recorreu-se novamente à versátil de linha que, após a preparação das ferramentas de forma antecipada ao *changeover*, auxilia na execução das operações internas dos referidos postos. As operações transferidas para a versátil do MF8, MF9 e MF10, são relativas ao manuseio do *stacker* para o transporte dos *jigs* do produto X e Y entre o posto e o *trolley* das bases. Quanto ao posto MF7, as operações de conectar e desconectar a ferramenta e o transporte manual dos *jigs* entre o *trolley* e o respetivo posto, foram as atribuídas à versátil de forma a possibilitar que o Operador 4 se possa dedicar exclusivamente às atividades de mudança dos materiais do posto.

Desta forma é possível reduzir significativamente o tempo de operação dos postos mencionados, e ainda a ocupação dos operadores 2, 3 e 4 tal como demonstrado pelo seguinte gráfico:

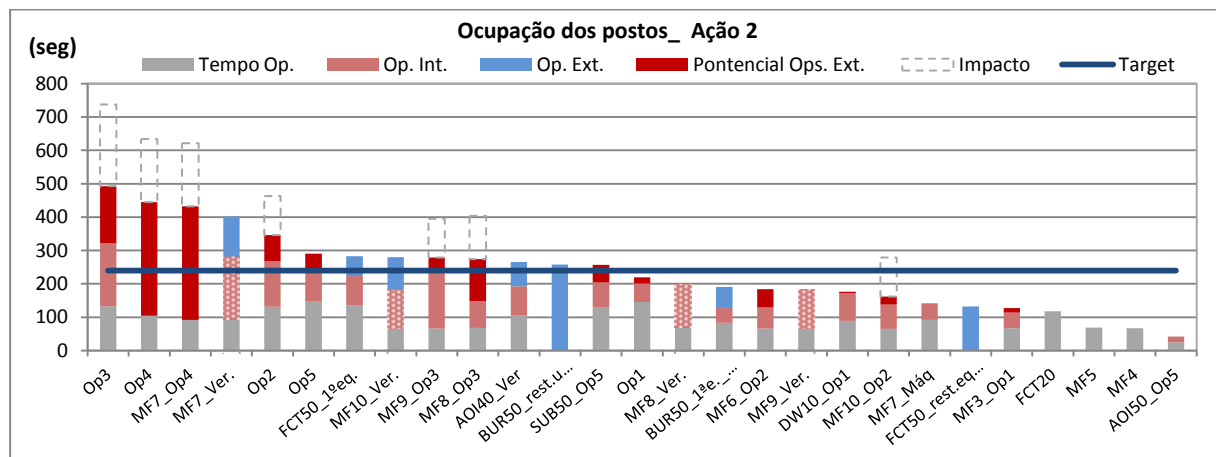


Figura 30 – Duração das operações de *changeover* dos postos da linha após a implementação de operações paralelas – ação 2

O impacto sentido no posto *bottleneck* da linha – Op3 – foi considerável, reduzindo em 33,3% o seu tempo de operação, totalizando agora 8,2 minutos. O impacto das operações transferidas para a versátil de linha pode verificar-se nas frações de coluna parcialmente preenchidas dos postos MF10_Ver, MF8_Ver e MF9_Ver, e MF7_Ver. Após a implementação da ação, as atividades alocadas ao posto MF10_Op2 tornam-se realizáveis em tempos abaixo do *target* definido.

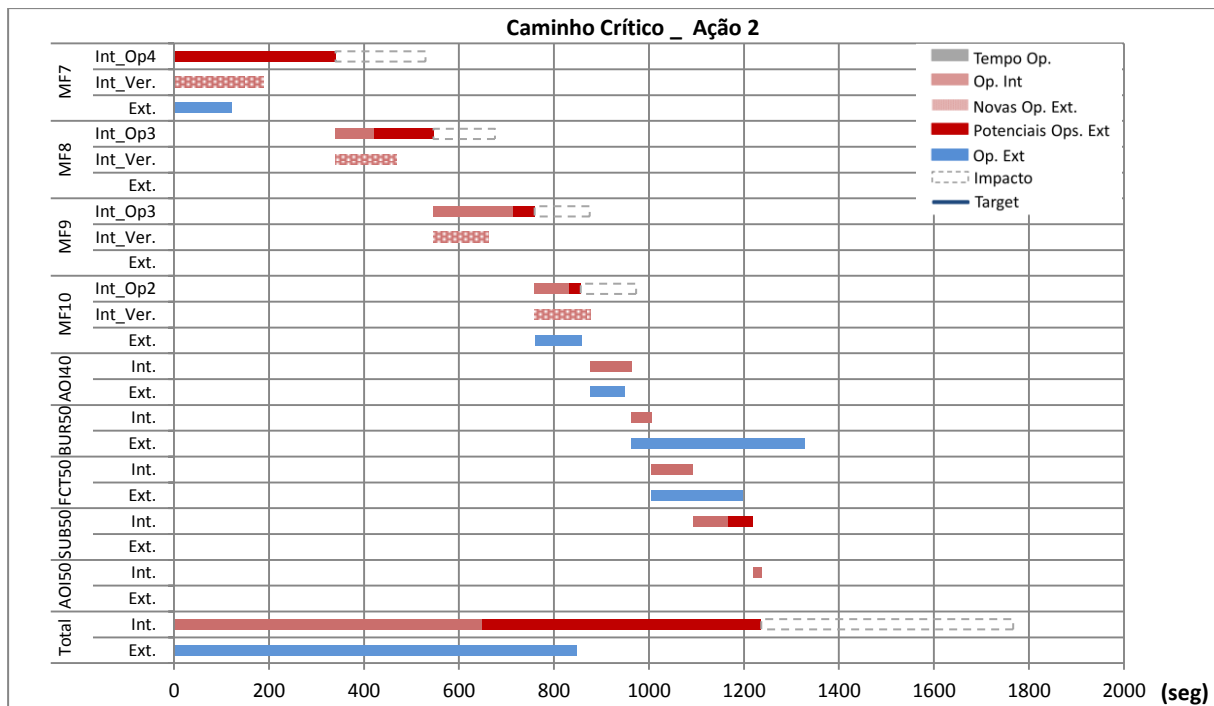


Figura 31 – Caminho crítico após a implementação das operações paralelas – ação 2.

A introdução das operações paralelas refletiu-se em 30% de redução do tempo interno de operação do caminho crítico, estimando-se que a totalidade das operações seja concluída em cerca 20,6 minutos.

Ação 3 – Uniformização da camisa de aparafusamento e dos parafusos utilizados e introdução do Standard de Gestão de Espaço

O segundo estágio do SMED requer a reanálise das operações para identificar outras atividades que possam ser convertidas em externas ou ainda eliminadas completamente. Algumas das técnicas utilizadas são estandardização de funções e a implementação de ferramentas multiusos.

Nesse sentido, outra das ações implementadas foi a uniformização da ferramenta “camisa de aparafusamento” e dos parafusos utilizados para o produto A1 pois, tal como referido na secção 5.2, o referido produto era o único que utilizava uma ferramenta e parafusos diferentes. Deste modo foi possível eliminar várias das operações internas e externas anteriormente necessárias tais como a “Troca da camisa de aparafusamento” realizada por um técnico de manutenção, o “Levar/buscar alimentador de parafusos” e ainda a “Troca do alimentador de parafusos” realizadas pelo Operador 3.

Assim torna-se possível ir de encontro ao princípio presente na máxima do autor da metodologia: “*The quickest way of replacing something, is to replace nothing*” (Shingo, 1985). A ação contribuiu também

para a eliminação da possibilidade de erro/esquecimento da execução da substituição da “camisa de aparafusamento” e/ou do alimentador de parafusos.

Para a sua implementação foi necessário haver um diálogo e acordo prévio com o cliente que já estava em curso desde a introdução do produto na linha. Apesar de a ação estar planeada desde uma fase anterior ao estudo do processo de mudança, contribuiu positivamente para a redução do tempo de *setup*.

Outra das técnicas fortemente utilizadas é a otimização/eliminação de ajustes de posição das ferramentas através da criação de mecanismos para garantir a correta posição das mesmas.

As operações internas mais demoradas relacionam-se com o manuseio do *stacker* e identificou-se, mais especificamente, que as maiores perdas estavam diretamente ligadas à gestão do único espaço livre do *trolley* de armazenamento das bases. O *trolley* é constituído por duas prateleiras onde ficam armazenados os cinco *jigs* de cada produto. Os locais de armazenamento dos *jigs* de cada posto estão perfeitamente definidos através das identificações (ver Figura 16). Na prateleira de cima encontram-se as ferramentas mais leves, MF6, MF7 e MF8 e na prateleira de baixo estão armazenados os *jigs* dos postos MF9 e MF10, sendo que o espaço livre existente é utilizado, juntamente com a plataforma auxiliar, para a colocação das ferramentas do produto a trocar aquando do *changeover*.

Frequentemente ocorria que, na hora de trocar as ferramentas dos postos MF6, MF7 e MF8, por não haver espaço livre na devida prateleira para a colocação da ferramenta do produto X, era utilizado o espaço livre da prateleira de baixo. Ora, quando era necessário trocar uma ferramenta da prateleira de baixo, o espaço livre agora ocupado era necessário, sendo portanto utilizada a prateleira de cima, e assim sucessivamente. Esta forma desordenada de realizar a gestão do espaço do *trolley* originava a desorganização das ferramentas que, por sua vez, possibilitavam enganos na seleção dos *jigs* apropriados ou ainda, incrementos indevidos aos tempos de operação relacionados com a necessidade de reorganizar as ferramentas com os postos parados.

Para mitigar o problema descrito, a equipa de trabalho concluiu que era necessário standardizar a gestão das ferramentas do carrinho de forma a minimizar as movimentações de ferramentas. A ação identificada para a resolução do problema foi a criação de uma *Single Point Lesson*, onde se descreve a forma otimizada de realizar a gestão do espaço livre do *trolley*.

A SPL criada foi afixada na lateral do *trolley* de forma a que, em caso de dúvida, esta possa ser consultada rapidamente. A instrução encontra-se disponível no ANEXO V e através desta é possível efetuar a troca de todos os *jigs* com apenas 13 movimentos, diminuindo consideravelmente a duração das operações de manuseio do *stacker*.

O impacto das ações implementadas pode verificar-se nos gráficos da Figura 32 e Figura 33.

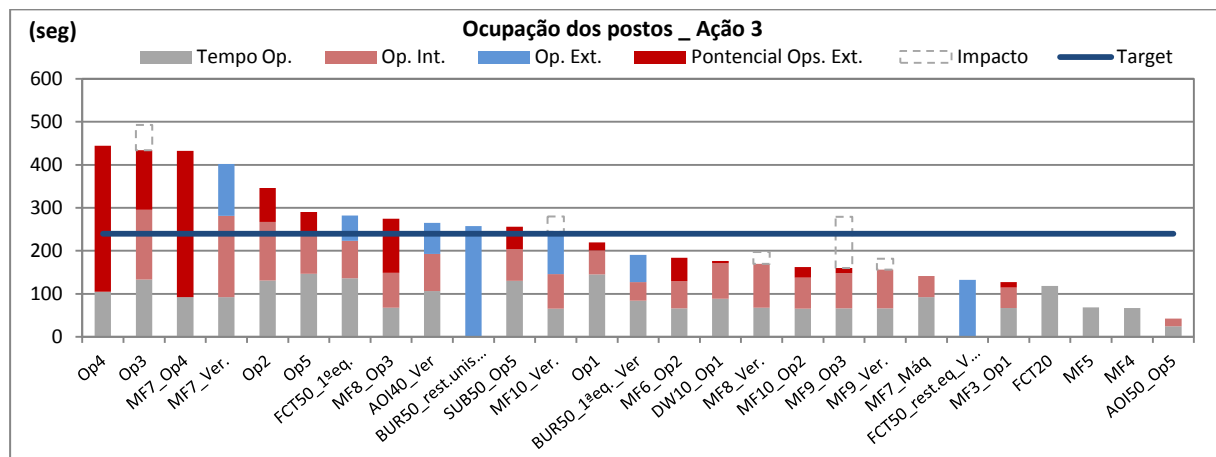


Figura 32 – Impacto das ações “Uniformização da camisa de aparafusamento e dos parafusos utilizados” e do “Standard de Gestão de Espaço” na ocupação dos postos da linha – ação 3.

Com a standardização de funções e a implementação de ferramentas multiusos, a ocupação do Operador 3 diminui e o *bottleneck* do *setup* passa a ser o Op4 com uma ocupação de 7,4 minutos. Esta ação reduz a duração da operação *bottleneck* em 9,8%.

Também devido à mesma ação, torna-se possível a realização completa da mudança do posto MF9 em tempo inferior ao *target* estabelecido para o QCO. Quanto ao *standard* de gestão de espaço o seu impacto fez-se sentir nos postos MF8, MF9 e MF10.

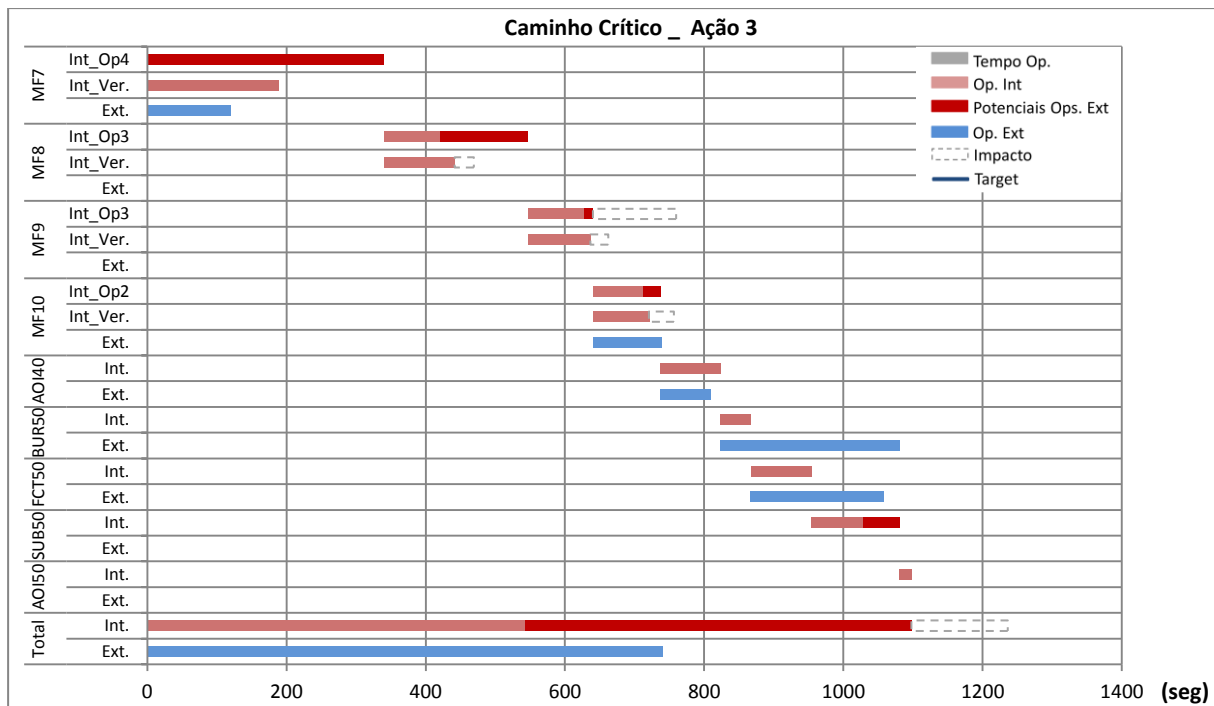


Figura 33 – Caminho crítico após da uniformização da camisa de aparafusamento e dos parafusos utilizados, e ainda da introdução do *standard* de gestão de espaço do *trolley* das bases.

