



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Troca de ferramenta rápida em máquinas de injeção de plástico e estampagem de peças metálicas

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Autor

Daniel António Pina Ventura

Orientadores

Engenheiro Filipe Gouveia Miranda Folgado (EFAPEL)

Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto

Júri

Presidente	Professora Doutora Marta Cristina Cardoso de Oliveira Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professora Doutora Irene Sofia Carvalho Ferreira Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Leiria
Orientador	Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

EFAPEL®

**EFAPEL – Empresa Fabril de
Produtos Elétricos, S.A.**

Coimbra, Julho, 2014

“Fazer bem é à primeira!”

Lema da EFAPEL

“Tudo é considerado impossível até acontecer.”

Nelson Mandela

À Jim e ao Ryan que não chegaram ao fim desta jornada...

Agradecimentos

Este espaço é dedicado àqueles que deram a sua contribuição para que esta dissertação fosse realizada. A todos eles deixo o meu mais sincero agradecimento.

Ao Eng.º Américo Duarte, representante legal da EFAPEL, pela oportunidade que me concedeu, à qual tentei corresponder empenhando-me incondicionalmente em qualquer tarefa.

Ao Eng.º Filipe Folgado, pela sua importante ajuda, orientação e opinião na elaboração do presente trabalho e sobretudo pela disponibilidade, usando o seu tempo pessoal em prol dos meus resultados, os meus mais sinceros agradecimentos.

Ao Eng.º Miguel Barata e ao Eng.º Tiago Figueiredo o meu sincero reconhecimento pela importância que tiveram no presente trabalho. Pela confiança depositada ao incumbirem-me as mais diversas tarefas que me permitiram crescer e ter uma perceção diferente da realidade da empresa. Obrigado também pelo companheirismo e ajuda no dia-a-dia.

À restante equipa do departamento de Produção, nomeadamente à Eng.ª Denise Moura, à Dr.ª Sandra Leal e à Isabel Soares pela preocupação com o meu bem-estar e sucesso.

À Dr.ª Carla Banha pelo incentivo à candidatura a este estágio.

Aos restantes colaboradores da EFAPEL, em especial aos das secções onde foi desenvolvido este projeto, pela simpatia e acolhimento que me proporcionaram, são eles os verdadeiros responsáveis pelos resultados aqui apresentados. Ao Sr. Fernando e ao Sr. Barata, “Mestres” da secção de Estampagem e de Injeção, pela partilha de conhecimento.

Aos Professor Pedro Neto, orientador desta dissertação, pela formação e aconselhamentos durante a realização da mesma.

A todo os amigos d’O Tal Sítio por me proporcionarem uma vida académica única e inesquecível.

A toda a família Nexgym, em especial ao Mestre Brunex que me ensinou a enfrentar todos os desafios com atitude.

À minha família pelo apoio e incentivo à minha formação académica e pessoal, não podendo deixar de referir a Nelita, o Zé e a Carol, por me receberem sempre de braços

abertos e serem o meu porto de abrigo na Cidade dos Estudantes. Ao Tio Jorge que está sempre pronto para ajudar os sobrinhos, um obrigado especial.

Aos meus colegas de casa, Tuxa, Cristy, Didás e Sarocas que foram a minha segunda família ao longo destes 6 anos.

À Inês, por me orientar todos os dias, pela paciência, dedicação, confiança e incentivo que põe em todos os meus projetos.

A todos os restantes amigos e colegas de curso.

Resumo

O documento aqui apresentado é resultado de um protocolo entre a EFAPEL e a FCTUC. O projeto proposto passa por reduzir os tempos de *setup*, nas secções de injeção e estampagem, através da utilização do método SMED, com o objetivo de reduzir *stocks*, e aumentar a flexibilidade do processo produtivo.

Este projeto vem no seguimento da aplicação do método SMED, e de outras ferramentas Lean na EFAPEL. Desta forma, este projeto não é de implementação do método SMED, mas sim de otimização.

O objetivo para a secção da injeção passa por melhorar, simplificar e uniformizar algumas tarefas. Pois, desde que se iniciou a implementação da metodologia, observa-se uma redução de 81% no tempo de *setup*. Apesar deste se apresentar já otimizado, foi possível ainda propor melhorias para 11 das 21 tarefas de *setup* interno, e também para muitas das tarefas externas. Caso estas melhorias sejam adotadas, espera-se uma redução do tempo, das tarefas externas e internas, de 26% e entre 6% a 22% respetivamente.

Na secção da estampagem, o objetivo passou pela sensibilização dos operadores, para a importância de uma boa preparação antecipada do *setup* e para o cumprimento do método definido, derivado da aplicação da metodologia SMED. Através do cumprimento deste objetivo espera-se uma redução entre 36% e 49% do tempo médio de *setup*.

No mês de Junho, verificou-se uma redução de cerca de 50%, do tempo médio de *setup*, relativamente ao período homólogo do ano anterior, cumprindo-se assim o objetivo delineado.

Palavras-chave: *setup*, SMED , *stocks* , Lean , *setup* interno, *setup* externo.

