



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

João Pedro Gomes Godinho

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED EM
PRENSAS CONVENCIONAIS DE SOLDADURA**

VOLUME 1

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto orientada pelo Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Julho de 2022

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Aplicação da Metodologia SMED Em Prensas Convencionais de Soldadura

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto

Application of the SMED Methodology in Conventional Welding Presses

Autor

João Pedro Gomes Godinho

Orientadores

Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz

Engenheiro Márcio Coelho

Júri

Presidente Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Associado da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viseu

Colaboração Institucional



Coimbra, julho, 2022

"A five hundred dollar baseball bat doesn't fix a one dollar swing"

Agradecimentos

Começo por agradecer ao meu orientador Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz, não só por toda a ajuda, disponibilidade, cuidado e incentivo ao longo deste projeto, como também pelo rigor das sugestões e críticas científicas que foram generosamente concedidas, essenciais no desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço igualmente ao Engenheiro Márcio Coelho, meu orientador por parte da empresa, não só pela oportunidade e confiança depositada em desenvolver este trabalho no Grupo SACIA, mas também pelo constante apoio, motivação, acessibilidade e conhecimento transmitido, sem os quais esta dissertação não seria possível.

A toda a equipa do Departamento de Métodos do Grupo SACIA, agradeço a forma como me integraram no grupo e pelo companheirismo desde o primeiro ao último dia de estágio. Foi um privilégio ir todos os dias trabalhar com pessoas tão extraordinárias e que me fizeram crescer tanto a nível profissional como pessoal. Um especial abraço ao Engenheiro João Coutinho, pela prontidão de sempre em ajudar-me no tema desta dissertação, e ao Engenheiro Carlos Neves, por me ter introduzido e acompanhado no chão de fábrica da empresa e por todos os conselhos dados ao longo do estágio.

Aos colaboradores da produção da secção de soldadura do Grupo SACIA, agradeço o modo como me ajudaram a entender os procedimentos existentes, a colaboração nas entrevistas efetuadas e na contribuição para que a implementação deste projeto fosse possível.

Agradeço à minha família, que esteve sempre ao meu lado durante toda esta etapa, por todo o apoio e carinho incondicional, com um especial agradecimento à minha mãe. À Mariana, que esteve sempre presente em todos os bons e maus momentos, ficarei para sempre grato por todo o amor e preocupação.

Aos meus amigos de longa data e aos que conheci durante o meu percurso académico, o meu muito obrigado por todas as partilhas de conhecimento, por toda a motivação e pela amizade e camaradagem, fatores fundamentais que me ajudaram a suceder esta etapa.

Agradeço ao meu Grupo de Fado “Capas ao Luar”, que me fez sentir e vivenciar o verdadeiro espírito da academia Coimbrã e por me ter permitido concretizar o sonho de integrar a história do Fado de Coimbra.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu percurso académico,
um enorme FRA!

Resumo

Com o rápido crescimento da competição do mercado global, as empresas são obrigadas a adaptarem-se às exigências dos clientes, principalmente à flexibilidade, transparência e prazos de entrega curtos, o que faz com que os lotes de produção tenham de ser cada vez mais reduzidos.

Nesse sentido, esta dissertação apresenta o estudo da implementação da metodologia *Single-Minute Exchange of Die* (SMED) em seis prensas convencionais de soldadura por resistência elétrica (com recurso a ferramentas *lean*), na empresa Grupo SACIA, local onde decorre o projeto. A razão desta implementação deve-se ao facto de não existir qualquer procedimento de *setup* e as tarefas serem realizadas de uma forma aleatória quando se pretende mudar de referência, o que faz com que, em média, se gastem 63 horas por mês em tempo não produtivo. O objetivo principal, para além de se diminuir ao máximo os tempos de *setup*, foi criar e padronizar instruções de troca de ferramentas.

Após a aplicação da metodologia, implementando apenas melhorias sem investimento financeiro (criação de tarefas externas e de instruções de trabalho), obtém-se um ganho médio de tempo de *setup* de 44%, o que corresponde a um acumular de 14 dias produtivos por máquina a cada ano, e um aumento médio do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em 2%, comparado com a situação atual. Aplicando melhorias com investimento financeiro, os ganhos médios de tempo estimados serão de 64% (acumulam-se 20 dias produtivos em cada prensa) e o aumento médio estimado do OEE será de 3%, quando comparado com a situação atual.

Palavras-chave: SMED, Lean, OEE, 5S, Kaizen, 5 Porquês

Abstract

With the fast growth of global market competition, companies are forced to adapt to customer demands, especially to flexibility, transparency and short delivery times, which means that production batches have to be increasingly reduced.

In this context, this dissertation presents the study of the implementation of the *Single-Minute Exchange of Die* (SMED) methodology (using lean tools) in six conventional electrical resistance welding presses, in the company Grupo SACIA, where the project takes place. The reason for this implementation is due to the fact that there is no setup procedure and the tasks are performed in a random way when a reference is changed, which means that, on average, 63 hours per month are spent in non-productive time. The main objective, besides minimizing setup times as much as possible, is to create and standardize tool change instructions.

After applying the methodology, implementing only improvements without financial investment (creation of external tasks and work instructions), an average gain of 44% in setup time is obtained, which corresponds to an accumulation of 14 productive days per machine each year, and *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) is increased on average by 2%, compared to the current situation. Applying improvements with financial investment, the estimated average time gains will be 64% (accumulating 20 productive days on each press) and the estimated improvement of OEE will be 3%, when compared to the current situation.

Keywords: SMED, Lean, OEE, 5S, Kaizen, 5 Whys

ÍNDICE

Índice	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xi
Siglas	xiii
1. Introdução	1
1.1. Motivação e Contextualização	1
1.2. Objetivos e Metodologia	1
1.3. Estrutura da Dissertação	2
2. Revisão da Literatura	3
2.1. Manufatura <i>Lean</i>	3
2.1.1. Filosofia <i>Lean</i>	3
2.1.2. Desperdícios	5
2.1.3. Ferramentas <i>Lean</i>	6
2.2. SMED - <i>Single-Minute Exchange of Die</i>	10
2.2.1. Implementação	10
2.2.2. Vantagens	11
2.2.3. Críticas	12
2.3. OEE - <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	13
2.3.1. Cálculo	14
2.3.2. Indústria 4.0 & OEE	17
3. Caso de Estudo	19
3.1. Descrição do problema	19
3.2. Caracterização do Estado Atual	22
3.2.1. Fase 0 - Identificar	22
3.2.2. OEE Atual	29
4. Aplicação da Metodologia	33
4.1. Fase 1 - Separar	33
4.2. Fase 2 - Transformar	33
4.3. Fase 3 - Reduzir	34
4.4. Discussão de Resultados	43
5. Conclusões e Futuras Melhorias	49
5.1. Conclusões	49
5.2. Futuras Melhorias	50
Referências Bibliográficas	51
APÊNDICE A	55
APÊNDICE B	61
APÊNDICE C	63
APÊNDICE D	65
APÊNDICE E	67

APÊNDICE F.....	69
APÊNDICE G.....	73
APÊNDICE H.....	75
APÊNDICE I.....	77
APÊNDICE J.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Os cinco princípios da filosofia <i>lean</i> (adaptado de [6], [13]).	5
Figura 2.2. Caso de estudo do obelisco <i>Washington Monument</i> (adaptado de [31]).	9
Figura 2.3. As quatro fases da metodologia SMED (adaptado de [35]).	11
Figura 2.4. As vantagens do SMED [41].	12
Figura 2.5. “Tridimensionalidade” do OEE [50].	14
Figura 2.6. Resumo do cálculo do OEE (adaptado de [51]).	16
Figura 3.1. Planta do chão de fábrica das seis prensas convencionais de soldadura por resistência elétrica.	19
Figura 3.2. A - Prensa convencional de soldadura; B - Momento de soldadura de uma porca numa peça por resistência elétrica [58].	20
Figura 3.3. A - Lança do alimentador de porcas aberta e por afinar; B – Lança afinada.	21
Figura 3.4. Diagrama de esparguete das movimentações num <i>setup</i> da situação atual.	23
Figura 3.5. Número de <i>setups</i> por turno dos últimos doze meses.	25
Figura 3.6. Número total de <i>setups</i> e respetiva média dos últimos doze meses.	25
Figura 3.7. Gráfico da variação dos tempos atuais de <i>setup</i> do tipo TM.	28
Figura 3.8. Gráfico da variação dos tempos atuais de <i>setup</i> dos tipos TF0P, TF1P e TF2P.	28
Figura 3.9. Gráfico de barras com as percentagens médias de “Valor adicionado”, “Desperdício Necessário” e “Desperdício Puro” das observações de <i>setup</i> .	29
Figura 3.10. Gráfico circular do OEE atual.	31
Figura 3.11. Percentagem do tempo total de <i>setup</i> nos quinze tipos de paragens.	31
Figura 4.1. Diagrama de esparguete das movimentações num <i>setup</i> após a transformação do trabalho interno em externo.	34
Figura 4.2. <i>Pick chart</i> das ações a realizar.	36
Figura 4.3. Gráfico circular do OEE objetivo.	38
Figura 4.4. Gráfico dos tempos dos <i>setups</i> realizados em formação dos novos procedimentos.	39
Figura 4.5. A – Estante e respetivas prateleiras; B – Lista da organização das ferramentas nas estantes; C – Identificação da localização numa ferramenta; D – Organização das máscaras.	40
Figura 4.6. Gráfico circular do OEE futuro.	42
Figura 4.7. Gráfico de barras do tempo médio atual e tempo objetivo por tipo de <i>setup</i> .	44
Figura 4.8. Gráfico de barras do tempo médio atual, tempo objetivo e tempo médio de formação dos <i>setups</i> do tipo TM e TF0P.	45

Figura 4.9. Gráfico de barras do tempo médio atual, tempo objetivo e tempo futuro por tipo de <i>setup</i> .	46
Figura 4.10. Gráfico de barras do fator disponibilidade da situação atual, objetiva e futura.	48
Figura 4.11. Gráfico de barras do OEE médio da situação atual, objetiva e futura.	48
Figura A.1. Localização das bancadas de trabalho no chão de fábrica.	55
Figura A.2. Bancada de trabalho das máquinas SL927 e SL165.	55
Figura A.3. HMI da prensa de soldadura SL223.	56
Figura A.4. Carro “SMED”	56
Figura A.5. Estantes das ferramentas e máscaras e respetivas etiquetas.	57
Figura A.6. Representação da altura de trabalho e mesas de uma ferramenta.	57
Figura A.7. A - Marcações da altura de trabalho das ferramentas; B – Macaco hidráulico.	58
Figura A.8. Parafusos de ajuste de altura da máquina SL223.	59
Figura A.9. Quadro SMED.	59
Figura A.10. Duas de três articulações de uma lança de alimentador de porcas.	60
Figura G.1. 5-Porquês da disponibilidade reduzida das seis prensas de soldadura convencional e respetiva identificação numérica.	73
Figura G.2. 5-Porquês da disponibilidade reduzida das seis prensas de soldadura convencional e respetiva identificação numérica (continuação).	74
Figura H.1. POS da preparação do material de <i>setup</i> pelo <i>team leader</i> .	75
Figura H.2. POS da preparação do material de <i>setup</i> pelo técnico.	76
Figura I.1. OSS da montagem de ferramenta com dois alimentadores de porcas.	77
Figura I.2. POS do ajuste do alimentador de porcas.	78
Figura J.1. Primeira parte do relatório A3 da dissertação.	79
Figura J.2. Segunda parte do relatório A3 da dissertação.	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Significado e explicação das cinco palavras japonesas correspondentes ao 5S's (adaptado de [19]).	6
Tabela 3.1. Grupos de procedimentos dos vários tipos de <i>setup</i> .	24
Tabela 3.2. Tipos de <i>setups</i> e respetivos Grupos.	24
Tabela 3.3. Número de <i>setups</i> realizados por mês em cada turno nos últimos doze meses.	25
Tabela 3.4. Tipos de <i>setup</i> e respetivos tempos médios atuais.	27
Tabela 3.5. Disponibilidade, <i>performance</i> , qualidade e OEE atual por mês e respetivas médias.	30
Tabela 3.6. Disponibilidade, <i>performance</i> , qualidade e OEE atual por máquina e respetivas médias.	30
Tabela 4.1. Tarefas internas transformadas em externas e respetivos Grupos e tempos.	33
Tabela 4.2. Ações a realizar.	35
Tabela 4.3. Tempos objetivos de cada tipo de <i>setup</i> com ajuste de altura.	38
Tabela 4.4. Tempos objetivos de cada tipo de <i>setup</i> sem ajuste de altura.	38
Tabela 4.5. Tempos dos <i>setups</i> realizados em formação dos novos procedimentos.	39
Tabela 4.6. Ganhos de tempo das ações a realizar e respetivos estados.	41
Tabela 4.7. Tempos futuros de cada tipo de <i>setup</i> com ajuste de altura.	42
Tabela 4.8. Tempos futuros de cada tipo de <i>setup</i> sem ajuste de altura.	42
Tabela 4.9. Ganhos de tempo por Grupo da transformação do trabalho interno em externo.	43
Tabela 4.10. Ganhos de tempo por tipo de <i>setup</i> da transformação do trabalho interno em externo.	43
Tabela 4.11. Ganhos do tempo objetivo relativamente à situação atual.	44
Tabela 4.12. Ganhos do tempo futuro de <i>setup</i> relativamente à situação atual.	46
Tabela A.1. Número de parafusos por máquina e tipo de chaves utilizadas.	58
Tabela B.1. Registo dos tempos das etapas de cada observação dos grupos 6.1 e 6.2 e respetivas médias.	61
Tabela B.2. Tempo médio total dos Grupos 6.1 e 6.2.	61
Tabela B.3. Soma dos Grupos 6.1 e 6.2 ao tempo médio do <i>setup</i> do tipo TF0P.	62
Tabela B.4. Estimativa do tempo médio dos <i>setups</i> dos tipos TF1P e TF2P.	62
Tabela C.1. Tempos dos <i>setups</i> do tipo TM, respetivas máquinas e denominações das observações.	63
Tabela C.2. Tempos dos <i>setups</i> do tipo TF0P, respetivas máquinas e denominações das observações.	63

Tabela C.3. Tempos dos <i>setups</i> do tipo TF1P, respetivas máquinas e denominações das observações.	63
Tabela C.4. Tempos dos <i>setups</i> do tipo TF2P, respetivas máquinas e denominações das observações.	63
Tabela D.1. Percentagem de tempo de “Valor Adicionado”, “Desperdício Necessário” e “Desperdício Puro” das observações dos <i>setups</i> e respetiva média.	65
Tabela E.1. Disponibilidade média atual no mês de janeiro de 2022 e respetivos dados. ...	67
Tabela E.2. OEE médio atual no mês de janeiro de 2022 e respetivos dados.	68
Tabela E.3. Percentagem da paragem por <i>setup</i> relativamente às quinze paragens existentes.	68
Tabela F.1. Etapas do Grupo 1 e respetivos tempos médios.	69
Tabela F.2. Etapas do Grupo 2 e respetivos tempos médios.	69
Tabela F.3. Etapas do Grupo 3 e respetivos tempos médios.	69
Tabela F.4. Etapas do Grupo 3M e respetivos tempos médios.	70
Tabela F.5. Etapas do Grupo 4 e respetivos tempos médios.	70
Tabela F.6. Etapas do Grupo 5M e respetivos tempos médios.	70
Tabela F.7. Etapas do Grupo 5 e respetivos tempos médios.	70
Tabela F.8. Etapas do Grupo 7 e respetivos tempos médios.	71
Tabela F.9. Etapas do Grupo 8 e respetivos tempos médios.	71
Tabela F.10. Etapas do Grupo 9 e respetivos tempos médios.	71
Tabela F.11. Etapas do Grupo 10 e respetivos tempos médios.	71

SIGLAS

SMED – *Single-Minute Exchange of Die*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OF – Ordem de Fabrico

TM – Troca de máscara

TF0P – Troca de ferramenta sem alimentador de porcas

TF1P – Troca de ferramenta com um alimentador de porcas

TF2P – Troca de ferramenta com dois alimentadores de porcas

HMI – *Human-Machine Interface*

POS – Procedimento Operacional *Standard*

OSS – Operação *Standard* de Setup

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação e Contextualização

A globalização levou a um aumento da concorrência entre empresas, contribuindo para uma pressão competitiva global de um mercado em constante mudança, onde se exige cada vez mais flexibilidade, diversidade, transparência e prazos de entrega curtos [1]. Estas exigências fizeram com que as empresas tenham de originar lotes de produção cada vez menores, para que consigam sobreviver no mercado atual [2].

Na secção de soldadura da empresa Grupo Sacia, local onde decorre este projeto de dissertação, existem seis prensas convencionais de soldadura por resistência elétrica. Quando se pretende mudar a referência da peça a produzir, é necessário efetuar um *setup*, que engloba maioritariamente o tempo da mudança de ferramenta e que é feita de forma manual. Neste momento, não existe qualquer procedimento de *setup* e as tarefas são realizadas de uma forma aleatória, o que faz com que, em média, se desperdicem 63 horas por mês só em trocas de ferramentas, ou seja, tempo não produtivo. Assim, a empresa ao permanecer nestes moldes, poderá não conseguir manter-se competitiva neste mercado atual.

Deste modo, é proposto que se implemente a metodologia *Single-Minute Exchange of Die* (SMED), nas prensas de soldadura convencionais da empresa Grupo SACIA, não só para diminuir os tempos de *setup*, mas também para criar e padronizar instruções de troca de ferramentas.

1.2. Objetivos e Metodologia

O principal objetivo desta dissertação é reduzir ao máximo o tempo de *setup* das seis prensas convencionais de soldadura em análise através da metodologia SMED, para que possa existir uma maior disponibilidade das máquinas e, conseqüentemente, um aumento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) das mesmas. Pretende-se igualmente uma documentação standard de operação de *setup* e padronizá-la em todas as seis máquinas, aplicar eventuais melhorias e dividir o tempo de montagem e desmontagem de cada ferramenta para que possa existir uma previsão do tempo de *setup* para o planeamento de

produção. Como esta metodologia pertence à manufatura *lean*, também se pode e deve utilizar outras ferramentas desta filosofia.

Com o intuito de se alcançarem os objetivos propostos, primeiramente será realizada uma análise da situação atual em chão de fábrica, onde se estudará todas as etapas necessárias para realizar uma troca de ferramenta, a triagem de tempos dos procedimentos através de vídeo-gravações e a determinação dos tempos médios atuais das mudanças de ferramenta. De seguida, através do sistema interno dos dados do chão de fábrica, será determinado o número médio de *setups* que ocorrem por mês e por turno. Depois destas informações serem todas recolhidas, será feito um estudo dos valores atuais do OEE.

Após se caracterizar o estado atual, será implementada a metodologia SMED proposta neste trabalho, começando pela fase 1, onde existe a separação do trabalho interno em externo, seguindo-se a fase 2 cujo objetivo é transformar as tarefas internas em externas. Depois, na fase 3, implementar-se-ão melhorias para se reduzirem os tempos de *setup*, com destaque para a criação de instruções de trabalho e formação contínua dos colaboradores. No fim, serão analisados os impactos que cada fase da metodologia SMED representa nos ganhos de tempo de *setup*, no fator disponibilidade do OEE e no próprio OEE.

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação progride numa organização lógica composta por cinco capítulos. No primeiro, é apresentada uma breve introdução deste projeto, onde se enuncia a motivação e contextualização do mesmo, seguindo-se os objetivos e a metodologia adotada.

No segundo capítulo, é feita uma revisão da literatura dos conceitos teóricos das ferramentas e metodologias utilizadas, estando dividido em três grandes temas: a manufatura *lean*, a metodologia SMED e o indicador OEE.

O terceiro capítulo foca-se em analisar o caso de estudo desta dissertação, ao descrever-se o problema e ao caracterizar-se o estado atual. Inclui também uma breve apresentação da empresa onde o projeto teve lugar,

No quarto capítulo, é então aplicada a metodologia SMED proposta neste trabalho e, no fim, os resultados são discutidos.

Finalmente, no quinto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões desta dissertação e são propostos futuros desenvolvimentos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, será realizada uma revisão de artigos científicos que referenciem as metodologias e ferramentas que foram consideradas relevantes e que serão implementadas neste projeto de dissertação de mestrado.

Esta revisão encontra-se dividida em três subcapítulos. No 2.1, será apresentada a manufatura *lean*, mais especificamente a sua filosofia, os seus tipos de desperdícios e as suas ferramentas. No subcapítulo 2.2, será exposta a metodologia SMED, dividida na sua implementação, vantagens e críticas. Apesar desta ser uma ferramenta *lean*, como a sua implementação é o tema principal desta dissertação, foi decidido atribuir-lhe a devida importância ao isolá-la numa só secção. Finalmente, no subcapítulo 2.3, será apresentado o OEE, mais concretamente o seu cálculo e a sua relação com a indústria 4.0. Embora seja uma ferramenta *lean*, como é um indicador de desempenho com elevada relevância no mundo industrial e como o seu cálculo ostenta uma elevada complexidade, foi decidido atribuir-lhe uma só secção.

2.1. Manufatura *Lean*

O fenómeno da globalização e a conseqüente diluição das fronteiras comerciais levou a um aumento da concorrência entre empresas. Perante a pressão competitiva global de um mercado em constante mudança, as empresas são cada vez mais confrontadas com exigências de flexibilidade, diversidade, complexidade de logística, transparência e prazos de entrega curtos [1]. Assim, muitas organizações utilizam os benefícios de implementar a manufatura *lean* com o objetivo de aumentar a qualidade e produtividade dos seus produtos ou serviços [3], pois este conceito tem como objetivo ser altamente responsivo às exigências do cliente recorrendo à redução dos desperdícios presentes nas empresas [4].

2.1.1. Filosofia *Lean*

A filosofia *lean* é uma abordagem multidimensional que engloba uma grande variedade de práticas de gestão num sistema integrado, que inclui o *Just-In-Time*, sistemas de qualidade, equipas de trabalho, produção em células, gestão de fornecedores, etc. O principal objetivo da produção *lean* é fazer com que estas práticas possam funcionar em

cooperação para criar um sistema de qualidade e que satisfaça o ritmo da procura do cliente, com pouco ou nenhum desperdício [5]. Promove não só a necessidade de as organizações entenderem e diferenciarem continuamente as atividades que acrescentam valor das atividades que não acrescentam valor da perspetiva do cliente, como também de eliminar continuamente estas últimas [6].

O conceito *lean* surgiu da empresa japonesa Toyota. Primeiramente, em 1978, o engenheiro Taiichi Ohno da *Toyota Motor Corporation*, definiu a divisão de uma operação em três tipos, em função do seu valor: i) atividade que adiciona valor; ii) atividade que não adiciona valor mas é necessária; e iii) atividade que não adiciona valor e não é necessária [7]. Depois, em 1988, Ohno introduziu o *Toyota Production System*, que foi desenvolvido na sua empresa com o intuito de superar os tempos difíceis que ocorriam já desde a segunda guerra mundial. Tendo em conta a dura crise económica, o sistema foi desenvolvido para a empresa sobreviver com a mínima quantidade de recursos e foi forçada a utilizar a política de minimização de desperdícios no chão de fábrica, que era o objetivo estratégico a atingir [8].

No entanto, foi só em 1990 que Womack, Jones e Roos definiram pela primeira vez a expressão *lean production*. Designaram-na como sendo um tipo de produção que utiliza tudo em menor quantidade, quando comparada com a produção em massa: metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço de fabrico, metade do investimento em ferramentas e metade das horas de engenharia para desenvolver um novo produto. Este termo passou então a ser amplamente utilizado para quando se refere ao modelo conhecido como *Toyota Production System* [9].

Mais tarde, em 1996, Womack e Jones enumeraram os cinco princípios (Figura 2.1) focados na eliminação do desperdício que fazem parte da filosofia *lean*: (i) definir valor da perspetiva do cliente; (ii) identificar a cadeia de valor; (iii) criar fluxo de valor sem interrupções, desvios ou retornos, o que implica reconsiderar a organização de toda a empresa; (iv) produzir somente a procura do cliente (produção *pull*); e (v) procurar a perfeição através da contínua identificação de desperdícios e respetiva eliminação dos mesmos [10]–[12].

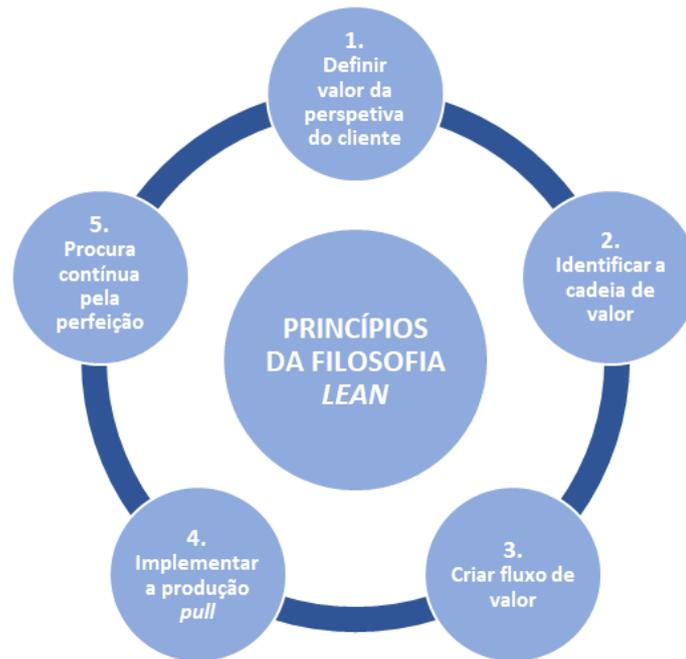


Figura 2.1. Os cinco princípios da filosofia *lean* (adaptado de [6], [13]).

2.1.2. Desperdícios

Como já referenciado anteriormente, o primeiro passo na filosofia *lean* é compreender qual o valor da perspectiva do cliente em questão e quais as atividades e recursos absolutamente necessários para criar esse valor. Quando tudo isto for compreendido, o restante pode ser considerado um desperdício. Se algo não adicionar diretamente valor ou se existir uma forma de o fazer sem essa característica, também é considerado um desperdício [14].

Para descrever desperdício, perda, inatividade, frivolidade, etc., Taiichi Ohno, introduziu o termo japonês *muda* nos anos 50. Mais tarde, em 1978, classificou *muda* em sete tipos:

1. **Sobreprodução:** produção para além da procura e necessidade do cliente. Frequentemente intitulada “a mãe de todos os desperdícios” pois origina todos os outros tipos de *mudas*;
2. **Inventário:** matéria prima, produtos por acabar ou acabados que não estão a ser processados e estão armazenados;
3. **Espera:** ter de aguardar antes de começar uma próxima atividade;
4. **Sobre processamento:** efetuar tarefas que não adicionam valor para o cliente;

5. **Defeitos:** produtos não conformes e todo o trabalho associado com identificar e corrigir defeitos dos produtos que não podem ser entregues ao cliente ou que têm de ser retrabalhados;
6. **Transporte:** deslocações dos produtos não requeridas para efetuar o processamento;
7. **Movimentação:** colaboradores ou equipamentos que se movimentam mais do que o necessário para efetuar o processamento [7], [15], [16].