A duração do caminho crítico foi reduzida em 11,2% através da implementação das ações mencionadas. A sua duração atual é de 18,3 minutos.

Ação 4 – Alteração do *layout* da linha e do local de colocação do *trolley* durante o QCO

No final da semana 21 ocorreu uma mudança de *layout* da linha que teve como objetivo o aumento da capacidade produtiva. Implementaram-se três novos equipamentos, um FCT50, um FCT20 e um SUB50 (assinalados com setas na Figura 35) e ainda dois novos operadores. O tempo de ciclo da linha diminuiu para 91 segundos e o trabalho *standard* de montagem final foi alterado. Os operadores apresentam agora uma menor ocupação e a sua alocação aos postos também é diferente.

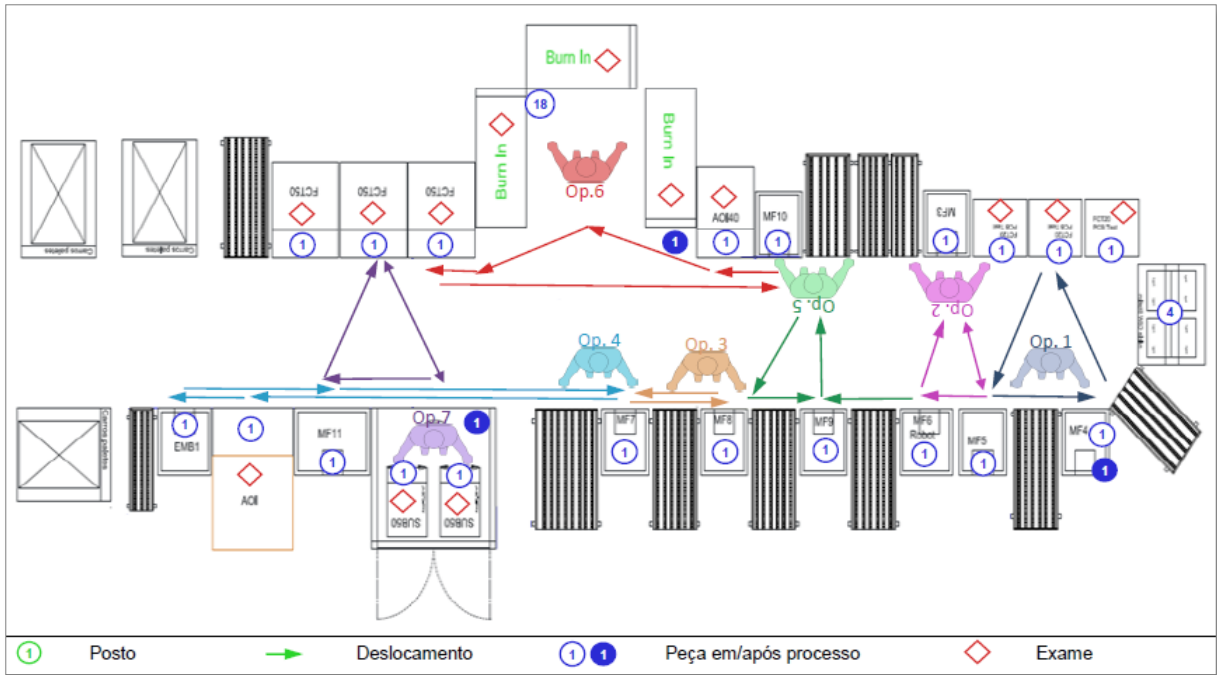


Figura 34 – *Layout* da linha 2103 e representação dos postos alocados a cada um dos operadores, definido no trabalho *standard* (BOSCH, 2015).

Em termos de *changeover*, a alteração traz algumas vantagens como a diminuição da ocupação produtiva dos operadores e o aumento do número de pessoas disponíveis para colaborar nas operações de mudança. Por outro lado, dois dos três novos equipamentos requerem operações de *setup* que até agora não existiam e que terão de ser consideradas.

Outra agravante do processo de mudança introduzido nesta semana foi a reprovação da colocação do *trolley* no interior da linha durante o QCO, por parte do departamento de higiene e segurança no trabalho. Aparentemente, com o *trolley* na localização anterior, o espaço remanescente para a deslocação simultânea de pessoas e do *stacker* não cumpria as normas de segurança. Assim sendo, estabeleceu-se um novo local para a colocação do mesmo, ficando agora situado na entrada da linha, tal como demonstrado pela Figura 35.

Em termos de tempos de *changeover* esta ação tem implicações como o aumento da distância entre o *trolley* e os postos aos quais pertencem as ferramentas nele armazenadas (ver Figura 35), e ainda o conseqüente aumento do tempo interno de deslocação entre os dois pontos. Apesar do aumento do tempo inerente a algumas das atividades de *setup*, a medida foi tomada em prol da segurança dos operadores.

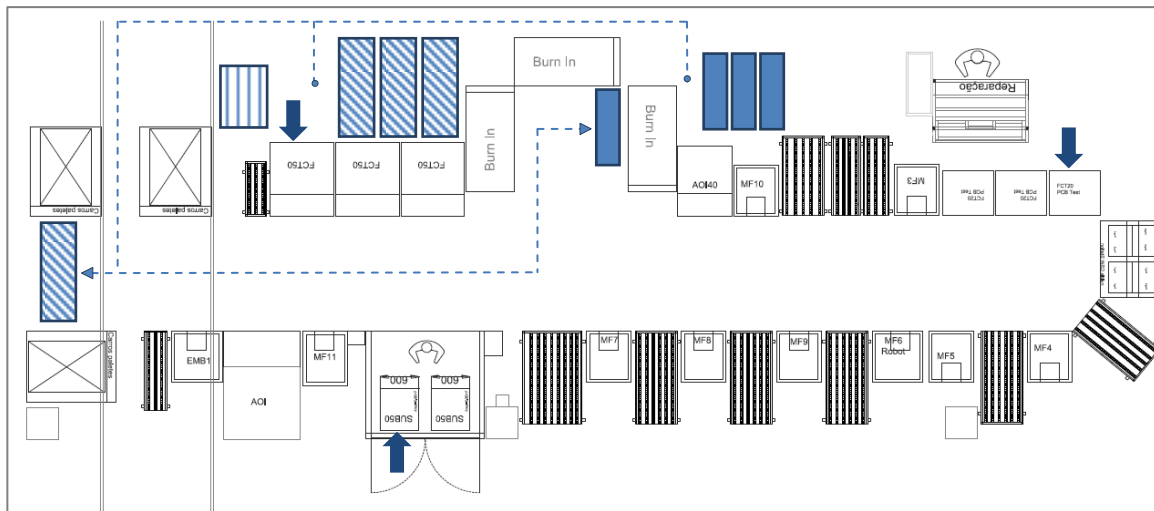


Figura 35 – Novo *layout* da linha e novo local para a colocação do *trolley* das bases durante o procedimento de mudança.

O processo de redução de tempos de *setup* sofre um retrocesso, pois é necessário refazer algumas das atividades, como o estudo do novo trabalho *standard* da linha, a realocação das atividades de *changeover* aos operadores e ainda a recolha de filmagens do processo para estimar os novos tempos de operação. Após novo estudo, alocação das atividades de mudança (ANEXO VI) e ponderados os impactos de todas as alterações ocorridas nas operações de *changeover*, chegou-se aos seguintes dados de ocupação dos vários equipamentos e operadores durante os processos de mudança da linha:

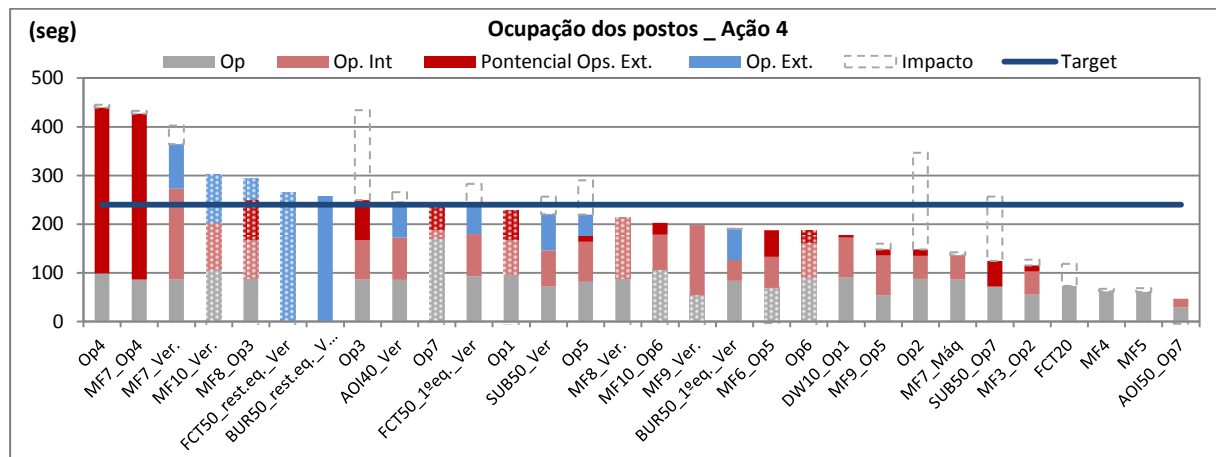


Figura 36 – Ocupação dos postos da linha durante o processo de mudança após a alteração de layout e do local de posicionamento do *trolley* dos *jigs* durante o QCO.

Os impactos das alterações ocorridas nos processos foram sentidos maioritariamente nas operações realizadas pelos operadores 2 e 3, reduzindo a sua ocupação significativamente. O motivo pelo qual se justifica esse facto é a introdução dos dois novos colaboradores (Op6 e Op7) necessários ao aumento de capacidade, o que possibilitou o rebalanceamento das atividades, tanto de operação como de *changeover*. As operações realizadas pela versátil de linha relacionadas com o manuseio do *stacker*

aumentaram a sua duração, uma vez que a distância a percorrer entre o posto e o *trolley* é superior (ver Figura 35).

As operações de *setup* introduzidas pelo novo equipamento SUB50 praticamente duplicaram a duração das atividades de *changeover* existentes anteriormente. Este facto foi ainda aliado à realocação das atividades produtivas aos novos operadores, o que levou a que as operações de *changeover* deste posto fossem atribuídas ao Op7 que tem um ciclo de operação de 171 segundos. A conjugação destes fatores leva a que o somatório das operações de *setup* e operações totalize 393 segundos, valor claramente acima do *target*. Assim sendo, foi necessário executar alguma medida para remediar este problema e a solução encontrada foi recorrer novamente à introdução de ações paralelas, com recurso à versátil de linha. O operador 7 apenas dispõe de 69 segundos para colaborar na mudança e, por isso, para que a sua capacidade não seja excedida, este operador apenas pode realizar as operações de devolução e verificação de material e a troca da base auxiliar. A cargo da versátil de linha ficam as atividades de troca de ferramenta dos dois equipamentos, sendo que após a troca do *jig* do primeiro equipamento, a montagem da primeira unidade do produto Y pode iniciar-se imediatamente.

Apesar de não se ter alterado o *bottleneck* das operações de *setup* (Op4 – redução de 1,4%, 7,3 minutos), houve uma diminuição de cerca de 40% no número de postos cujas operações se encontram fora de *target*. Com as transformações ocorridas, apenas as atividades dos postos Op4, MF7_Op4, MF7_Ver, MF8_Op3, e Op3 excedem a capacidade existente, sendo que, os dois últimos a ultrapassam apenas por 10 segundos. Conclui-se então que será possível atingir os objetivos na totalidade direcionando as atividades de melhoria para o *changeover* dos postos MF7 e MF8 pois deste modo, a ocupação dos operadores 3 e 4 diminuirá por consequência.

Também o caminho crítico do processo sofreu alterações tal como demonstrado na Figura 37.

Ao nível das operações externas registou-se um aumento de 250 segundos referente às novas operações de mudança originadas pela introdução dos novos equipamentos FCT50 e SUB50. Também foi possível um rebalanceamento das atividades, tal como mencionado anteriormente, que, por sua vez, permitiu que a operação de troca do rolo das etiquetas do posto MF8 pudesse ser transferida pela externa através da sua alocação ao operador 5. O novo local para a colocação do *trolley* das bases originou também um impacto na duração do seu transporte para a linha.

Quanto às operações internas, tal como referido anteriormente, a duração das atividades de manipulação do *stacker* aumentou devido à maior distância a percorrer, havendo assim um impacto direto na duração total da atividade de *changeover*. A implementação de operações paralelas no posto SUB50 possibilitou uma diminuição do tempo necessário ao *changeover* do posto, tendo este um impacto positivo na duração do caminho crítico do QCO.

Ponderados os impactos positivos e negativos acima mencionados conclui-se que as alterações introduzidas no processo resultam numa diminuição de 4,1% da totalidade de operação interna de *setup*, o que se traduz em cerca de 18 minutos de duração das atividades.

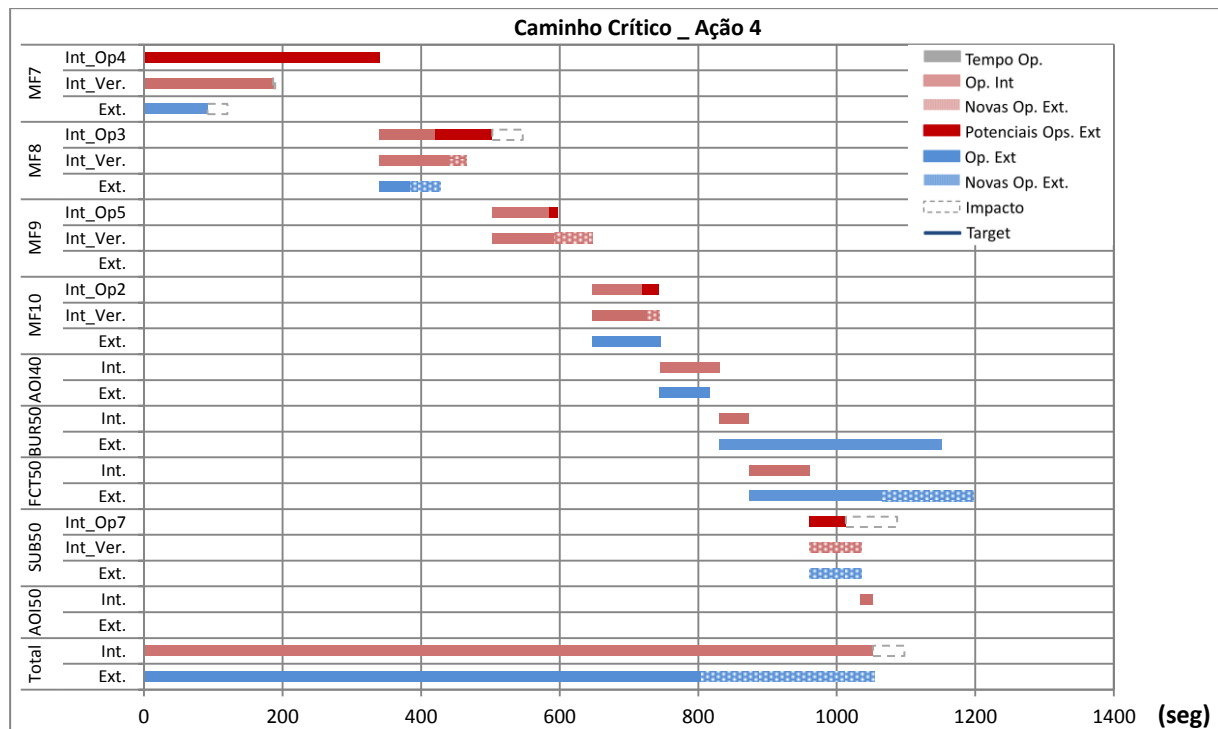


Figura 37 – Caminho Crítico das operações de *changeover* após a introdução das alterações de *layout* e da colocação do *trolley* durante o QCO.