Abstract

The document presented is the result from a protocol between EFAPEL and FCTUC. This project aims to reduce the setup times in the injection and stamping sections by using the SMED method. This allows reduced inventory and increases the process production flexibility.

This project follows the implementation of the SMED method and other Lean tools in EFAPEL. Consequently, this project aims not to implement SMED, but to optimize it.

The main goal is to improve, simplify and standardize some tasks in the injection section. Since the beginning of the implementation of this methodology there was a setup time reduction of 81%.

Despite of the present setup optimization, it was possible to propose improvements to 11 of the 21 tasks of the internal setup, and many others of the external setup. If these improvements are adopted, it is expected a reduction of 26% to the external setup time and 6% to 22% of the internal setup time.

In the stamping section, the goal was to raise operator's awareness of the importance of preparing the setup activities previously and follow the defined setup steps. By fulfilling this objective, a reduction of 36% to 49% on the average setup time is expected.

In June, there was average setup time reduction of about 50%, compared with the same period of the previous year, achieving the outlined goal.

Keywords setup, SMED, stocks, Lean, internal setup, external setup.

Índice

Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas	ix
Siglas	x
1. Introdução	1
2. Enquadramento Teórico	2
2.1. Lean	3
2.1.1. A importância das pessoas	5
2.1.2. Hábitos 5S e de organização	5
3. Método SMED	6
3.1. Descrição da Metodologia SMED	8
4. Caso de Estudo	11
4.1. EFAPEL	11
4.2. Processos produtivos estudados	12
4.2.1. Injeção de plásticos	12
4.2.2. Estampagem de peças metálicas	13
4.3. Indicadores de Desempenho	14
4.4. Metodologia SMED na EFAPEL	16
4.5. Familiarização com os processos	16
4.6. Secção de Injeção	17
4.6.1. Preparação da ordem de produção	17
4.6.2. <i>Setup</i> na Secção de Injeção	17
4.6.3. Análise ao método atual	20
4.6.4. <i>Workshop</i> SMED	26
4.6.5. Hipóteses de melhoria analisadas	29
4.6.6. Identificação, organização e limpeza de elementos afetos ao <i>setup</i>	34
4.6.7. Resultados Esperados	38
4.7. Secção de estampagem	39
4.7.1. <i>Setup</i> na Secção de Estampagem	39
4.7.2. Análise da situação inicial	40
4.7.3. Análise aos desperdícios nos <i>Setups</i>	42
4.7.4. Reduções previstas para o ano de 2014	43
4.7.5. Conclusões à análise	43
4.7.6. <i>Workshop</i> SMED	43
4.7.7. Propostas de melhoria	44
4.7.8. Resultados	46
5. Conclusões Gerais	47
6. Referências Bibliográficas	48
Apêndice A- Sequência de tarefas externas (injeção)	49

Apêndice B – Sequência de tarefas Internas (injeção)	50
Apêndice C – Registo de tempos.....	51
Apêndice D – registo de tempos.....	52
Apêndice E – registo de Tempos	53
Apêndice F – Gráfico <i>Yamazumi</i> exemplificativo	54
Apêndice G - Resgisto de tempos (tarefas Externas)	55
Apêndice H - Resgisto de tempos (tarefas Externas)	56
Apêndice I - Resgisto de tempos (tarefas Externas).....	57
Apêndice J – Análise comparativa de tarefas	58
Apêndice K – Análise comparativa de tarefas.....	59
Apêndice L – Análise comparativa de tarefas	60
Apêndice M- Sequência para retirar e colocar o molde na máquina.....	61
Apêndice N - Sequência de tarefas externas (Estampagem)	62
Apêndice O - Sequência de tarefas externas (Estampagem)	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1-Estrutura do TPS.....	2
Figura 3.1- Esquema representativo das fases de um <i>setup</i>	6
Figura 3.2-Efeito da redução do tempo de <i>setup</i> no tamanho do lote económico (Fonte: Deodato, R., 2014, adaptada)	7
Figura 3.3-Representação esquemática do método SMED (SGI EFAPEL, 2014)	9
Figura 4.1- Máquina de Injeção (SGI EFAPEL, 2014).....	12
Figura 4.2 - Peças plásticas exteriores fabricadas por injeção na EFAPEL (Website da EFAPEL, 2014).....	12
Figura 4.3- Prensa (Pinto 2014).....	13
Figura 4.4 – Exemplo de peça estampada	13
Figura 4.5-Terminal de aquisição de dados (A., Barata, F. Folgado, 2011)	15
Figura 4.6- Metodologia SMED na EFAPEL	16
Figura 4.7-Evolução do tempo de <i>setup</i> na secção da injeção ao longo dos anos	20
Figura 4.8- Redução anual (%) do tempo de <i>Setup</i> médio na secção de injeção	21
Figura 4.9 - Gráfico <i>Yamazumi</i> com tempos de espera do OP1 identificados	23
Figura 4.10 – Gráfico <i>Yamazumi</i> com os tempos de espera do OP1 identificados	24
Figura 4.11 - Ligações das águas efetuadas pelo interior da máquina a)Representação esquemática b) Estado atual	27
Figura 4.12 Sistema protótipo da ligação das águas a) Esquema representativo b) Pormenor da ligação pelo exterior da máquina c) Vista frontal.....	28
Figura 4.13 Ligação do molde à máquina	28
Figura 4.14 - Molde com ligações de água permanentes	29
Figura 4.15- Mesa de ar (Fonte: Catálogo Meusburger 2014)	30
Figura 4.16- Exemplo das barras de apoio propostas para os carros SMED.....	31
Figura 4.17- Cabeça do robô com sistema de sopro acoplado	32
Figura 4.18- Barra de segurança a) com roscas embutidas b) conforme caderno de encargos	33
Figura 4.19 - Tubos de alimentação das máquinas de injeção identificados.....	34
Figura 4.20 - Armário arrumação das peças para verificação funcional	35
Figura 4.21-Cavidades dos moldes organizadas e identificas	35
Figura 4.22-foto do suporte de mangueiras protótipo	36