2.1.3. Ferramentas *Lean*

A filosofia *lean* propõe um conjunto de ferramentas que podem ser utilizadas no desenvolvimento de empresas com o propósito de auxiliarem na eliminação de desperdícios [17]. Deste modo, nos próximos subcapítulos serão apresentadas aquelas que foram consideradas as mais relevantes para este projeto, para além das ferramentas SMED e OEE que serão apresentadas isoladamente nos capítulos 2.2 e 2.3, respetivamente.

2.1.3.1. 5S's

O 5S's é uma ferramenta proveniente do Japão, que tem como objetivo a criação e manutenção de um espaço de trabalho bem organizado, limpo, altamente eficiente e de alta qualidade. Tem como resultados uma organização eficaz do local, redução do ambiente de trabalho, eliminação de perdas ligadas a falhas e interrupções e a melhoria geral tanto da qualidade como da segurança [18].

O 5S's representa as cinco palavras japonesas *Seiri*, *Seitoni*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, cujos significados encontram-se explicados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Significado e explicação das cinco palavras japonesas correspondentes ao 5S's (adaptado de [19]).

Palavra Japonesa (5S's)	Significado Inglês (5S's)	Significado Inglês (5C's)	Explicação
<i>Seiri</i>	<i>Sort</i>	<i>Clear</i>	Eliminar os artigos desnecessários do local de trabalho
<i>Seiton</i>	<i>Set in Order</i>	<i>Configure</i>	Arrumar os itens necessários na ordem correta para uma rápida recolha ou armazenamento
<i>Seiso</i>	<i>Shine</i>	<i>Clean and Check</i>	Limpar o local de trabalho para que não haja sujidade no chão ou nos equipamentos
<i>Seiketsu</i>	<i>Standardize</i>	<i>Conformity</i>	Manter uma alta padronização da limpeza e organização em todo o local de trabalho
<i>Shitsuke</i>	<i>Sustain</i>	<i>Custom and practice</i>	Praticar as iniciativas 5S's, implementando-as nos procedimentos operacionais e tornando-as um hábito para todos os colaboradores

A utilização eficaz do 5S's depende do envolvimento ativo dos colaboradores de todos os níveis da empresa, para que possam ser efetuadas mudanças e melhorias da qualidade e segurança do local de trabalho. Esta iniciativa é estimulada pelo compromisso da chefia em procurar uma qualidade total e uma melhoria contínua da empresa [20].

2.1.3.2. Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta *lean* que faz com que a informação importante seja visível a todos. Consegue expor a informação através de sinais visuais em vez de texto ou voz, o que facilita o trabalho para todos os colaboradores envolvidos no projeto [21]. Existem quatro tipos de ferramentas de gestão visual:

1. **Indicador visual:** apenas exibe informação. Receber a mensagem depende da própria iniciativa dos colaboradores (p. ex. sinais de segurança);
2. **Sinal visual:** capta a atenção através de alertas e espera que os colaboradores recebam a mensagem (p. ex. sistema sinais de trânsito);
3. **Controlo visual:** limita, regula e orienta a resposta humana em função do tamanho, direção, quantidade, tempo, etc. (p. ex. linhas-guia ou cartões *kanban*);
4. **Garantia visual:** avisa explicitamente as pessoas de casos críticos ou de controlos/bloqueios totais (p. ex. paragens automáticas de uma grua em condições adversas). São geralmente denominados sistemas *poka-yoke* (à prova de erro) [22].

A gestão visual apresenta as vantagens de simplificar o fluxo de informação, fornece as informações no próprio local de utilização, potencia os colaboradores, facilita o *feedback* contínuo e a comunicação de objetivos, aumenta a transparência pois permite que os colaboradores obtenham informações e conhecimentos, melhora a disciplina, promove a gestão por factos, eleva a moral aos colaboradores e contribui para a melhoria contínua [23].

2.1.3.3. Trabalho Padrão

O trabalho padrão, *standard work* em inglês, consiste num conjunto de procedimentos de trabalho destinados a estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo e para cada trabalhador. As operações devem ser seguidas exatamente como são definidas, sem margem para improvisos ou operações aleatórias. É frequentemente referido como um trabalho padronizado inflexível [24].

Apresenta as seguintes vantagens:

- Documentação e controlo do processo atual;
- Redução da variabilidade (menos erros);
- Simplifica a formação de novos colaboradores;
- Perceção de anomalias;
- Estabelece um ponto de referência para a melhoria contínua [25];
- Permite medir o nível de sucesso.

A implementação adequada do trabalho padrão não só fará com que o processo seja o mais seguro e fácil para o operador, como também a forma mais rentável e produtiva para a empresa assegurar a qualidade para o cliente [26].

2.1.3.4. Kaizen

O termo *kaizen* significa literalmente “melhoria contínua” em japonês. É o instrumento que conduz a uma constante procura por *mudas* a toda a hora de todos os trabalhadores e em toda a área de trabalho, de forma a eliminá-los (principal objetivo da filosofia *lean*) [27]. A melhoria deve ser gradual, mas infinita, e deve procurar a perfeição. Os funcionários devem estar continuamente empenhados na evolução da empresa, na melhoria de todos os aspetos da mesma (processos, produtos, infraestruturas, etc.) e em sugerir melhorias para eventuais anomalias detetadas.

Existem dez princípios *kaizen*:

1. Dizer não ao estado atual;
2. Corrigir sempre algo que se apresente incorreto;
3. Não arranjar desculpas e fazer acontecer;
4. Melhorar tudo de forma contínua;
5. Eliminar conceitos velhos e tradicionais;
6. Ser económico;
7. Incentivar todos os colaboradores para participarem na resolução de problemas;
8. Antes de fazer qualquer decisão, aplicar ferramentas como o 5-Porquês para se conseguir alcançar a causa-raiz do problema;
9. Obter informações e opiniões de múltiplas pessoas;
10. Relembrar que a melhoria não tem limites e que nunca se pode parar de tentar melhorar [28].

2.1.3.5. 5-Porquês

O 5-Porquês é uma ferramenta que tem como objetivo determinar a causa-raiz de um problema, ao questionar-se cinco ou mais vezes “Porquê?” à falha ocorrida. Cada vez que se responde à pergunta, questiona-se novamente o porquê dessa situação particular ter acontecido [29]. A correta utilização do 5-Porquês fará com que as empresas consigam desenvolver eficazmente ações preventivas e corretivas [30].

O caso de estudo possivelmente mais conhecido por tirar partido desta ferramenta foi quando se tentou descobrir a causa da deterioração do obelisco *Washington Monument*, apresentado na Figura 2.2 [31].

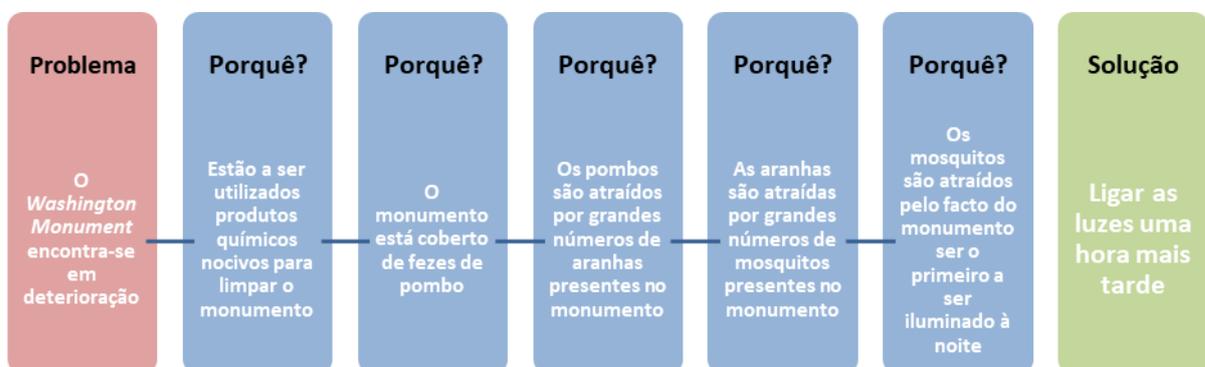


Figura 2.2. Caso de estudo do obelisco *Washington Monument* (adaptado de [31]).

2.1.3.6. Relatório A3

O relatório A3 é uma técnica de resolução de problemas e a designação refere-se ao nome padrão internacional para o tamanho de papel com as dimensões 297×420 mm [32]. É uma abordagem utilizada com o intuito de apresentar um projeto de resolução de problemas na forma de um relatório abrangente, mas ao mesmo tempo organizado, e numa única página A3. Esta ferramenta é considerada útil nas fases iniciais de implementação da filosofia *lean* na resolução de problemas [33]. É eficaz não só porque contém texto, como também imagens, diagramas e gráficos, para que os dados sejam o mais esclarecedores possíveis para o leitor [32].

O relatório é normalmente baseado no ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) que é utilizado para a resolução de adversidades e melhoria contínua de uma empresa, dividindo-se geralmente nas seguintes secções: tema (contexto), situação atual, objetivo, causas-raiz, possível solução, impacto, seguimento, prazo de implementação e nome da equipa responsável [34].

2.2. SMED - *Single-Minute Exchange of Die*

O SMED é uma metodologia pertencente à filosofia *lean* que foi desenvolvida pelo engenheiro Shigeo Shingo nos anos cinquenta no Japão, como resposta às necessidades emergentes de existirem lotes de produção cada vez menores, suficientes para satisfazer a flexibilidade requerida pela procura do cliente. Esta ferramenta *lean* foi originalmente elaborada através do estudo de um processo de troca de moldes (*dies* em inglês) preferencialmente com duração inferior a dez minutos (um só dígito), razão da sua designação.

Através da padronização e simplificação das operações [2], o objetivo do SMED é ser uma abordagem sistemática com o intuito principal de reduzir o tempo de *setup* de qualquer máquina ou unidade industrial [35]. Um *setup* completo, de acordo com esta metodologia, corresponde ao intervalo de tempo compreendido entre a produção do último produto conforme da referência anterior, até ao fabrico do primeiro artigo conforme da referência seguinte após a mudança de ferramenta [36]. Como o *setup* ocorre entre duas referências e, no decorrer deste, o equipamento não se encontra em produção, é considerada uma atividade que não acrescenta valor e tem custos associados. Deste modo, o seu tempo tem de ser o menor possível [37].

2.2.1. Implementação

A metodologia SMED é implementada em quatro fases principais (Figura 2.3):

- 1. Fase 0:** Nesta fase, ainda não existe a clara separação entre atividades internas (tarefas que têm de ser executadas enquanto o equipamento se encontra parado) e atividades externas (tarefas que podem ser feitas enquanto a máquina está em funcionamento), é apenas possível obter uma visão global e identificar todos os procedimentos do *setup*. É recomendado fazer uma vídeo-gravação de todo o *setup* em análise. O envolvimento de todos os colaboradores nesta fase é essencial e deve ser garantido;
- 2. Fase 1:** Caracterização, organização e separação detalhada das atividades internas e externas. Shigeo Shingo considera esta fase como a mais importante;
- 3. Fase 2:** Deve ser feita uma nova análise a todas as operações para verificar a classificação atribuída na fase anterior, com o intuito de transformar as atividades internas em externas. São sugeridas várias técnicas para a

transformação, como preparar as condições necessárias previamente (com a máquina ainda em funcionamento);

4. **Fase 3:** Reduzir os tempos das atividades internas e externas, recorrendo à aplicação de soluções e melhorias identificadas que permitirão um fácil, rápido e seguro desempenho dos colaboradores. Alguns exemplos são orientar as atividades para que sejam em paralelo (dois colaboradores ao mesmo tempo), utilizar fixações ou apertos rápidos, eliminar pequenos ajustes, etc. [35], [38]–[40].

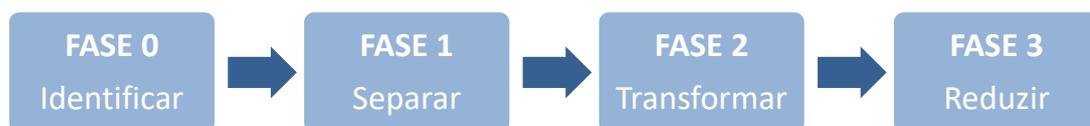


Figura 2.3. As quatro fases da metodologia SMED (adaptado de [35]).

2.2.2. Vantagens

Como referido anteriormente, o principal objetivo da implementação do SMED é reduzir o tempo de *setup* de qualquer máquina ou unidade industrial [35]. Assim, para uma mesma frequência de *setups*, ao reduzir-se o tempo de paragem de fabrico, aumenta-se a disponibilidade de uma máquina para produzir [36]. Também, devido à diminuição do tempo de paragem de um equipamento produtivo, faz com que os custos de produção sejam reduzidos. O SMED igualmente reduz o tempo de trabalho não produtivo ao otimizar e padronizar os procedimentos da troca de ferramenta, utilizando tanto técnicas simples como implementações acessíveis [41].

Devido à solicitação dos clientes de uma grande quantidade e variedade de produtos em pequenos lotes, uma empresa tem de estar preparada para reagir rapidamente a este ambiente comercial. Deste modo, para assegurar uma produção *Just-In-Time* e uma flexibilidade de resposta à procura dos clientes, é necessário um reduzido tempo de mudança de ferramenta para combater o aumento do número de *setups* devido à produção de lotes reduzidos, algo que se consegue alcançar com o SMED [42].

Na Figura 2.4 estão apresentadas, de uma forma resumida, as vantagens do SMED.

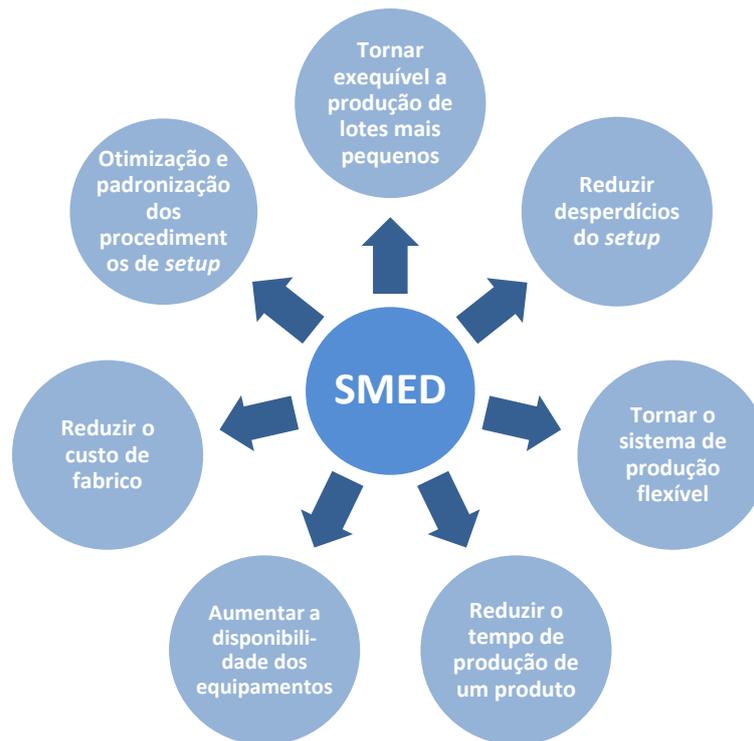


Figura 2.4. As vantagens do SMED [41].

2.2.3. Críticas

Shigeo Shingo definiu SMED como sendo uma “(...) abordagem científica para a redução do *setup*, que pode ser aplicada em qualquer fábrica ou equipamento.”. Relativamente à primeira parte, apesar do SMED ter nascido de um projeto em ambiente industrial, os dados apresentados no livro onde a metodologia foi apresentada não receberam um devido tratamento estatístico, ficando, portanto, a dúvida se esta ferramenta realmente aborda os problemas de uma forma científica. Passando à segunda parte da definição de Shingo, a implementação desta ferramenta *lean* pode não ser possível de ser implementada numa fábrica ou equipamento por razões técnicas, económicas ou organizacionais [43].

A separação e transformação de atividades internas em externas são as etapas de implementação do SMED com mais importância para Shingo, como referido no capítulo 2.2.1. Porém, há situações em que estas etapas não vão de acordo com o parecer do japonês. Opções de melhoria que alteram profundamente a natureza dos procedimentos de *setup*, incluindo a redução do seu tempo ou a sua eliminação, podem ser de igual ou até de maior importância quando comparadas com a transformação de trabalho interno em externo. Além de que, estas opções, ao invés de serem aplicadas no fim de um projeto como sugere a

metodologia SMED, podem ser consideradas úteis em fases iniciais de projetos de melhoria [44].

Segundo Barbara Flynn, o tempo total necessário para realizar *setups* tem relação direta com o grau de similaridade entre duas trocas de ferramentas sucessivas numa mesma máquina. Logo, se dois *setups* efetuados sequencialmente forem semelhantes, o tempo total requerido será relativamente menor. Da mesma forma, se as trocas forem completamente diferentes, o tempo será maior [45]. Porém, Shingo, quando define SMED, não faz nenhuma referência ou alerta sobre a importância desta sequência, correndo o risco de se fixar um tempo generalizado para um qualquer tipo de *setup* [43].

2.3. OEE - Overall Equipment Effectiveness

Para serem competitivas no mercado, as empresas oferecem aos clientes preços competitivos com a garantia de uma excelente fiabilidade e qualidade dos seus equipamentos produtivos [46]. Deste modo, muitas utilizam o conceito *Total Productive Maintenance* (TPM) para alcançarem o principal objetivo de melhorar e manter a eficiência dos equipamentos. Foi neste ambiente que Seiichi Nakajima introduziu o OEE, um indicador de eficiência utilizado em todo o mundo como ferramenta para atingir o objetivo referido [47].

Apesar de ter sido originalmente estabelecido no TPM, o OEE é utilizado como uma medida operacional e indicador de melhoria nas indústrias onde a manufatura *lean* foi adotada. Também permite uma medição consistente da eficiência das iniciativas *lean* implementadas [36].

O OEE é um indicador que mede a eficiência de equipamentos ou processos de uma forma “tridimensional” (Figura 2.5), pois fornece uma medida quantitativa baseada nos três fatores disponibilidade, *performance* e qualidade [46], [48], [49]. Quanto maior o OEE, mais eficiente é uma máquina ou processo e, conseqüentemente, mais dinheiro é poupado por uma empresa [48].

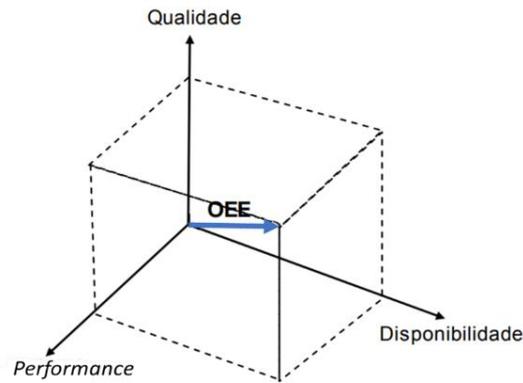


Figura 2.5. “Tridimensionalidade” do OEE [50].

2.3.1. Cálculo

O OEE calcula-se a partir da multiplicação dos três fatores disponibilidade, *performance* e qualidade, como representado na equação (2.1):

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (2.1)$$

Relativamente à disponibilidade, é definida como o rácio entre o tempo de produção e o tempo planeado de produção:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Tempo planeado de produção}} \quad (2.2)$$

O tempo de produção corresponde ao tempo planeado de produção menos as perdas de tempo em paragens:

$$\text{Tempo de produção} = \text{Tempo planeado de produção} - \text{Perdas em paragens} \quad (2.3)$$

Estas perdas que são não planeadas podem ser classificadas em duas (sendo que o OEE apresenta seis perdas no total):

1. Perdas por falhas do equipamento que interrompem o normal funcionamento da máquina e reduzem a taxa de produção;
2. Perdas de tempo em ajustamentos e em *setups* que ocorrem quando existe uma troca de referência, pois o equipamento tem de satisfazer as características da próxima ordem de fabrico (OF).

No que diz respeito à *performance*, esta é caracterizada como sendo a relação entre o tempo real de produção e o tempo de produção:

$$Performance = \frac{\text{Tempo real de produção}}{\text{Tempo de produção}} \quad (2.4)$$

O tempo real de produção pode tanto corresponder à multiplicação entre o tempo de ciclo ideal e o número de peças produzidas:

$$\text{Tempo real de produção} = \text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{N}^\circ \text{ de peças produzidas} ; \quad (2.5)$$

como ao tempo de produção menos as perdas em desempenho:

$$\text{Tempo real de produção} = \text{Tempo de produção} - \text{Perdas em desempenho} . \quad (2.6)$$

Estas perdas em desempenho podem ser também classificadas em duas:

3. Perdas devido a pequenas paragens ou inatividade: ocorrem quando a produção é interrompida por uma avaria temporária ou quando a máquina está em *standby*;
4. Perdas devido a uma baixa velocidade de produção: a velocidade atual é inferior à velocidade ideal.

Finalmente, o fator qualidade pode ser tanto definido como a razão entre o número de artigos conformes produzidos e o número total de artigos produzidos:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de artigos conformes produzidos}}{\text{N}^\circ \text{ total de artigos produzidos}} ; \quad (2.7)$$

como o rácio entre o tempo de produção conforme e o tempo real de produção:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Tempo de produção conforme}}{\text{Tempo real de produção}} . \quad (2.8)$$

O tempo de produção conforme é igual ao tempo real de produção menos as perdas de tempo em qualidade:

$$\text{Tempo de produção conforme} = \text{Tempo real de produção} - \text{Perdas em qualidade} \quad (2.9)$$

Estas perdas em qualidade podem igualmente ser classificadas em duas:

5. Perdas devido a um reduzido desempenho por causa das fases iniciais de produção de uma nova referência desde o arranque da máquina até à sua estabilização (produção de artigos até serem cumpridos os requisitos);

- Perdas devido a um mau funcionamento do equipamento que dá origem a produtos com defeitos de qualidade, o que provoca a rejeição de peças e retrabalho [36], [46], [47].

Na Figura 2.6, podemos observar um esquema que resume o cálculo do OEE.

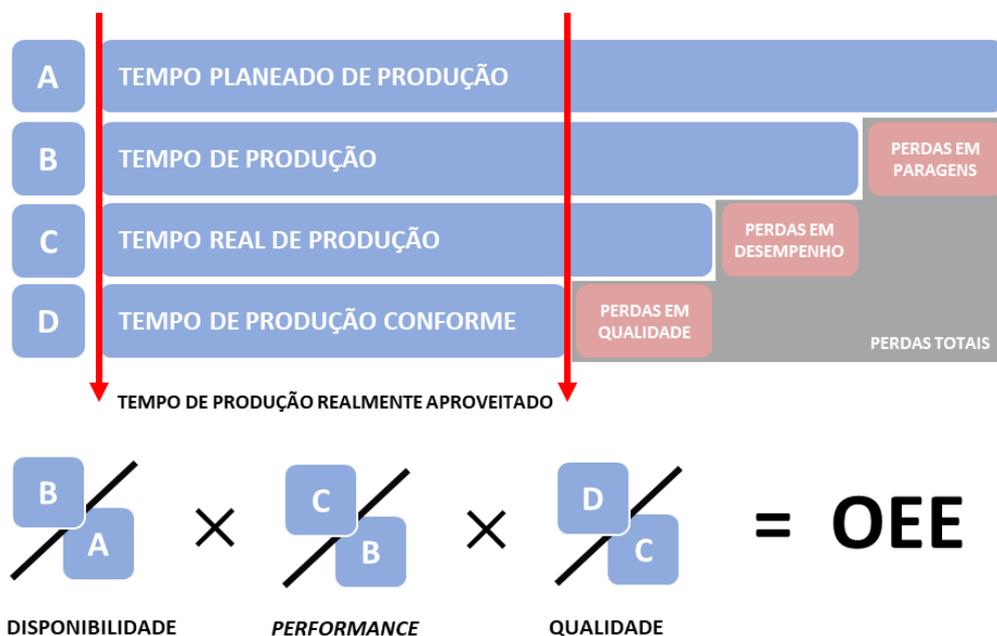


Figura 2.6. Resumo do cálculo do OEE (adaptado de [51]).

As empresas, em condições ideais, devem ter o fator de disponibilidade superior a 0,90, de *performance* superior a 0,95 e de qualidade superior a 0,99. Assim, o OEE será superior a 0,84, o que é considerado um desempenho de classe mundial [46].

A partir do cálculo do OEE, as empresas conseguem identificar facilmente as perdas do processo em análise e onde é necessário intervir para melhorar a sua eficiência [52]. Também permite um aumento do tempo de vida útil das máquinas, pois funciona como um alerta para eventuais intervenções de manutenção.

O OEE não só proporciona um uso eficiente das máquinas, como também promove a perfeição nas indústrias relativamente ao envolvimento de todos os colaboradores, à produção, qualidade e manutenção, ao fluxo de trabalho contínuo, às reclamações de clientes, às rejeições durante a produção, à supervisão eficaz do inventário, etc., contribuindo para que as empresas alcancem uma competitividade de classe mundial [53].

2.3.2. Indústria 4.0 & OEE

A indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial foi apresentada pela primeira vez na Alemanha em 2011, durante a feira industrial *Hannover Messe* e foi afirmada como sendo uma iniciativa estratégica para transformar a indústria de produção. Os três principais fatores tecnológicos são a conectividade, a inteligência e a automatização flexível. Na indústria 4.0, a junção da tecnologia de informação com a tecnologia de operações resultou em novas tecnologias e soluções digitais, como a robótica avançada, *big data*, computação em nuvem e *Internet of Things* [54]. Esta fusão do mundo físico com o virtual deu origem ao sistema cyber-físico. Indústrias de produção que integrem o *Internet of Things* e o sistema cyber-físico tornar-se-ão, potencialmente, numa “*Smart Factory*”, onde a tecnologia auxiliará tanto o ser humano como as máquinas. Serão sistemas que trabalham em segundo plano e que funcionam a partir da informação proveniente do mundo virtual e físico do chão de fábrica em questão [55].

A implementação e coordenação de iniciativas da indústria 4.0 numa fábrica tem o grande objetivo de melhorar a eficiência dos processos de produção e, conseqüentemente, reduzir os seus custos. Para isso, é essencial definir os indicadores de desempenho (como o OEE) que se pretendem atingir. Porém, para se conseguir calculá-los, é indispensável ter medições reais e fiáveis do trabalho que as máquinas executam no chão de fábrica. Sem isso, qualquer cálculo que se queira fazer para melhorar o desempenho dos equipamentos, otimizar as operações ou melhorar a manutenção não será suficientemente fiável e não se vai refletir numa verdadeira melhoria dos indicadores de desempenho a atingir [56]. Igualmente, através da implementação de iniciativas da quarta revolução industrial, a visualização e análise dos valores do OEE em tempo real de um chão de fábrica tornam-se uma referência para a tomada de decisões acerca das perdas gerais de um equipamento [55], permite um tratamento de dados em tempo real, melhores relatórios e painéis de controlo, uma melhor transparência, alarmes inteligentes em tempo real, uma maior eficiência de produção e menos desperdício [54].

3. CASO DE ESTUDO

No atual capítulo é apresentado o problema do projeto desenvolvido nesta dissertação de mestrado, que inclui uma breve apresentação da empresa onde se intervirá, e a caracterização do estado atual, que está dividida na fase 0 da metodologia SMED proposta a ser implementada e no estudo dos valores do OEE atual.