Ação 5 – Implementação de uma plataforma auxiliar para a pré-preparação dos “*dials*”

Tal como demonstrado claramente na Figura 36, o posto MF7 é o *bottleneck* das operações de mudança, com uma duração substancialmente superior à dos restantes postos, e é por isso necessário executar ações para diminuir o seu tempo de operação. Anteriormente no projeto tinha-se percebido que algumas das potenciais operações externas de *setup* não tinham sido convertidas em externas devido a restrições de espaço e de mão-de-obra existentes, contudo, devido à excessiva ocupação do posto MF7 e do operador 4 é necessário proceder a uma nova análise para identificação de mais hipóteses de melhoria, tal como previsto pelo estágio 2 do SMED.

As operações de *changeover* deste posto estão divididas por dois operadores sendo eles, a versátil de linha e o Operador 4. As operações são constituídas por atividades de devolução e verificação de material (Op4) e troca do *jig*, troca do calcador (*jig* superior) e a seleção do programa apropriado (Versátil).

Relativamente à troca do *jig*, a única forma de melhoria identificada está relacionada com o tempo que o equipamento demora a processar a primeira unidade do produto Y, isto é, após a colocação dos *dials*, o programa leva mais tempo, do que em produção normal, a processar a operação. Como tal, deve colocar-se o mais cedo possível o equipamento a produzir, mesmo que nem todos os materiais estejam verificados, de forma a rentabilizar o tempo de espera. Apesar do esforço para antecipar a colocação dos *dials* o mais depressa possível, os ganhos inerentes a essa atividade não são suficientes para se atingir os objetivos estimados.

Quanto às operações realizadas pelo operador 4, as operações de devolução consistem em colocar a tampa em cada uma das caixas de material e retirá-las através da rampa de saída, e a verificação dos mesmos consiste em comparar a referência presente na caixa de cada material com as indicações das IFCs (Instrução de Fabricação e Controlo), de forma a garantir que está tudo conforme antes do início da produção. As operações mencionadas são muito demoradas pois, neste posto, são introduzidos no processo dez materiais de forma a montar a *front frame* do produto.

Mencionou-se anteriormente que estas atividades são potenciais operações externas mas que, contudo, a sua separação não era uma tarefa facilitada devido às restrições de espaço existentes, uma vez que não é possível colocar em simultâneo as caixas dos materiais do produto X e do produto Y nas rampas de material e que, por isso, a devolução e verificação dos mesmos apenas pode ocorrer após o término da produção da última unidade do produto X.

Uma das operações mais complexas de devolução/preparação do material a sair/entrar está relacionada com um material denominado *dials*. Este material é uma membrana fina e frágil e que por esse motivo, tem de ser muito bem acondicionada. Para tal, empilham-se os vários *dials* e prendem-se com um elástico para não permitir que estes se desorganizem, sendo de seguida colocados num saco de proteção, e finalmente numa caixa de material onde são transportados. Ora, a devolução destes materiais implica que as atividades mencionadas sejam repetidas três vezes, pois são três os *dials*

utilizados para a fabricação de cada produto, e outras tantas para a preparação dos materiais para fabricar o produto Y.

Em discussão com os operadores da linha percebeu-se que esta atividade poderia ser facilmente pré-preparada pois, devido à pequena dimensão das caixas utilizadas, era possível pegar nas mesmas e efetuar a pré-preparação num local externo ao processo produtivo. Deste modo, os materiais ficariam prontos a entrar em produção e, na hora da paragem do posto, a única operação necessária era trocar o suporte com o material do produto X pelo do produto Y, reduzindo drasticamente o tempo de operação interna. Contudo, essa pré-preparação requer que exista algum local onde se pudesse colocar o suporte com o novo material a aguardar a sua entrada em produção e como tal instalou-se uma plataforma auxiliar que se pode ver na Figura 38.



Figura 38 – Plataforma auxiliar instalada para a colocação do suporte pré-preparado com os *dials* (Bosch, 2015)

A plataforma instalada permitiu a pré-preparação dos *dials*, operação que foi alocada à versátil de linha, e que por sua vez teve um impacto muito significativo na redução da ocupação do Op4 e do equipamento MF7 (Figura 39):

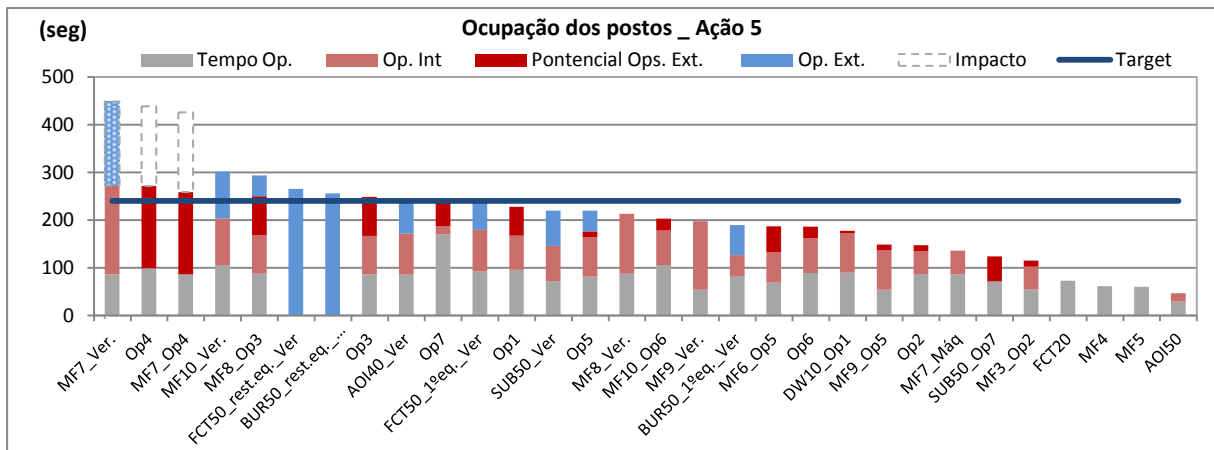


Figura 39 – Duração das operações de cada um dos operadores e equipamentos após a implementação de um suporte para a pré-preparação dos *dials*

A transferência das atividades de preparação e devolução dos *dials* para atividade externa de *setup* permitiu diminuir a duração das atividades do posto *bottleneck* das operações de *changeover* para 4,5 minutos. O tempo total de operação de *changeover* também sofreu um impacto positivo, tal como demonstrado no gráfico da Figura 40.

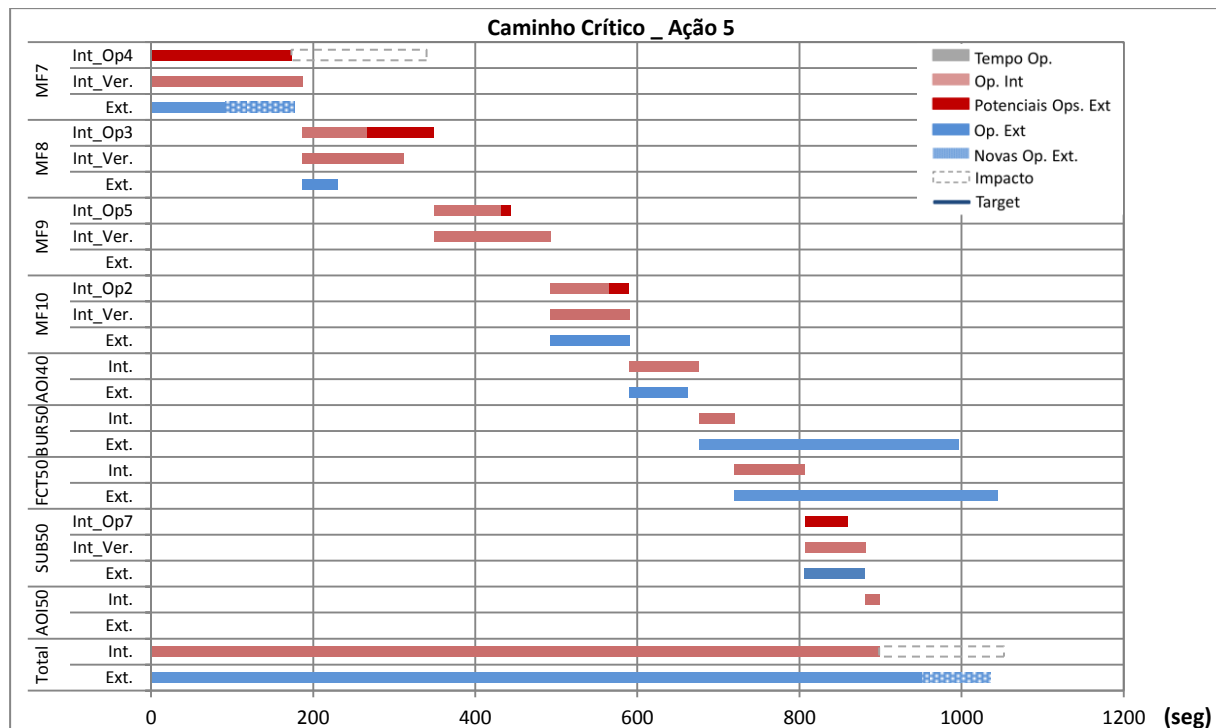


Figura 40 – Operações pertencentes ao caminho crítico e respetivo impacto originado pela implementação de um suporte para a pré-preparação dos *dials*

O tempo total das operações internas de QCO diminuiu para 15 minutos através da ação implementada, o que representa um impacto de 14,6% na duração total de atividade.

Foram também implementadas algumas melhorias ao processo de impacto não mensurável tais como:

- O aumento da área da plataforma do empilhador para ser possível a rotação dos *jigs* de maior dimensão na mesma;
- A aplicação de um travão na roda da plataforma de auxiliar do *trolley* das bases para que esta não abra durante o transporte para a linha;
- A identificação do produto em local visível nos *jigs* do BUR50 de forma a possibilitar a visibilidade aquando da sua utilização e a mais rápida perceção das células já mudadas/por mudar;

- A implementação de uma sinalização de mudança no *trolley* que visível a partir do exterior da linha de forma a minimizar a entropia criada pelas pessoas externas ao processo presentes no interior da linha no momento do *changeover*;
- A sinalização dos *jigs* que necessitam de *stacker* para o seu transporte de forma a tornar essa necessidade clara para todos os colaboradores da fábrica;

5.5 Problemática do *Target*

Com todas as ações implementadas anteriormente, conseguiu reduzir-se o tempo máximo de operação interna para 4,5 minutos, sendo que, esse valor não é suficiente para atingir o objetivo pretendido. Na verdade, apesar de o *target* ter sido estabelecido em 4 minutos, o que se verifica é que, medindo o tempo de *changeover* através da fórmula utilizada na fábrica, mencionada na secção 4.3.2 (Figura 19), o tempo de *changeover* tem de ser executado em menos de 2,5 minutos para ainda que seja possível, após o término das operações de *changeover*, montar a primeira unidade do produto Y (TC_Y) antes de ultrapassar os 4 minutos. A figura que se segue explica de forma esquemática a problemática descrita:

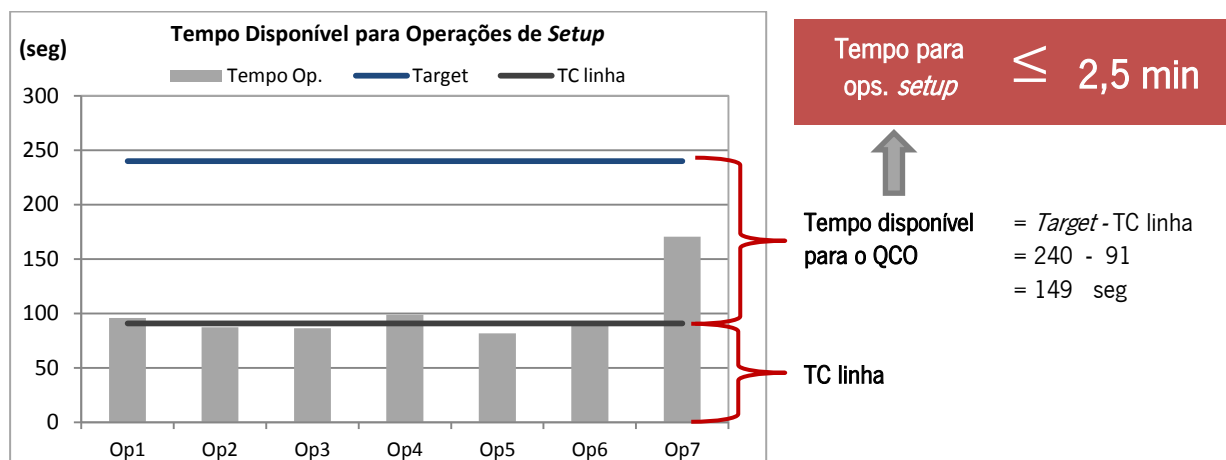


Figura 41 – Representação esquemática do tempo disponível para o *changeover* através da fórmula de medição utilizada na fábrica.

A consideração do tempo de fabricação dos produtos no tempo de *changeover* não é uma boa prática e um exemplo prático que clarifica a necessidade de se reajustar a fórmula de contabilização do tempo de *setup* é o seguinte: considerem-se dois equipamentos, FCT50 e BUR50, cujos tempos de operação são 4 e 30 minutos. Ambos têm um tempo de *changeover* de cerca de um minuto. Após a produção da última unidade do produto X inicia-se o *changeover* e também a medição do tempo. Faz-se o *setup* dos equipamentos e, através da fórmula de cálculo utilizada, apenas após o término da fabricação da última unidade do produto Y é que a medição do tempo cessa. Deste modo o tempo medido de

changeover de cada um dos equipamentos FCT50 e BUR50 é de 5 e 31 minutos, respetivamente, o que difere significativamente da realidade. Conclui-se assim que o tempo de fabricação das unidades não deve ser contabilizado, tal como demonstra a imagem retirada do artigo “*Quick Changeover – Aplicação prática do método SMED*” de Lopes, et al. (2010).

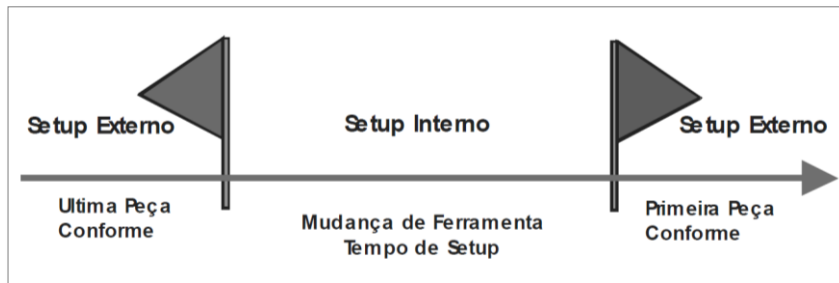


Figura 42 – Componentes do tempo de *setup*. Reproduzido de Lopes, et al. (2010) - Figura 2

Deste modo, quanto ao processo de mudança da linha em estudo, se fosse considerado apenas o tempo real de *changeover*, isto é, não se considerasse o tempo de fabricação de uma unidade de Y, (tempo de ciclo do produto), o resultado obtido seria totalmente diferente, tal como se pode ver na Figura 43.