Figura 4.23 - <i>Checklist</i> de organização e limpeza	36
Figura 4.24 - Levantamento dos acessórios das ferramentas e acessórios do carrinho SMED.....	37
Figura 4.25- <i>Layout</i> proposto das ferramentas e acessórios do carrinho SMED	37
Figura 4.26- Prensas de diferentes marcas a) Legnani b) Bruderer c) Bihler (Fonte: Pinto,2014)	40
Figura 4.27.-Gráfico <i>Gantt</i> das operações de um <i>setup</i> na estampagem.....	41
Figura 4.28--Gráfico <i>Gantt</i> das operações de um <i>setup</i> na estampagem	42
Figura 4.29- a) tubos de extração de peças identificados b) tubos do sistema de vácuo identificados	44
Figura 4.30 - a) sistema de soldadura b) sistema de afinação da soldadura	45
Figura 4.31- batímetro com visor digital instalado numa máquina de clipagem	45
Figura 4.32- correta preparação de um <i>setup</i>	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Tabela Resumo das tarefas de preparação de um <i>setup</i> na injeção	19
Tabela 4.2- Tabela resumo das tarefas de finalização de um <i>Setup</i> de acordo com o Sistema de Informação da EFAPEL	20
Tabela 4.3 – Tabela resumo dos resultados esperados na preparação do <i>setup</i>	38
Tabela 4.4 – Tabela resumo dos resultados esperados no tempo do <i>setup</i> interno	38
Tabela 4.5 – Tabela resumo dos resultados esperados no tempo de finalização do <i>setup</i> ..	38

SIGLAS

SMED – Single Minute Exchange of Dies

OP – Ordem de Produção

OP1 – Operador 1

OP2 – Operador 2

OP3 – Operador 3

FRQ – Ficha de Receção Qualitativa

GL – *Gemba* Líder

SF – Substituto Funcional

EG10 – Equipa *Gemba* 10

EG11 – Equipa *Gemba* 11

EG12 – Equipa *Gemba* 12

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a procura por uma vasta variedade de produtos, com prazos de entrega curtos e exatos, é um fenómeno comum a todas as indústrias. De forma a melhor responder a este fenómeno, é necessário produzir em lotes com tamanhos mais pequenos. Segundo o conceito de lote económico, existe uma relação direta entre o tempo de *setup* e o tamanho do lote. De um modo geral, quanto menor é o tempo de *setup* menor será o tamanho do lote económico.

O método SMED (*Single-Minute-Exchange of Dies*) trata-se de uma técnica criada por Shigeo Shingo nos anos 50, que através de uma aplicação sistemática, conduz à redução dos tempos de *setup*. Para além da redução do tempo de *setup*, o SMED leva à redução dos *stocks*, à redução de recursos e ao aumento da flexibilidade e do controlo de processos. (McIntosh et al, 2001).

A EFAPEL é uma empresa de soluções elétricas sediada em Serpins. Esta empresa, implementou há alguns anos o método SMED nas secções de Injeção e Estampagem com o objetivo de reduzir os *stocks*, maximizar o rendimento do processo produtivo, e aumentar a flexibilidade

No âmbito da realização da presente dissertação, foi proposto o acompanhamento deste método na referida empresa, com o principal objetivo de contribuir para a otimização do método de execução de *setups* nas secções de injeção e estampagem.

Na secção de injeção, o tempo médio de todos os *setups* encontra-se abaixo do objetivo delineado pela empresa. Apesar disso, existem alguns *setups* que são realizados em mais tempo do que aquele que é desejável. Por este motivo, pretende-se melhorar, simplificar e uniformizar as tarefas críticas do *setup* responsáveis por aumentos do tempo, em relação ao objetivo.

Na secção de Estampagem, mais do que modificar as tarefas, o objetivo principal passa por sensibilizar os operadores para a importância de cumprirem com o método definido para a execução de *setup*. Comparativamente ao tempo médio de *setup* de Junho de 2013, espera-se uma redução do tempo médio de *setup* entre 36% e 49%, apenas através de uma melhor preparação e organização do trabalho.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Em 1913 pelas mãos de Henry Ford, passou a existir uma integração de todo o processo produtivo dando-se início ao processo produtivo em massa que revolucionou toda a indústria automobilística. Contudo, a sua produção não tinha variedade tornando a necessidade de troca de ferramenta em máquinas praticamente nula.