3.1. Descrição do problema

Este projeto de dissertação de mestrado é realizado em ambiente empresarial, mais concretamente no Grupo SACIA que se localiza em Travassô, Águeda. Foi constituído em 1982 a partir da empresa Silencor e, inicialmente, dedicava-se ao fabrico de estruturas metálicas para a construção civil. Com o passar do tempo e graças à experiência que foi sendo adquirida, o Grupo SACIA criou uma base sólida no desenvolvimento de projetos com maior incidência na área da indústria automóvel, através de uma capacidade industrial e de recursos técnicos que lhe possibilitaram atuar desde a conceção, até à industrialização de projetos idealizados pelos clientes [57].

A fábrica produz nos cinco dias úteis e em três turnos diários: 8h00-16h30, 16h30-01h00 e 01h00-8h00. Relativamente ao chão de fábrica da empresa, este encontra-se dividido em três grandes secções: estampagem, soldadura e montagem. No interior da secção da soldadura, existe a separação entre as máquinas robotizadas e as máquinas convencionais e, dentro destas últimas, existem seis prensas convencionais de soldadura por resistência elétrica. É nestas seis máquinas onde está focado o tema proposto desta dissertação.

As seis prensas são designadas de SL247, SL179, SL223, SL630, SL165 e SL927 e a planta destas no chão de fábrica encontra-se representada na Figura 3.1.

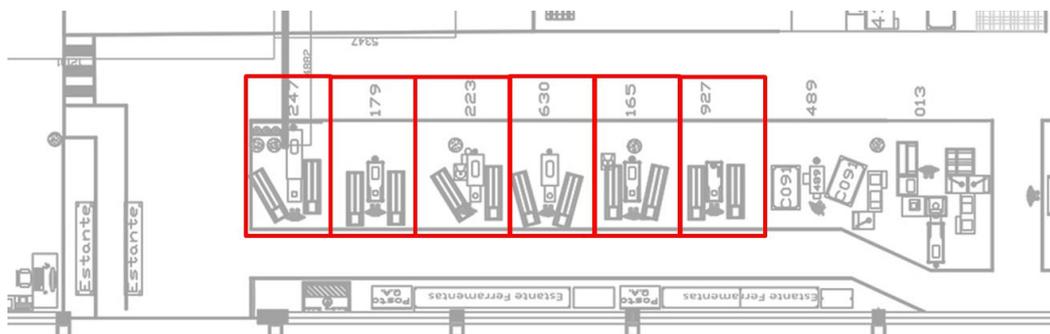


Figura 3.1. Planta do chão de fábrica das seis prensas convencionais de soldadura por resistência elétrica.

Cada uma funciona através de um operador de máquina que retira do seu lado esquerdo uma peça por produzir de um recipiente de plástico (chamado internamente de *bac*, “caixa” em francês devido à influência dos clientes) ou de um contentor, coloca a peça na máscara da ferramenta em questão, aciona a prensa através de um comando bimanual de segurança (também denominado apenas de “bimanual”), o cilindro da prensa desce e, quando o elétrodo superior alcança o inferior com a peça entre estes, existe uma descarga elétrica de tal amplitude que funde e solda o metal na zona de contacto dos elétrodos, produzindo assim o artigo pretendido. Depois, o conjunto cilindro e elétrodo superior sobe até à posição inicial, o operador retira a peça produzida da máscara e coloca-a num *bac* ou contentor que se encontra do lado direito. Uma máscara é definida como sendo um encaixe perfeito onde se coloca a peça a produzir, para que a soldadura seja feita no local onde foi precisamente projetada. Cada referência tem uma máscara correspondente e existem ocasiões em que uma mesma ferramenta utiliza diferentes máscaras. Quando uma ferramenta é apenas compatível com uma máscara, estas encontram-se fixas uma à outra. Na Figura 3.2, é apresentada uma fotografia de uma máquina (com a respetiva legenda) e o momento de soldadura de uma peça.

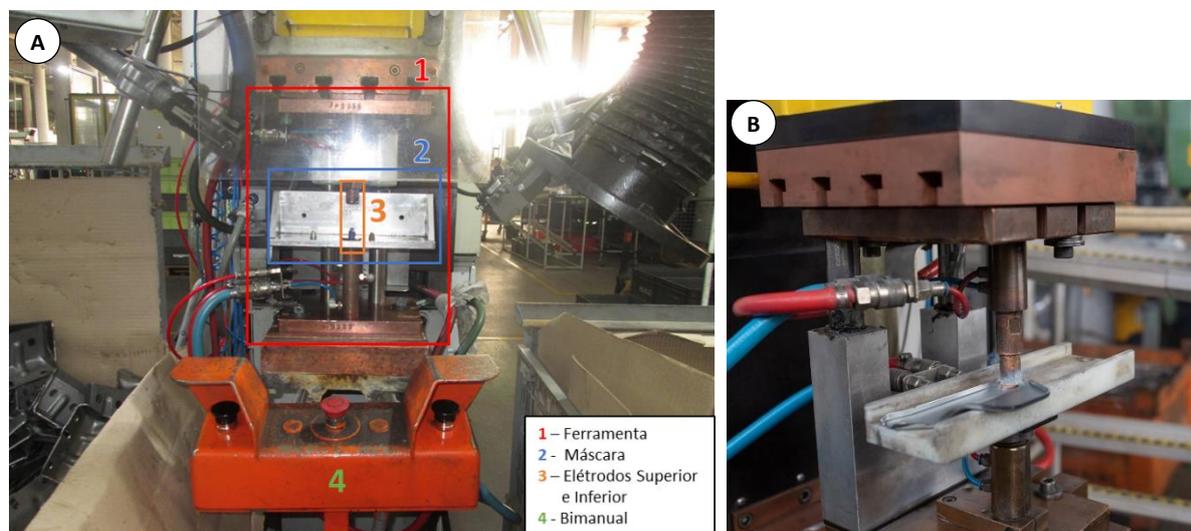


Figura 3.2. A - Prensa convencional de soldadura; B - Momento de soldadura de uma porca numa peça por resistência elétrica [58].

A soldadura por resistência elétrica nestas seis prensas apresenta vários tipos: soldadura por pontos (chapa com chapa), soldadura de pernos (parafuso com chapa) ou soldadura de porcas (porca com chapa). Relativamente à soldadura de porcas, este tipo de soldadura é preferencialmente realizado nas máquinas SL165 e SL223, pois cada uma possui dois alimentadores de porcas M6 e M8, respetivamente. Estes alimentadores colocam uma ou duas porcas no sítio correspondente (pino cerâmico) através de uma ou duas lanças e de

forma automática, assim que o operador ativa o bimanual. Na Figura 3.3 podemos observar uma lança aberta por afinar e uma lança já afinada.

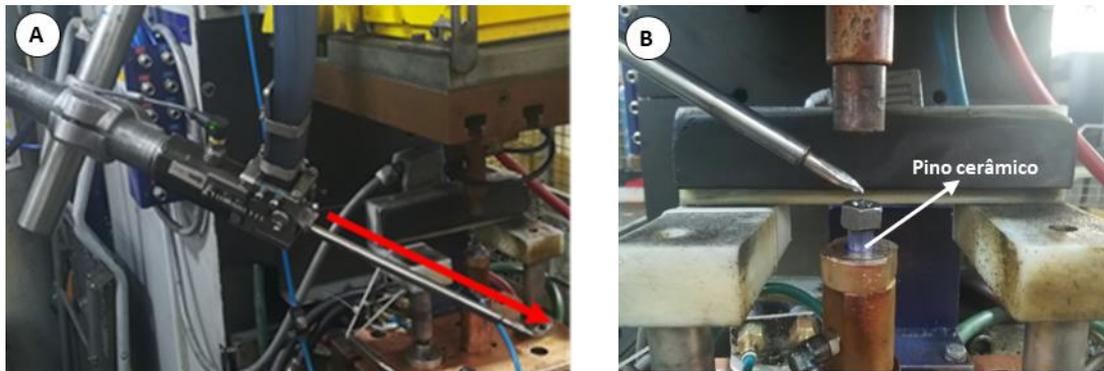


Figura 3.3. A - Lança do alimentador de porcas aberta e por afinar; B – Lança afinada.

Quando se pretende mudar a referência da peça a produzir, é necessário efetuar um *setup*, que engloba maioritariamente o tempo da mudança de ferramenta e que é feita de forma manual. Esta troca de ferramenta pode ser mudar apenas a máscara e manter a ferramenta, mudar apenas a ferramenta ou mudar a ferramenta e a máscara. No caso de se utilizarem alimentadores de porcas, irá ser necessário afinar uma ou duas lanças (conforme o necessário), o que irá prolongar todo o processo. Para realizar o *setup*, estão disponíveis dois colaboradores, o operador da máquina e um técnico de *setup*, sendo que o primeiro só consegue realizar as atividades consideradas “básicas” da mudança de ferramenta e só ele pode preencher a documentação necessária, enquanto que o técnico é especializado em todos os procedimentos da troca de ferramenta. Neste momento, não existe qualquer procedimento de *setup* e as tarefas são realizadas de uma forma aleatória, o que faz com que os *setups* sejam exageradamente demorados.

Deste modo, o objetivo principal do problema é reduzir ao máximo o tempo de *setup* das seis prensas convencionais de soldadura em questão, ao aplicar a metodologia SMED, para que possa existir uma maior disponibilidade das máquinas e, conseqüentemente, um aumento do OEE das mesmas, o que fará com que os custos de produção sejam reduzidos. Com a implementação desta metodologia também se pretende uma documentação *standard* de operação de *setup* e padronizá-la em todas as seis máquinas, transformar as tarefas internas em externas, eliminar desperdícios, aplicar eventuais melhorias, dividir o tempo de montagem e desmontagem de cada ferramenta para que possa existir uma previsão do tempo de *setup* para o planeamento de produção e, no fim, analisar o impacto do SMED nos valores do OEE destas seis prensas. Como o SMED se trata de uma ferramenta pertencente à

manufatura *lean*, naturalmente que também se pode e deve utilizar outras ferramentas desta filosofia que contribuam para um tempo mínimo de *setup*.

3.2. Caracterização do Estado Atual

A caracterização do estado atual corresponde na maioria da sua totalidade com a fase 0 da metodologia SMED proposta a ser implementada neste projeto de dissertação de mestrado, onde se reúnem informações relativas ao *setup* e aos seus procedimentos, se medem tempos e se entrevistam os colaboradores. Como referenciado no capítulo 2.2.1, nesta fase ainda não existe a clara separação entre atividades internas e atividades externas, sendo apenas possível obter uma visão global e identificar os procedimentos do *setup*.

Assim, neste subcapítulo, primeiramente serão explicadas as etapas do processo de *setup*, seguindo-se uma análise aos números de *setups* que ocorreram anteriormente e aos tempos destes. Todos estes aspetos corresponderão então com a fase 0 do SMED. Finalmente, será também realizado um estudo aos valores do OEE atual.

3.2.1. Fase 0 - Identificar

3.2.1.1. Setup

Atualmente, como já indicado, existem seis prensas de soldadura por resistência elétrica denominadas de SL165, SL179, SL223, SL247, SL630 e SL927. Quando se pretende mudar a referência numa máquina que se encontre em produção, tem de se realizar um *setup* que pode ser de vários tipos: troca de máscara (TM), troca de ferramenta sem alimentador de porcas (TF0P), troca de ferramenta com um alimentador de porcas (TF1P), troca de ferramenta com dois alimentadores de porcas (TF2P) e troca de ferramenta e máscara.

Quando se está perto de terminar a OF ou mesmo quando já se termina (o cenário mais recorrente), o operador da máquina ou o *Team Leader* avisa o técnico de *setup* para se dirigir à máquina em questão. Depois, de uma forma aleatória e sem seguir qualquer procedimento pois não existe, vão realizando as tarefas necessárias para trocarem a ferramenta. Num elevado número de *setups*, o técnico é interrompido ou está ocupado, o que obriga ao operador da máquina a realizar a mudança sozinho.

De forma resumida, um *setup* inicia-se com o operador de máquina a preencher a documentação do fim da OF na sua bancada de trabalho (só ele o pode fazer). Esta documentação também engloba a introdução de dados no *Human-Machine Interface* (HMI).

Depois, o operador e o técnico afastam e limpam a área envolvente (bimanual, tapete, *racks*, etc.). De seguida, o técnico deverá retirar a máscara anterior (máscara OUT) ou a antiga ferramenta (ferramenta OUT) da máquina ao desapertar das mesas da prensa dois parafusos superiores e dois inferiores, deverá desconectar as mangueiras pneumáticas e de refrigeração e retirar a ficha do HMI. Sempre que se necessita de chaves, os colaboradores vão buscá-las aos Quadros “SMED” e, assim que as utilizam, vão arrumá-las no mesmo sítio. No fim, o técnico deverá colocar a ferramenta OUT ou máscara OUT no Carro “SMED”. Posteriormente, o técnico deve ir até à estante de ferramentas, colocar a ferramenta IN ou a nova máscara (máscara IN) no Carro “SMED” e transportá-la até junto à prensa em questão, para que esta seja instalada. Depois, se necessário (o que na sua grande maioria é), os dois colaboradores devem ajustar a altura da mesa inferior da máquina.

Seguidamente, o técnico instala a ferramenta na máquina. Se se tratar de *setups* do tipo TF1P ou TF2P, o técnico deve alinhar uma ou duas lanças do alimentador de porcas, respetivamente. De seguida, o mesmo colaborador deverá programar a prensa e validar a peça de ensaio. Antes de se arrancar com qualquer produção de uma nova referência, é obrigatório realizar-se um ensaio destrutivo para garantir que a peça produzida se encontra nos parâmetros estabelecidos. Este ensaio tem de ser repetido até que a peça esteja conforme. Depois, o operador da máquina tem de preencher a documentação de início da OF e a seguir, juntamente com o técnico, arrumar a envolvente (o que envolve levar a antiga ferramenta para a zona de manutenção e buscar a nova peça-padrão) para que, finalmente, seja produzida a peça de arranque pelo operador. No APÊNDICE A, são descritos os elementos do chão de fábrica que estão envolvidos no *setup*. Na Figura 3.4 encontram-se representadas as movimentações de um *setup* da situação atual num diagrama de esparguete.

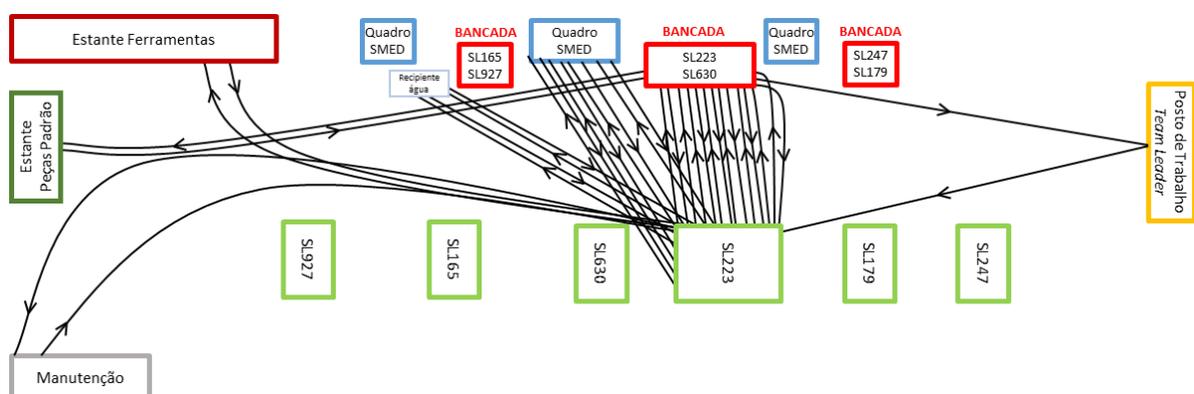


Figura 3.4. Diagrama de esparguete das movimentações num *setup* da situação atual.

Após a examinação das vídeo-gravações dos *setups*, concluiu-se que, para simplificar a análise dos tipos de mudanças de ferramentas, podemos reunir os diversos procedimentos em grupos, apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Grupos de procedimentos dos vários tipos de *setup*.

Grupos	Descrição
Grupo 1	Preencher documentação do fim da OF
Grupo 2	Afastar e limpar a área envolvente
Grupo 3	Retirar a ferramenta OUT
Grupo 3M	Retirar a máscara OUT
Grupo 4	Ajustar a altura da mesa
Grupo 5	Colocar a ferramenta IN
Grupo 5M	Colocar a máscara IN
Grupo 6.1	Alinhar o 1º alimentador de porcas
Grupo 6.2	Alinhar o 2º alimentador de porcas
Grupo 7	Programar máquina e validar peça de ensaio
Grupo 8	Preencher documentação do início da OF
Grupo 9	Arrumar envolvente
Grupo 10	Produzir primeira peça

Através destes Grupos, é possível atribuí-los aos vários tipos de *setup* (Tabela 3.2): O tipo de *setup* troca de ferramenta e máscara não será contabilizado pois à partida descobriu-se logo que posteriormente, na transformação do trabalho interno em externo, seria possível eliminá-lo (será explicado com detalhe no capítulo 4.4).

Tabela 3.2. Tipos de *setups* e respetivos Grupos.

Tipo de <i>Setup</i>	Grupos
TM	1, 2, 3M, 5M, 7, 8, 9, 10
TFOP	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10
TF1P	1, 2, 3, 4, 5, 6.1, 7, 8, 9, 10
TF2P	1, 2, 3, 4, 5, 6.1, 6.2, 7, 8, 9, 10

3.2.1.2. Número de *Setups*

Consultando o sistema interno do chão de fábrica, podemos ter acesso ao número de *setups* realizados por mês em cada turno e o seu total nos últimos doze meses. Estes números encontram-se representados na Tabela 3.3 e os respetivos gráficos de barras na Figura 3.5 e Figura 3.6. O sistema é alimentado pelos dados fornecidos pelos operadores das máquinas através do preenchimento manual das folhas da OF onde, mais tarde, o team leader copia e submete as informações para o *software*, através do seu computador. O *software* não tem em

consideração os tipos de *setup* nem os Grupos constituintes, todos estes conceitos foram concebidos pela primeira vez nesta dissertação.

Tabela 3.3. Número de *setups* realizados por mês em cada turno nos últimos doze meses.

	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	Média
Turno 1	31	37	52	11	34	59	85	63	74	78	68	59	71
Turno 2	20	13	29	13	18	35	21	14	37	38	29	34	29
Turno 3	31	19	19	5	28	20	16	14	16	7	10	0	11
Total	82	69	100	29	80	114	122	91	127	123	107	93	95

Técnico de *setup* em todos os turnos
 Técnico de *setup* nos turnos 1 e 2

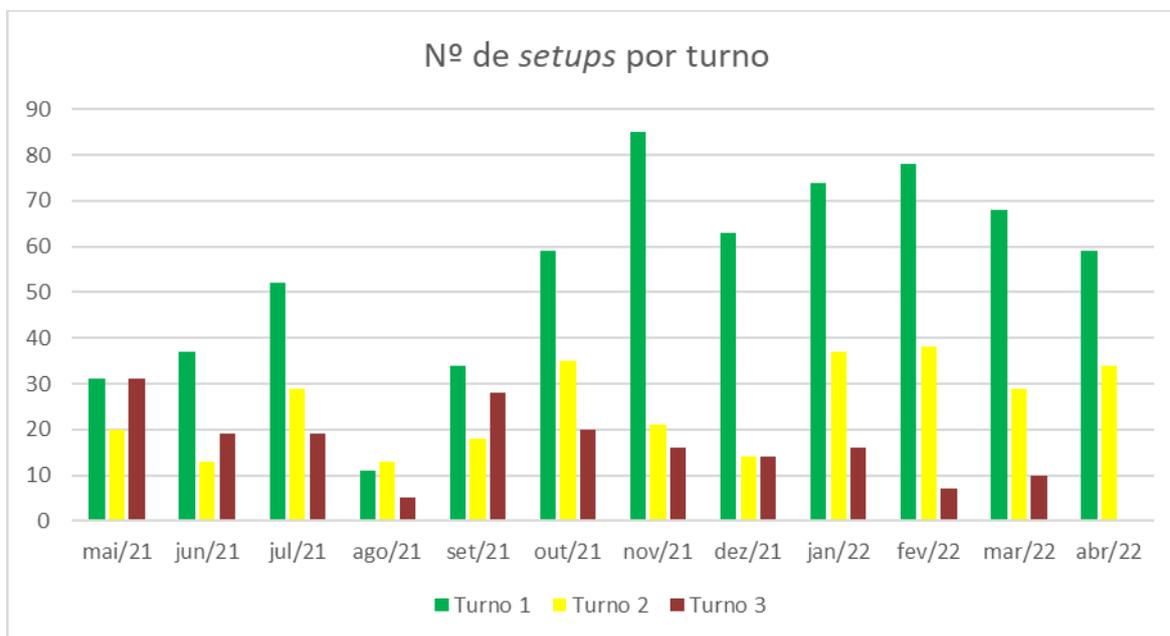


Figura 3.5. Número de *setups* por turno dos últimos doze meses.

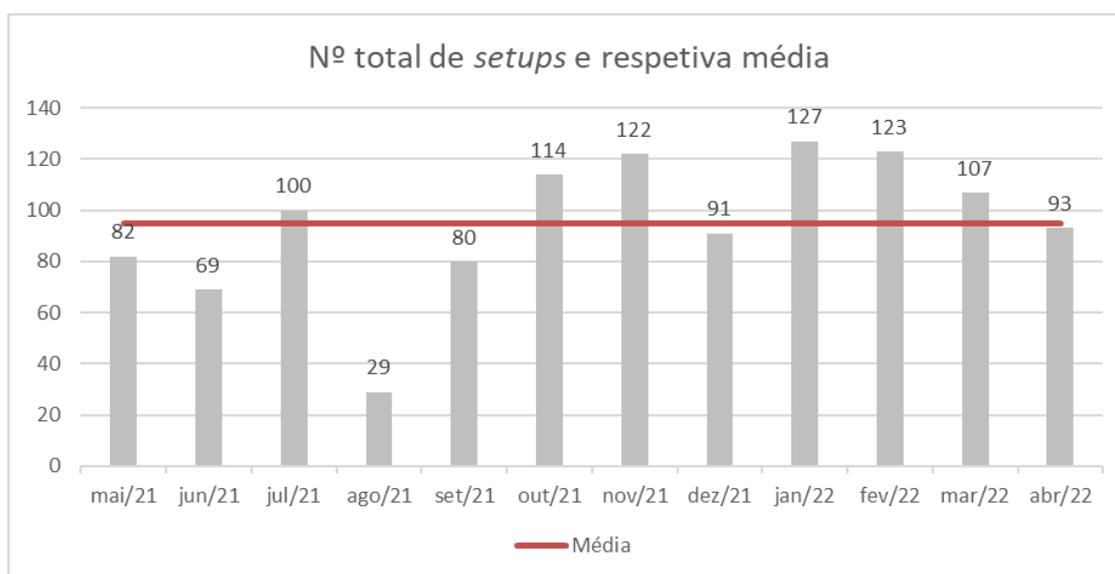


Figura 3.6. Número total de *setups* e respetiva média dos últimos doze meses.

Até outubro de 2021, existia um técnico de *setup* em todos os turnos, razão pela qual havia um número considerável de *setups* no turno 3 e uma reduzida quantidade no turno 1, pois o colaborador preparava as ferramentas para serem utilizadas no horário seguinte. A partir de novembro de 2021, foi concluído pela empresa que não compensa existir um técnico no último turno, pelo que se manteve apenas no primeiro e segundo horário, pois é raro produzirem-se peças nas máquinas convencionais ou existirem trocas de referência, não só devido a uma maior aposta na produção nas células robotizadas, como também o número de colaboradores neste turno ser reduzido. Deste modo, a média de *setups* por turno vai apenas ter em conta os meses que apresentem as condições atuais (técnico nos turnos 1 e 2), ou seja, de novembro de 2021 até abril de 2022. Relativamente à média total (95), engloba todos os meses pois esta não é influenciada pelo número de *setups* por turno. Em agosto, o número de mudanças de ferramenta é excessivamente reduzido porque é o período de férias de verão da grande maioria dos trabalhadores e a fábrica produz a um baixo ritmo.

Devido aos confrontos armados entre os países Rússia e Ucrânia, existe neste momento uma escassez de *chips* semicondutores para a produção de automóveis. Como o maior cliente da empresa é um fabricante de automóveis e encontra-se a produzir com uma reduzida cadênciã, consequentemente, o Grupo SACIA teve uma forte diminuição da procura do cliente. Assim, a empresa parou praticamente de produzir durante as duas últimas semanas de março de 2022 e as duas primeiras semanas de abril do mesmo ano, tendo optado por encerrar por completo o terceiro turno a partir da segunda quinzena de março até aos dias de hoje (mesmo assim, atualmente, não se encontra a produzir a um ritmo normal). Esta é a razão pela qual nos meses de março e abril de 2022 existir uma diminuição total de *setups* e, no último mês, não haver qualquer troca de ferramenta no turno 3.

3.2.1.3. Tempos Atuais dos Setups

As primeiras semanas do estágio no Grupo SACIA foram focadas em acompanhar *setups*, compreender os seus procedimentos e analisar gravações de vídeos das trocas de ferramenta. Até ocorrer a crise de produção, foi possível analisar as imagens de quatro mudanças do tipo TM, dez TF0P, duas TF1P e uma TF2P. Destes três últimos tipos, todos os *setups* tiveram ajuste de altura da mesa inferior da prensa de soldadura (Grupo 4).

Como o sistema interno do chão de fábrica utiliza os dados provenientes do preenchimento manual dos colaboradores nas folhas da OF, não existe rigor no correto apontamento dos tempos de *setup*, pelo que estes terão de ser feitos através de cronometragens aos vídeos capturados.

Quando a produção parou devido à falta de procura dos clientes, foi possível requisitar ensaios experimentais nas máquinas para fazer mais cronometragens. Como a amostra dos tempos de *setups* do tipo TM e TF0P já era consideravelmente elevada, os ensaios foram focados nas trocas de ferramentas com alimentadores de porcas. Deste modo, foram ensaiados quatro *setups* do tipo TF1P e dois do tipo TF2P. Como todos os alimentadores são exatamente iguais, assumiu-se que o tempo de afinação e todas as etapas de todas as lanças eram iguais. Ao tratarem-se apenas de ensaios e não havendo uma verdadeira produção (não existe a grande maioria dos Grupos), simularam-se apenas os Grupos 6.1 e 6.2. Para uma estimativa de um *setup* completo do tipo TF1P e TF2P, foram adicionados os tempos dos Grupos 6.1 e 6.2 ao tempo médio total do *setup* TF0P, pois enquanto o técnico afina as lanças, o colaborador apenas está à espera que este acabe pois é um procedimento que requer perícia apenas possuída pelo técnico (não existe trabalho paralelo) e, assim, é possível fazer a soma dos tempos descrita porque seria o que aconteceria numa atual situação real. Depois de serem adicionados, estas estimativas de tempos de *setups* do tipo TF1P e TF2P irão fazer média com as cronometragens obtidas antes da crise de produção (APÊNDICE B).

Na Tabela 3.4 encontram-se os tempos médios atuais de cada tipo de *setup* e, no APÊNDICE C, os tempos específicos de cada *setup* acompanhado.

Tabela 3.4. Tipos de *setup* e respetivos tempos médios atuais.