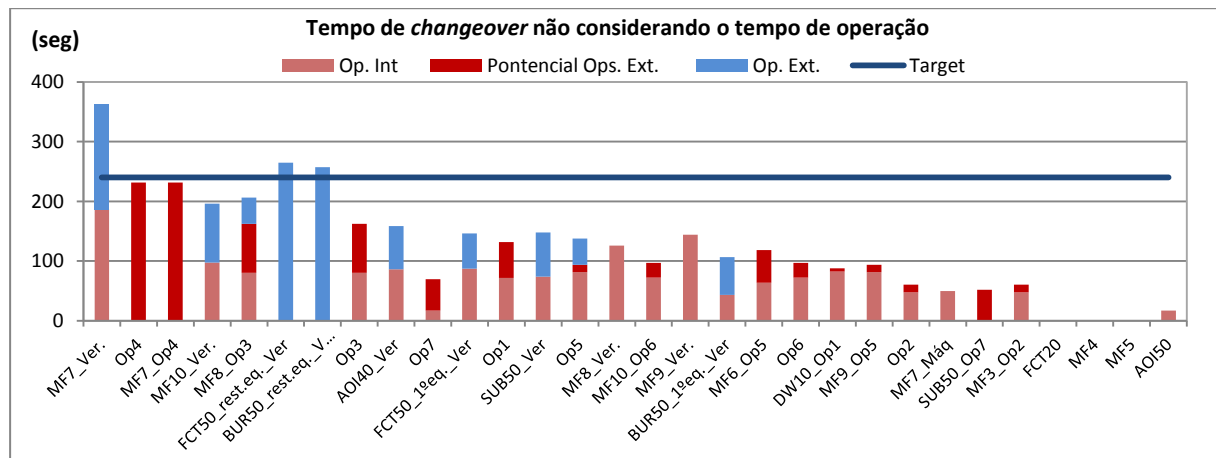


Figura 43 – Gráfico das operações de *changeover* não considerando o tempo de operação.

Como se pode comprovar pelas colunas que retratam a ocupação dos postos da linha quanto às operações de *changeover* a realizar, todas as operações têm durações inferiores ao *target* estabelecido, o que indica que é possível realizar a totalidade da operação em menos de 4 minutos.

De forma a registar uma duração mais fidedigna das operações de *setup*, é necessária uma alteração à fórmula de cálculo utilizada. O que se propõe é que, ao tempo medido entre produtos de diferentes referências, se retire o tempo de ciclo do produto Y. Desta forma, a fórmula utilizada assemelhar-se-á ao esquema da Figura 44.

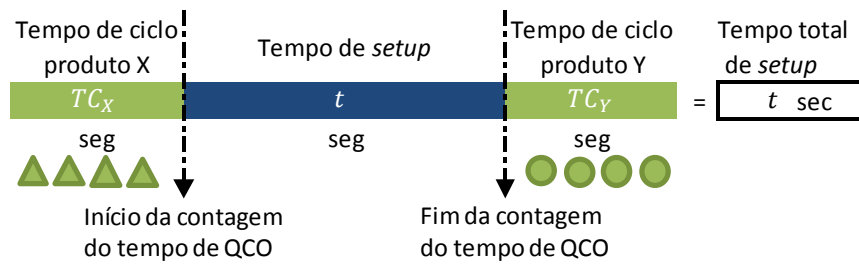


Figura 44 – Proposta de fórmula de cálculo para o tempo do QCO na empresa

5.6 Criação de instruções de mudança

Foi referido na secção 2.1.4 que o trabalho *standard* é o pilar que suporta a melhoria contínua, uma vez que é através deste que se podem desenvolver as melhorias dos processos. Deste modo, após o estudo efetuado e da implementação das melhorias no processo, é necessária a criação de um documento onde fiquem registados quais os procedimentos necessários para que seja possível o atingimento dos objetivos do QCO.

Nunca antes na empresa tinha sido efetuado o estudo do processo de *changeover* e, como tal, não existia nenhum documento anterior em toda a fábrica. Deste modo, criou-se um novo modelo de documento, baseado no existente na fábrica para documentar o trabalho *standard* da linha e ainda na Folha de Instrução de Trabalho sugerida pelo *Lean Enterprise Institute* para a criação de trabalho *standard* (ANEXO III).

Escreveu-se uma instrução de mudança para cada um dos operadores e para a versátil de linha, onde consta a sequência das operações a efetuar, a classificação de cada uma das atividades como interna ou externa, a que posto a operação pertence, uma breve descrição da atividade e ainda a sua duração estimada. No cabeçalho da instrução podem ver-se as informações relativas à secção, linha e operador a que pertencem, entre que produtos a instrução é válida, a duração total de operações internas e externas nela contempladas, e ainda a data e a versão da instrução.

Anexado às instruções de mudança criadas, colocou-se o gráfico com a ocupação dos postos relativamente às atividades de *changeover*, onde se distinguem as atividades internas, externas e potencialmente externas, e ainda a tabela com cada uma das atividades de *setup*, a sua classificação quanto ao tipo de operação, a duração estimada e ainda a que operador estão alocadas.

Todos os documentos foram apresentados às chefias de linha dos três turnos e colocados no *dossier* da linha onde constam também as instruções de trabalho *standard*. Deste modo, os procedimentos podem ser consultados sempre que algum novo operador necessite de aprender os procedimentos a realizar, sempre que existam dúvidas, ou ainda para servir de suporte a futuros estudos do processo.

Podem ver-se no ANEXO VII as instruções criadas para a documentação do trabalho *standard* de *changeover*.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O projeto foi seguido através do *System-CIP* da sistemática BPS *System Approach* que, tal como referido na secção 2.2.3.1.2, requer o seguimento semanal dos indicadores KPI e KPR do projeto durante a implementação do mesmo. Os valores semanais do tempo médio de *changeover* e dos indicadores “% de eventos bem-sucedidos” – KPI – e “*Overall Equipment Efficiency*” da linha – KPR – decorridos ao longo da implementação do projeto de melhoria do *setup*, podem verificar-se nos gráficos das seguintes figuras:

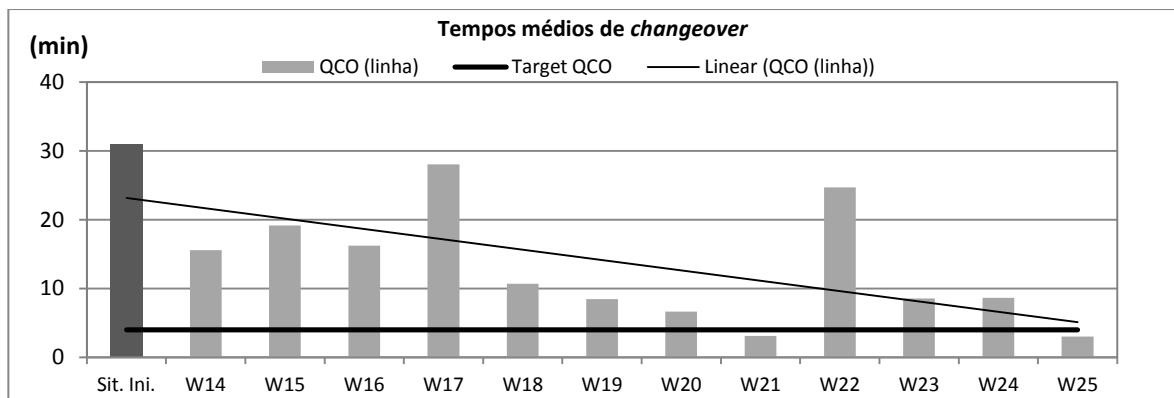


Figura 45 - Evolução do tempo de *changeover* ao longo da implementação do projeto (Bosch, 2015)

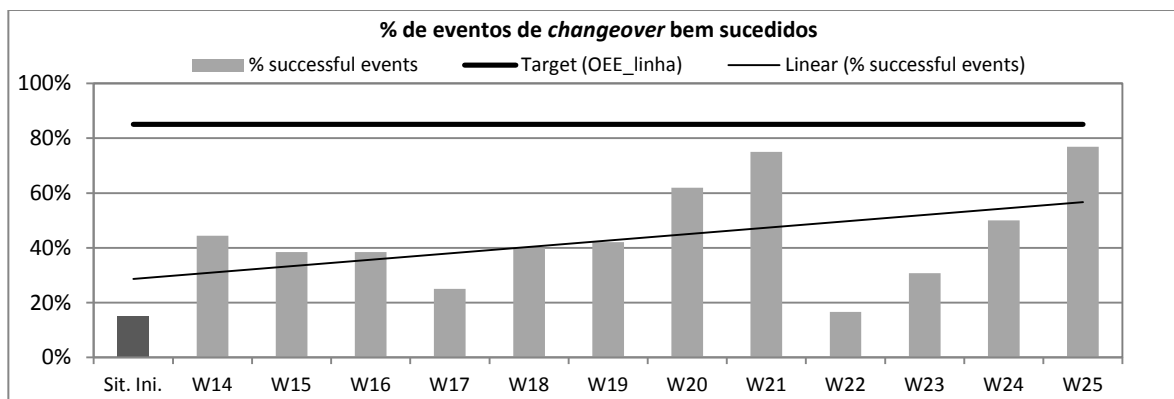


Figura 46 - Evolução da percentagem de eventos bem-sucedidos de *changeover* ao longo da implementação do projeto (Bosch, 2015)

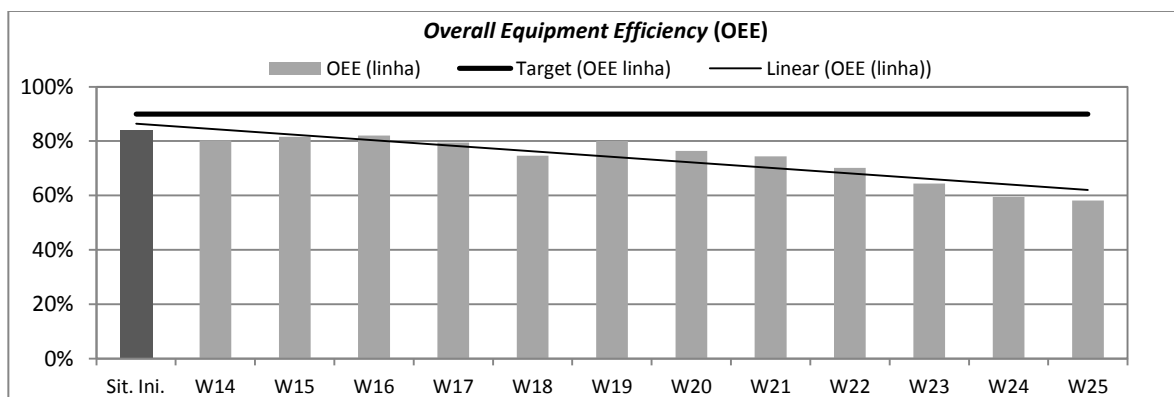


Figura 47 - Evolução do OEE da linha ao longo da implementação do projeto (Bosch, 2015)

Como se pode verificar nos gráficos relativos aos resultados do *changeover* (Figura 45 e Figura 46), ambos os indicadores demonstram uma evolução bastante positiva com o avançar das semanas e da implementação do projeto, ainda que, na semana 22, exista uma grande quebra da tendência, explicada pela introdução do novo *layout* da linha. Na Figura 48 podem ver-se os resultados dos tempos de *changeover* registados na semana final do projeto, (semana 25 de 2015) e confirmar a significativa melhoria comparativamente aos registos do início do projeto (Figura 14).

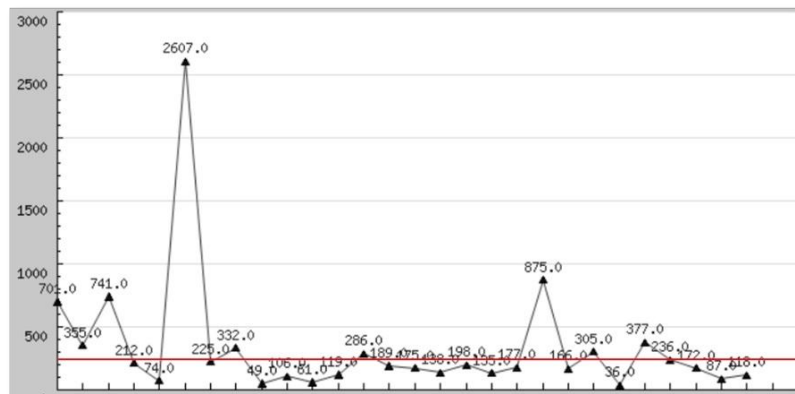


Figura 48 - Tempos de *changeover* em segundos dos eventos ocorridos na semana 25 de 2015 (Bosch, 2015)

As alterações introduzidas na mencionada semana foram muitas como já foi explicado anteriormente (Ação 5) e, ainda que em termos teóricos a alteração traga benefícios ao projeto, a combinação de todos esses fatores levou a uma quebra muito acentuada nos resultados, pois:

- Os novos equipamentos da linha encontravam-se ainda em arranque de funções e como tal requeriam ajustes diversos;
- Dois dos novos equipamentos acarretaram a introdução de novas operações de *changeover* que anteriormente não eram consideradas;
- Os novos colaboradores não conheciam os processos de montagem, o trabalho *standard* da linha, nem mesmo os procedimentos de mudança existentes;
- Foi necessária nova recolha de filmagens para estimar as durações das novas operações e ainda das atividades que sofreram alterações devido à nova localização do *trolley* das bases junto à entrada da linha;
- Foi necessário o completo reestudo do processo de *changeover* para novo balanceamento das operações e reatribuição das atividades aos operadores;

Apesar das ações introduzidas não foi possível estabilizar os resultados dos processos de mudança em valores abaixo dos 4 minutos pelo que o projeto não ficou concluído em três meses como previsto pela

BPS *System Approach*, nem passou para a fase de *Point CIP*. As razões que justificam o não atingimento do objetivo definido para a “percentagem de eventos com sucesso” são várias, nomeadamente:

- O facto de nem todas as combinações de mudança terem sido consideradas no estudo efetuado, sendo que as restantes, que incluem o produto B1, têm um impacto negativo nos resultados;
- As ações acima descritas foram estudadas e implementadas apenas nos dois primeiros turnos sendo que, não há garantias de que durante o turno da noite, os procedimentos estejam a ser executados corretamente durante o período de estudo do processo de *changeover*;
- O reduzido número de eventos de mudança ocorridos por dia contribui para uma lenta interiorização das sistemáticas das operações de *setup*;
- Os produtos A2, A4, e B1 são fabricados raramente, e devido às constantes alterações na linha, o tempo necessário para eliminar as instabilidades do processo é superior. Derivado desse facto, durante o projeto ocorrem frequentemente bloqueios nos equipamentos quando as mudanças envolvem a entrada de um desses produtos. Deste modo torna-se clara a dificuldade de verificação do impacto das ações implementadas;
- O OEE da linha evolui de forma decrescente ao longo do tempo, mesmo com os resultados do QCO a evoluir positivamente durante o projeto. Este facto indica que fatores não relacionados com o processo de *changeover* estão a influenciar o indicador. A instabilidade geral da linha afeta também, de forma negativa, os resultados dos processos de *setup*;
- A fórmula utilizada para efetuar as medições do tempo de *changeover* não permite demonstrar fidedignamente os resultados, uma vez que tem em conta o tempo de produção da primeira unidade de Y. Deste modo, há um número substancial de eventos de *setup* que são realizados em menos de 4 minutos como pretendido, mas cujos resultados não estão a ser contabilizados no indicador “% de eventos bem-sucedidos”;

Ao longo do projeto a evolução dos indicadores revelou-se positiva, ainda que se tenha sentido um grande impacto após a introdução da “Ação 5”, e, como tal, pensa-se que com a estabilização dos processos da linha deverá ser possível atingir os objetivos estabelecidos, uma vez que o estudo efetuado determina que as melhorias introduzidas nos processos e a distribuição das atividades efetuada permitem a realização dos *setups* em tempos inferiores a 4 minutos.