Após a 2ª Guerra Mundial, Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno, entre outros colaboradores da Toyota, conseguiram manter a produção em massa e alargar a variedade de produtos, através de inovações simples que deram origem ao *Toyota Production System* (descrito no decorrer deste trabalho como TPS). Com a utilização deste sistema, deixou-se de dar importância à máquina individual e passou-se a dar atenção ao processo produtivo como um todo (*Lean Enterprise Institute, 2009*).

Este sistema é baseado no respeito pelas pessoas e assenta em três pilares (Figura 2.1) Just-in-Time, Kaizen e Jidoka. De seguida, serão descritos cada um dos pilares do TPS.

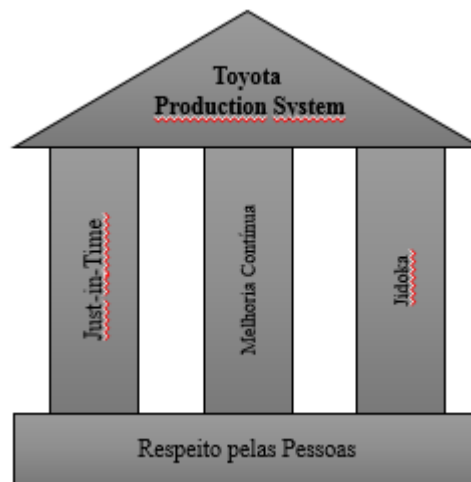


Figura 2.1-Estrutura do TPS

Kaizen ou melhoria contínua é considerado como uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade das organizações. Segundo Pinto (2009), a melhoria contínua pressupõe uma evolução gradual do desempenho, algo que acontece todos os dias de forma constante. Para que a melhoria aconteça, é necessário que

todos os colaboradores de uma organização sejam proactivos na procura de mudanças que levem a processos perfeitos isentos de desperdícios.

Como suporte à melhoria existe uma ferramenta denominada de ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) referida pela primeira vez por Deming, que deve ser utilizada de forma cíclica seguindo 4 fases:

- *Plan* (Planear) – definir objetivamente o problema, as suas causas e como o melhorar;
- *Do* (Executar) – proceder ao avanço de iniciativas de modo a executar o plano;
- *Check* (Verificar) – avaliar os resultados comparando-os com o planeado;
- *Act* (Atuar) – Implementar um padrão com as mudanças que possa ser auditado e mantido ou reiniciar o ciclo caso a mudança não seja eficaz.

O *Just-in-Time* refere-se ao objetivo de movimentar e fornecer os itens dentro da cadeia produtiva apenas nas quantidades necessárias e no momento necessário. Por outras palavras, é produzir, no tempo certo, apenas a quantidade necessária para satisfazer o pedido do cliente, sem gerar *stocks* ou atrasos (Pinto 2009).

Jidoka pode ser definido como “automação com um toque humano”. Isto significa, que o operador tem poder para parar a linha de produção sempre que surge um problema evitando a produção de produtos defeituosos. Desta forma, um operador pode estar no comando de várias máquinas, resultando numa melhoria da produtividade (*Toyota Motors Corporation*, 2014).

Para além, do que foi referido, segundo Ohno (1998), um dos grandes objetivos do TPS é “criar pessoas pensantes”. Segundo Pinto (2009), o TPS foi concebido para fornecer as ferramentas e as soluções para que as pessoas e os processos possam melhorar continuamente.

2.1. Lean

Lean é uma filosofia de trabalho, que se desenvolveu em torno do TPS, na qual o conceito de desperdício toma um papel essencial. Desperdício corresponde a qualquer atividade que não acrescenta valor. Por outras palavras, desperdício são todas as ações, materiais e processos que o cliente não paga.

A expressão Lean é referenciada pela primeira vez por Jim Womack, Daniel Jones e Daniel Roos' no livro, "*The Machine that changed the world*"(1991), onde condensam a filosofia em 5 princípios:

- Especificar o valor desejado pelo cliente para cada produto;
- Definir a cadeia de valor de cada produto;
- Otimizar o fluxo produtivo;
- Deixar o cliente puxar o valor do produto;
- Perseguir a perfeição.

Em suma, o cerne do Lean está na eliminação dos 7 tipos de desperdícios identificados por Taiichi Ohno (1912-1990) e Shingeo Shingo (1909-1990):

- Excesso de produção de mercadorias desnecessárias;
- Tempos de espera para finalizar o trabalho;
- Transporte desnecessário de mercadoria;
- Excesso de processamento de produtos desnecessários;
- *Stock* ou inventários desnecessários;
- Movimentos desnecessários;
- Defeitos nos produtos.

Estes desperdícios são considerados puros, caso sejam atividades totalmente dispensáveis. Por outro lado, existem atividades que embora não acrescentem valor, têm de ser realizadas, denominadas como desperdícios necessários.

Para além destes princípios, não pode ser ignorada a crucial atividade de criar valor através da inovação de produtos, serviços e pessoas. É necessário conhecer as necessidades de quem a empresa serve, ou seja, de todos os *stakeholders*, e não só do seu cliente "inovando sempre" (Pinto,2009).