Tipo de <i>Setup</i>	Tempo Médio Atual [hh:mm:ss]
TM	00:20:32
TF0P	00:35:48
TF1P	00:38:37
TF2P	00:45:06

Tendo em conta o número médio de *setups* realizado por mês (95) e o tempo médio dos tipos de *setup* TF0P, TF1P e TF2P que ocorrem com mais frequência (39,84 minutos), o tempo médio investido em troca de ferramenta por mês é de 63 horas (2,6 dias).

Na Figura 3.7 e na Figura 3.8 são apresentados os gráficos das variações de tempos dos vários tipos de *setup* acompanhados, incluindo os valores da média, do máximo, do mínimo e da variação destes dois últimos tempos.

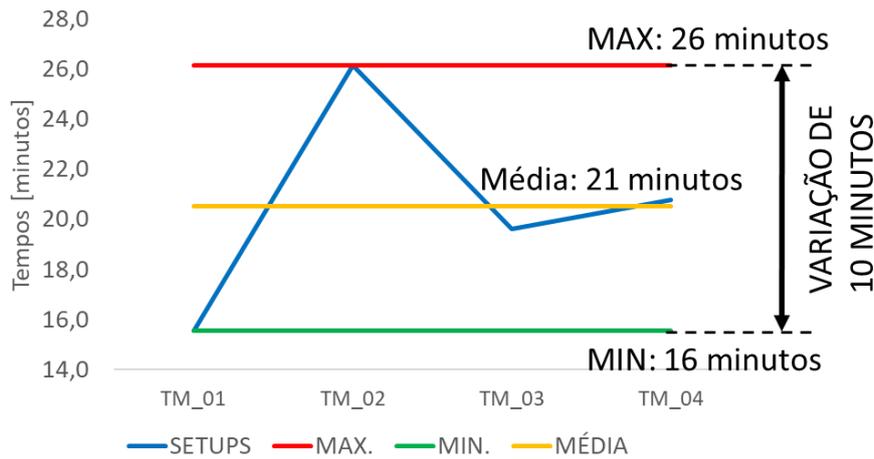


Figura 3.7. Gráfico da variação dos tempos atuais de *setup* do tipo TM.

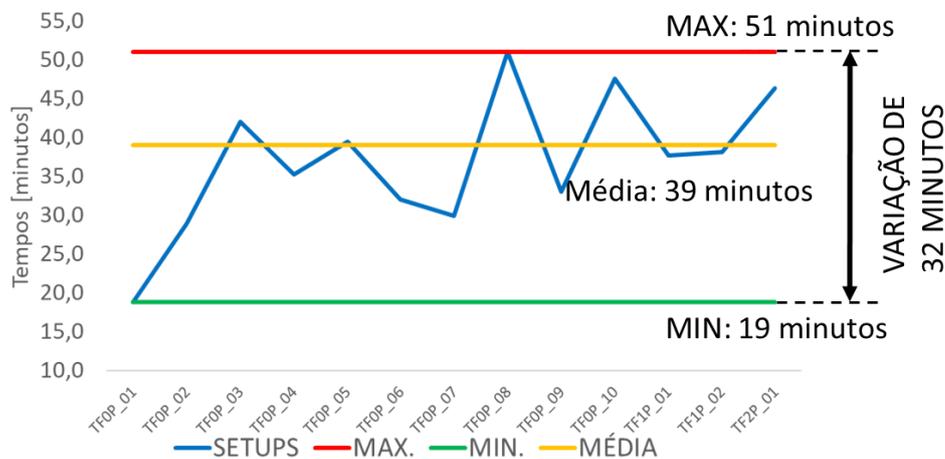


Figura 3.8. Gráfico da variação dos tempos atuais de *setup* dos tipos TFOP, TF1P e TF2P.

Como podemos observar nos dois gráficos, existe uma grande variação e imprevisibilidade de tempos, fugindo bastante da linha média. Com isto, é evidente que não existe uma padronização dos procedimentos de *setup* e que é urgente uma intervenção neste processo. Como existem *setups* dos tipos TF1P e TF2P com uma duração inferior à TFOP (o que é teoricamente impossível), decidiu-se juntar estes três tipos de mudança de ferramenta num único gráfico.

Foi ainda analisada cada etapa efetuada em cada *setup* que foi acompanhado, através das imagens de vídeo, e atribui-se a cada uma a designação de “Valor adicionado”, “Desperdício Necessário” ou “Desperdício Puro”, como sugere a literatura. Definiu-se “Valor Adicionado” para as tarefas que contribuíssem diretamente para a troca de ferramenta, isto é, todas aquelas que são obrigatórias e não podem ser substituídas ou eliminadas. Na Figura 3.9 encontra-se o gráfico de barras com as percentagens médias dos

tempos de “Valor adicionado”, “Desperdício Necessário” e “Desperdício Puro” de todos os *setups* acompanhados e, no APÊNDICE D, os dados específicos de cada observação.

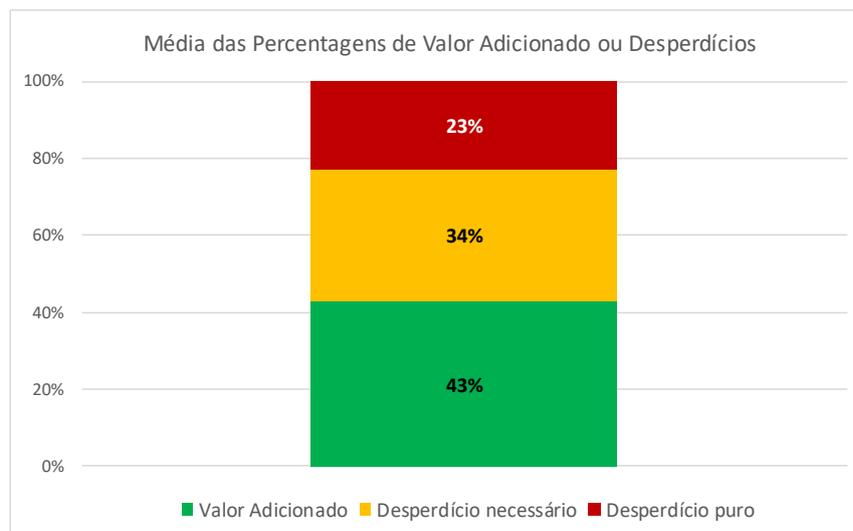


Figura 3.9. Gráfico de barras com as percentagens médias de “Valor adicionado”, “Desperdício Necessário” e “Desperdício Puro” das observações de *setup*.

Analisando o gráfico, podemos concluir que existe um elevado tempo de “Desperdício Puro” por *setup* que deve ser eliminado e igualmente um alto tempo de “Desperdício Necessário” que deve ser transformado ao máximo em trabalho externo. Relativamente às tarefas de “Desperdício Puro”, as mais recorrentes foram retrabalho, espera do técnico de *setup* para chegar ao local de trabalho para realizar a troca de ferramenta e interrupção deste colaborador a meio do *setup*.

Apesar do estudo dos vídeos ser recomendado na literatura, este apresentou as desvantagens de não se conseguirem gravar todos os procedimentos de um *setup*, principalmente quando era efetuado trabalho em paralelo, conseguindo-se apenas capturar imagens de um só colaborador de cada vez.

3.2.2. OEE Atual

Para determinar o OEE atual, foram considerados os meses que apresentam as condições iguais à situação vigente, ou seja, de novembro de 2021 a abril de 2022. Consultando o sistema interno do chão de fábrica, é possível recolher os valores da disponibilidade, *performance* e qualidade de cada mês, por máquina. Relativamente aos números da *performance* e qualidade, serão utilizados diretamente os do sistema, pois chegou-se à conclusão que, após entrevistas aos demais colaboradores da empresa e depois de uma reflexão e análise a estes valores, os valores são fidedignos. No que diz respeito aos

dados da disponibilidade, como os tempos de *setup* entram diretamente neste fator do OEE e não são credíveis (explicado no capítulo 3.2.1.3), não é plausível utilizar diretamente os valores da disponibilidade fornecidos pelo sistema do chão de fábrica. Para calcular a disponibilidade, o sistema utiliza a equação (2.2), sendo que considera quinze tipos específicos de perdas de tempo em paragens.

Para combater o inconveniente anteriormente descrito, ao invés de se utilizarem os tempos de *setup* do sistema do chão de fábrica como um dos quinze tipos de perdas em paragens, utiliza-se a média dos tempos médios atuais de *setup* do tipo TF0P, TF1P e TF2P. A razão pela qual a TM não ser considerada nesta média deve-se ao facto de após os colaboradores da secção de soldadura terem sido consultados, estes informarem que não é recorrente existirem mudanças de máscara em comparação com os outros tipos de *setup*. Na Tabela 3.5 e na Tabela 3.6 são apresentados os valores médios da disponibilidade média atual, *performance*, qualidade, OEE atual e respetivas médias finais por mês e por prensa de soldadura, respetivamente. Na Figura 3.10 encontra-se um gráfico circular representativo do OEE atual e com os valores dos respetivos fatores. No APÊNDICE E é explicada com maior detalhe a determinação do OEE atual.

Tabela 3.5. Disponibilidade, *performance*, qualidade e OEE atual por mês e respetivas médias.

	Disponibilidade Média Atual	Performance	Qualidade	OEE Atual
nov/21	80%	75%	98%	59%
dez/21	77%	86%	99%	65%
jan/22	81%	72%	98%	57%
fev/22	84%	85%	98%	70%
mar/22	81%	76%	99%	60%
abr/22	83%	87%	99%	71%
Média	81%	80%	99%	64%

Tabela 3.6. Disponibilidade, *performance*, qualidade e OEE atual por máquina e respetivas médias.

	Disponibilidade Média Atual	Performance	Qualidade	OEE Atual
SL165	80%	80%	96%	62%
SL179	79%	75%	99%	58%
SL223	83%	78%	99%	65%
SL247	78%	85%	99%	66%
SL630	82%	85%	99%	69%
SL927	84%	78%	99%	65%
Média	81%	80%	99%	64%

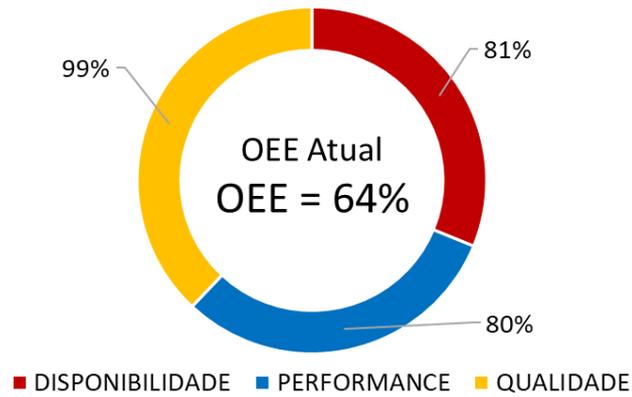


Figura 3.10. Gráfico circular do OEE atual.

Dentro dos quinze tipos de paragens, o tempo despendido em *setup* representa 37% do tempo de todas essas paragens (Figura 3.11), o que demonstra que se deve intervir de modo a reduzir ou eliminar os desperdícios de tempo nesta interrupção de produção. Este cálculo também se encontra esclarecido no APÊNDICE E.

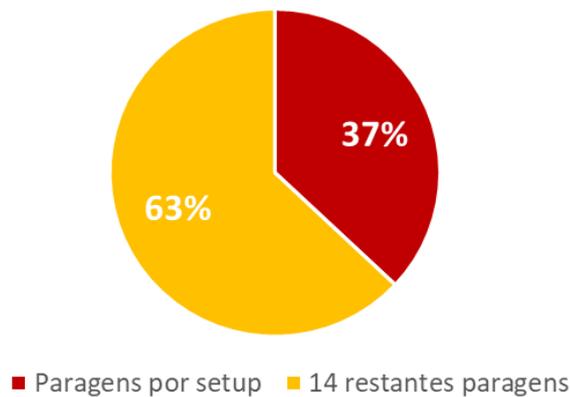


Figura 3.11. Percentagem do tempo total de *setup* nos quinze tipos de paragens.

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

No presente capítulo, primeiramente irá ser apresentada a fase 1 da metodologia SMED, cujo objetivo é separar as tarefas internas das externas, seguidamente é exposta a fase 2 onde se transforma o trabalho interno em externo, depois a fase 3 onde se implementam ações de melhoria e, por fim, todos os resultados serão discutidos e analisados.

4.1. Fase 1 - Separar

A fase 1 da metodologia SMED tem como objetivo caracterizar e separar detalhadamente as atividades internas das externas. Após o acompanhamento dos *setups* em chão de fábrica e o estudo dos seus vídeos, concluiu-se que, atualmente, não existe trabalho externo, ou seja, todos os procedimentos realizados ocorrem enquanto a máquina não está em produção. No APÊNDICE F são apresentadas por cada Grupo todas as etapas, respetivos tempos médios e o tempo total (caso seja só um colaborador a efetuar os procedimentos). Nesta fase, as etapas desnecessárias consideradas “desperdício puro” foram descartadas.

4.2. Fase 2 - Transformar

O intuito desta segunda fase da metodologia SMED é transformar o trabalho interno em externo. Depois de se entrevistar os colaboradores da secção de soldadura da empresa Grupo SACIA e de se analisar os demais *setups* tanto presencialmente como através das vídeo-gravações, chegou-se à conclusão que é possível efetuar as tarefas da Tabela 4.1 enquanto a prensa de soldadura por resistência elétrica ainda se encontra em produção. Os tempos destas tarefas estão presentes nas tabelas do APÊNDICE F.

Tabela 4.1. Tarefas internas transformadas em externas e respetivos Grupos e tempos.

Grupo	Tarefa Transformada em Externa	Tempo por tarefa [s]	Tempo por tarefa [hh:mm:ss]	Tempo por Grupo
1	Guardar documentos na zona out	80	00:01:20	00:01:20
3	Ir buscar lixa	14	00:00:14	00:02:41
	Ir buscar ferramenta no carro SMED	122	00:02:02	
	Ir buscar chaves	25	00:00:25	
3M	Ir buscar chaves	9	00:00:09	00:00:20
	Ir arrumar máscara	11	00:00:11	

4	Ir buscar chave	62	00:01:02	00:01:02
5	Ir buscar chave/parafusos	27	00:00:26	00:06:13
	Arrumar antiga ferramenta e carro SMED	149	00:02:29	
	Afinar máscara	159	00:02:39	
	Colocar peça na máscara para afinar	9	00:00:09	
	Colocar máscara na ferramenta	30	00:00:30	
5M	Ir buscar máscara	10	00:00:10	00:00:18
	Ir buscar chaves/martelo	8	00:00:08	
9	Arrumar chaves	40	00:00:40	00:00:40

As movimentações a efetuar durante um *setup* após a transformação do trabalho interno em externo encontram-se representadas no diagrama de esparguete da Figura 4.1 (a situação anterior é apresentada na Figura 3.4).

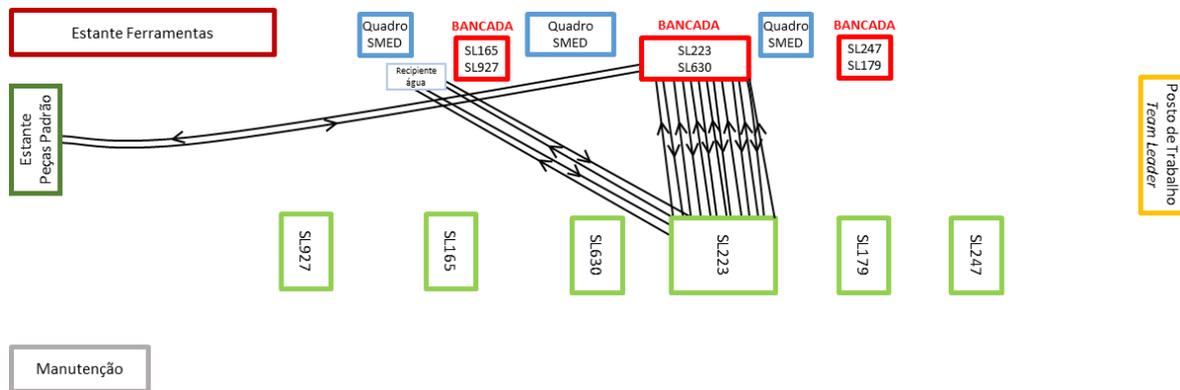


Figura 4.1. Diagrama de esparguete das movimentações num *setup* após a transformação do trabalho interno em externo.

4.3. Fase 3 - Reduzir

Nesta fase, o objetivo é implementar soluções ou melhorias para que os tempos tanto das tarefas internas como das externas sejam reduzidos. Antes de se aplicarem, recorreu-se à ferramenta *lean 5-Why* para se encontrarem as causas-raiz dos problemas identificados que contribuem para desperdícios de tempo. Mais uma vez, as falhas foram reconhecidas através do acompanhamento de *setups*, análise de gravações de vídeo de trocas de ferramenta e entrevistas aos colaboradores. No APÊNDICE G encontra-se o 5-Why completo deste projeto, com a respetiva identificação numérica de cada causa-raiz. Como recomendado na literatura, reuniram-se esforços para que cada problema tivesse sido respondido pelo menos cinco vezes à pergunta “porquê”, porém, em alguns casos, não se conseguiu atingir esse número pois os problemas apresentavam simplicidade na determinação da suas causas-raiz. Em alguns casos, diferentes falhas apresentam a mesma causa.

Em virtude da utilização desta ferramenta *lean*, facilmente se alcançaram as eventuais ações para combater as causas-raiz de cada falha identificada (Tabela 4.2). Em alguns casos, para diferentes causas-raiz, a ação a realizar é a mesma.

Tabela 4.2. Ações a realizar.

C.Raiz nº	Ação nº	Ação a Realizar
1	1	Organizar estantes por zonas, segundo o peso e máquina onde a ferramenta mais trabalha
2, 24	2	Criação de lista de tarefas externas
3	3	Organizar posições <i>standard</i> nas gavetas dos carros “SMED”
4, 9, 22	4	Criação de instruções de trabalho e formação dos colaboradores
5	5	Criar engates rápidos para fixar mangueiras enquanto ocorre <i>setup</i>
6	6	Colocar proteção contra água no macaco hidráulico
7	7	Gestão visual nas torneiras do esgoto/água
8	8	Verificar e corrigir identificação de cores nas mangueiras/ficha
10	9	Criação de mecanismo de previsão de <i>setup</i> para avisar o técnico em tempo real
11	10	Colocar luz de aviso enquanto ocorre <i>setup</i>
12, 13	11	Criar regra para priorizar <i>setup</i>
14	12	Comunicação do resultado do ensaio destrutivo para o HMI em tempo real
15	13	Parafusos hidráulicos que são acionados através do HMI
16	14	6 parafusos em todas as máquinas, 3 de cada lado
17, 18	15	Aplicar apertos rápidos nos parafusos de ajuste de altura
19	16	Cilindro com fuso-porca que vai automaticamente para a altura da mesa, através de HMI
20	17	Agrupar as alturas de trabalho das ferramentas e colocar marcações na máquina
21	18	Colocar régua de porcas nos rasgos superiores com localizações pré-definidas
23	19	Rasgo no suporte do acrílico para encaixar/desencaixar parafuso e porca de uma só vez
24	20	Molas de torção como aperto rápido para a porca de ajuste de altura da máscara
26	21	Articulações dentadas nas lanças dos alimentadores de porcas
27	22	Aplicar apertos rápidos nos parafusos das articulações das lanças
28	23	HMI ou computador para a operadora preencher a documentação com pré-respostas
29	24	Definir que só existem <i>racks</i> e não contentores

Para se conhecer as soluções mais pertinentes a implementar, todas estas vinte e quatro melhorias foram avaliadas individualmente consoante o nível de benefício que trarão (relativamente ao tempo de *setup*) e a quantidade de esforço que será necessário para serem

aplicadas. Esta análise foi consoante várias consultas a diversos colaboradores da empresa que possuem experiência de já terem aplicado soluções semelhantes. Consoante a avaliação, o número da ação foi colocado na respetiva localização de um *pick chart* (Figura 4.2).

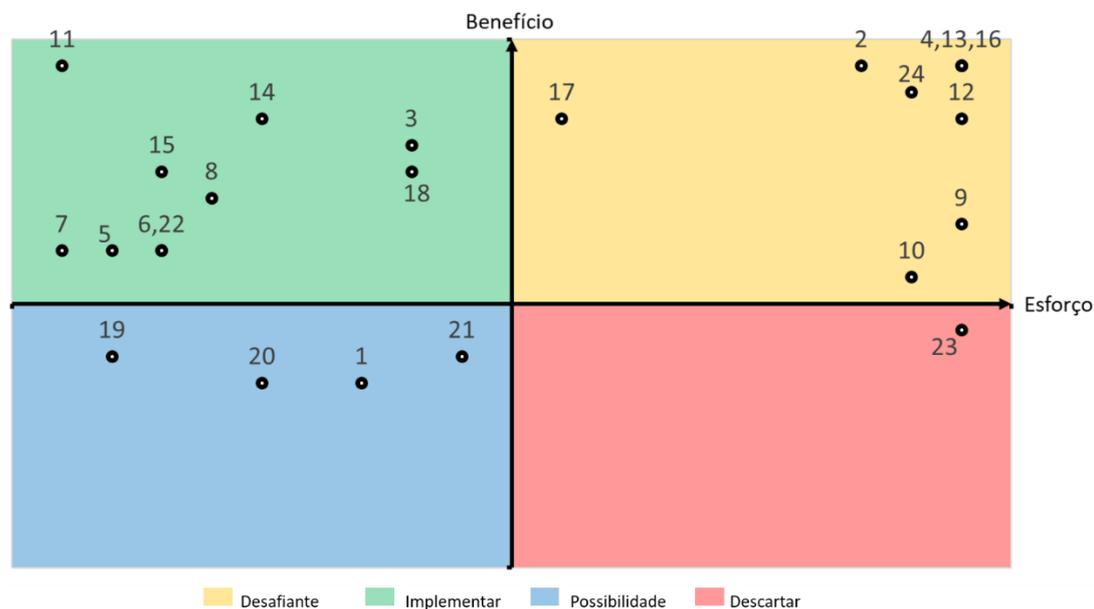


Figura 4.2. *Pick chart* das ações a realizar.

Decidiu-se começar por implementar as ações que abrangem procedimentos e que não envolvem investimentos financeiros, ou seja, as número 2, 11 e 4 (por esta ordem), mesmo apesar de a 2 e 4 serem consideradas “desafiante” por apresentarem elevado benefício e esforço.

A ação 2 já tinha sido praticamente concretizada no capítulo 4.2, quando se transformou o trabalho interno em externo, faltando apenas documentar os procedimentos externos. No APÊNDICE H encontram-se os Procedimentos Operacionais *Standard* (POS) das tarefas externas realizadas pelo *team leader* e pelo técnico. Estes POS foram criados segundo o *template* interno da empresa, onde as tarefas são descritas de forma cronológica e com auxílio de imagens, para que haja uma gestão visual para o leitor. Nos dois POS foi anotado na secção “Pontos Importantes” que “o *setup* é prioridade e jamais deverá ser interrompido”, cumprindo-se assim a implementação da ação 11.

Relativamente à ação número 4, as instruções de trabalho, tal como a literatura sugere, foram concebidas para que exista trabalho padrão paralelo tanto do técnico de *setup* como do operador da máquina. Atribuíram-se as tarefas que requeiram habilidade ao técnico e o preenchimento da documentação ao operador da máquina, como advertido no capítulo 3.1. Por vezes, existem procedimentos que são efetuados ao mesmo tempo (retirar/colocar a ferramenta na máquina ou apertar/desapertar os parafusos de altura), pelo que antes de se

realizarem estes trabalhos, haverão tempos de espera por parte de um dos colaboradores. Assim, as demais tarefas do trabalho padrão foram ordenadas aprimoradamente não só para que o tempo total de *setup* fosse o mais curto possível, mas também para que estas esperas fossem as menores, algo que exigiu um elevado esforço. Evidentemente, foi respeitada a ordem cronológica dos diferentes Grupos de procedimentos dos vários tipos de *setup* da Tabela 3.1. As tarefas consideradas e respectivos tempos foram as do APÊNDICE F, excluindo as tarefas internas que foram transformadas em externas anteriormente.

As instruções foram divididas em cinco, para que haja uma padronização: desmontagem e montagem de máscara, desmontagem de ferramenta (visto que é igual para todos os tipos de *setup*), montagem de ferramenta sem alimentador de porcas, montagem de ferramenta com um alimentador de porcas e montagem de ferramenta com dois alimentadores de porcas. Foi utilizado o *template* interno do Grupo SACIA, denominado de Operação *Standard de Setup* (OSS), para documentar as instruções de trabalho cronologicamente e com recurso a imagens para uma gestão visual. Foram criados POS como anexos para explicarem individualmente atividades que apresentam complexidade de serem realizadas, pois as instruções de trabalho foram idealizadas para que, se todos os colaboradores fossem trocados de um dia para o outro, os novos trabalhadores, ao lerem toda esta documentação, conseguissem realizar as tarefas facilmente. Assim, para além dos POS das tarefas externas, foram criados outros cinco POS para suplementar as cinco OSS: retirar e colocar máscara, remover ferramenta, ajustar altura da mesa da máquina, colocar ferramenta e ajustar alimentador de porcas. No APÊNDICE I é apresentado um exemplo de uma OSS (montagem de ferramenta com dois alimentadores de porcas) e de um POS suplementar (ajuste dos alimentadores de porcas).

Após a criação das instruções de trabalho para que o operador da máquina e o técnico de *setup* trabalhem em simultâneo, o tempo teórico objetivo de cada tipo de *setup* com ajuste de altura da mesa da máquina é apresentado na Tabela 4.3 e sem ajuste na Tabela 4.4. Na TM, visto que é sempre realizada na mesma ferramenta, nunca há ajuste de altura da mesa.

Tabela 4.3. Tempos objetivos de cada tipo de *setup* com ajuste de altura.

COM AJUSTE DE ALTURA DA MESA DA MÁQUINA			
Tipo de Setup	Tempo de Desmontagem [hh:mm:ss]	Tempo de Montagem [hh:mm:ss]	Tempo Objetivo [hh:mm:ss]
TF0P	00:05:10	00:13:07	00:18:17
TF1P	00:05:10	00:17:20	00:22:30
TF2P	00:05:10	00:21:08	00:26:18
		Média	00:22:18

Tabela 4.4. Tempos objetivos de cada tipo de *setup* sem ajuste de altura.

SEM AJUSTE DE ALTURA DA MESA DA MÁQUINA			
Tipo de Setup	Tempo de Desmontagem [hh:mm:ss]	Tempo de Montagem [hh:mm:ss]	Tempo Objetivo [hh:mm:ss]
TM	00:04:00	00:09:08	00:13:08
TF0P	00:05:10	00:11:21	00:16:31
TF1P	00:05:10	00:15:34	00:20:44
TF2P	00:05:10	00:19:22	00:24:32

Através destes tempos objetivos, é possível calcular o OEE objetivo. Utilizando a média de tempos objetivos de *setups* do tipo TF0P, TF1P e TF2P com ajuste de altura (*setups* que ocorrem com mais frequência, explicado no capítulo 3.2.2) e mantendo constantes os fatores atuais da *performance* e qualidade, pode-se calcular o OEE objetivo da mesma forma que a apresentada no APÊNDICE E. Assim, na Figura 4.3, é exposto o valor do OEE atual (66%) e respetivos fatores.