As instruções de trabalho *standard* de mudança criadas, juntamente com a confirmação do processo por parte dos responsáveis da implementação das melhorias no *setup*, serão ferramentas fundamentais para o atingimento dos objetivos.

6.1 *Savings* mensais do projeto

Fez-se também uma estimativa dos ganhos originados pelo projeto de melhoria do *setup*.

Os custos de implementação foram praticamente nulos, visto que se prenderam basicamente com o tempo investido para a recolha de filmagens, estudo do processo e implementação das medidas de melhoria.

O grande ganho do projeto prende-se com a redução do tempo despendido em operações de *changeover*, o que, por sua vez, possibilita um aumento do número de eventos de *setup* e da flexibilidade da linha. Deste modo, procurou estimar-se quanto tempo se despendia em operações de mudança nas semanas que antecederam o início do projeto e fazer a comparação com o tempo gasto no final do projeto em QCO de forma a estimar os ganhos de tempo atingidos. Para efetuar a estimativa enunciada, assumiram-se os seguintes pressupostos:

Tabela 8 – Pressupostos assumidos para a determinação do número de horas poupado em operações de mudança

Pressupostos:	
Minutos / turno	457
Nº turnos / dia	3
Dias úteis / semana	5
Dias úteis / mês	22

Seguidamente consideraram-se as três semanas antecedentes ao início e ao final do projeto para calcular o número médio de eventos ocorridos por turno, o tempo médio dos eventos de QCO e ainda a percentagem média de eventos dentro de *target*.

A partir destas informações estimou-se o número de eventos dentro e fora de *target* por mês, e também o tempo médio dos eventos sem sucesso a partir do tempo médio de *changeover* registado (admitindo uma duração de 4 minutos para os eventos bem-sucedidos).

Deste modo foi possível chegar a uma estimativa de tempo despendido em operações de *changeover* por mês, para ambas as situações inicial e final e, calcular o número de horas poupadas em atividades

de mudanças de produção. Concluiu-se assim que a poupança em tempo gasto com *setups* é de 11,13 horas por mês.

Tabela 9 – Estimativa dos *savings* (horas) originados pelo projeto de redução de *setups*

Fase do Projeto	Nº eventos QCO / turno	Nº eventos QCO / mês	Tempo médio QCO (min)	% de eventos c/ sucesso	Nº eventos c/ sucesso / mês	Nº eventos s/ sucesso / mês	Tempo médio (min) eventos s/ sucesso	Tempo gasto (min) / mês no QCO	Tempo gasto (h) / mês no QCO	Saving (h) gastas / mês no QCO
Sit. Inicial	0,55	36,3	36	15%	5	31	42	1307	21,78	11,13
Sit. Final	0,80	52,8	12	45%	24	29	19	639	10,65	

De forma visual retratam-se, de seguida, os resultados do *changeover* das situações inicial e final do projeto.

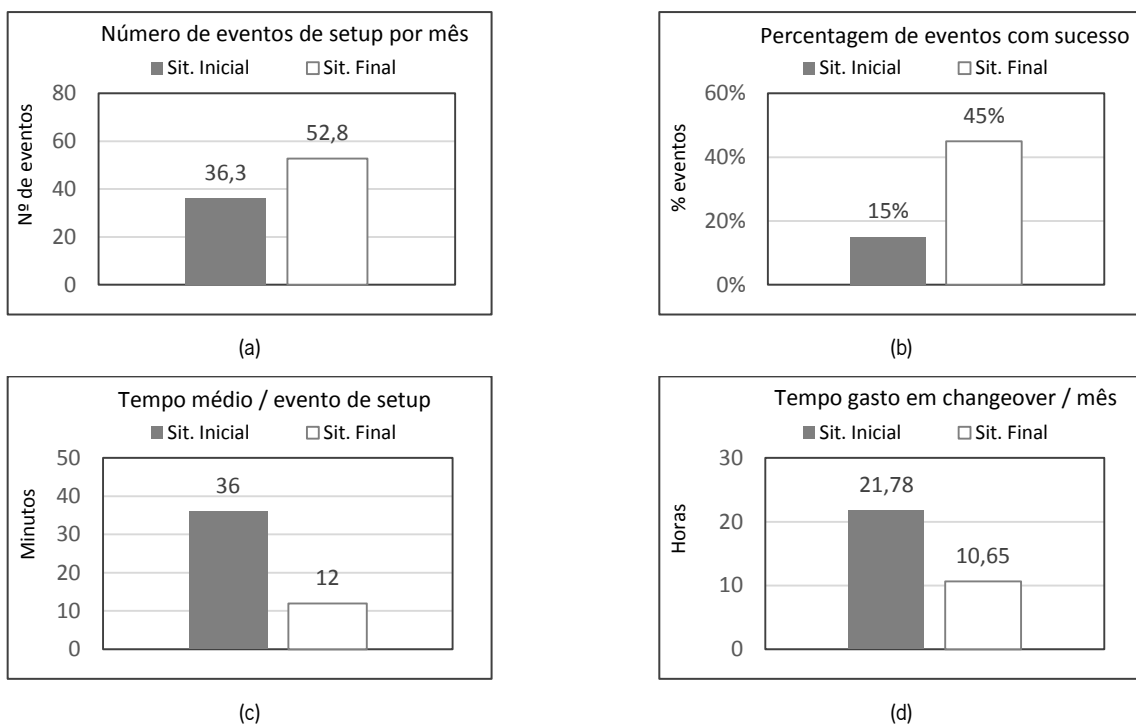


Figura 49 – Resultados em termos de *changeover* obtidos nas situações inicial e final do projeto

É de salientar que no final do projeto, mesmo realizando um número médio superior de eventos de *setup* por turno, o tempo total despendido em QCO é significativamente inferior.

As operações de *changeover* são tempos não produtivos pois, durante a sua execução, os equipamentos encontram-se parados. Como tal, o tempo despendido em operações de *setup* é considerado desperdício. Assim, com a redução do tempo gasto em QCO, também se aumenta o tempo disponível para a produção, e diminuem-se as perdas originadas por operações de mudança. Com a disponibilidade produtiva adicional, sabendo que o tempo de ciclo da linha é de 91 segundos, conclui-se que é possível aumentar a produção mensal em 440 unidades.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O âmbito desta dissertação de mestrado prendeu-se com o projeto de melhoria de *setups* de uma linha de montagem final, no seio de uma empresa que produz “*Driving Convenience*” para integração no interior de veículos. Como objetivos a alcançar pretendia-se a determinação do melhor método de mudança entre os vários produtos fabricados na linha para a redução da sua duração para tempos inferiores a quatro minutos.

Outro dos objetivos traçados era a criação de documentos que oficializassem o método determinado, isto é, a elaboração de um *standard* de mudança que servisse de apoio ao trabalho dos operadores da linha e servisse de base ao processo de melhoria contínua dos processos.

Na linha em estudo trabalhavam inicialmente 5 operadores e um operador versátil sob a orientação do chefe de linha. O estudo incidiu em dois dos três turnos diários.

Efetou-se a revisão da literatura sobre o tema de forma a identificar as ferramentas necessárias para realizar o estudo do processo e dessa forma procurar implementar melhorias fundamentadas no mesmo. O trabalho teve por base a

BPS System Approach que ajudou significativamente na consciencialização das partes envolvidas, nomeadamente colaboradores e chefes de linha, e ainda chefias de secção, para a problemática em questão, tornando-os assim mais permeáveis à implementação das propostas de melhoria sugeridas. O *BPS System Approach* contribuiu ainda com a forma estruturada de acompanhamento do projeto e para a clara definição dos indicadores a medir semanalmente, pois só desta forma foi possível avaliar os impactos das ações efetuadas.

Para a realização do projeto elegeu-se a *framework* proposta pela metodologia SMED para a redução do tempo de *setup*. Optou-se por não seguir escrupulosamente a ordem dos estágios padronizada por Shingo devido à grande necessidade de ganhos significativos num curto espaço de tempo visto se tratar de um processo bastante crítico da linha em questão. Tal decisão é suportada em estudos de vários autores que indicam que a implementação não sequenciada da metodologia pode trazer tantos benefícios quanto os obtidos usando a ordem de execução dos estágios proposta por Shingo.

A técnica *PERT Three Estimate Approach* foi utilizada para estimar as durações esperadas das atividades de *changeover* pelo facto de estas apresentarem um elevado grau de incerteza, e o *Critical Path Method* foi utilizado para a determinação do caminho crítico das atividades de *setup*, de forma a direcionar as ações de melhoria para as atividades pertencentes ao caminho mais longo do processo de mudança da linha e assim minimizar o tempo total da atividade.

Outra das metodologias utilizadas foi a criação de trabalho *standard* de mudança que possibilitasse o atingimento dos objetivos pré-definidos. Utilizaram-se as ferramentas para a criação de trabalho padronizado como base para o desenvolvimento da tabela para o estudo do processo, para avaliar a capacidade dos operadores e postos da linha relativamente à realização das operações de *changeover* necessárias dentro do *target* temporal definido e ainda para a criação das instruções de mudança.

Definiram-se como premissas do projeto o estudo de apenas 68% das combinações de mudança possíveis, isto é, apenas mudanças entre produtos do cliente A, devido à dificuldade em realizar observações do processo das restantes combinações de *changeover*.

Enquadrado no estágio preliminar da metodologia utilizada, realizaram-se diversas filmagens do processo de mudança de forma a determinar quais os postos que requerem operações de *setup* e entre que produtos, detalhar as operações necessárias, quais as ferramentas a utilizar e onde se encontram, os operadores necessários e a duração de cada uma das atividades de *changeover*. Através da análise efetuada concluiu-se que o *bottleneck* das operações de mudança era a disponibilidade do Operador 4, com uma ocupação de 16 minutos, e que o caminho crítico das operações de *setup* tinha uma duração de atividade interna total de 39 minutos.

No primeiro estágio da metodologia procurou-se realizar a separação das atividades interna, e externa, de *setup* que, apesar de não ter sido possível efetuar na totalidade devido a restrições de espaço e de mão-de-obra, resultou numa redução de 23,1% da duração do posto *bottleneck* da mudança. A disponibilidade do Operador 3 passou a ser a mais demorada do processo de *changeover*, com 12,3 minutos de ocupação. Esta ação teve um impacto positivo no tempo interno do caminho crítico que passou a ter uma duração esperada de 29,5 minutos.

A implementação dos estágios de Shingo não foi sequencial pelo que, enquadrado no estágio 3 da metodologia, se aplicou a técnica de operações paralelas para uma redução significativa do tempo

interno de operação dos postos com maior duração de *changeover*. A redução sentida na ocupação do Operador 3, *bottleneck* do *setup*, foi de 33% passando a ter uma duração de 8,2 minutos, e no caminho crítico observou-se uma redução de 30%, tendo-se obtido uma duração das atividades internas de 20,6 minutos.

Enquadrado no estágio 2 do SMED realizou-se a standardização de funções, eliminando a troca da camisa de aparafusamento e da troca do alimentador de parafusos nas operações de *setup* do produto A1, e ainda a redução de ajustes na troca de ferramentas com manuseio do *stacker* através da implementação de um *standard* de gestão de espaço para o *trolley* das bases que permite a troca da totalidade das ferramentas com apenas 13 movimentos. As ações demonstraram um impacto de 9,8% no *bottleneck* da mudança, e o Operador 4 passou a ter uma ocupação de 7,4 minutos. Também o caminho crítico sofreu impactos positivos na ordem dos 11,2%, apresentando uma duração esperada de 18,3 minutos.

Na semana 21 do projeto verificou-se uma alteração de *layout* que acarretou um acréscimo de três equipamentos na linha, e respetivas operações de *setup*, dois novos operadores, e ainda uma alteração do trabalho *standard* da linha. Com as alterações introduzidas as ocupações dos postos e dos operadores da linha mudaram substancialmente, e como tal a sua disponibilidade para colaborar nos processos de mudança. Foi necessário o rebalanceamento das atividades e ainda nova introdução de operações paralelas, desta vez no posto SUB50. Em simultâneo com a alteração de *layout*, verificou-se uma proibição da colocação do *trolley* das bases no interior da linha, imposta pelo departamento de higiene e segurança no trabalho, que se refletiu negativamente na duração das operações internas de troca de ferramenta com utilização do *stacker*. Ponderados todos os impactos positivos e negativos, registou-se uma pequena redução no posto *bottleneck* da mudança (1,4%, 7,3 min.) e no tempo interno das atividades do caminho crítico (4,1%, 18 min).

Implementou-se um suporte para possibilitar a pré-preparação dos *dials* de forma antecipada à paragem do posto que possibilitou uma redução de 38,4% na ocupação do Operador 4, *bottleneck* da mudança, tendo agora uma duração de 4,5 minutos e uma redução do tempo interno das atividades pertencentes ao caminho crítico de 14,6%, possibilitando a totalidade da duração das operações internas de *setup* em cerca de 15 minutos.

Foram também implementadas algumas ações de impacto não mensurável mas que melhoram a generalidade das operações de *setup* e que se enquadram no estágio 3 do SMED.

Houve algumas dificuldades na realização do estudo e posterior implementação de melhorias devido ao reduzido número de eventos de *changeover* por dia, às alterações introduzidas na linha seguidas de instabilidade dos processos, alguma resistência à mudança por parte dos chefes linha em algumas situações pontuais e ainda a forma de medição do tempo de *changeover* utilizada na fábrica que não reflete fidedignamente os resultados do QCO da linha.

Quanto aos resultados do projeto, pode realçar-se a melhoria significativa registada nos processos de mudança e respetivo reflexo nos tempos medidos de *changeover*. Tal como esperado no início do projeto o processo de mudança foi estudado e foram implementadas melhorias aos processos. A distribuição das tarefas foi efetuada de forma a que as capacidades dos postos e operadores não sejam excedidas.

As boas práticas para a realização das operações de *changeover* foram registadas numa Instrução de Trabalho *Standard* que ficou disponibilizada no *dossier* da linha e que deverá servir de base para a melhoria contínua dos processos.

Ainda que o *target* do projeto não tenha sido perfeitamente atingido em termos de percentagem de eventos com sucesso, o estudo realizado indica que as condições para o atingimento desse *target* estão criadas e que, com a estabilização dos processos da linha, as performances dos processos de *setup* deverão melhorar no curto prazo. A informação sobre as instruções de trabalho foi passada para o turno da noite que também deverá melhorar os seus procedimentos de *setup* brevemente, contribuindo para o atingimento do objetivo definido. Deve contudo ser realizada a confirmação do processo por parte da equipa de trabalho para garantir que os procedimentos estão a ser cumpridos.