Em resumo, o termo Lean é aplicado para se referir à filosofia de liderança e gestão que tem por objetivo a sistemática eliminação do desperdício e criação de valor, simplificando processos para aumentar a produtividade, reduzir custos e retrabalho buscando sempre a perfeição (Pinto, 2009).

2.1.1.A importância das pessoas

Para Hines (2010), o fator chave no sucesso dos casos de estudo das empresas descritas por Womack e Jones, (1991), está na liderança dos gestores e não nas ferramentas utilizadas.

Associado à liderança, encontra-se a habilidade de comprometer as pessoas. Isto significa, permitir que as pessoas, que conhecem melhor o trabalho, se envolvam nos processos de melhoria.

Contudo, nos princípios clássicos do Lean, praticamente não é tido em conta a importância das pessoas. Especificamente, não foi dada importância à mobilização dos colaboradores para mudar os processos e as respetivas tarefas individuais.

Segundo Shingo (1985), para o operador, mais importante do que perceber como, é perceber o porquê de fazer o que lhe é solicitado. Só assim este será capaz de lidar com situações de mudança.

2.1.2.Hábitos 5S e de organização

Os Hábitos 5S representam um conjunto de práticas que visam a manutenção das condições ótimas dos locais de trabalho, facilitando a identificação de desperdícios. Os 5S's são cinco palavras-chave Japonesas todas elas começadas por "S".

Na implementação destes hábitos, cada uma dessas palavras corresponde a uma etapa:

- *Seiri* (organização) - Separar o útil do inútil; Identificar as coisas indispensáveis no posto de trabalho;
- *Seiton* (arrumação) - Definir um local para cada coisa e uma coisa para cada local; Colocar as coisas de uso mais frequente em locais de fácil acesso;
- *Seiso* (limpeza) - Eliminar causas de sujidade; Manter o ambiente de trabalho limpo;
- *Seiketsu* (normalização) - Definir normas de arrumação e limpeza;
- *Shitsuke* (autodisciplina) - Fazer das regras 5S um hábito; Desenvolver sistemas de verificação (*checklists*) e ajudas visuais.

Após a implementação das 5 etapas descritas, deverão ser realizadas auditorias periódicas de forma a garantir que o quinto "S" se está a concretizar (Pinto 2009)

3. MÉTODO SMED

O método SMED (*Single Minute Exchange of Dies*), criado e descrito por Shingo (1985) é uma metodologia LEAN que pode ser aplicada em qualquer fábrica ou equipamento, para redução do tempo de *setup*. A expressão “*Single minute*”, contida nesta sigla, refere-se ao objetivo do Sr. Shingo em realizar *setups* em menos de 10 minutos, ou seja, num número de minutos expresso num único dígito (Barata, A. Folgado, F., 2011).

O tempo de *setup* é o tempo decorrido desde a produção da última peça conforme de um determinado lote até à primeira do lote seguinte, ou seja, é o tempo que uma determinada máquina, ou linha produtiva, está parada, significando só por isso desperdício. Este processo inclui 3 etapas representadas na figura seguinte (Figura 3.1):

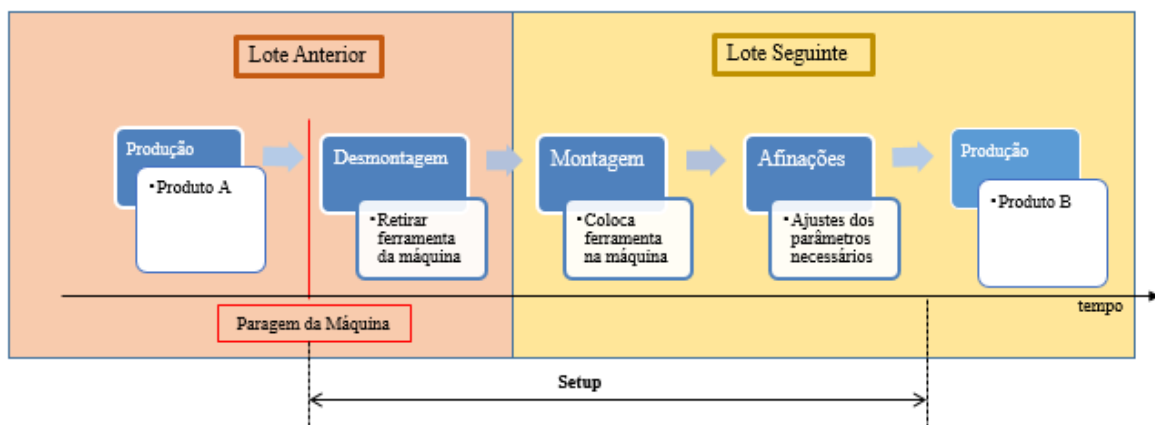


Figura 3.1- Esquema representativo das fases de um *setup*

Com a diminuição do tempo de *setup*, pode-se minimizar o *stock* e flexibilizar a produção de modo a permitir ajustes de acordo com alterações da procura, fazendo com que seja rentável a produção em lotes mais pequenos.