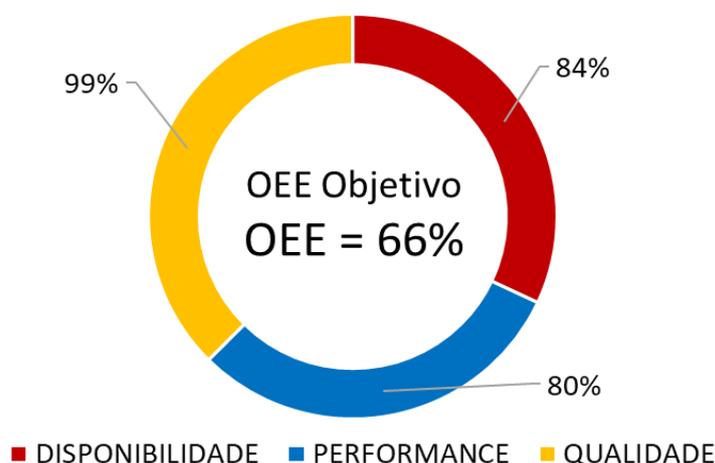
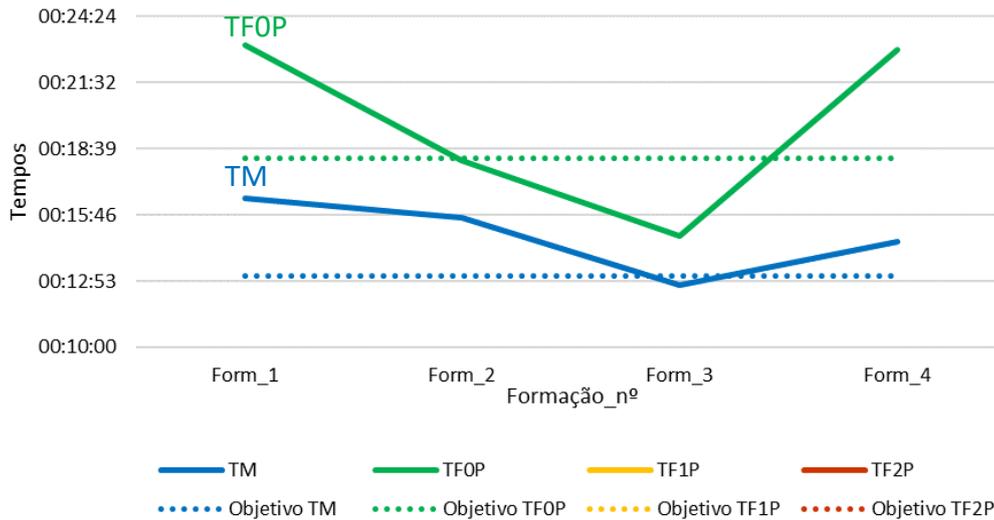


Figura 4.3. Gráfico circular do OEE objetivo.

Após a documentação das instruções de trabalho, no chão de fábrica da secção de soldadura convencional, formaram-se os colaboradores da empresa relativamente aos novos procedimentos de *setup*. Os tempos dos *setups* destas formações encontram-se na Tabela 4.5 e o respetivo gráfico na Figura 4.4.

Tabela 4.5. Tempos dos *setups* realizados em formação dos novos procedimentos.

Formação	TIPOS DE <i>SETUP</i>			
	TM	TFOP c/ ajuste altura	TF1P	TF2P
Form_1	00:16:31	00:23:11	-	-
Form_2	00:15:38	00:18:07	-	-
Form_3	00:12:43	00:14:50	-	-
Form_4	00:14:37	00:22:57	-	-
Média	00:14:52	00:19:46		

**Figura 4.4.** Gráfico dos tempos dos *setups* realizados em formação dos novos procedimentos.

A razão de ter existido formação num número reduzido de *setups* deve-se à curta duração do estágio, pois foi apenas possível dar instrução na última semana, e também ao facto da empresa não estar a produzir a um ritmo normal (cerca de 40% da atividade normal) em consequência da crise em que se encontra o maior cliente do Grupo SACIA, como explicado no capítulo 3.2.1.2.

Após a implementação das ações número 2, 11 e 4, decidiu-se concretizar a ação número 1. Apesar de se encontrar no quadrante “possibilidade” do *pick chart* devido a não ter benefícios vantajosos pois contribui apenas para a redução do tempo das tarefas externas e não diretamente do tempo de *setup*, concluiu-se que as ferramentas estavam organizadas de forma aleatória e não intuitiva (APÊNDICE A). Para além disso, o motivo principal de se implementar tão cedo esta melhoria deve-se ao facto de algumas ferramentas com peso elevado encontrarem-se em prateleiras bastante elevadas, o que compromete fortemente a segurança dos colaboradores. Deste modo, através da ferramenta *lean 5S's*, organizaram-se as ferramentas nas cinco estantes consoante o peso (as mais pesadas nas prateleiras inferiores) e por proximidade à prensa de soldadura onde mais produzem. Para uma disposição intuitiva, foi atribuída uma cor e letra a cada estante e, dentro de cada estante,

cada prateleira tem um número associado. Todas as ferramentas apresentam uma etiqueta com a sua localização. Relativamente às máscaras, foram penduradas de lado das estantes onde se encontra a respetiva ferramenta, desta vez com a parede toda pintada com a cor da estante. Estas melhorias estão apresentadas na Figura 4.5.

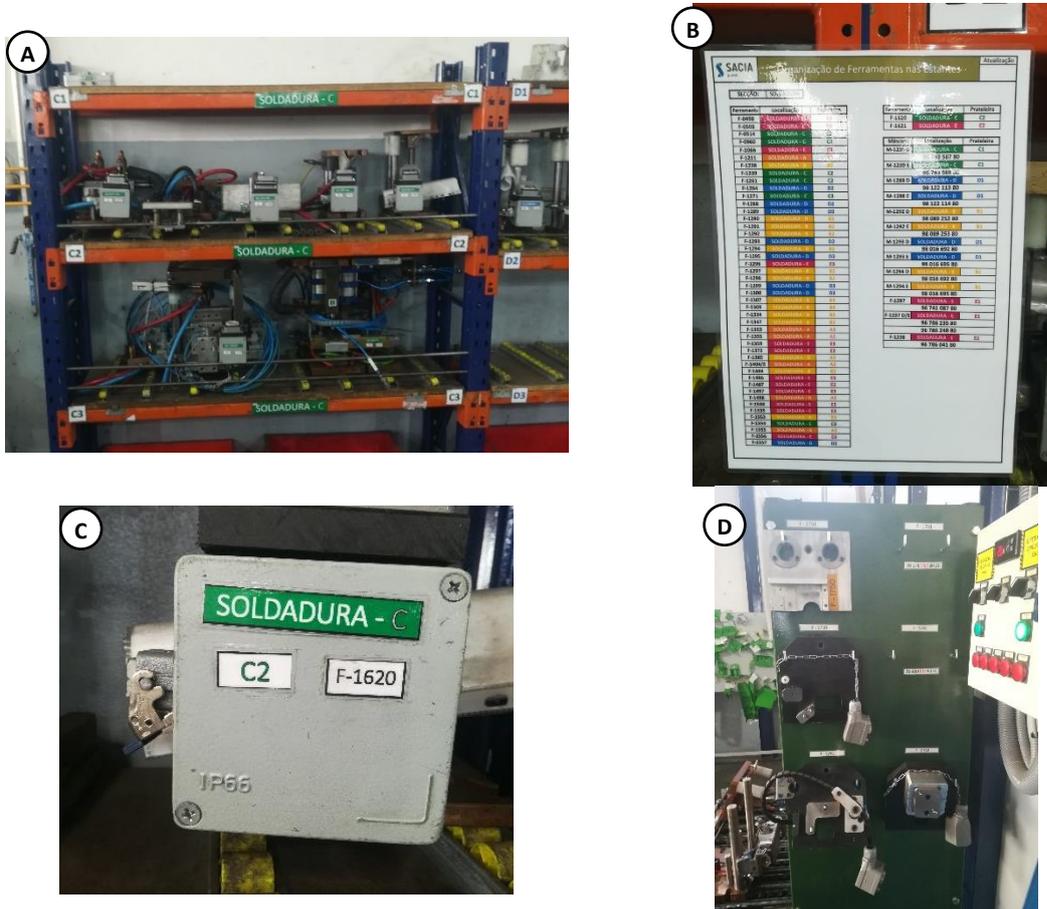


Figura 4.5. A – Estante e respetivas prateleiras; B – Lista da organização das ferramentas nas estantes; C – Identificação da localização numa ferramenta; D – Organização das máscaras.

Em relação às restantes ações de melhoria, devido à curta duração do estágio, não foi possível implementá-las. No caso das ações número 12, 14, 15 e 24, é possível ter uma estimativa de ganhos de tempo mais precisa, pois o ganho de tempo da ação número 12 corresponde ao tempo de deslocação da cabine de ensaios até à zona das prensas convencionais e as ações 14, 15 e 24, como já estão implementadas em algumas máquinas, consegue-se facilmente chegar aos ganhos de tempo. Todos os outros ganhos de tempo das ações excluindo as 1, 2, 4, 11, 12, 14, 15 e 24, foram estimados de forma verossímil e refletida após reunião com diversos colaboradores com experiência na área. Na Tabela 4.6 são apresentados os ganhos de tempo e os estados das ações a realizar.

Tabela 4.6. Ganhos de tempo das ações a realizar e respetivos estados.

Ação nº	Ação a Realizar	Ganhos [s]	Estado
1	Organizar estantes por zonas, segundo o peso e máquina onde a ferramenta mais trabalha	0	Concluído
2	Criação de lista de tarefas externas	715 (média)	Concluído
3	Organizar posições <i>standard</i> nas gavetas dos carros “SMED”	5	<i>Plan</i>
4	Criação de instruções de trabalho e formação aos colaboradores	1052 (média)	Concluído
5	Criar engates rápidos para fixar mangueiras enquanto ocorre <i>setup</i>	15	<i>Plan</i>
6	Colocar proteção contra água no macaco hidráulico	15	<i>Plan</i>
7	Gestão visual nas torneiras do esgoto/água	18	<i>Plan</i>
8	Verificar e corrigir identificação de cores nas mangueiras/ficha	25	<i>Plan</i>
9	Criação de mecanismo de previsão de <i>setup</i> para avisar o técnico em tempo real	30	<i>Plan</i>
10	Colocar luz de aviso enquanto ocorre <i>setup</i>	5	<i>Plan</i>
11	Criar regra para priorizar <i>setup</i>	40	Concluído
12	Comunicação do resultado do ensaio destrutivo para o HMI em tempo real	25	<i>Plan</i>
13	Parafusos hidráulicos que são acionados através do HMI	138	<i>Plan</i>
14	6 parafusos em todas as máquinas, 3 de cada lado	20	<i>Plan</i>
15	Aplicar apertos rápidos nos parafusos de ajuste de altura	44	<i>Plan</i>
16	Cilindro com fuso-porca que vai automaticamente para a altura da mesa, através de HMI	24	<i>Plan</i>
17	Agrupar as alturas de trabalho das ferramentas e colocar marcações na máquina	50	<i>Do</i>
18	Colocar régua de porcas nos rasgos superiores com localizações pré-definidas	90	<i>Plan</i>
19	Rasgo no suporte do acrílico para encaixar/desencaixar parafuso e porca de uma só vez	50	<i>Plan</i>
20	Molas de torção que funciona como aperto rápido para a porca de ajuste de altura da máscara	20	<i>Plan</i>
21	Articulações dentadas nas lanças dos alimentadores de porcas	60	<i>Plan</i>
22	Aplicar apertos rápidos nos parafusos das articulações das lanças	30	<i>Plan</i>
23	HMI ou computador para o operador preencher a documentação com pré-respostas	0	Anulado
24	Definir que só existem <i>racks</i> e não contentores	100	<i>Plan</i>

A ação número 23 acabou por ser anulada pois concluiu-se que o tempo que o operador da máquina gasta em preencher a documentação em papel, corresponde com o tempo que seria feito no HMI. As ações número 12, 13 e 16, como apresentam um elevado esforço, pois

engloba tratamento de dados em tempo real e requerem a subcontratação de empresas especialistas em projetos de indústria 4.0, foram consideradas melhorias a implementar a longo prazo. A ação número 24 também foi considerada uma melhoria a longo prazo pois para substituir os contentores sempre por *racks*, será necessária uma nova organização interna que requererá grandes esforços e mão-de-obra extra para reembalamento. As restantes ações não concluídas poderão ser implementadas a curto prazo.

Aplicando estes ganhos de tempos nas tarefas das instruções de trabalho e mantendo a mesma ordem de procedimentos, obtêm-se os tempos futuros com ajuste de altura da mesa da máquina apresentados na Tabela 4.7 e sem ajuste na Tabela 4.8.

Tabela 4.7. Tempos futuros de cada tipo de *setup* com ajuste de altura.

COM AJUSTE DE ALTURA DA MESA DA MÁQUINA			
Tipo de Setup	Tempo de Desmontagem [hh:mm:ss]	Tempo de Montagem [hh:mm:ss]	Tempo Futuro [hh:mm:ss]
TF0P	00:04:17	00:07:34	00:11:48
TF1P	00:04:17	00:10:17	00:14:31
TF2P	00:04:17	00:12:45	00:17:02
		Média	00:14:27

Tabela 4.8. Tempos futuros de cada tipo de *setup* sem ajuste de altura.

SEM AJUSTE DE ALTURA DA MESA DA MÁQUINA			
Tipo de Setup	Tempo de Desmontagem [hh:mm:ss]	Tempo de Montagem [hh:mm:ss]	Tempo Futuro [hh:mm:ss]
TM	00:03:10	00:07:15	00:10:25
TF0P	00:04:17	00:07:31	00:11:33
TF1P	00:04:17	00:10:14	00:14:16
TF2P	00:04:17	00:12:35	00:16:47

Posto isto, tendo em conta o tempo médio dos *setups* do tipo TF0P, TF1P e TF2P (os que ocorrem com mais frequência) e mantendo mais uma vez constantes os valores atuais dos fatores *performance* e qualidade, é possível calcular o OEE futuro (do mesmo modo que no capítulo 3.2.2) que engloba todas as melhorias implementadas. Na Figura 4.6, é apresentado o valor do OEE futuro (67%) e respetivos fatores.

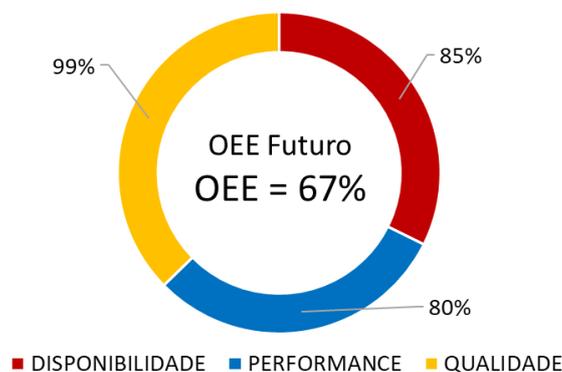


Figura 4.6. Gráfico circular do OEE futuro.

4.4. Discussão de Resultados

Começando por analisar a fase 1 da metodologia SMED, no caso deste projeto, não houve qualquer separação do trabalho interno em externo pois todas as tarefas inicialmente eram efetuadas enquanto a prensa se encontrava parada para *setup*. Deste modo, o resultado desta fase vai contra aquilo que Shingo defende na literatura, de que esta é a fase mais importante.

No que se refere à fase 2, ao transformarem-se as tarefas internas “Ir buscar máscara”, “Afinar máscara”, “Colocar peça na máscara para afinar” e “Colocar máscara na ferramenta” em trabalho externo, automaticamente elimina-se o tipo de *setup* troca de ferramenta e máscara, o que vai contribuir para uma melhor padronização do processo de *setup*, pois é menos um tipo a existir. Na Tabela 4.9 são apresentados os ganhos de tempo na transformação das tarefas internas em externas, por Grupo.

Tabela 4.9. Ganhos de tempo por Grupo da transformação do trabalho interno em externo.

Grupo	Tempo Transformado [s]	Tempo Total Grupo [s]	Ganhos
1	80	203	39%
3	161	459	35%
3M	20	100	20%
4	62	238	26%
5	373	814	46%
5M	18	320	5%
9	40	357	11%

Reunindo os tempos totais de cada Grupo através das tabelas do APÊNDICE F, subtraindo a estes o “Tempo Transformado” correspondente da Tabela 4.9 e associando os Grupos aos tipos de *setup* segundo a Tabela 3.2, é possível obter o tempo após a transformação de trabalho interno em externo de cada tipo de *setup* (caso seja só um colaborador a realizá-lo) e respetivos ganhos (Tabela 4.10).

Tabela 4.10. Ganhos de tempo por tipo de *setup* da transformação do trabalho interno em externo.

	Tipo de <i>Setup</i>	Tempo Médio Atual [hh:mm:ss]	Tempo Após Transformação [hh:mm:ss]	Ganhos
C/Ajuste Altura	TM	00:27:40	00:25:03	9%
	TF0P	00:45:51	00:33:55	26%
	TF1P	00:50:03	00:38:07	24%
	TF2P	00:53:50	00:41:55	22%

Com todas estas transformações, também é visível nos diagramas de esparguete da situação anterior (Figura 3.4) e posterior (Figura 4.1) que existe uma elevada redução de movimentações, mais especificamente menos 15 deslocações que representam uma diminuição de 56%.

Relativamente à última fase, na criação de instruções de trabalho paralelo, os ganhos de tempo relativamente à situação atual são apresentados na Tabela 4.11, onde já inclui a transformação do trabalho interno em externo. De forma geral, nos tipos de *setup* mais recorrentes (TF0P, TF1P e TF2P), houve um ganho médio de 44%.

Tabela 4.11. Ganhos do tempo objetivo relativamente à situação atual.

	Tipo de <i>Setup</i>	Tempo Médio Atual [hh:mm:ss]	Tempo Objetivo [hh:mm:ss]	Ganhos	
	TM	00:20:32	00:13:08	36%	
C/ Ajuste Altura	TF0P	00:35:48	00:18:17	49%	Média = 44%
	TF1P	00:38:37	00:22:30	42%	
	TF2P	00:45:06	00:26:18	42%	

Na Figura 4.7 encontra-se representado, num gráfico de barras, o tempo médio atual e o tempo objetivo de todos os tipos de *setup* (com ajuste de altura).

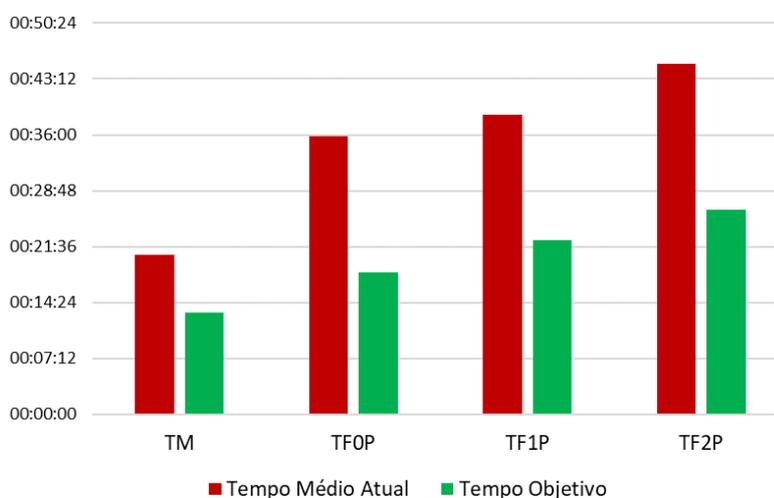


Figura 4.7. Gráfico de barras do tempo médio atual e tempo objetivo por tipo de *setup*.

É de salientar os ganhos de tempos que se conseguem obter sem qualquer investimento financeiro, apenas transferindo trabalho que se efetua enquanto a máquina está parada para antes ou depois do *setup* e ordenando os procedimentos da melhor forma possível para que o tempo total do trabalho simultâneo do operador da máquina e do técnico de *setup* seja o menor possível. Com a criação destas novas instruções de trabalho, é possível prever os tempos objetivos de *setup* consoante o tipo de troca de ferramenta e se é necessário ajustar a altura da mesa inferior da máquina (Tabela 4.3 e Tabela 4.4). Assim, consegue-se alcançar

um dos grandes objetivos deste projeto, que é ter conhecimento *a priori* do tempo preciso de *setup* para que haja um planeamento de produção com a devida exatidão.

No que diz respeito à formação em chão de fábrica das novas OSS, apesar da amostra ser reduzida pelas razões apresentadas anteriormente, os resultados aproximam-se muito do tempo objetivo. Mesmo numa fase inicial de formação (com o *setup* a ser várias vezes interrompido para serem dadas instruções), os tempos foram sempre inferiores aos tempos atuais. Mais, em duas ocasiões, o tempo objetivo foi cumprido e ultrapassado, o que comprova que as novas instruções de trabalho resultam. Também é de realçar a baixa amplitude dos tempos da formação (Figura 4.4), o que demonstra que as novas OSS contribuem para tempos de *setup* uniformes e padronizados, o que fará com que haja uma precisa antevisão de duração de *setups* para o planeamento de produção. Na Figura 4.8 podemos comparar o tempo médio atual, tempo objetivo e tempo médio de formação dos *setups* do tipo TM e TFOP (os únicos onde foi possível dar formação) sob a forma de gráfico de barras.

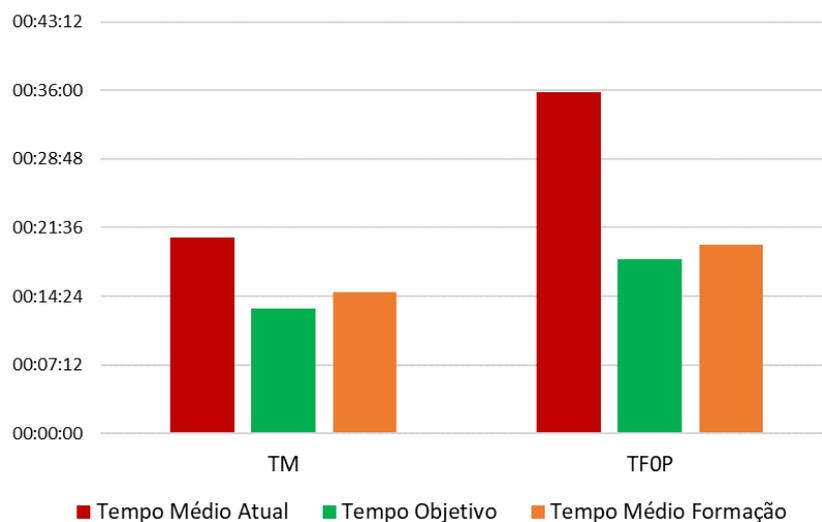


Figura 4.8. Gráfico de barras do tempo médio atual, tempo objetivo e tempo médio de formação dos *setups* do tipo TM e TFOP.

Constatou-se que, após apresentar o tempo objetivo a cumprir aos colaboradores da secção de soldadura, estes se sentiram motivados em atingi-lo e ultrapassá-lo, algo que não acontecia anteriormente pois não havia qualquer indicador de tempos de *setup* pretendidos. Também se concluiu que os funcionários com idade avançada e que têm mais tempo de trabalho na empresa resistem bastante à mudança de procedimentos, o que fez com que fossem estes a realizar os *setups* mais demorosos, enquanto que os menores tempos foram efetuados por colaboradores de idade jovem e com menos tempo na fábrica.

Acerca da implementação das restantes melhorias com investimento financeiro nas instruções de trabalho (mantendo a mesma sequência de tarefas), os ganhos de tempo estimados de cada tipo de *setup* da situação futura relativamente à situação atual encontram-se na Tabela 4.12.

Tabela 4.12. Ganhos do tempo futuro de *setup* relativamente à situação atual.

		Tipo de <i>Setup</i>	Tempo Médio Atual [hh:mm:ss]	Tempo Futuro [hh:mm:ss]	Ganhos
C/ Ajuste Altura		TM	00:20:32	00:10:25	49%
		TF0P	00:35:48	00:11:48	67%
		TF1P	00:38:37	00:14:31	62%
		TF2P	00:45:06	00:17:02	62%
					Média = 64%

Na Figura 4.9 podemos comparar o tempo médio atual, tempo objetivo e tempo futuro dos tipos de *setup* (com ajuste de altura da mesa inferior da máquina), sob a forma de gráfico de barras.

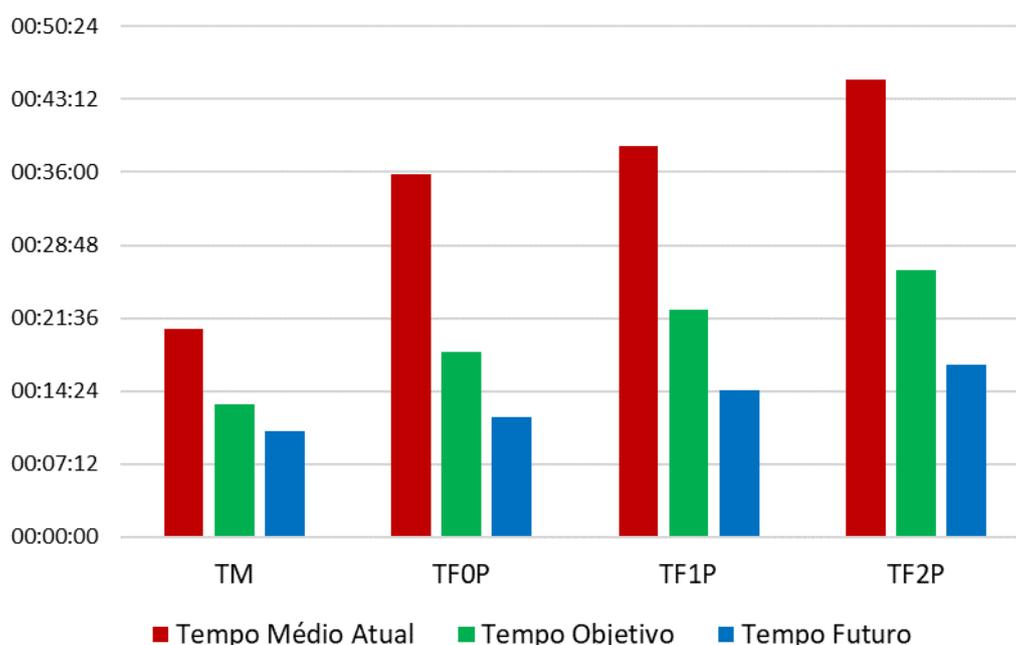


Figura 4.9. Gráfico de barras do tempo médio atual, tempo objetivo e tempo futuro por tipo de *setup*.

Ao comparar os valores médios dos ganhos dos tipos de *setup* que mais ocorrem (TF0P, TF1P e TF2P com ajuste de altura da mesa) da situação objetiva e da situação futura, pode-se concluir que compensa tanto em termos de ganhos de tempo como financeiramente aplicar novos procedimentos do que investir monetariamente em melhorias, pois ganha-se em média 44% de tempo com novas instruções de trabalho enquanto que, em ações de melhoria que impliquem gastos numerários, ganha-se em média 20%.

Devido à ação número 17 “Agrupar as alturas de trabalho das ferramentas e colocar marcações na máquina”, ao associar uma altura de trabalho a cada ferramenta, vai ser possível planejar a produção de forma a colocar ferramentas com a mesma altura de trabalho de forma seguida, o que fará não ser necessário ajustar a mesa inferior da máquina quando se realizar *setup*, permitindo assim um maior tempo total de produção. Este aspeto vai fundamentar a crítica dirigida à metodologia SMED no capítulo 2.2.3.