O tempo de *changeover* da linha 2103 foi reduzido em 11,13 horas por mês, o que representa uma diminuição de cerca de 49% do tempo gasto em *setup*. Atendendo ao tempo de ciclo da linha (na ordem dos 91 segundos) tal traduz-se na possibilidade de produzir adicionalmente 440 unidades por mês.

O processo tem ainda uma grande margem de melhoria, claramente identificada pelas “Potenciais Operações Externas” que poderão futuramente ser traduzidas em atividade externa. O armazenamento

dos dispositivos pode ser melhorado de forma a diminuir as deslocações necessárias ou ainda, sempre que possível, eliminar por completo os transportes de ferramentas através do armazenamento dos dispositivos por debaixo dos postos.

Identificam-se como limitações do projeto as combinações de *changeover* não consideradas, pois tem influencia direta nos resultados da linha e o estudo desse processo de mudança deverá trazer significativos benefícios em termos dos tempos médios de QCO.

Em termos de trabalhos futuros, tal como referido anteriormente, propõe-se uma alteração da fórmula de cálculo dos tempos de *changeover* que possibilitará uma medição mais fidedigna dos resultados. Indica-se também a utilização de RFID para a confirmação das referências das caixas de material de forma a otimizar o tempo despendido com operações de *setup* relacionadas com verificações de material.

Aconselha-se também que estudos semelhantes ao efetuado nesta dissertação sejam realizados para as restantes linhas da fábrica, uma vez que não existe na fábrica nenhuma equipa designada para o estudo dos processos de *setup* e especialmente porque a complexidade dos produtos a fabricar tende a aumentar e, conseqüentemente, a dimensão dos *jigs* e dos processos de *changeover* associados.

Conclui-se assim esta dissertação referindo que o apoio da equipa de trabalho e, especialmente, de todos os colaboradores da linha foi fundamental para a implementação bem-sucedida do projeto.

BIBLIOGRAFIA

- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. [Review]. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940.
- BOSCH. (2015). from Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.:
- Cusumano, M. A. (1944). The Limits of "Lean". *MIT Sloan Management Review*.
- Farris, J. A., Van Aken, E. M., Doolen, T. L., & Worley, J. (2008). *Learning from Less Successful Kaizen Events: A Case Study* (Vol. 20): Engineering Management Journal.
- Glover, W. J., Farris, J. A., & Van Aken, E. M. (2015). The relationship between continuous improvement and rapid improvement sustainability. [Article]. *International Journal of Production Research*, 53(13), 4068-4086.
- Hall, R. W. (1983). *Zero Inventories*: Homewood: Dow Jones-Irwin.
- Handfield, R. (1993). Distinguishing Features of Just-in-Time Systems in the Make-to-Order/Assemble-to-Order Environment (Vol. 24, pp. 581-602): *Decision Sciences*.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2005). *Introduction to Operations Research* (7th edition ed.): New York: McGraw-Hill.
- Hiroyuki, H. (1990). *5 Pillars of the Visual Workplace*: Productivity Press.
- Jaca, C., Viles, E., Paipa-Galeano, L., Santos, J., & Mateo, R. (2014). Learning 5S principles from Japanese best practitioners: case studies of five manufacturing companies. [Article]. *International Journal of Production Research*, 52(15), 4574-4586.
- Komatsu, M. (1999). *What is Autonomous Maintenance*. JIMP TPM.
- Kracik, J. F. (1988). The Triumph of Lean Production System. [Article]. *Sloan Management Review*, 30(1), 41-51.
- Lean Enterprise Institute, I. (2015). "Standardized Work: The Foundation for Kaizen".
- Liker, J. K. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional.
- Lopes, R., Neto, C., & Pinto, J. P. (2010). Quick Changeover - Aplicação prática do método SMED (pp. 31-36): *Kerâmica*.
- Madsen, D. (2011). *Engineering Drawing and Design* (5th edition ed.): Cengage Learning.

- McIntosh, R. I., Culley, S. J., & Mileham, A. R. (2000). A critical evaluation of Shingo's 'SMED' methodology. (Vol. 38, pp. 2377-2395): International Journal of Production Research.
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2001). Changeover improvement: A maintenance perspective. [Article]. *International Journal of Production Economics*, 73(2), 153-163.
- Monden, Y. (1984). *Produção sem estoques: uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota.*: SÃO PAULO: IMAM.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*: Productivity Press.
- Narusawa, T., & Shook, J. (2009). *Kaizen Express: Fundamentals for Your Lean Journey*. Lean Enterprise Institute, Inc.
- Noaker, P. (1991). Pressed to reduce setup? (Vol. 107, pp. 45-49): Manufacturing Engineering.
- Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Pardue, F., Peity, K., & Moore, R. (1994). *Elements of reliability-based maintenance*: Maintenance.
- PMI. (2004). *A Guide to Project Management Body of Knowledge*: Newton Square: Project Management Institute.
- Robinson, C. J., & Ginder, A. P. (1995). *Implementing TPM: The North American Experience*: Productivity Press.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: value-stream mapping to create value and eliminate muda*: The Lean Enterprise Institute.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students*: Prentice Hall.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*: Productivity Press
- Shirose, K. (1992). TPM for Workshop Leaders (pp. 149): Productivity Press.
- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso (Vol. 14, pp. 323-335). São Carlos: Gestão & Produção.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). *Toyota Production System and Kanban System – Materialization of just-in-time and respect-for-human system* (Vol. 15). International Journal of Production Research.

Trietsch, D., & Baker, K. R. (2012). PERT 21: Fitting PERT/CPM for use in the 21st century. [Article]. *International Journal of Project Management*, 30(4), 490-502.

Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw Hill.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking - Banish waste and create wealth in your corporation*. Michigan University: Simon & Schuster.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Free Press.

ANEXO II. GRÁFICO DE BALANCEAMENTO DE OPERADORES (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2015)

Operator Balance Chart (OBC)

Process:	Product:	Takt Time:	Date/Time:	Notes
----------	----------	------------	------------	-------

①
②
③
④
⑤
⑥
⑦
⑧
⑨

Process										
Time										


Kaizen Express

Lean Enterprise Institute lean.org

ANEXO IV. FOLHA DE ESTUDO DO PROCESSO – SIT. INICIAL (BOSCH, 2015)

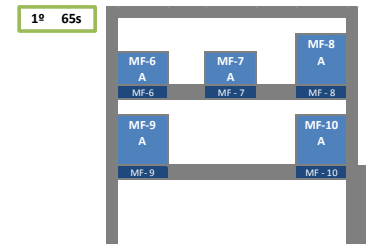
Quick Change Over			Medições										Estimativas					Situação Inicial		
Produto Cliente A → Produto Cliente A			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	σ ²	Provável (M)	Otimista (O)	Pessimista (P)	μ	Operador	Equip.	Ferramenta
Tipo op.	Posto	Operação																		
Ext.	DW10	Material DW10	5	6	7	4	5	6	5	7	4	5	0	5	4	7	5	Op1	DW10	-----
Int.		Mudança programa DW10	5	10	7	12	9	7	10	8	5	7	1	8	5	12	8	Op1	DW10	-----
Int.		Tempo de espera DW10	77	72	75	73	74	77	78	75	72	70	2	74	70	78	74	---	DW10	-----
Ext.	MF3	Material MF3	10	13	16	15	13	14	12	11	10	14	1	13	10	16	13	Op1	MF3	-----
Int.		Mudança base MF3	47	46	35	63	49	42	45	43	50	48	22	47	35	63	48	Op1	MF3	-----
Int.	MF6	Desconectar MF6	23	24	20	26	19	30	22	25	27	21	3	24	19	30	24	Op2	MF6	-----
Ext.		Levar + buscar base MF6	77	88	36	40	55	41	46	39	42	44	75	51	36	88	55	Op2	MF6	Jig_MF6
Int.		Conectar MF6	59	35	36	33	40	31	37	35	32	33	22	37	31	37	35	Op2	MF6	-----
Ext.	MF7	Buscar Trolley Bases	64	60	79	59	66	71	61	63	64	69	11	66	59	79	67	Op4	MF7	Stacker
Ext.		Buscar Stacker	64	47	50	50	49	52	55	59	48	54	8	53	47	64	54	Op4	MF7	Trolley Bases
Ext.		Retirar Material Anterior	157	123	144	176	110	107	125	117	136	129	132	132	107	176	135	Op4	MF7	-----
Ext.		Verificação + Prep. Material MF7	173	105	157	123	175	170	162	154	138	142	136	150	105	175	147	Op4	MF7	-----
Int.		Desconectar posto_MF7	37	35	30	22	32	33	32	29	35	31	6	32	22	37	31	Op4	MF7	-----
Int.		Troca de jig_MF7	12	14	25	18	20	22	19	21	17	23	5	19	12	25	19	Op4	MF7	Jig_MF7
Int.		Conectar posto_MF7	29	31	43	30	32	23	34	32	40	29	11	32	23	43	33	Op4	MF7	-----
Int.		Troca calçador	16	32	72	40	35	35	22	30	29	35	87	35	16	72	38	Op4	MF7	-----
Int.		Troca programa	94	62	62	63	59	60	62	61	65	70	34	66	59	94	69	Op4	MF7	-----
Int.		Tempo de espera após colocação dials	47	72	44	42	45	40	44	43	42	45	28	46	40	47	50	-----	MF7	-----
Ext.	MF8	Verificação de material MF8	60	68	59	55	50	67	54	61	63	58	9	60	50	68	59	Op3	MF8	-----
Ext.		Retirar Material Anterior	22	30	22	15	25	21	24	27	20	22	6	23	15	30	23	Op3	MF8	-----
Int.		Desconectar posto_MF8	37	30	26	19	22	25	22	28	31	26	9	27	19	37	27	Op3	MF8	-----
Ext.		Troca Etiquetas	23	58	51	45	49	50	42	47	49	42	34	46	23	58	44	Op3	MF8	-----
Int.		Troca de jig_MF8	120	145	145	108	136	129	132	122	134	131	38	130	108	145	129	Op3	MF8	Jig_MF8
Int.		Conectar posto + troca programa_MF8	36	60	60	59	68	47	57	54	49	53	28	54	36	68	54	Op3	MF8	-----
Ext.	MF9	Verificação de material MF9	10	12	9	19	8	13	10	9	11	12	3	11	8	19	12	Op3	MF9	-----
Int.		Desconectar posto_MF9	37	28	29	32	25	19	25	34	29	27	9	29	19	37	28	Op3	MF9	-----
Int.		Troca de jig_MF9	113	105	129	112	121	111	119	109	116	114	16	115	105	129	116	Op3	MF9	Jig_MF9
Int.		Troca da camisa de aparafusamento_MF9	60	73	55	68	52	59	51	62	57	60	13	60	51	73	60	Técnico TEF8	MF9	Ferrule
Ext.		Levar/buscar alimentador de parafusos	33	39	29	33	34	31	28	26	35	37	5	33	26	39	33	Op3	MF9	Feeder
Int.		Troca alimentador de parafusos	30	22	37	25	30	21	23	20	24	21	8	25	20	37	26	Op3	MF9	Feeder
Int.		Conectar posto + troca de programa_MF9	46	54	64	58	57	46	47	55	60	53	9	54	46	64	54	Op3	MF9	-----
Ext.	MF10	Verificação de material_MF10	15	28	32	30	24	21	27	19	29	25	8	25	15	32	25	Op2	MF10	-----
Int.		Desconectar posto_MF10	32	21	22	26	29	24	19	28	30	26	5	26	19	32	26	Op2	MF10	-----
Int.		Troca de jig_MF10	105	136	95	131	129	105	111	119	109	115	47	116	95	136	116	Op2	MF10	Jig_MF10
Int.		Conectar posto + troca programa_MF10	38	55	41	66	49	30	40	54	48	47	36	47	30	66	47	Op2	MF10	-----
Ext.		Levar trolley bases	72	39	59	49	56	59	53	62	49	57	30	56	39	72	56	Op3	MF10	Trolley Bases
Ext.		Levar Stacker	50	64	59	33	23	30	37	45	41	43	47	43	23	64	43	Op2	MF10	Stacker
Ext.	AOI40	Buscar Base para troca	43	36	45	48	42	30	37	45	43	41	9	41	30	48	41	Op4	AOI40	-----
Int.		Troca jig + programa AOI40	66	55	68	99	83	100	80	89	91	86	28	87	68	100	86	Op4	AOI40	Jig_AOI40
Ext.		Recolocar base armazenamento	34	28	35	48	31	15	35	29	31	34	30	32	15	48	32	Op4	AOI40	-----
Ext.	BUR50	Buscar trolley BUR50	60	42	87	58	63	70	60	68	57	66	56	63	42	87	64	Op3	BUR50	Trolley BUR50
Int.		Troca de jigs_6 BUR50	226	216	282	262	251	247	239	241	249	247	121	246	216	282	247	Versátil	-----	Jig_BUR50
Int.		Troca de jigs_1 BUR50	36	51	30	52	57	36	36	37	52	45	21	43	30	57	43	-----	BUR50	Jig_BUR50
Ext.		Levar Trolley BUR50	64	45	51	47	55	49	54	57	50	58	10	53	45	64	54	Op4	BUR50	Trolley BUR50
Int.	FCT50	Desconectar o posto FCT50	13	7	17	10	10	12	13	8	14	11	3	11	7	17	12	Op5	FCT50	-----
Ext.		Levar+buscar base para troca FCT50	41	48	47	39	46	40	53	46	45	47	5	45	39	53	45	Op5	FCT50	Jig_FCT50
Int.		Conectar o posto FCT50	15	9	15	16	17	18	18	21	16	14	4	16	9	21	16	Op5	FCT50	-----
Int.		Troca de programa FCT50	50	65	67	64	58	63	59	60	68	53	9	61	50	68	60	Op5	FCT50	-----
Ext.		Trocar plataforma auxiliar	14	10	16	12	17	13	15	14	12	16	1	14	10	17	14	Op5	FCT50	Plataforma Aux.
Ext.	SUB50	Retirar Material Anterior	14	14	15	12	10	19	14	16	13	14	2	14	10	19	14	Op5	SUB50	-----
Ext.		Verificar Material	18	17	21	15	17	16	15	17	18	14	1	17	14	21	17	Op5	SUB50	-----
Int.		Troca de base SUB50	64	88	64	76	70	79	75	71	74	71	16	73	64	88	74	Op5	SUB50	Jig_SUB50
Ext.		Troca da plataforma auxiliar	22	20	17	25	21	14	25	23	26	21	4	21	14	26	21	Op5	SUB50	Plataforma Aux.
Int.	AOI50	Troca de jig_AOI50	15	24	12	25	10	17	15	21	19	16	6	17	10	25	17	Op5	AOI50	Jig_AOI50

ANEXO V. STANDARD DE GESTÃO DE ESPAÇO DO TROLLEY DAS BASES

SPL (Single Point Lesson)	Conhecimento básico		SPL Nº	Tempo (Min)	
	Melhoria		13	13,3	
	X	Instrução de Mudança	Op. Interna: X Op. Externa: X	Linha:	
	Problema		2103		Responsável:
Tema	Troca de bases dos postos MF-6, MF-7, MF-8, MF-9 e MF-10		Criado por: Inês Bastos	Aprovado por: Bruna Neto	
			Data criação: 30-04-2015	Data revisão: 30-04-2015	
			index: 01	Tipo equipamento: Montagem Final	
data proxima revisão					

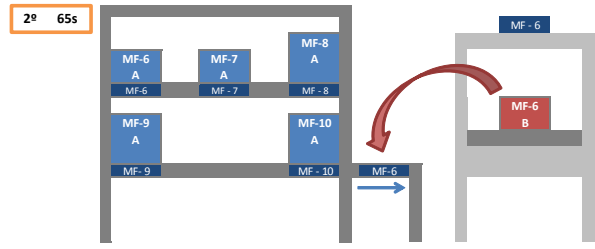
Produto: Todos os modelos

1º 65s



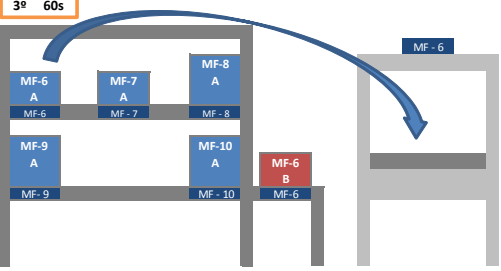
1. Levar para a linha o carrinho com o produto A.