O tamanho de lote económico (Q) corresponde à quantidade de peças que devem ser produzidas, que minimizem o custo total anual da peça. O custo total anual da peça é função da soma do custo anual de *stock* com custo de encomenda.

O Custo anual de *stock* corresponde ao custo que a empresa tem decorrente de armazenar as peças e não as usar imediatamente. Este custo tem um peso indesejável no preço final do produto e o seu custo anual está linearmente relacionado com o tamanho do lote por:

$$\text{Custo anual de stock} = \frac{Q}{2} \times \text{Custo unitário de stock}; \quad (1)$$

O custo de encomenda depende do Custo de *Setup* (S) dado por:

$$S = \text{tempo de setup} \times \text{custo hora das unidades de trabalho} \quad (2)$$

Assim, o cálculo do custo de encomenda é feito da seguinte forma:

$$\text{Custo de encomenda} = \frac{D}{Q} \times S \quad (3)$$

Em que D corresponde à quantidade de procura anual.

De acordo com o apresentado anteriormente tem-se:

$$\text{Lote económico} = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{\text{Custo unitário de stock}}} \quad (4)$$

Para atender aos requisitos do TPS é necessário que a produção seja feita em lotes mais pequenos, ou seja, minimizar o tamanho do lote.

Existem então duas formas de minimizar o tamanho do lote: reduzindo o custo de *stock*, ou reduzindo o custo de *setup*, tal como é exemplificado na (Figura 3.2). Uma vez que por questões logísticas, reduzir o custo de *stock* representa uma tarefa complicada, deve-se atentar à possibilidade de reduzir o tempo de *setup*.

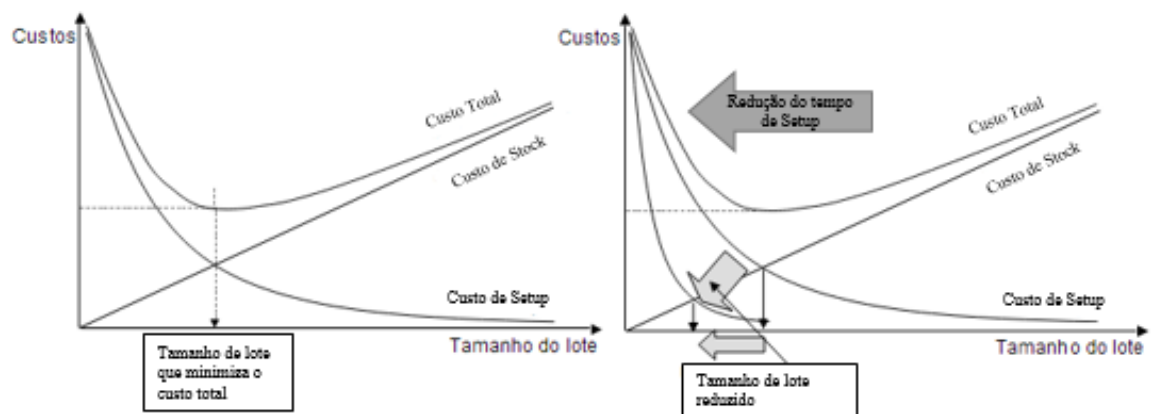


Figura 3.2-Efeito da redução do tempo de *setup* no tamanho do lote económico (Fonte: Deodato, R., 2014, adaptada)

Note-se ainda, que a redução do lote económico tem como consequência a diminuição do Custo anual de *Stock*. De um modo geral, uma redução de 5% do tempo médio de *setup* corresponde a uma redução do custo anual de *stock* de aproximadamente

2,5%, de igual modo, uma redução média do tempo de *setup* de 90% corresponde uma redução de aproximadamente 68,43%. (Deodato, R., 2014)

Associado a este método estão também outros ganhos:

- Eficiência do processo produtivo;
- Uniformização de procedimentos;
- Redução do grau de conhecimento necessário para realizar os *setups*;
- Simplificação da montagem de ferramentas (Barata, A. Folgado, F., 2011).

3.1. Descrição da Metodologia SMED

Segundo Shingo (1985) “o passaporte para atingir o SMED” consiste na divisão do *setup* em 2 tipos de tarefas designadas Internas e Externas. São consideradas tarefas externas todas as tarefas passíveis de serem realizadas com a máquina em funcionamento e internas são todas as tarefas que têm de ser realizadas com a máquina parada.

O método SMED é definido por Shingo em 4 fases (Figura 3.3), descritas de seguida.

- **Fase Preliminar: Definição do estado atual**

Nesta fase deve ser feita uma análise contínua e rigorosa das operações através de observações e trocas de informações informais com os operadores, suportadas por entrevistas e filmagens oficiais. Estes procedimentos permitem obter um conhecimento mais profundo e exato do tempo de *setup* atual e do método de execução do mesmo.

Durante esta fase é de extrema importância que todos os intervenientes no processo de melhoria do *setup* estejam cientes dos objetivos e do caminho a percorrer para alcançá-los.

- **Fase 1: Classificar tarefas em externas e internas.**

Nesta fase todas as tarefas devem ser classificadas como internas ou externas.