Analisando os tempos futuros de *setup* da Tabela 4.7 e Tabela 4.8, há uma pequena diferença de tempo de ajuste de altura da mesa inferior da prensa de soldadura, de 15 segundos, o que significa que, aplicando as ações número 13 e 16 (consideradas melhorias a longo prazo no capítulo 4.3), pode-se desprezar o ajuste de altura da mesa, o que contribuirá para uma maior padronização do processo de *setup*, pois existirá menos uma OSS e não será necessário um esforço para planejar a montagem de ferramentas seguidas com a mesma altura de trabalho.

Observando a Tabela 4.6, o tempo médio ganho na “Criação de lista de tarefas externas”, que corresponde com a fase 2 da metodologia SMED, é inferior aos ganhos médios na “Criação de instruções de trabalho e formação aos colaboradores”, incluído na fase 3 do SMED. Assim, mais uma vez, este facto contradiz aquilo que Shingo defende na literatura (capítulo 2.2.3), que a fase 1 e 2 do SMED são as mais importantes (sendo que na fase 1 não se obteve qualquer ganho, como explicado no início deste capítulo).

É de salientar a importância que as entrevistas aos colaboradores originaram, não só na determinação de melhorias a implementar, mas também na determinação de estimativas de tempo para certas ações.

Finalmente, para as seis prensas convencionais de soldadura em análise, os valores médios do fator disponibilidade e do OEE para a situação atual, situação objetiva e situação futura são apresentados na Figura 4.10 e na Figura 4.11, respetivamente, sob a forma de gráfico de barras. Os fatores *performance* e qualidade para o cálculo dos três diferentes OEE foram mantidos constantes desde a situação atual, ou seja, 80% e 99%, respetivamente (Figura 3.10).

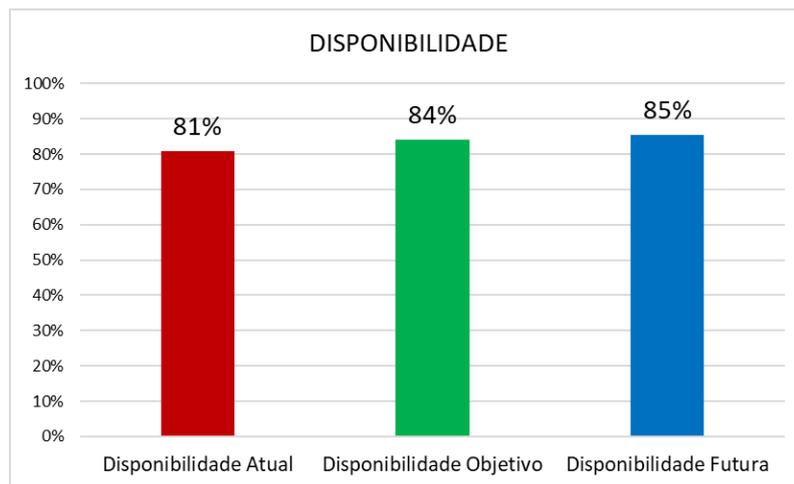


Figura 4.10. Gráfico de barras do fator disponibilidade da situação atual, objetiva e futura.

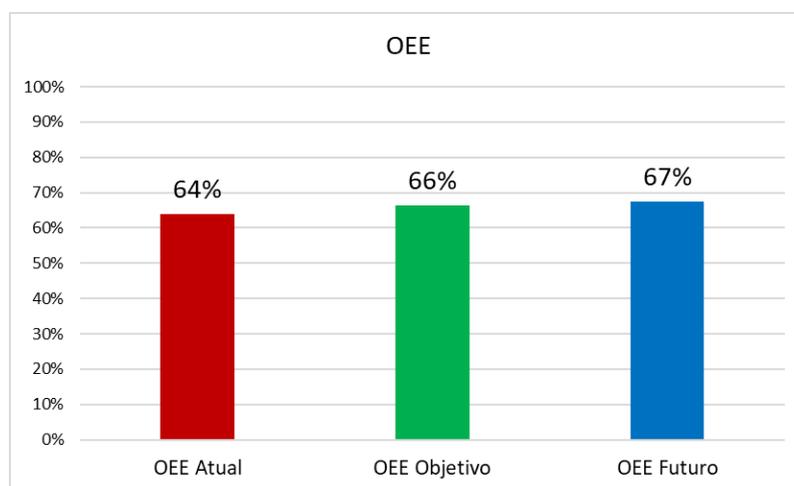


Figura 4.11. Gráfico de barras do OEE médio da situação atual, objetiva e futura.

Como seria expectável, a evolução tanto das diferentes disponibilidades médias como dos diferentes OEE médios, variam de forma similar com os ganhos de tempo das respetivas situações.

Relativamente à disponibilidade média, há um aumento aproximado de 3% na situação objetiva e de 4% futuramente, comparando com a situação atual. Porém, assim como os ganhos de tempo de *setup* nas várias situações analisadas, há um maior aumento de disponibilidade quando se implementam melhorias sem investimentos financeiros do que com.

Quanto ao OEE médio, a situação é equivalente à da disponibilidade, há um aumento de 2% na situação objetiva e de 3% futuramente, comparando com a situação atual. Mais uma vez, há um maior aumento de OEE quando se implementam melhorias sem investimentos financeiros do que com.

5. CONCLUSÕES E FUTURAS MELHORIAS

Neste capítulo, serão apresentadas as principais conclusões e resultados desta dissertação e, para terminar, serão expostas melhorias que poderão vir a ser implementadas no futuro.

5.1. Conclusões

A partir da implementação da metodologia SMED em seis prensas convencionais de soldadura, os principais objetivos desta dissertação são reduzir ao máximo o tempo de *setup* e consequentemente o aumento do OEE, uma documentação standard das instruções de trabalho, padronizar as OSS nas máquinas, transformar tarefas internas em externas, aplicar eventuais melhorias e dividir o tempo de montagem e desmontagem de cada tipo de *setup* para que possa haver uma previsão para o planeamento de produção.

Começando pela fase 0 do SMED, foi possível caracterizar a situação atual ao definir a ordem cronológica dos vários tipos de *setup*, obter o número de *setups* do último ano e os tempos médios atuais. Apesar do estudo dos vídeos dos *setups* ser recomendado na literatura, não é possível gravar todos os procedimentos de um *setup*, principalmente quando é efetuado trabalho em paralelo, conseguindo-se apenas capturar imagens de um só colaborador de cada vez.

Em relação à fase 1, como na situação atual não existia trabalho realizado externamente, não houve separação entre tarefas internas e externas (eram todas internas).

Relativamente à fase 2, as tarefas transformadas em externas representam um valor médio de 24% nos tipos de *setup* que acontecem com mais frequência (TF0P, TF1P e TF2P com ajuste de altura). Esta transformação contribui para uma diminuição de 56% em movimentações.

Na fase 3 do SMED, a implementação das melhorias sem investimento financeiro (instruções de trabalho) fez com que houvesse um ganho médio de tempo de 44%, o que fez com que o OEE objetivo (66%) aumentasse em média 2% relativamente ao OEE atual (64%). Com estas novas OSS, é possível prever os tempos de montagem e desmontagem de ferramenta de cada tipo de *setup*. Quando se deu formação aos colaboradores dos novos procedimentos, mesmo numa fase inicial de instrução, os tempos foram próximos ao objetivo e, em duas situações, foi ultrapassado, o que demonstra que as novas OSS resultam.

Acerca da implementação das restantes melhorias com investimento financeiro, representam um ganho de tempo médio estimado de 64% quando comparado com a situação atual, o que fará com que o OEE médio futuro estimado seja de 67%. Deste modo, há maiores ganhos ao implementarem-se as instruções de trabalho e tarefas externas do que contramedidas com investimento financeiro.

Considerando que o tempo médio de *setup* da situação atual corresponde a 39,84 minutos e que existem em média 95 *setups* por mês, para a situação objetiva e para a situação futura, a empresa Grupo SACIA irá acumular 14 e 20 dias de produção a cada ano, respetivamente, por prensa de soldadura convencional (das seis totais).

Em suma, pode-se afirmar que os objetivos propostos nesta dissertação foram cumpridos.

No APÊNDICE J é apresentado o relatório A3 de todo este projeto, utilizando o *template* interno da empresa.

5.2. Futuras Melhorias

Quando o sistema em tempo real do chão de fábrica da secção de soldadura já se encontrar implementado, propõe-se que se atualizem os tempos atuais de cada tipo de *setup*. Para isso acontecer de uma forma mais precisa, intuitiva e facilitada, também se sugere haver opção no HMI para os colaboradores poderem escolher o tipo de *setup* que irá acontecer. Igualmente se recomenda que a partir do momento que o *setup* começa, aparecer um cronómetro no HMI a contar o tempo de troca de ferramenta e o tempo objetivo, para que os colaboradores tenham um indicador e se sintam motivados a cumpri-lo.

Relativamente à instrução dos colaboradores das novas OSS, aconselha-se que futuramente se continue com uma formação contínua em chão de fábrica de todos os tipos de *setup*, até que os tempos estabilizem perto do objetivo e todos os funcionários realizem as novas instruções de trabalho de forma mecânica e intuitiva.

Como referido no capítulo 4.3, devido à curta duração do estágio, foi apenas possível implementar as ações número 1, 2, 4 e 11 da Tabela 4.2. Sugere-se que as ações 12, 13, 16 e 24 sejam aplicadas a longo prazo e as restantes (excluindo a 23) a curto prazo. Depois de se implementarem, recomenda-se a triagem de novos tempos das tarefas da situação futura, pois estes tempos anteriormente analisados foram estimados.

Referências Bibliográficas

- [1] M. S. Oliveira, H. D. A. Moreira, A. C. Alves, and L. P. Ferreira, “Using Lean Thinking Principles To Reduce Wastes In Reconfiguration Of Car Radio Final Assembly Lines,” *Procedia Manufacturing*, vol. 41, pp. 803–810, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2019.09.073.
- [2] B. Ulutas, “An application of SMED methodology,” *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 79, pp. 100–103, Jul. 2011.
- [3] A. N. A. Wahab, M. Mukhtar, and R. Sulaiman, “A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions,” *Procedia Technology*, vol. 11, pp. 1292–1298, Jan. 2013, doi: 10.1016/J.PROTCY.2013.12.327.
- [4] J. Bhamu and K. S. Sangwan, “Lean manufacturing: Literature review and research issues,” *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 34, no. 7, pp. 876–940, 2014, doi: 10.1108/IJOPM-08-2012-0315/FULL/XML.
- [5] R. Shah and P. T. Ward, “Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance,” *Journal of Operations Management*, vol. 21, no. 2, pp. 129–149, Mar. 2003, doi: 10.1016/S0272-6963(02)00108-0.
- [6] Thangarajoo Y and Smith A, “Lean Thinking: An Overview,” *Industrial Engineering and Management*, vol. 04, no. 02, 2015, doi: 10.4172/2169-0316.1000159.
- [7] M. F. Suárez-Barraza, S. M. Dahlgaard-Park, F. G. Rodríguez-González, and C. Durán-Arechiga, “In search of ‘Muda’ through the TKJ diagram,” *International Journal of Quality and Service Sciences*, vol. 8, no. 3, pp. 377–394, 2016, doi: 10.1108/IJQSS-04-2016-0028/FULL/XML.
- [8] F. Behrouzi and K. Y. Wong, “Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach,” *Procedia Computer Science*, vol. 3, pp. 388–395, Jan. 2011, doi: 10.1016/J.PROCS.2010.12.065.
- [9] L. Koskela, “Moving on - beyond lean thinking,” *Lean Construction Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 24–37, Oct. 2004.
- [10] A. C. Alves, D. Carvalho, R. M. Sousa, F. Moreira, and R. M. Lima, “Benefits of lean management : results from some industrial cases in Portugal,” *6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2011)*, 2011.
- [11] B. Poksinska, “The current state of Lean implementation in health care: literature review,” *Qual Manag Health Care*, vol. 19, no. 4, pp. 319–329, Oct. 2010, doi: 10.1097/QMH.0B013E3181FA07BB.
- [12] U. M. Apte and C. H. Goh, “Applying lean manufacturing principles to information intensive services,” *International Journal of Services, Technology and Management*, vol. 5, no. 5–6, pp. 488–506, 2004, doi: 10.1504/IJSTM.2004.006280.
- [13] P. Nowotarski, J. Paslawski, and B. Wysocki, “Quality Improvement of Ground Works Process with the Use of Chosen Lean Management Tools – Case Study,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 95, p. 022032, Dec. 2017, doi: 10.1088/1755-1315/95/2/022032.
- [14] M. Poppendieck, “Principles of Lean Thinking,” 2002.
- [15] R. Pereira, “The Seven Wastes,” *iSixSigma Magazine*, vol. 5, no. 5, Sep. 2009.
- [16] A. Chiarini, “The Seven Wastes of Lean Organization,” in *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*, 2013, pp. 15–30. doi: 10.1007/978-88-470-2510-3_2.

- [17] K. Antosz and D. Stadnicka, “Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results,” *Procedia Engineering*, vol. 182, pp. 25–32, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROENG.2017.03.107.
- [18] J. Michalska and D. Szewieczek, “The 5S methodology as a tool for improving the organisation,” *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 24, no. 2, Oct. 2007.
- [19] J. S. Randhawa and I. S. Ahuja, “5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions,” *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 34, no. 3, pp. 334–361, 2017, doi: 10.1108/IJQRM-03-2015-0045/FULL/XML.
- [20] M. O’heocha, “A study of the influence of company culture, communications and employee attitudes on the use of 5Ss for environmental management at Cooke Brothers Ltd,” *The TQM Magazine*, vol. 12, no. 5, pp. 321–330, Jan. 2000, doi: 10.1108/09544780010341923.
- [21] S. Singh and K. Kumar, “A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis,” *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 1153–1162, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.ASEJ.2020.04.019.
- [22] A. Tezel and Z. Aziz, “From conventional to it based visual management: A conceptual discussion for lean construction,” *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, vol. 22, pp. 220–246, Oct. 2017.
- [23] Y. Eaidgah Torghabehi, A. A. Maki, K. Kurczewski, and A. Abdekhodae, “Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach,” *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 7, no. 2, pp. 187–210, 2016, doi: 10.1108/IJLSS-09-2014-0028/FULL/XML.
- [24] S. Bragança and E. Costa, “AN APPLICATION OF THE LEAN PRODUCTION TOOL STANDARD WORK,” *Jurnal Teknologi*, vol. 76, no. 1, Aug. 2015, doi: 10.11113/jt.v76.3659.
- [25] M. L. Emiliani, “Standardized work for executive leadership,” *Leadership & Organization Development Journal*, vol. 29, no. 1, pp. 24–46, Feb. 2008, doi: 10.1108/01437730810845289.
- [26] B. A. Williams, “Standard Work – Lean Tools and Techniques,” *SAE Technical Papers*, Sep. 2001, doi: 10.4271/2001-01-2598.
- [27] M. F. Suárez-Barraza and J. Ramis-Pujol, “Implementation of Lean-Kaizen in the human resource service process: A case study in a Mexican public service organisation,” *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 21, no. 3, pp. 388–410, Jan. 2010, doi: 10.1108/17410381011024359/FULL/XML.
- [28] M. Helmold, *Lean Management and Kaizen: Fundamentals from Cases and Examples in Operations and Supply Chain Management*. 2020. doi: 10.1007/978-3-030-46981-8.
- [29] F. Voehl, “5 Whys,” in *The Innovation Tools Handbook*, vol. 2, Productivity Press, 2016, pp. 35–44. doi: 10.1201/9781315367699-11.
- [30] S. J. Benjamin, M. S. Marathamuthu, and U. Murugaiah, “The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE’s speed loss in a manufacturing firm,” *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 21, no. 4, pp. 419–435, Oct. 2015, doi: 10.1108/JQME-09-2013-0062/FULL/XML.
- [31] A. J. Card, “The problem with ‘5 whys,’” *BMJ Quality & Safety*, vol. 26, no. 8, pp. 671–677, Aug. 2017, doi: 10.1136/BMJQS-2016-005849.
- [32] R. Lenort, D. Staš, D. Holman, and P. Wicher, “A3 Method as a Powerful Tool for Searching and Implementing Green Innovations in an Industrial Company Transport,”

- Procedia Engineering*, vol. 192, pp. 533–538, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROENG.2017.06.092.
- [33] S. Rini, “Implementation of lean thinking through A3 report in plastic injection company,” *International Journal of Industrial Optimization*, vol. 2, no. 1, p. 63, Feb. 2021, doi: 10.12928/IJIO.V2I1.3055.
- [34] L. Koskela, R. D. Broft, E. Pikas, and A. Tezel, “Comparing the Methods of A3 and Canvas,” in *28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC28)*, Jul. 2020, pp. 13–24. doi: 10.24928/2020/0136.
- [35] A. Simões and A. Tenera, “Improving setup time in a Press Line – Application of the SMED methodology,” *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 43, no. 17, pp. 297–302, Jan. 2010, doi: 10.3182/20100908-3-PT-3007.00065.
- [36] S. Jebaraj Benjamin, U. Murugaiah, and M. Srikamaladevi Marathamuthu, “The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm,” *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 24, no. 5, pp. 792–807, May 2013, doi: 10.1108/17410381311328016/FULL/XML.
- [37] S. Bhade and S. Hegde, “Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 24, pp. 463–472, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.04.298.
- [38] K. Antosz and A. Pacana, “Comparative Analysis of the Implementation of the SMED Method on Selected Production Stands,” *Tehnički vjesnik*, vol. 25, no. Supplement 2, pp. 276–282, Sep. 2018, doi: 10.17559/TV-20160411095705.
- [39] M. Braglia, M. Frosolini, and M. Gallo, “SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-up reduction programs: the SWAN approach,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2016 90:5, vol. 90, no. 5, pp. 1845–1855, Oct. 2016, doi: 10.1007/S00170-016-9477-4.
- [40] J. R. Díaz-Reza, J. L. García-Alcaraz, J. R. Mendoza-Fong, V. Martínez-Loya, E. J. Macías, and J. Blanco-Fernández, “Interrelations among SMED Stages: A Causal Model,” *Complexity*, vol. 2017, pp. 1–10, 2017, doi: 10.1155/2017/5912940.
- [41] J. Singh, H. Singh, and I. Singh, “SMED for quick changeover in manufacturing industry – a case study,” *Benchmarking*, vol. 25, no. 7, pp. 2065–2088, Oct. 2018, doi: 10.1108/BIJ-05-2017-0122/FULL/XML.
- [42] E. S. M. da Costa, R. M. Sousa, S. Bragança, and A. C. Alves, “An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools,” *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure*, pp. 1–8, 2013, doi: 10.13140/2.1.2099.5525.
- [43] M. Sugai, R. I. McIntosh, and O. Novaski, “Shingo’s methodology (SMED): Critical evaluation and case study,” *Gestao e Producao*, vol. 14, no. 2, pp. 323–335, 2007, doi: 10.1590/S0104-530X2007000200010.
- [44] R. I. McIntosh, S. J. Culley, A. R. Mileham, and G. W. Owen, “A critical evaluation of Shingo’s ‘SMED’ (Single Minute Exchange of Die) methodology,” *International Journal of Production Research*, vol. 38, no. 11, pp. 2377–2395, 2010, doi: 10.1080/00207540050031823.
- [45] A. D. de Barros and J. V. Moccasin, “Análise da flutuação do gargalo em flow shop permutacional com tempos de setup assimétricos e dependentes da sequência,” *Gestão & Produção*, vol. 11, no. 1, pp. 101–108, Apr. 2004, doi: 10.1590/S0104-530X2004000100009.
- [46] P. Tsarouhas, “Improving operation of the croissant production line through overall equipment effectiveness (OEE): A case study,” *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 68, no. 1, pp. 88–108, Jan. 2018, doi: 10.1108/IJPPM-02-2018-0060.

- [47] R. Hedman, M. Subramaniyan, and P. Almström, “Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE,” *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 128–133, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.PROCIR.2016.11.023.
- [48] A. Chiarini, “Improvement of OEE performance using a Lean Six Sigma approach: An Italian manufacturing case study,” *International Journal of Productivity and Quality Management*, vol. 16, no. 4, pp. 416–433, Jan. 2015, doi: 10.1504/IJPM.2015.072414.
- [49] L. Carvalho and M. Guedes, “A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA NA ANÁLISE DE PROBLEMAS E NO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE,” in *9º Congresso Pós-Graduação UNIS*, May 2016, pp. 457–469.
- [50] J. P. Silva, “OEE - A Forma de Medir a Eficácia dos Equipamentos,” 2013. <https://www.docsity.com/pt/oee-forma-de-medir-eficacia-equipamento/4749355/> (accessed May 05, 2022).
- [51] “Como calcular o OEE (Overall Equipment Effectiveness)? – GRV Software – ERP industrial.” <https://grvsoftware.com.br/blog/como-calcular-o-oee/> (accessed May 07, 2022).
- [52] G. Miragliotta, A. Sianesi, E. Convertini, and R. Distanto, “Data driven management in Industry 4.0: a method to measure Data Productivity,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 11, pp. 19–24, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.IFACOL.2018.08.228.
- [53] S. Singh, J. S. Khamba, and D. Singh, “Analysis and directions of OEE and its integration with different strategic tools,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, vol. 235, no. 2. SAGE Publications Ltd, pp. 594–605, Apr. 01, 2021. doi: 10.1177/0954408920952624.
- [54] M. Ammar, A. Haleem, M. Javaid, R. Walia, and S. Bahl, “Improving material quality management and manufacturing organizations system through Industry 4.0 technologies,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 45, pp. 5089–5096, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2021.01.585.
- [55] E. Lodgaard and S. Dransfeld, “Organizational aspects for successful integration of human-machine interaction in the industry 4.0 era,” *Procedia CIRP*, vol. 88, pp. 218–222, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.PROCIR.2020.05.039.
- [56] C. García *et al.*, “OEE PRO: A Solution for Industry 4.0 in the Aeronautical Sector,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1242 AISC, pp. 158–163, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-53829-3_15.
- [57] “Grupo Sacia.” <http://www.saciagroup.pt/sobre-nos/> (accessed May 10, 2022).
- [58] “Grupo Sacia.” <http://www.saciagroup.pt/soldadura/> (accessed May 11, 2022).

APÊNDICE A

Bancada de Trabalho

Existem três bancadas de trabalho, uma para duas prensas: a primeira para a SL247 e SL179, a segunda para a SL223 e SL630 e a terceira para a SL165 e SL927 (Figura A.1).

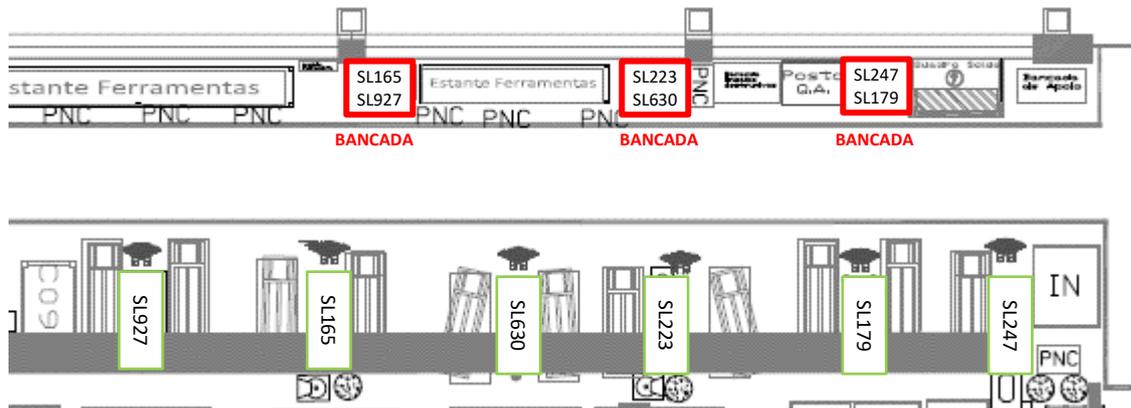


Figura A.1. Localização das bancadas de trabalho no chão de fábrica.

As bancadas (Figura A.2) são todas iguais, apresentando uma escrivaninha para o preenchimento da documentação, quadro de informações, duas gavetas onde se encontra a documentação *standard* de produção e gamas de controlo de qualidade, a “peça padrão” do artigo que se encontra em produção, os parafusos e anilhas para fixar a ferramenta às mesas da prensa, um separador para colocar a próxima folha OF, recipiente onde se descartam as peças destruídas no ensaio, entre outros.



Figura A.2. Bancada de trabalho das máquinas SL927 e SL165.

HMI

Cada prensa de soldadura possui um HMI (Figura A.3), apesar dos dados recolhidos por este não serem contabilizados pois o sistema de recolha de dados em tempo real ainda se encontra em fase de implementação. Porém, os colaboradores já estão a efetuar todos os passos necessários no HMI, como forma de treino.



Figura A.3. HMI da prensa de soldadura SL223.

Carro “SMED”

Para transportar as ferramentas IN e OUT, utiliza-se o Carro “SMED” (Figura A.4). Este possui um sistema hidráulico que permite ajustar a altura do seu tabuleiro até à mesa inferior da máquina ou até às prateleiras das estantes. Para uma fácil e rápida colocação e remoção da ferramenta, apresenta um conjunto de rolos no tabuleiro. Tem ainda duas gavetas com o propósito de acolherem as chaves necessárias para realizar os *setups*, apesar de serem raramente utilizadas atualmente. Para segurança do utilizador, possui à sua volta barras de proteção para que a ferramenta não caia enquanto é transportada. Atualmente, existem dois Carros “SMED”.



Figura A.4. Carro “SMED”

Estantes de Ferramentas

Existem cinco estantes de ferramentas e, como o próprio nome indica, têm o propósito de armazenar as ferramentas e também as máscaras que não estão em utilização. As

prateleiras são constituídas por rolos para facilitar a colocação e remoção das ferramentas e, em cada extremidade, existe uma barra de proteção. Os lugares onde as ferramentas e máscaras devem ser arrumadas encontram-se identificados por etiquetas e os locais foram escolhidos de forma aleatória (Figura A.5).



Figura A.5. Estantes das ferramentas e máscaras e respectivas etiquetas.

Parafusos de Ajuste de Altura da Mesa Inferior da Prensa

Quando a altura de trabalho da antiga ferramenta (ferramenta OUT) não é a mesma que a nova ferramenta (ferramenta IN), é necessário ajustar a altura da mesa inferior da prensa de soldadura (Figura A.6).

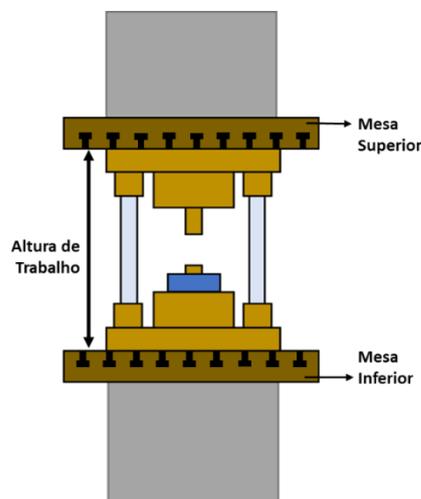


Figura A.6. Representação da altura de trabalho e mesas de uma ferramenta.