2º 65s



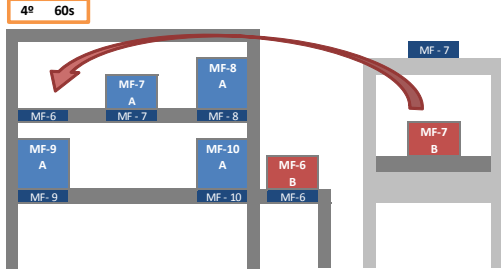
2. Abrir a base de apoio e utilizá-la para colocar a base MF-6 do produto B.

3º 60s



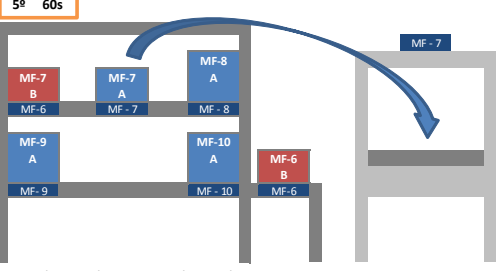
3. Colocar a base MF-6 do produto A no devido posto.

4º 60s



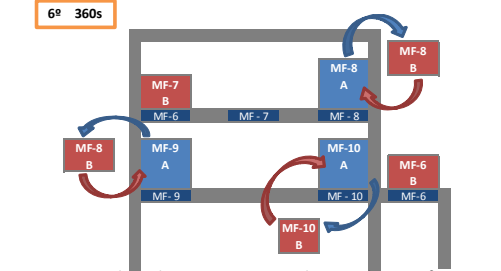
4. Utilizar o espaço vago na prateleira para colocar a base MF-7 do produto B.

5º 60s



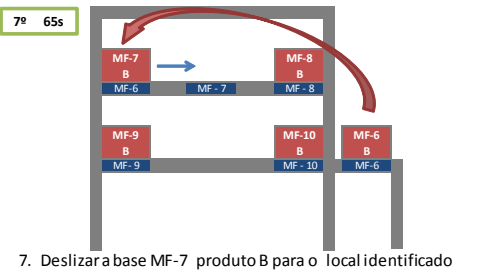
5. Colocar a base MF-7 do produto A no respetivo posto.

6º 360s



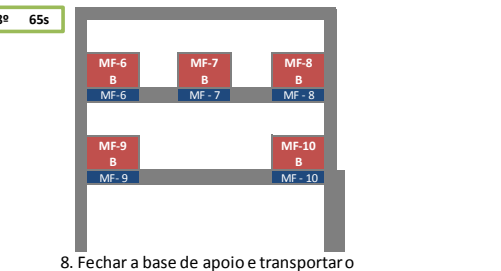
6. Utilizando os espaços vagos das prateleiras, efetuar a mudança das bases dos postos MF-8, MF-9 e MF-10.

7º 65s




7. Deslizar a base MF-7 produto B para o local identificado para tal e colocar a base MF-6 produto B no devido local de armazenamento.

8º 65s




8. Fechar a base de apoio e transportar o carrinho para o local de armazenamento.



ANEXO VI. FOLHA DE ESTUDO DO PROCESSO – NOVO LAYOUT

Quick Change Over			Medições										Estimativas					Situação Final		
Produto Cliente A → Produto Cliente A			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	σ ²	Provável (M)	Otimista (O)	Pessimista (P)	μ	Operador	Equip.	Ferramenta
Tipo op.	Posto	Operação																		
Ext.	DW10	Material DW10	5	6	7	4	5	6	5	7	4	5	0	5	4	7	5	Op1	DW10	-----
Int.		Mudança programa DW10	5	10	7	12	9	7	10	8	5	7	1	8	5	12	8	Op1	DW10	-----
Int.		QCO_ESPERA_DW10	77	72	75	73	74	77	78	75	72	70	2	74	70	78	74	---	DW10	-----
Ext.	MF3	Material MF3	10	13	16	15	13	14	12	11	10	14	1	13	10	16	13	Op2	MF3	-----
Int.		Mudança base MF3	47	46	35	63	49	42	45	43	50	48	22	47	35	63	48	Op2	MF3	-----
Int.	MF6	Desconectar MF6	23	24	20	26	19	30	22	25	27	21	3	24	19	30	24	Op1	MF6	-----
Ext.		Levar + buscar base MF6	77	88	36	40	55	41	46	39	42	44	75	51	36	88	55	Op1	MF6	Jig_MF6
Int.		Conectar MF6	59	35	36	33	40	31	37	35	32	33	22	37	31	59	40	Op1	MF6	-----
Ext.	MF7	Preparar suporte c/ dials	151	122	174	148	85	80	100	89	91	100	245	114	80	174	118	Versátil	MF7	Suporte dials
Ext.		Buscar Stackler	64	47	50	50	49	52	55	59	48	54	8	53	47	64	54	Versátil	MF7	Stackler
Ext.		Buscar Trolley Bases	33	43	42	36	38	42	37	36	41	38	3	39	33	43	38	Versátil	MF7	Trolley Bases
Ext.		Abri base auxiliar	2	1	3	1	2	2	1	3	1	2	0	2	1	3	2	Versátil	MF7	-----
Ext.		Retirar Material Anterior s/ dials	90	65	99	109	60	52	71	60	74	69	90	75	52	109	77	Op4	MF7	-----
Ext.		Ver. + Prep. Material MF7 (s/dials)	110	75	70	105	107	62	95	75	70	96	64	87	62	110	86	Op4	MF7	-----
Int.		Troca de suporte com novas dials	10	12	13	9	8	10	11	8	7	13	1	10	7	13	10	Op4	MF7	Suporte dials
Int.		DESCONECTAR POSTO_MF7	37	35	30	22	32	33	32	29	35	31	6	32	22	37	31	Versátil	MF7	-----
Int.		Troca de jig	16	20	14	19	13	17	15	12	14	17	2	16	12	20	16	Versátil	MF7	Jig_MF7
Int.		CONECTAR POSTO_MF7	29	31	43	30	32	23	34	32	40	29	11	32	23	43	33	Versátil	MF7	-----
Int.		Troca calcador	16	32	72	40	35	35	22	30	29	35	87	35	16	72	38	Versátil	MF7	Calcador
Int.		Troca programa	94	62	62	63	59	60	62	61	65	70	34	66	59	94	69	Versátil	MF7	-----
Int.		Tempo de espera após colocação dials	47	72	44	42	45	40	44	43	42	45	28	46	40	72	50	-----	MF7	-----
Ext.	Retirar dials anteriores	69	58	45	67	50	55	63	59	62	60	16	59	45	69	58	Versátil	MF7	-----	
Ext.	MF8	MATERIAL MF8	60	68	59	55	50	67	54	61	63	58	9	60	50	68	58	Op3	MF8	-----
Ext.		RETIRAR MATERIAL ANTERIOR	22	30	22	15	25	21	24	27	20	22	6	23	15	30	23	Op3	MF8	-----
Int.		DESCONECTAR POSTO_MF8	37	30	26	19	22	25	22	28	31	26	9	27	19	37	27	Op3	MF8	-----
Ext.		Troca Etiquetas	23	58	51	45	49	50	42	47	49	42	34	46	23	58	44	Op5	MF8	-----
Int.		Troca de jig_MF8	126	119	130	135	125	121	111	121	128	140	23	126	111	140	126	Versátil	MF8	Jig_MF8
Int.	CONECTAR POSTO_MF8	36	60	60	59	68	47	57	54	49	53	28	54	36	68	54	Op3	MF8	-----	
Ext.	MF9	MATERIAL MF9	10	12	9	19	8	13	10	9	11	12	3	11	8	19	12	Op5	MF9	-----
Int.		DESCONECTAR POSTO_MF9	37	28	29	32	25	19	25	34	29	27	9	29	19	37	28	Op5	MF9	-----
Int.		Troca de jig_MF9	144	138	141	143	135	150	149	145	147	149	6	144	135	150	144	Versátil	MF9	Jig_MF9
Int.		Conectar posto + programa_MF9	46	54	64	58	57	46	47	55	60	53	9	54	46	64	54	Op5	MF9	-----
Ext.	MF10	MATERIAL_MF10	15	28	32	30	24	21	27	19	29	25	8	25	15	32	25	Op6	MF10	-----
Int.		Desconectar posto_MF10	32	21	22	26	29	24	19	28	30	26	5	26	19	32	26	Op6	MF10	-----
Int.		Troca de jig_MF10	98	97	95	102	105	92	96	98	90	105	6	98	90	105	98	Versátil	MF10	Jig_MF10
Int.		Conectar posto_MF10	38	55	41	66	49	30	40	54	48	47	36	47	30	66	47	Op6	MF10	-----
Ext.		Levar Stackler	50	64	59	33	23	30	37	45	41	43	47	43	23	64	43	Versátil	MF10	Stackler
Ext.		Arrumar MF6 Trolley+fechar base aux.	29	16	15	26	19	21	23	18	20	23	5	21	15	29	21	Versátil	MF10	Trolley Bases
Ext.	Levar trolley bases	72	39	59	49	56	59	53	62	49	57	30	56	39	72	49	Versátil	MF10	Trolley Bases	
Ext.	AOI40	Buscar Base para troca	43	36	45	48	42	30	37	45	43	41	9	41	30	48	41	Versátil	AOI40	-----
Int.		Troca base + programa	66	55	68	99	83	100	80	89	91	86	28	87	68	100	86	Versátil	AOI40	Jig_AOI40
Ext.		Recolocar base armazenamento	34	28	35	48	31	15	35	29	31	34	30	32	15	48	31	Versátil	AOI40	-----
Ext.	BUR50	Buscar trolley BUR50	60	42	87	58	63	70	60	68	57	66	56	63	42	87	64	Versátil	BUR50	Trolley BUR50
Int.		QCO_6 BUR50	226	216	282	262	251	247	239	241	249	247	121	246	216	282	247	Versátil	BUR50	Jig_BUR50
Int.		QCO_1 BUR50	36	51	30	52	57	36	36	37	52	45	21	43	30	57	43	-----	BUR50	Jig_BUR50
Ext.		Levar trolley BUR50	64	45	51	47	55	49	54	57	50	58	10	53	45	64	54	Versátil	BUR50	Trolley BUR50
Int.	FCT50	Desconectar o posto FCT50	13	7	17	10	10	12	13	8	14	11	3	11	7	17	12	Versátil	FCT50	-----
Ext.		Levar+buscar base para troca FCT50	41	48	47	39	46	40	53	46	45	47	5	45	39	53	45	Versátil	FCT50	Jig_FCT50
Int.		Conectar o posto FCT50	15	9	15	16	17	18	18	21	16	14	4	16	9	21	16	Versátil	FCT50	-----
Int.		Troca de programa FCT50	50	65	67	64	58	63	59	60	68	53	9	61	50	68	60	Versátil	FCT50	-----
Ext.		Trocar plataforma auxiliar	14	10	16	12	17	13	15	14	12	16	1	14	10	17	14	Versátil	FCT50	Plataforma Aux.
Ext.	SUB50	Retirar Material Anterior	14	14	15	12	10	19	14	16	13	14	2	14	10	19	14	Op7	SUB50	-----
Ext.		Verificar Material	18	17	21	15	17	16	15	17	18	14	1	17	14	21	17	Op7	SUB50	-----
Int.		Troca de base SUB50	64	88	64	76	70	79	75	71	74	71	16	73	64	88	74	Versátil	SUB50	Jig_SUB50
Int.		Troca da plataforma auxiliar	22	20	17	25	21	14	25	23	26	21	4	21	14	26	21	Op7	SUB50	Plataforma Aux.
Int.	AOI50	QCO_POSTO_AOI50	15	24	12	25	10	17	15	21	19	16	6	17	10	25	17	Op7	AOI50	Jig_AOI50

ANEXO VII. INSTRUÇÃO DE MUDANÇA

 Instrução de Mudança de Produto									
Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	1223 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Versátil de linha	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2103	Total ops. Externas	793 (seg)	Versão	01
Família:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	2016 (seg)	DATA:	15/07/2015

SEQ.	OP.	EQUIP.	OPERAÇÃO DE MUDANÇA	DUR. (seg)
1	Ext.	MF-7	Preparar suporte das foils com o material do produto Y e colocá-lo no suporte apropriado, aguardando o QCO.	131
2	Ext.	Stacker	Levar o stacker para a linha.	54
3	Ext.	Trolley	Verificar se as bases do produto Y se encontram nas corretas posições no trolley. Levar o trolley para a entrada da linha e colocá-lo entre os postos de embalagem, sem obstruir a saída lateral da linha. O sinal de alerta para a mudança deve ficar orientado para quem passa no corredor. Abrir a plataforma lateral.	40
4	Ext.	MF-7	Colocar a base Y do posto MF-7 no stacker e transportar para junto do posto, aguardando o QCO.	8
	Selecionar o botão trocar ferramenta, desconectar pin-locks, fichas harting e USBs do posto MF-7 .		31	
	Efetuar a troca entre as bases Y e X .		5	
	Conectar o posto MF-7 : pin-locks, fichas harting e cabos USB.		38	
	Trocar o calcador.		38	
Ext.		Selecionar o programa do produto Y .	69	
Ext.		Transportar a base X do posto MF-7 manualmente até ao trolley e colocá-la no local indicado pelo standard de gestão de espaço.	8	
5	Int.	MF-8	Fazer o unload da base X do posto MF-8 para o stacker. Levar o stacker até ao trolley de armazenamento das bases e fazer o unload da base X . Arrastar a base Y MF-8 para o stacker, transportá-la até ao posto e fazer o seu unload.	126
6	Int.	MF-9	Fazer o unload da base X do posto MF-9 para o stacker. Levar o stacker até ao trolley de armazenamento das bases e fazer o unload da base X . Arrastar a base Y MF-9 para o stacker, transportá-la até ao posto e fazer o seu unload.	144
7	Int.	MF-10	Fazer o unload da base X do posto MF-10 para o stacker Levar o stacker até ao trolley de armazenamento das bases e fazer o unload da base X . Arrastar a base Y MF-10 para o stacker, transportá-la até ao posto e fazer o seu unload.	98
8	Ext.	Stacker	Levar o stacker para o seu local de armazenamento.	43
9	Ext.	AOI40	Selecionar o jig do produto Y do posto AOI40 e transportá-la para junto do mesmo. Colocar na base no WIP, aguardando a mudança.	41
	Int.		Efectuar a troca do jig X pelo Y e trocar o programa.	86
	Ext.		Colocar a base X do AOI40 no carro de armazenamento.	32
10	Ext.	Trolley	Recolocar a base X do MF-6 no devido local de armazenamento e fechar a plataforma auxiliar. Levar o trolley das bases para o local de armazenamento.	21
11	Ext.	BUR50	Buscar o carrinho com as bases do Burn-in e colocá-lo na linha.	56
	Int.		Efectuar a mudança do primeiro equipamento do Burn-in .	64
	Ext.		Efectuar a mudança dos restantes equipamentos do Burn-in .	43
12	Ext.	FCT50	Desconectar o jig X do 1º equipamento do posto FCT50	204
	Int.		Levar o jig X para o carro de armazenamento e colocar no local apropriado. Selecionar a base do produto Y para a mudança do FCT50 e dirigir-se para o posto.	12
	Int.		Conectar o jig Y (pin-locks, jacks e ficha harting).	45
	Int.		Selecionar o produto Y no programa.	16
	Ext.		Trocar a plataforma auxiliar	60
Int.		Efetuar a troca da base do 2º equipamento FCT50	14	
Int.		Efetuar a troca da base do 3º equipamento FCT50 .	132	
13	Int.	SUB50	Trocar o jig do produto X pelo jig do produto Y nos dois equipamentos do posto SUB50 .	132
14	Ext.	MF-7	Arrumar as dials do produto X , fazer a devolução do material e arrumar o suporte em baixo do posto MF-7 .	148
				79



Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	126 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Operador 1	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2I03	Total ops. Externas	10 (seg)	Versão	01
Família:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	137 (seg)	DATA:	15/07/2015

SEQ.	OP.	EQUIP.	OPERAÇÃO DE MUDANÇA	DUR. (seg)
1	Ext.	DW10	Devolver o material do produto do X do posto DW10	5
			Verificar o material do produto Y do posto DW10	5
	Int.		Efetuar a mudança de programa para o produto Y .	8
	Tempo de espera.		74	
2	Int.	MF-6	Desconectar a base X do posto MF-6	24
			Transportar a base X_MF-6 até ao trolley das bases, e colocá-la na plataforma auxiliar. Pegar na base Y_MF-6 , transportar e colocar no posto.	55
			Conectar a base do produto Y do posto MF-6 .	40



Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	48 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Operador 2	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2103	Total ops. Externas	13 (seg)	Versão	01
Familia:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	60 (seg)	DATA:	15/07/2015

SEQ.	OP.	EQUIP.	OPERAÇÃO DE MUDANÇA	DUR. (seg)
1	Ext.	MF-3	Devolver o material do produto do X do posto MF-3	6
			Verificar o material do produto Y do posto MF-3	6
	Int.		Trocar o jig do posto MF-3	48



Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	27 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Operador 3	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2I03	Total ops. Externas	82 (seg)	Versão	01
Família:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	109 (seg)	DATA:	15/07/2015

SEQ.	OP.	EQUIP.	OPERAÇÃO DE MUDANÇA	DUR. (seg)
1	Ext.	MF-8	Devolver o material do produto do X do posto MF-8 .	23
			Verificar o material do produto Y do posto MF-8 .	59
	Int.		Desconectar a base X do posto MF-8 .	27
			Conectar a base do produto Y do posto MF-8 .	54



Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	10 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Operador 4	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2103	Total ops. Externas	163 (seg)	Versão	01
Família:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	173 (seg)	DATA:	15/07/2015

SEQ.	OP.	EQUIP.	OPERAÇÃO DE MUDANÇA	DUR. (seg)
1	Int.	MF-7	Troca do suporte pré-preparado com as dials do produto Y.	10
	Ext.		Devolver o material do produto X do posto MF-7 .	77
			Verificar e preparar o material Y do posto MF-7 .	86



Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	82 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Operador 5	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2I03	Total ops. Externas	54 (seg)	Versão	01
Família:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	136 (seg)	DATA:	15/07/2015

SEQ.	OP.	EQUIP.	OPERAÇÃO DE MUDANÇA	DUR. (seg)
1	Ext.	MF-8	Troca do rolo das etiquetas do posto MF8	44
2	Ext.		Devolver o material X e verificar o material do produto Y do posto MF-9 .	10
3	Int.	MF-9	Desconectar a base X do posto MF-9 .	28
			Conectar a base do produto Y do posto MF-9 .	54



Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	73 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Operador 6	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2103	Total ops. Externas	10 (seg)	Versão	01
Família:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	83 (seg)	DATA:	15/07/2015

SEQ.	OP.	EQUIP.	OPERAÇÃO DE MUDANÇA	DUR. (seg)
1	Ext.		Devolver o material X e verificar o material do produto Y do posto MF-10 .	10
2	Int.	MF-10	Desconectar a base X do posto MF-10 .	26
			Conectar a base do produto Y do posto MF-10 .	47



Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	0 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Operador 7	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2I03	Total ops. Externas	52 (seg)	Versão	01
Família:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	52 (seg)	DATA:	15/07/2015

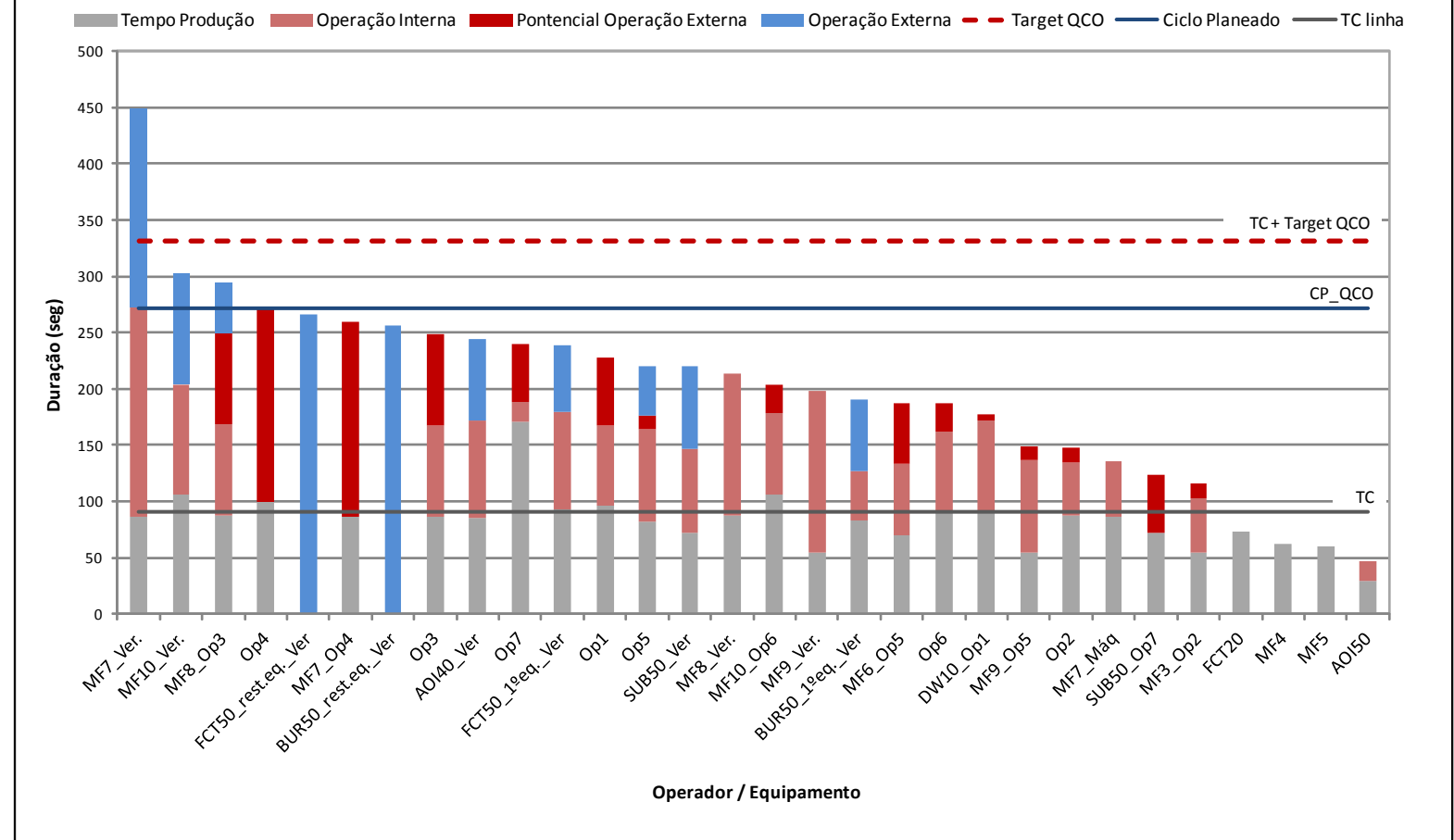
SEQ.	OP.	EQUIP.	OPERAÇÃO DE MUDANÇA	DUR. (seg)
1	Ext.	SUB50	Devolver o material do produto X do posto SUB50 .	14
			Verificar o material do produto Y do posto SUB50 .	17
			Troca da plataforma auxiliar do posto SUB50 .	21



Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos Produtos A	Supervisor:	Nuno Alves	Total ops. Internas	2561 (seg)	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Todos	DE:	Produto A (X)	Secção/Linha:	MOE28 / 2103	Total ops. Externas	1231 (seg)	Versão	01
Família:	A	PARA:	Produto A (Y)	Ciclo Planeado	272 (seg)	Total ops. QCO	3792 (seg)	DATA:	15/07/2015

Tempo Operacional de Setup





Instrução de Mudança de Produto

Operação:	Mudança de produto	Produto:	Todos AUDI FPK	Supervisor:	Nuno Alves	Planeador	TEF8 / Inês Bastos
Operador:	Todos	DE:	AUDI FPK (B)	Secção/Linha:	MOE28 / 2103	Versão	01
Família:	AUDI FPK	PARA:	AUDI FPK (A)	Ciclo Planeado	272 (seg)	DATA:	15/07/2015

Tipo op.	Posto	Descrição da Operação	Duração	Op.	Ferramenta
Ext.	DW10	Devolução do material do produto X e verificação do material do posto DW10	11	Op1	-----
Int.		Mudança programa do posto DW10	8	Op1	-----
Int.		Tempo de espera após a mudança do programa	74	---	-----
Ext.	MF3	Verificação do material do produto Y do posto MF3	13	Op2	-----
Int.		Mudança de base do posto MF3	48	Op2	-----
Int.	MF6	Desconectar o jig do posto MF6	24	Op1	-----
Ext.		Levar o jig do produto X até ao trolley das bases e buscar o jig do produto Y do posto MF6	55	Op1	Jig_MF6
Int.		Conectar o jig do posto MF6	40	Op1	-----
Ext.	MF7	Preparar suporte com as dials do produto X	118	Versátil	Suporte dials
Ext.		Buscar o stacker ao local de armazenamento e colocá-lo no interior da linha	54	Versátil	Stacker
Ext.		Buscar o trolley das bases ao local de armazenamento e colocá-lo na entrada da linha	38	Versátil	Trolley Bases
Ext.		Abrir base auxiliar do trolley das bases	2	Versátil	-----
Ext.		Devolver as caixas do material do produto X através das rampas de saída de material	77	Op4	-----
Ext.		Verificar e preparar o material do produto Y	86	Op4	-----
Int.		Troca de suporte com novas dials	10	Op4	Suporte dials
Int.		Desconectar pin-locks, fichas harting e cabos USB do jig do produto X	31	Versátil	-----
Int.		Transportar o jig X até ao trolley das bases, colocá-lo no local indicado e transportar o jig Y para o posto	16	Versátil	Jig_MF7
Int.		Conectar pin-locks, fichas harting e cabos USB do jig do produto Y	33	Versátil	-----
Int.		Trocar o calcador	38	Versátil	Calcador
Int.		Selecionar o programa do produto Y	69	Versátil	-----
Int.		Tempo de espera após a colocação dials	50	-----	-----
Ext.	Devolver dials do produto X	58	Versátil	-----	
Ext.	MF8	Verificar o material do produto Y	59	Op3	-----
Ext.		Devolver material do produto X	23	Op3	-----
Int.		Desconectar pin-locks, fichas harting e cabos UBS do jig do produto X	27	Op3	-----
Ext.		Troca do suporte das etiquetas	44	Op5	-----
Int.		Transportar o jig X até ao trolley das bases, colocá-lo no local indicado e transportar o jig Y para o posto	126	Versátil	Jig_MF8
Int.	Conectar pin-locks, fichas harting e cabos USB do jig e selecionar o programa do produto Y	54	Op3	-----	
Ext.	MF9	Devolver o material do produto X e verificar o material do produto Y	12	Op5	-----
Int.		Desconectar pin-locks, fichas harting e cabos USB do jig do produto X	28	Op5	-----
Int.		Transportar o jig X até ao trolley das bases, colocá-lo no local indicado e transportar o jig Y para o posto	144	Versátil	Jig_MF9
Int.		Conectar pin-locks, fichas harting e cabos USB do jig e selecionar o programa do produto Y	54	Op5	-----
Ext.	MF10	Devolver o material do produto X e verificar o material do produto Y	25	Op6	-----
Int.		Desconectar pin-locks, fichas harting e cabos USB do jig do produto X	26	Op6	-----
Int.		Transportar o jig X até ao trolley das bases, colocá-lo no local indicado e transportar o jig Y para o posto	98	Versátil	Jig_MF10
Int.		Conectar pin-locks, fichas harting e cabos USB do jig e selecionar o programa do produto Y	47	Op6	-----
Ext.		Transportar o stacker para o seu local de armazenamento	43	Versátil	Stacker
Ext.		Arrumar o jig do produto X do posto MF6 no local apropriado no trolley das bases e fechar a base au	21	Versátil	Trolley Bases
Ext.	Transportar o trolley das bases para o seu local de armazenamento	56	Versátil	Trolley Bases	
Ext.	AOI40	Buscar jig do produto Y para junto do posto AOI40 e colocá-lo na base WIP, aguardando a paragem	41	Versátil	-----
Int.		Trocar o jig do produto X pelo do produto Y e selecionar o programa do produto Y	86	Versátil	Jig_AOI40
Ext.		Recolocar o jig do produto X no seu local de armazenamento	32	Versátil	-----
Ext.	BUR50	Buscar trolley dos jigs do BUR50	64	Versátil	Trolley BUR50
Int.		Mudança de 1 célula do BUR50	247	Versátil	Jig_BUR50
Int.		Mudança de 6 células do BUR50	43	-----	Jig_BUR50
Ext.		Levar trolley do BUR50 para o seu local de armazenamento	54	Versátil	Trolley BUR50
Int.	FCT50	Desconectar o jig do produto X do posto FCT50	12	Versátil	-----
Ext.		Levar o jig do produto X para o trolley de armazenamento e buscar o jig do produto Y para troca	45	Versátil	Jig_FCT50
Int.		Conectar o jig do produto Y do posto FCT50	16	Versátil	-----
Int.		Seleção do programa do produto Y	60	Versátil	-----
Ext.		Trocar a plataforma auxiliar	14	Versátil	Plataforma Aux.
Ext.	SUB50	Devolver o material do produto X	14	Op7	-----
Ext.		Verificar o material do produto Y	17	Op7	-----
Int.		Trocar o jig do produto X pelo jig do produto Y	74	Versátil	Jig_SUB50
Int.		Trocar a plataforma auxiliar	21	Op7	Plataforma Aux.
Int.	AOI50	Trocar o jig do produto X pelo jig do produto Y	17	Op7	Jig_AOI50