- **Fase 2: Conversão das tarefas internas em externas.**

O objetivo deste ponto é transformar o maior número de tarefas internas em externas para minimizar o tempo de máquina parada. Este processo é muito importante para atingir os objetivos do método e exige uma grande abstração da forma como estão

predefinidas as tarefas, de modo a “reprojetar” todo o processo. Note-se ainda, que a importância da relação custo/benefício, que deve estar presente.

- **Fase 3: Otimização de todas as tarefas de um *setup***

Após ser efetuada uma análise pormenorizada de cada tarefa deve fazer-se um esforço para reduzir o tempo consumido pelas tarefas internas. De seguida, deve ser dada atenção ao tempo gasto pelas tarefas externas, tentando reduzi-lo. Para conseguir esta otimização pode-se, entre outras coisas, identificar a melhor sequência, criar anti-erros, eliminar passos desnecessários e organizar o espaço de trabalho.

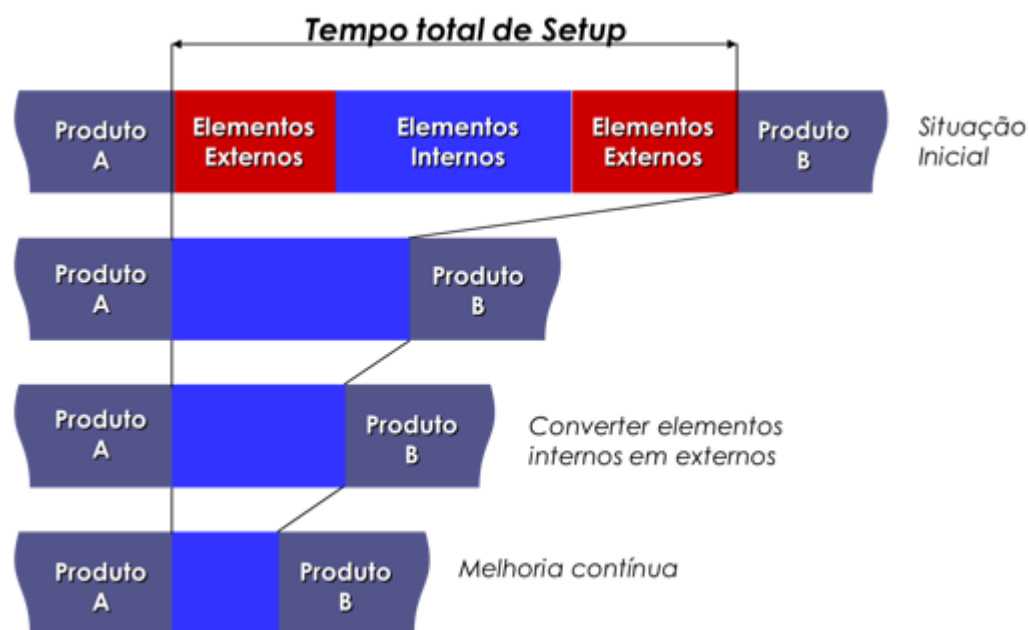


Figura 3.3-Representação esquemática do método SMED (SGI EFAPEL, 2014)

- **Fase 4 – Documentação do processo**

Apesar desta fase não ter sido referida por Shingo, todas as fases referidas anteriormente devem ser sistemáticas e documentadas. Só desta forma, as melhorias conseguidas são mantidas e se consegue que todos os operadores se envolvam e que sejam criadas rotinas de melhoria associadas à redução do tempo de *setup*. (Barata, A., Folgado, F., 2011)

Refira-se que a implementação de um projeto SMED exige um grande cuidado e precaução. Muitas vezes este processo resulta numa alteração profunda de procedimentos que estão enraizados na rotina dos colaboradores, e deve atentar-se ao modo como se alteram. É necessário que a equipa que implemente este processo esteja familiarizada com

os métodos utilizados de modo a que as medidas propostas sejam funcionais e eficazes. É essencial o envolvimento dos operadores em todo o processo de modo a que no futuro sintam a mudança como sua e que sejam eles próprios a desenvolver o SMED.

No entanto, como cada empresa é um caso, a metodologia SMED deve ser adaptada dependendo das necessidades da empresa em questão. No Capítulo 4 do presente texto é explicada a aplicação deste método à empresa considerada como caso de estudo.

4. CASO DE ESTUDO

4.1. EFAPEL

Fundada em 1978 e formada exclusivamente por capital Português, a EFAPEL, Empresa Fabril de Produtos Elétricos, S.A. é constituída por uma equipa de cerca de 300 colaboradores repartidos por 3 modernas unidades industriais com uma superfície total de 18.750 m².

A EFAPEL desenvolve e fabrica produtos de qualidade para instalações elétricas de baixa tensão, tais como, aparelhagem de Embeber, Estanque e Saliente, Calhas Técnicas, Som Ambiente, DVI (Dados, Voz e Imagem) e Aparelhagem Modular para Quadros Elétricos.

O objetivo da empresa é oferecer aos seus clientes uma gama completa de produtos que lhes permita projetar e executar uma instalação elétrica completa.