Para realizar esse acerto, primeiro é necessário desapertar os parafusos de ajuste de altura e depois, com a ajuda do macaco hidráulico que está presente em todas as máquinas (Figura A.7), desce-se a altura da mesa consideravelmente. A seguir, coloca-se a ferramenta IN na mesa e, através das marcações na lateral da máquina (Figura A.7) ou “a olho” (pois na maioria das vezes as marcações estão desgastadas, erradas ou são inexistentes), sobe-se a mesa do macaco até atingir uma altura suficiente para que a ferramenta consiga produzir.

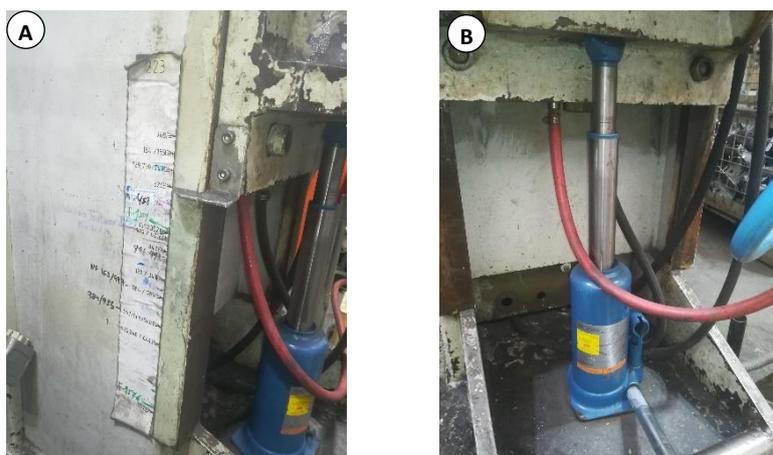


Figura A.7. A - Marcações da altura de trabalho das ferramentas; B – Macaco hidráulico.

Relativamente aos parafusos, cada máquina tem o seu número e tipo de chave utilizada para apertá-los e desapertá-los, apresentados na Tabela A.1.

Tabela A.1. Número de parafusos por máquina e tipo de chaves utilizadas.

CHAVE	MÁQUINA						Número de Parafusos
	SL247	SL179	SL223	SL630	SL165	SL927	
Chave Umbrake n.10		2x				4x	
Chave Personaliz. Umbrake n.10						1x	
Chave Umbrake n.12				6x			
Chave Umbrake n.17	4x		4x				
Roquete n.14						8x	
Chave mista n.19		2x	2x		2x		
Chave mista n.24	2x						
Aperto Rápido		2x			4x		

Os parafusos localizam-se do lado direito e esquerdo da mesa inferior da máquina (Figura A.8). No caso da SL927, apresenta mais um parafuso localizado por baixo da mesa inferior e, como se trata de uma zona de difícil acesso, a chave utilizada é personalizada para a situação.



Figura A.8. Parafusos de ajuste de altura da máquina SL223.

Quadro “SMED”

Da mesma forma que as bancadas de trabalho, existem três Quadros “SMED”, um para duas prensas, e estão localizados junto das bancadas. Dentro dos Quadros encontram-se as chaves necessárias para se realizarem os *setups*. Na Figura A.9 podemos observar uma fotografia de um Quadro “SMED”.

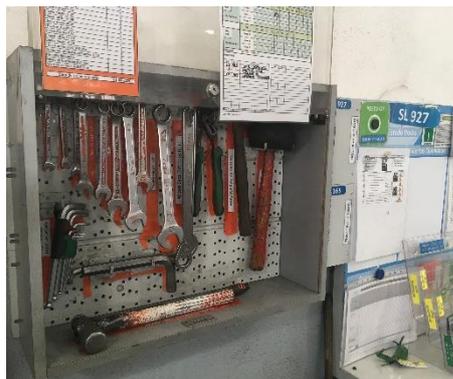


Figura A.9. Quadro SMED.

Lanças do Alimentador de Porcas

Como referido anteriormente, existem dois alimentadores de porcas, um para a SL165 e outro para a SL223. Cada um destes alimentadores apresenta duas lanças que transportam as porcas para o pino cerâmico dos eléctrodos. Conforme o *setup* em questão seja do tipo TF1P ou TF2P, utilizam-se uma ou duas lanças, respetivamente. Na máquina SL165 as porcas são do tamanho M6 enquanto que na SL223 são M8. Para afinar as lanças, o técnico de *setup* tem de apertar/desapertar parafusos com uma chave umbrake n.8 das articulações dos braços das lanças (Figura A.10). Cada lança apresenta três articulações (com um parafuso por articulação) e, para uma afinação bem-sucedida, o colaborador, em tentativa-

erro (o que faz com que este processo seja demoroso), tem de fazer com que a lança deposite a porca no pino cerâmico corretamente cinco vezes consecutivas (Figura 3.3).



Figura A.10. Duas de três articulações de uma lança de alimentador de porcas.

APÊNDICE B

Para obter o tempo médio dos Grupos 6.1 e 6.2, através das imagens captadas dos *setups*, foi feita uma triagem de tempos das etapas relativas à afinação de lanças destes Grupos (Tabela B.1). Assim, ao atribuírem-se as etapas aos grupos e ao somarem-se os tempos destas, consegue-se obter o tempo médio total do Grupo 6.1 e do Grupo 6.2, como apresentado na Tabela B.2

Tabela B.1. Registo dos tempos das etapas de cada observação dos grupos 6.1 e 6.2 e respetivas médias.

		TF1P_01	TF1P_02	Ens_TF1P_01	Ens_TF1P_02	Ens_TF1P_03	Ens_TF1P_04	TF2P_01	Ens_TF2P_01	Ens_TF2P_02	Contagem	Média
Etapa 1	No HMI, colocar lança em modo manual	15	18	4	22	10					5	14
Etapa 2	No alimentador, colocar 1ª lança em modo manual	10	18	9	13	6	8				6	11
Etapa 3	No alimentador, colocar 2ª lança em modo manual							9	7		2	8
Etapa 4	Afinar lança	223	121	237	296	130	319	199	145	306	9	220
Etapa 5	Colocar alimentador em modo automatico	4	12				8				3	8

Tabela B.2. Tempo médio total dos Grupos 6.1 e 6.2.

Grupo 6.1	
Etapa 1	14
Etapa 2	11
Etapa 4	220
Etapa 5	8
Tempo Médio Total	00:04:12

Grupo 6.2	
Etapa 3	8
Etapa 4	220
Tempo Médio Total	00:03:48

Ao obterem-se os tempos médios dos Grupos 6.1 e 6.2, podemos obter uma estimativa dos tempos dos *setups* do tipo TF1P e TF2P ao somar o tempo destes Grupos ao da TF0P (Tabela B.3) e, depois, fazer uma média destes com os tempos dos *setups* acompanhados (Tabela B.4), como explicado no capítulo 3.2.1.3.

Tabela B.3. Soma dos Grupos 6.1 e 6.2 ao tempo médio do *setup* do tipo TF0P.

Tipo de <i>Setup</i>	Tempo Médio TF0P	Tempo Médio Grupo 6.1	Tempo Médio Grupo 6.2	Soma Tempo Médio Grupos & Tempo Médio TF0P
TF1P	00:35:48	00:04:12	-	00:40:00
TF2P	00:35:48	00:04:12	00:03:48	00:43:48

Tabela B.4. Estimativa do tempo médio dos *setups* dos tipos TF1P e TF2P.

Tipo de <i>Setup</i>	Soma Tempo Médio Grupos & Tempo Médio TF0P	Observação TF1P_01	Observação TF1P_02	Observação TF2P_01	Estimativa Tempo Médio do Tipo de <i>Setup</i> (MÉDIA)
TF1P	00:40:00	00:37:44	00:38:08	-	00:38:37
TF2P	00:43:48	-	-	00:46:25	00:45:06

APÊNDICE C

Neste anexo são apresentadas as tabelas com os tempos das cronometragens dos *setups* observados. Os tempos médios da Tabela C.3 e da Tabela C.4 não correspondem com os tempos que realmente vão ser considerados para estes *setups* do tipo TF1P e TF2P (Tabela 3.4), respetivamente, pois nesta altura ainda não tinham sido determinadas as estimativas dos tempos médios da TF1P e da TF2P, como explicado no capítulo 3.2.1.3.

Tabela C.1. Tempos dos *setups* do tipo TM, respetivas máquinas e denominações das observações.

TM		
Observação	Máquina	Tempo
TM_01	SL165	00:15:34
TM_02	SL247	00:26:09
TM_03	SL927	00:19:37
TM_04	SL179	00:20:47

Tabela C.2. Tempos dos *setups* do tipo TFOP, respetivas máquinas e denominações das observações.

TFOP		
Observação	Máquina	Tempo
TFOP_01	SL630	00:18:46
TFOP_02	SL630	00:28:57
TFOP_03	SL179	00:42:00
TFOP_04	SL179	00:35:16
TFOP_05	SL179	00:39:30
TFOP_06	SL223	00:32:00
TFOP_07	SL165	00:29:55
TFOP_08	SL927	00:51:00
TFOP_09	SL927	00:33:00
TFOP_10	SL927	00:47:36
	Média	00:35:48

Tabela C.3. Tempos dos *setups* do tipo TF1P, respetivas máquinas e denominações das observações.

TF1P		
Observação	Máquina	Tempo
TF1P_01	SL223	00:37:44
TF1P_02	SL165	00:38:08
	Média	00:37:56

Tabela C.4. Tempos dos *setups* do tipo TF2P, respetivas máquinas e denominações das observações.

TF2P		
Observação	Máquina	Tempo
TF2P_01	SL165	00:46:25
	Média	00:46:25

APÊNDICE D

Tabela D.1. Percentagem de tempo de “Valor Adicionado”, “Desperdício Necessário” e “Desperdício Puro” das observações dos *setups* e respetiva média.

	TM_01	TM_02	TM_03	TM_04	TFOP_01	TFOP_02	TFOP_03	TFOP_04	TFOP_05	TFOP_06	TFOP_07	TFOP_08	TFOP_09	TFOP_10	TF1P_01	TF1P_02	TF2P_01	Média
Valor Adicionado	72%	42%	41%	64%	29%	69%	36%	68%	31%	37%	40%	39%	24%	38%	46%	30%	22%	43%
Desperdício Necessário	24%	41%	12%	18%	31%	29%	19%	13%	51%	47%	37%	35%	57%	44%	47%	31%	44%	34%
Desperdício Puro	3%	17%	47%	18%	40%	2%	45%	19%	18%	16%	20%	27%	20%	18%	7%	39%	34%	23%

APÊNDICE E

Para cada um dos meses, desde novembro de 2021 até abril de 2022, foi recolhido do sistema interno do chão de fábrica da empresa para cada máquina e por mês: o número de *setups*, o tempo disponível da máquina por mês e o tempo em paragem excluindo o *setup*. Como explicado no capítulo 3.2.2, o tempo atual médio de *setup* corresponderá à média dos tempos da TF0P, TF1P e TF2P. Com todos estes dados, é possível calcular o tempo total médio em *setup* do mês em questão, ao multiplicar o tempo atual médio de *setup* com o número de *setups*. Assim, existem condições para determinar a disponibilidade média atual do mês em questão, ao subtrair ao tempo disponível da máquina o tempo em paragens excluindo o *setup* e o tempo total médio em *setup* e, no fim, dividir tudo isto pelo tempo disponível. Na Tabela E.1 são apresentados todos os dados anteriormente referidos. Escolheu-se aleatoriamente o mês de janeiro de 2022 como exemplo, apesar deste processo ter sido feito para todos os seis meses.

Tabela E.1. Disponibilidade média atual no mês de janeiro de 2022 e respetivos dados.

JANEIRO 2022						
	Número de Setups/Mês	Tempo Médio Atual Setup	Tempo Total Médio em Setup/Mês	Tempo Disponível/Mês	Tempo Paragens (excl. setup)	Disponibilidade Média Atual
SL223	17	39,84	677	8999	1759	73%
SL630	22	39,84	876	9412	675	84%
SL247	27	39,84	1076	13470	1689	80%
SL179	10	39,84	398	6106	662	83%
SL927	9	39,84	359	5320	451	85%
SL165	42	39,84	1673	19574	1925	82%

Acedendo mais uma vez ao sistema do chão de fábrica, obtiveram-se os valores da *performance* e qualidade do mês de janeiro de 2022 (neste caso). Assim, ao utilizar-se a equação (2.1), é possível obter o valor do OEE médio atual através dos dados recolhidos e calculados (Tabela E.2).

Tabela E.2. OEE médio atual no mês de janeiro de 2022 e respetivos dados.

JANEIRO 2022				
	Disponibilidade Média ATUAL	Performance	Qualidade	OEE Médio Atual
SL223	73%	64%	96%	44%
SL630	84%	76%	99%	63%
SL247	79%	84%	99%	66%
SL179	83%	66%	99%	54%
SL927	85%	70%	98%	58%
SL165	82%	72%	97%	57%
Média	81%	72%	98%	57%

Sabendo por mês o tempo total médio em *setup* e o tempo de todas as quinze paragens, ao dividir-se o primeiro pelo segundo, obtém-se a percentagem da paragem por *setup* relativamente às outras, como apresentado na Tabela E.3

Tabela E.3. Percentagem da paragem por *setup* relativamente às quinze paragens existentes.

	Tempo Total Médio em <i>Setup</i> /Mês	Tempo 15 Paragens
nov/21	810	1975
dez/21	604	1549
jan/22	843	2037
fev/22	817	2640
mar/22	710	2164
abr/22	618	1495
Média	734	1977
37%		
Setup representa 37% das 15 paragens		

APÊNDICE F

No presente anexo serão apresentadas as etapas de cada Grupo de *setup* e os respetivos tempos médios das observações TM_01, TM_02, TM_03, TM04, TFOP_01, TFOP_02, TFOP_03, TFOP_04, TFOP_05, TFOP_06, TFOP_07, TFOP_08, TFOP_09, TFOP_10, TF1P_01, TF1P_02, TF2P_01; e dos ensaios Ens_TF1P_01, Ens_TF1P_02, Ens_TF1P_03, Ens_TF1P_04, Ens_TF2P_01, Ens_TF2P_02.

Relativamente ao Grupo 2, pode-se ter de afastar dois contentores ou dois *racks*, pelo que o tempo médio escolhido foi o maior destes dois (contentores). No Grupo 3, a ferramenta a colocar na prensa de soldadura por vezes pode ser separada (ferramenta superior e inferior), pelo que se optou pelo maior tempo (ferramenta junta). No Grupo 4, como já referido no APÊNDICE A, as prensas de soldadura têm diferentes tipos de aperto de ajuste de altura, pelo que se fez uma triagem de cada tipo de aperto e o tempo médio de final de aperto e desaperto tem em conta o número total de cada tipo de parafuso. No Grupo 5, também se escolheu o tempo médio das tarefas da ferramenta junta, pois o tempo total das tarefas para a colocar na máquina é superior ao da ferramenta separada.

A coluna “Cont.” refere-se ao número de triagens feita por procedimento. Mais uma vez, como criticado no capítulo 3.2.1.3, a vídeo-gravação não permitiu a recolha total das imagens de todas as etapas realizadas nos *setups* filmados.

Tabela F.1. Etapas do Grupo 1 e respetivos tempos médios.

Grupo 1	Cont.	Média [s]
Preencher documentos do fim da OF	9	47
Adicionar no HMI peças	3	10
Terminar OF no HMI	3	10
Iniciar desmontagem no HMI	6	9
Preencher gamas de controlo e guardar documentos	3	46
Guardar documentos na zona out	5	80
Total	203	

Tabela F.2. Etapas do Grupo 2 e respetivos tempos médios.

Grupo 2	Cont.	Média [s]
Afastar bimanual	16	5
Afastar tapete	11	6
Retirar acrílico	5	50
Descartar peça destruída + Retirar peça de arranque e colocar no <i>bac</i>	7	17
Afastar 2 <i>racks</i> OU 2 contentores	15	63
Limpar o chão	4	26
Total	167	

Tabela F.3. Etapas do Grupo 3 e respetivos tempos médios.

Grupo 3	Cont.	Média [s]
Desligar água/esgoto	11	10
Posicionar <i>bac</i> para água	6	12
Retirar cabo HMI	12	7
Retirar mangueiras água e pneumáticas e apontar para o <i>bac</i>	13	20
Baixar gabarito	15	4
Desapertar e retirar parafusos + porcas inferiores ferramenta	9	32
Desapertar e retirar parafusos + porcas superiores ferramenta	10	51

Subir gabarito	14	4
Posicionar carro SMED junto da máquina	12	20
Subir carro	10	11
Retirar barra proteção do carro	8	6
Retirar ferramenta da mesa e colocar no carro	12	14
Finalizar desmontagem e iniciar montagem no HMI	4	32
Verificar altura da mesa "a olho" para a próxima ferramenta	4	23
Lixar mesa	3	38
Limpar mesa com ar comprimido	4	14
Ir buscar lixa	3	14
Ir buscar ferramenta no carro SMED	7	122
Ir buscar chaves ao quadro SMED	16	25
Total		459

Tabela F.4. Etapas do Grupo 3M e respetivos tempos médios.

Grupo 3M	Cont.	Média [s]
Retirar cabo HMI	12	7
Retirar máscara	4	41
Finalizar desmontagem e iniciar montagem no HMI	4	32
Ir buscar chaves/martelo	2	9
Ir arrumar máscara	2	11
Total		100

Tabela F.5. Etapas do Grupo 4 e respetivos tempos médios.

Grupo 4	Cont.	Média [s]
Desapertar parafusos direitos	12	33
Desapertar parafusos esquerdos	11	33
Subir/descer macaco	13	29
Apertar parafusos esquerdos	12	41
Apertar parafusos esquerdos	10	41
Ir buscar chave	8	62
Total		238

Tabela F.6. Etapas do Grupo 5M e respetivos tempos médios.

Grupo 5M	Cont.	Média [s]
Lixar eléctrodos	3	58
Limpar mesa com ar comprimido	3	14
Colocar nova máscara	4	30
Afinar máscara	4	159
Regular ar pino cerâmico	5	13
No HMI, escolher ferramenta	3	15
Ligar fichas HMI	5	13
Ir buscar máscara	2	11
Ir buscar chaves/martelo	2	8
Total		320

Tabela F.7. Etapas do Grupo 5 e respetivos tempos médios.

Grupo 5	Cont.	Média [s]
Colocar ferramenta na mesa	12	15
Colocar barra proteção carro	4	8
Afastar carro SMED	9	8
Conectar mangueiras	14	59
Conectar ficha HMI	13	28
Ligar água/esgoto	10	18
Alinhar rasgos	15	20
Apontar 2 parafusos inferiores	13	55
Apontar 2 porcas superiores	14	135
Baixar gabarito	15	4

Apertar 2 parafusos inferiores	13	28
Apertar 2 parafusos superiores	14	31
Subir gabarito	14	4
Regular ar pino cerâmico	5	13
No HMI, escolher ferramenta	3	15
Ir buscar chave/parafusos	4	27
Arrumar antiga ferramenta e carro SMED	3	149
Afinar máscara	4	159
Colocar máscara na ferramenta	3	19
Total		814

As etapas dos Grupos 6.1 e 6.2 e respetivos tempos médios estão apresentados na Tabela B.1 e na Tabela B.2.

Tabela F.8. Etapas do Grupo 7 e respetivos tempos médios.

Grupo 7	Cont.	Média [s]
Colocar HMI em modo automático	5	4
Ir buscar e ver programa na tabela de parâmetros	3	20
Colocar programa na máquina e verificar parâmetros	2	22
Regular pressão máquina	6	20
Produzir peça para ensaio	13	8
Verificar a peça para ver se aparentemente está tudo ok	3	12
Ir realizar ensaio	10	184
Total		271

Tabela F.9. Etapas do Grupo 8 e respetivos tempos médios.

Grupo 8	Cont.	Média [s]
Procurar documentos no dossier	3	34
Preencher nova folha da OF	6	39
Preencher gama de controlo	8	34
Preencher documentos da validação de arranque	5	35
Preencher etiqueta verde	6	22
Preencher etiquetas amarelas + rasgar + colocar no acrílico	6	53
Total		217

Tabela F.10. Etapas do Grupo 9 e respetivos tempos médios.

Grupo 9	Cont.	Média [s]
Arrumar peça padrão + buscar nova peça	3	34
Arrumar recipiente (<i>bac</i>) para água	4	13
Colocar bimanual	14	7
Colocar tapete	11	9
Colocar exaustor	4	9
Colocar 2 <i>racks</i> OU 2 contentores	12	102
descartar peça do ensaio	3	4
Acabar de preencher docs e arrumar document. diversa	4	56
Colocar acrílico	3	83
Arrumar chaves	7	40
Total		357

Tabela F.11. Etapas do Grupo 10 e respetivos tempos médios.

Grupo 10	Cont.	Média [s]
Adicionar peças rejeitadas no HMI	3	17
Produzir peça de arranque	13	8
Total		25

APÊNDICE G

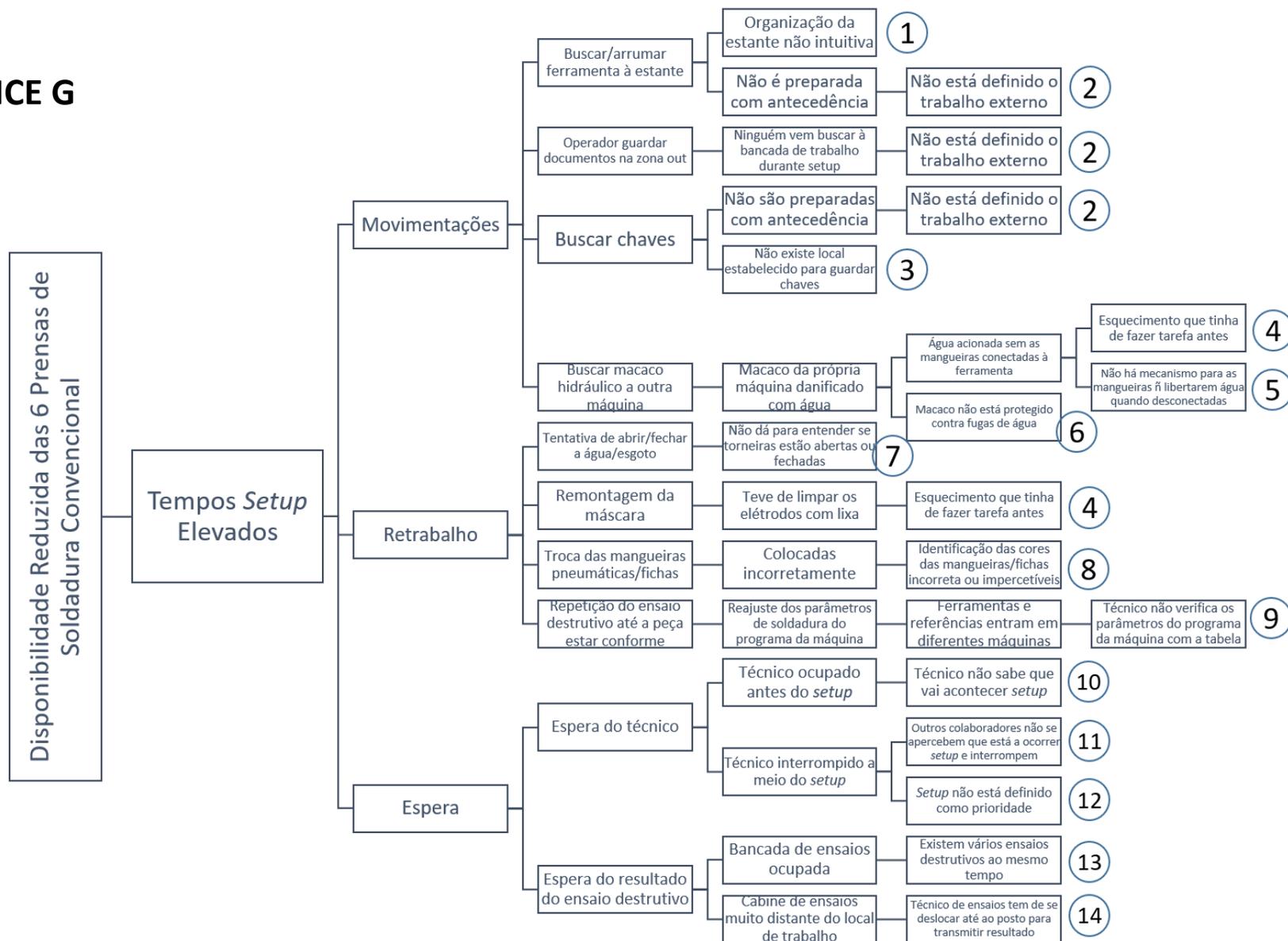


Figura G.1. 5-Porquês da disponibilidade reduzida das seis pressas de soldadura convencional e respetiva identificação numérica.

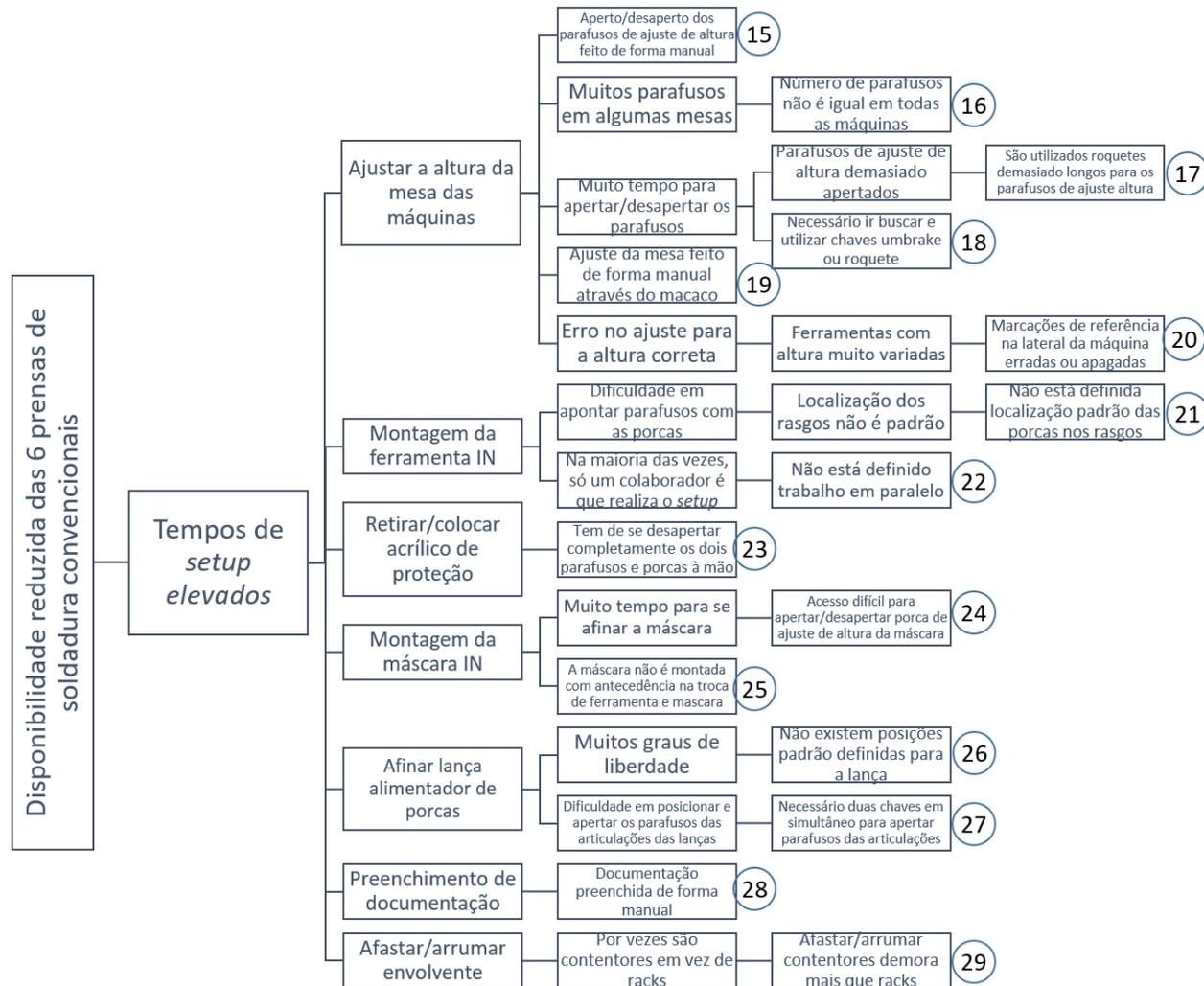


Figura G.2. 5- Porquês da disponibilidade reduzida das seis prensas de soldadura convencional e respetiva identificação numérica (continuação).

APÊNDICE H

SACIA GROUP		Procedimento Operacional Standard		POS 0001/ 2022 Pág. 1/2
Departamento	Área	Equipamento		
Departamento de Métodos	Soldadura	Prensas Convencionais de Soldadura		
Tema:	Data Emissão	Realizado por:	Validação Validado por:	
Team Leader - PREPARAÇÃO DO MATERIAL SETUP SOLDADURA CONVENCIONAL				
Team Leader - PREPARAÇÃO DO MATERIAL SETUP				
<p>A preparação do material para o <i>setup</i> da nova referência deve ser iniciado logo após o colaborador iniciar a produção da OF atual</p> <p>1 - No quadro sequenciador de OF, verificar qual a OF que irá entrar de seguida no posto de trabalho;</p> <p>1.1 - Na folha de OF é possível verificar qual a referencia a ser produzida e qual a ferramenta e máscara a utilizar .</p> <p>2 - Depois de verificar qual a ferramenta/máscara:</p> <p>2.1 - Ir buscar o carro SMED que estiver disponível;</p> <p>2.2 - Deslocar-se até à estante e colocar a ferramenta/máscara no carro SMED.</p> <p>2.3 - Se for uma troca de ferramenta & máscara, colocar o carro SMED com a ferramenta & máscara na área de manutenção e avisar o técnico de <i>setup</i> para realizar a troca de máscara;</p> <p>2.4 - Se não, colocar o carro SMED com a ferramenta/máscara junto ao posto de trabalho em questão.</p> <p>3 - De seguida, quando o carro SMED estiver no local definido, deve colocar as ferramentas necessárias na gaveta do carro SMED. Estas ferramentas devem ser recolhidas do quadro SMED e/ou da área de manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> x1 - Chave umbrake nº8 - Quadros SMED; x1 - Chave umbrake curta nº10 - Quadros SMED; x2 - Chaves umbrake nº10 – Quadros SMED; x2 – Chaves umbrake nº12 – Quadros SMED; x2 – Chaves umbrake nº17 - Quadros SMED; x1 - Conjunto chaves umbrako 1-10 - Quadros SMED; x2 - Chave mista nº19 - Quadros SMED x2 - Chave mista nº24 - Quadros SMED x1 - Limação Redondo - Quadros SMED x1 - Maço de Borracha - Quadros SMED x2 - Roquetes boca nº14 - Área da manutenção; x1 - Folha de Lixa - Bancada de Trabalho x4 - Parafusos e anilhas corretas para a ferramenta (testar tamanho na ferramenta) – Bancada de Trabalho; 				
   				

SACIA GROUP		Procedimento Operacional Standard		POS 0001/ 2022 Pág. 2/2
Departamento	Área	Equipamento		
Departamento de Métodos	Soldadura	Prensas Convencionais de Soldadura		
Tema:	Data Emissão	Realizado por:	Validação Validado por:	
Team Leader - PREPARAÇÃO DO MATERIAL SETUP SOLDADURA CONVENCIONAL				
Team Leader - PREPARAÇÃO DO MATERIAL SETUP				
<p>4 - Recolher toda a documentação necessária da OF seguinte :</p> <ul style="list-style-type: none"> Folha da OF - Quadro sequenciador; Query da OF - Quadro sequenciador; Gama de controlo da referência - Bancada do posto de trabalho; POS e GOS - Bancada do posto de trabalho; Tabela de parâmetros - Bancada do posto de trabalho. Etiqueta verde da peça de arranque <p>Colocar a documentação no separador da bancada do posto de trabalho correspondente.</p>  <p>5 - Quando restarem cerca de 20 peças para terminar a OF, chamar o técnico para <i>setup</i></p> <p>6 - A meio do <i>setup</i>, o Team Leader deve ir recolher a documentação da ordem de fabrico anterior e arrumar no sequenciador.</p>				
PONTOS EXTRA IMPORTANTES				
7 - PONTOS IMPORTANTES:				
7.1 - O Setup é prioridade e JAMAIS DEVERÁ SER INTERROMPIDO.				
7.2 - No terceiro turno, o Team Leader assume o papel de técnico.				
7.3 - O Team Leader deve sempre verificar se a ferramenta está com a máscara correta. Caso não esteja e seja possível trocar deve, seguir o ponto 2.3				
7.4 - Fazer uma rápida inspeção à ferramenta para verificar se está montada corretamente ou com algum problema. Caso seja detetada alguma anomalia, deve informar o técnico responsável. Se for no terceiro turno, colocar na estante junto ao posto de trabalho do Team Leader para ser realizada uma manutenção no próximo horário.				
7.5 - Na ausência do técnico, o TL assume as funções do técnico				



Figura H.1. POS da preparação do material de *setup* pelo *team leader*.

		<h2>Procedimento Operacional Standard</h2>		POS 0002/ 2022 Pág. 1/1	
Departamento Departamento de Métodos		Área Soldadura		Equipamento Prensas Convencionais de Soldadura	
Tema: Técnico Setup - PREPARAÇÃO DO MATERIAL PRÉ E PÓS SETUP SOLDADURA CONVENCIONAL				Data Emissão Realizado por: Validado por:	
Técnico Setup - PREPARAÇÃO DO MATERIAL PRÉ E PÓS SETUP					
<p>A troca de máscara Pré-Setup deve ser iniciada logo após o Team Leader levar o carro para a área da manutenção.</p> <p>1 - Pré-Setup:</p> <p>1.1 - Colocar a ferramenta em cima da mesa de trabalho da área da manutenção, com o auxílio do carro SMED;</p> <p>1.2 - Trabalhar apenas com a parte inferior da ferramenta. Se a ferramenta for junta, retirar a parte superior. Se a parte superior da ferramenta for pesada para ser retirada à mão, utilizar a grua.</p> <p>1.3 - Colocar e afinar a máscara segundo a POS_0003</p> <p>1.4 - Arrumar o carro SMED no sítio correspondente, junto da máquina em questão, e avisar o Team Leader que já pode colocar as chaves nas gavetas.</p> <p>2 - Pós-Setup:</p> <p>2.1 - O técnico deve arrumar as chaves nos respetivos lugares destinados (POS_0001);</p> <p>2.2 - Levar a ferramenta antiga para realizar manutenção.</p> <p>2.3 - No fim da manutenção, arrumar a ferramenta na prateleira e o carro SMED no sítio destinado.</p>					
PONTOS IMPORTANTES					
<p>3 - PONTOS IMPORTANTES:</p> <p>3.1 - <u>O Setup é prioridade e JAMAIS DEVERÁ SER INTERROMPIDO.</u></p> <p>3.2 - No terceiro turno, como não existe nenhum técnico de setup, sempre que se efetuar uma mudança de ferramenta deve-se colocar a antiga ferramenta na estante junto ao posto de trabalho do Team Leader, para ser realizada uma manutenção pelo técnico no turno seguinte. Depois da manutenção, arrumar a ferramenta na prateleira e deixar o carro SMED no sítio destinado.</p> <p>3.3 - No terceiro turno, o Team Leader ou algum colaborador com experiência em realizar <i>setup</i> assume o papel de técnico.</p> <p>3.4 - O técnico do primeiro turno (8h00-16:30), assim que o turno começar, deve verificar se existem ferramentas para manutenção na estante junto ao posto de trabalho do Team Leader. Se sim, deve realizar a sua manutenção. Depois da manutenção, arrumar a ferramenta na prateleira e deixar o carro SMED no sítio destinado.</p>					
				 	
					

Figura H.2. POS da preparação do material de *setup* pelo técnico.

APÊNDICE I

SACIA GROUP		OPERAÇÃO STANDARD DE SETUP - MONTAGEM FERRAMENTA C/ 2 PORCAS						OSS			
								0005/2022			
Foto da ferramenta	Referência	Componente (s)	Ferramenta/ Gabarit	Posto de Trabalho	Nº Op:	Tempo Setup (min):					
	Designação		Nº	Realizado por:	2	3H	3H	Direção Produção			
	Código		Loc.	Data							
Nº Symb	Tarefas (Operador Prensa)	Tempo Teórico (min:se)	Fotos	Nº Symb	Tarefas (Técnico Setu)	Tempo Teórico (min:se)	Fotos				
1	Desapertar parafusos ajuste altura lado esquerdo (POS_0005)	00:33		1	Desapertar parafusos ajuste altura lado direito (POS_0005)	00:33					
2	**Espera pelo técnico**	00:29		2	Ajustar altura mesa para a referência a produzir (POS_0005)	00:29					
3	Apertar parafusos ajuste altura lado esquerdo (POS_0005)	00:41		3	Apertar parafusos ajuste altura lado direito (POS_0005)	00:41					
4	Colocar ferramenta IN na mesa da máquina (com auxílio) (POS_0006)	00:15		4	Colocar ferramenta IN na mesa da máquina (com auxílio) (POS_0006)	00:15					
5	Colocar barra de proteção no carro	00:08		5	Alinhar rasgos da ferramenta com rasgos da mesa (POS_0006)	00:20					
6	Afastar carro SMED para local definido	00:08		6	Apontar 2 parafusos inferiores (POS_0006)	00:55					
7	Conectar à ferramenta as mangueiras pneumát. / água (POS_0006)	00:59		7	Colocar e posicionar 2 porcas nos rasgos superiores (POS_0006)	02:15					
8	Conetar cabo de ligação HMI à ferramenta (POS_0006)	00:28		8	Baixar gabarito superior da máq.: Abrir tomeira do ar comprimido (POS_0006)	00:04					
9	Ligar circuito da água (POS_0006)	00:18		9	Apertar 2 parafusos superiores para fixar ferramenta (POS_0006)	00:31					
10	Organizar documentação	00:34		10	Apertar 2 parafusos inferiores para fixar ferramenta (POS_0006)	00:28					
11	Preencher documentação do início de O.F. até possível	00:39		11	Subir gabarito superior da máquina (POS_0006)	00:04					
12	Preencher gama de controlo da nova referência até possível	00:34		12	Regular pressão do pino cerâmico (POS_0006)	00:13					
13	Preencher documento de validação de arranque até possível	00:35		13	Escolher no HMI a ferramenta/referência a ser produzida (POS_0006)	00:15					
14	Preencher etiqueta da peça de arranque da referência em questão	00:22		14	Abrir lança manualmente no HMI (POS_0006)	00:14					
15	Preencher e separar etiquetas da nova O.F. & colocar no devido local	00:53		15	No quadro do alimentador, colocar em manual e escolher lança (POS_0007)	00:11					
16	Arrumar peça padrão da antiga referência & buscar a peça padrão da nova referência	00:56		16	Afinar lança & testar alimentador (5x com sucesso consecutivo) (POS_0007)	03:40					
17	Arrumar bac da água em local definido	00:13		17	Ir ao quadro do alimentador e selecionar a segunda lança a alinhar (POS_0007)	00:08					
18	Posicionar bimanual no local de produção	Cont. Verso		00:04	18	Afinar lança & testar alimentador 5x c/ sucesso (POS_0007)		Cont. Verso	03:40		
19	Posicionar tapete no local de produção	00:09			19	Ir ao quadro do alimentador, e colocar em modo automático (POS_0007)		00:08			
20	Posicionar exaustor no local de produção	00:09			20	No HMI colocar máquina em modo automático		00:04			
21	Posicionar racks ou contentores	01:42	21		Recolher da bancada a tabela de parâmetros da referência em questão	00:20					
22			22		Introduzir programa na máquina e verificar parâmetros	00:22					
23			23		Regular a pressão pneumática & pousar tabela	00:20					
24			24		Produzir peça para ensaio destrutivo	00:08					
25			25		Verificar a peça para ver se está tudo aparentemente bem	00:12					
26			26								
27	**Espera pelo técnico** (Ajudar no que for necessário)	08:46	27		Realizar ensaio destrutivo até peça conforme	03:04					
28	Descartar peça do ensaio e decorar valores do resultado	00:09	28		Colocar/posicionar acrílico de proteção na máquina	01:23					
29	Acabar de preencher docs & arrumar diversa papelada	00:56		22							
	Adicionar peças rejeitadas no HMI	00:17		23							
	Produzir peça de arranque de produção	00:08		28							
		Total:	21:04			Total:	20:58				
EPI's (Equipamentos Proteção Individual)		Simbologia		Histórico de Revisões							
				Nº	Motivo Revisão	Data	Resp.				

Figura I.1. OSS da montagem de ferramenta com dois alimentadores de porcas.

SACIA GROUP		Procedimento Operacional Standard		PO S																									
		Ajustar Alimentador de Porcas		0007/2022																									
				Pág. 1/2																									
Departamento	Área	Equipamento																											
Departamento de Métodos	Soldadura	Alimentador de Porcas																											
Tema:	Data Emissão	Realizado por:	Validação	Validado por:																									
ALINHAR ALIMENTADORES DE PORCAS COM PINOS CERÂMICOS																													
1. ABRIR LANÇA DO ALIMENTADOR DE PORCAS																													
<p>1 - Desapertar parafusos das articulações do alimentador com uma chave umbraque n.º 10 de forma a este ficar "solto";</p> <p>2 - Afastar a frente do alimentador para fora do alcance da ferramenta e voltar a apertar ligeiramente os parafusos, de forma a fixar a posição;</p> <p>3 - Ir ao quadro do alimentador: 3.1 - Colocar em modo automático; 3.2 - Escolher a lança a alinhar (1 ou 2);</p> <p>4 - No HMI seleccionar a opção "manual" e de seguida "porcas" para abrir manualmente a lança.</p>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Onde?</th> <th>Quando?</th> <th>Porquê?</th> <th>Como?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Na haste do alimentador de porcas</td> <td>Antes de abrir a lança</td> <td>Para permitir afastar a lança da ferramenta</td> <td>Com a chave de umbraque n.º 10 desapertar os parafusos para que seja possível afastar a lança</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Na haste do alimentador de porcas</td> <td>Antes de abrir a lança</td> <td>Para quando abrir a lança não correr o risco de esta colidir com a ferramenta</td> <td>Afastar manualmente e voltar a apertar os parafusos ligeiramente com a chave umbraque n.º 10.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>No quadro do alimentador</td> <td>Depois de afastar a ponta da lança da ferramenta</td> <td>Para controlar manualmente a lança para a apontar ao pino cerâmico</td> <td>Rodar o botão manualmente para "modo manual" e seleccionar a haste 1 ou 2.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>No HMI</td> <td>Depois de colocar o alimentador em manual e seleccionar a lança</td> <td>Para abrir a lança para a alinhar com o pino cerâmico</td> <td>No HMI seleccionar a opção "manual" e de seguida clicar em "porcas".</td> </tr> </tbody> </table>						Onde?	Quando?	Porquê?	Como?	1	Na haste do alimentador de porcas	Antes de abrir a lança	Para permitir afastar a lança da ferramenta	Com a chave de umbraque n.º 10 desapertar os parafusos para que seja possível afastar a lança	2	Na haste do alimentador de porcas	Antes de abrir a lança	Para quando abrir a lança não correr o risco de esta colidir com a ferramenta	Afastar manualmente e voltar a apertar os parafusos ligeiramente com a chave umbraque n.º 10.	3	No quadro do alimentador	Depois de afastar a ponta da lança da ferramenta	Para controlar manualmente a lança para a apontar ao pino cerâmico	Rodar o botão manualmente para "modo manual" e seleccionar a haste 1 ou 2.	4	No HMI	Depois de colocar o alimentador em manual e seleccionar a lança	Para abrir a lança para a alinhar com o pino cerâmico	No HMI seleccionar a opção "manual" e de seguida clicar em "porcas".
	Onde?	Quando?	Porquê?	Como?																									
1	Na haste do alimentador de porcas	Antes de abrir a lança	Para permitir afastar a lança da ferramenta	Com a chave de umbraque n.º 10 desapertar os parafusos para que seja possível afastar a lança																									
2	Na haste do alimentador de porcas	Antes de abrir a lança	Para quando abrir a lança não correr o risco de esta colidir com a ferramenta	Afastar manualmente e voltar a apertar os parafusos ligeiramente com a chave umbraque n.º 10.																									
3	No quadro do alimentador	Depois de afastar a ponta da lança da ferramenta	Para controlar manualmente a lança para a apontar ao pino cerâmico	Rodar o botão manualmente para "modo manual" e seleccionar a haste 1 ou 2.																									
4	No HMI	Depois de colocar o alimentador em manual e seleccionar a lança	Para abrir a lança para a alinhar com o pino cerâmico	No HMI seleccionar a opção "manual" e de seguida clicar em "porcas".																									

SACIA GROUP		Procedimento Operacional Standard		PO S
		Ajustar Alimentador de Porcas		0007/2022
				Pág. 2/2
Departamento	Área	Equipamento		
Departamento de Métodos	Soldadura	Alimentador de Porcas		
Tema:	Data Emissão	Realizado por:	Validação	Validado por:
ALINHAR ALIMENTADORES DE PORCAS COM PINOS CERÂMICOS				
2. ALINHAR LANÇA COM O PINO CERÂMICO				
<p>5 - Desapertar e apertar os parafusos do alimentador um a um e afinar a lança até esta estar alinhada com o pino cerâmico.</p>				
3. TESTAR ALIMENTADOR DE PORCAS				
<p>9 - Depois de ter alinhado a lança, no HMI deve pressionar o botão "porcas" para alimentar manualmente o pino cerâmico.</p> <p>A porca deve cair diretamente para o pino cerâmico sem qualquer referência e sem ficar presa em algum local.</p> <p>Repetir o processo 5 vezes para garantir repetibilidade no teste.</p> <p>10 - A cada teste deverá recolher as porcas para no final as devolver ao alimentador.</p> <p>Nota: Se o teste for válido deve avançar para o passo seguinte; Se o teste não for válido deve repetir o passo anterior e voltar a testar até validar o teste.</p>				
4. FINALIZAR PROCESSO DE ALINHAR O ALIMENTADOR				
<p>11 - Após validar o alinhamento da lança deve ir ao quadro elétrico do alimentador e:</p> <p>11.1 - Se tiver outra lança para alinhar seleccionar a segunda lança; 11.2 - Se tiver terminado o deve seleccionar qual a lança que deve trabalhar (1, 2 ou ambas) e colocar em modo "Automático"</p> <p>12 - IMPORTANTE: No final não esquecer de voltar a colocar "modo automático" no HMI</p>				

Figura I.2. POS do ajuste do alimentador de porcas.

APÊNDICE J

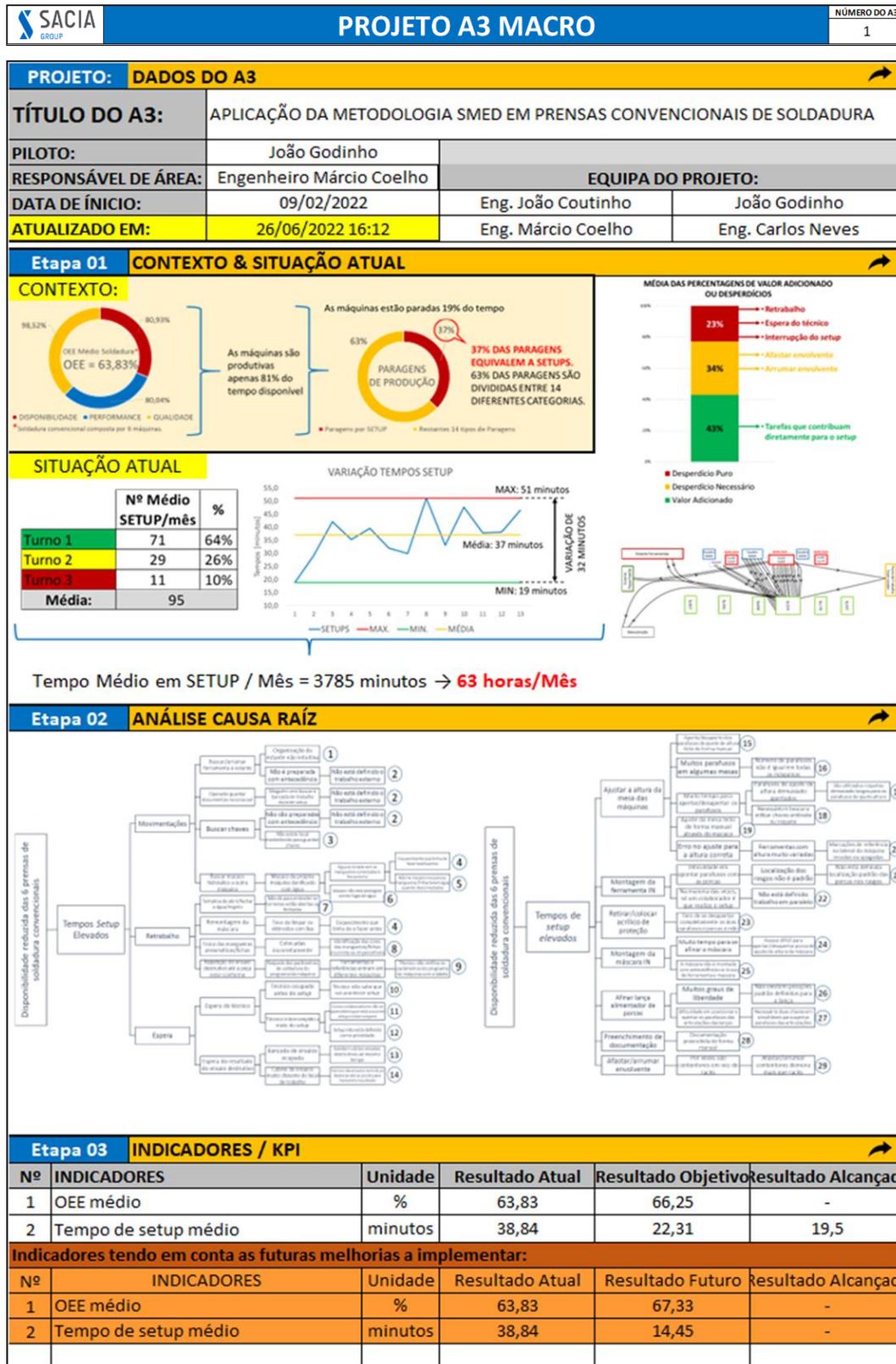


Figura J.1. Primeira parte do relatório A3 da dissertação.

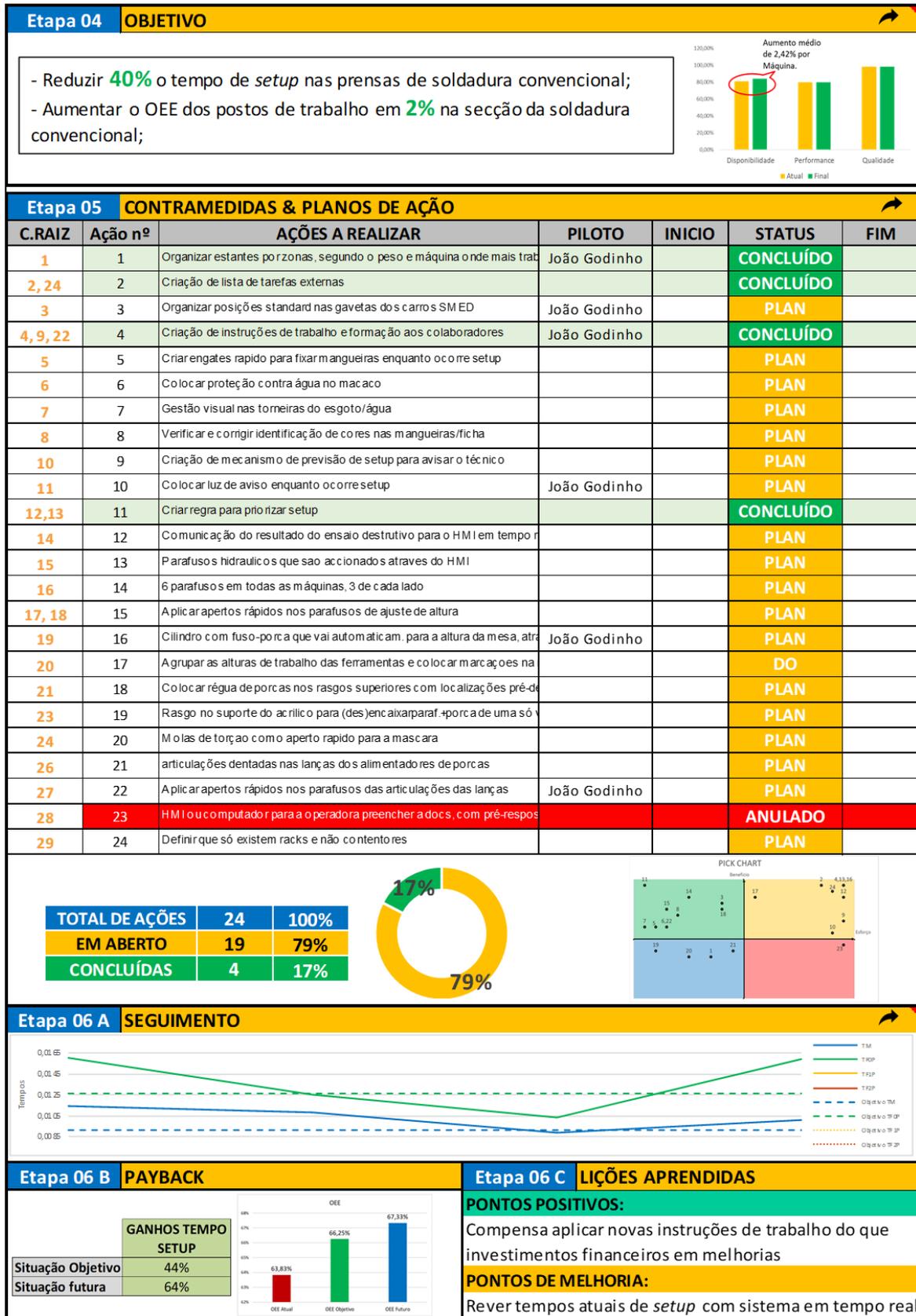


Figura J.2. Segunda parte do relatório A3 da dissertação.