A EFAPEL, S.A. está certificada segundo as normas NP EN ISO 9001 (Gestão da Qualidade), NP EN ISO 14001 (Gestão Ambiental) e OHSAS 18001 / NP 4397 (Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho).

Nesta Empresa, existem várias áreas produtivas, nomeadamente: Estampagem, Injeção, Montagem e Pintura.

4.2. Processos produtivos estudados

Tal como foi dito anteriormente, na EFAPEL existem várias áreas produtivas. Justifica-se a implementação da metodologia SMED nas áreas da Injeção e da Estampagem, uma vez que aqui o custo hora-máquina é o mais determinante.

Com estes pressupostos, os métodos descritos nos capítulos anteriores serão aplicados nos processos de injeção de plástico e de estampagem de peças metálicas. Segue-se então, uma breve explicação destes processos.

4.2.1. Injeção de plásticos

O processo de moldagem por injeção consiste em fundir o plástico na máquina de injeção (Figura 4.1), utilizando o parafuso desta para injetar o plástico num molde, onde é arrefecido e solidificado. Após a solidificação, a máquina deve promover a extração da peça (Figura 4.2) de dentro do molde.

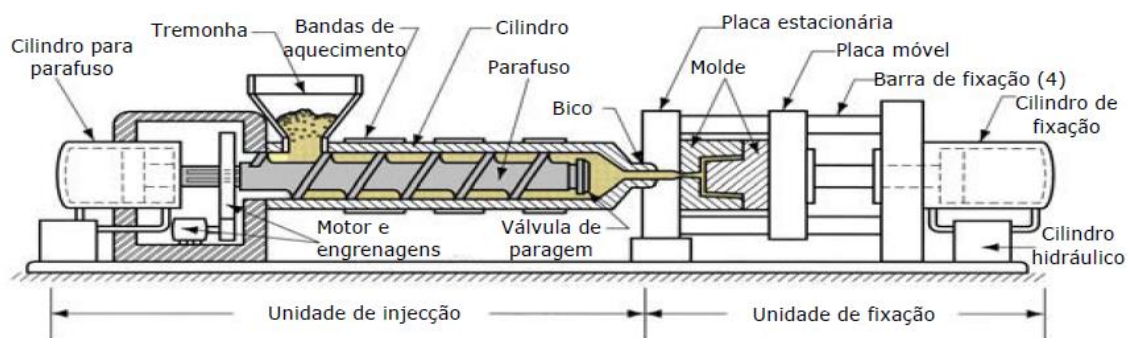


Figura 4.1- Máquina de Injeção (SGI EFAPEL, 2014)



Figura 4.2 - Peças plásticas exteriores fabricadas por injeção na EFAPEL (Website da EFAPEL, 2014)

A estrutura dum molde (ferramenta da máquina de injeção) típico é constituída por uma parte fixa ou lado da injeção e por uma parte móvel ou lado da extração. A parte

fixa tem uma placa de cavidades que define a forma exterior da peça, a parte exterior tem uma placa de buchas que define a forma interior (Couto, 2008).

4.2.2. Estampagem de peças metálicas

Estampagem é um processo de conformação mecânica, geralmente realizado a frio, que engloba um conjunto de operações feitas a uma chapa plana que lhe vai dar uma nova configuração. As operações de estampagem, corte, dobramento e impressão são realizadas por meio de prensas (Figura 4.3).

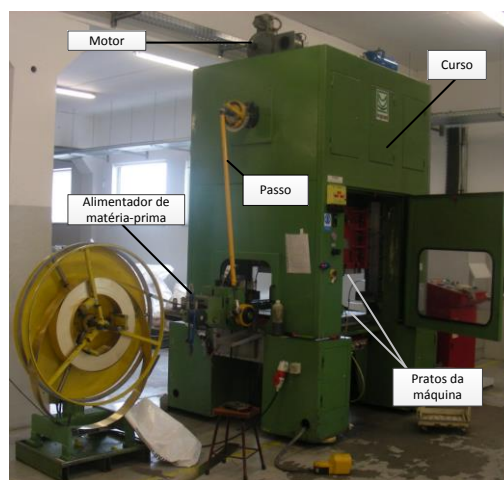


Figura 4.3- Prensa (Pinto 2014)

As prensas utilizam uma ferramenta especial chamada no decorrer deste trabalho de cortante. O cortante, basicamente é constituído por um punção (ou macho) e uma matriz (ou fêmea). O punção geralmente é preso na parte superior da prensa (mesa superior) que executa movimentos verticais de subida e descida. A matriz é presa na parte inferior da prensa constituída por uma mesa fixa. Na Figura 4.4 está exemplificada uma peça metálica produzida na secção de estampagem da EFAPEL.



Figura 4.4 – Exemplo de peça estampada

4.3. Indicadores de Desempenho

Na EFAPEL, é feita uma monitorização da evolução do desempenho e do rendimento das diferentes equipas. “Para isso, a empresa criou um indicador intitulado de RGE (Rendimento Global do Equipamento) idêntico ao indicador clássico da indústria O.E.E. (*Overall Equipment Efficiency*) que exhibe todas as ineficiências associadas ao processo produtivo gerados pela máquina ou homem permitindo assim a melhoria contínua” (Barata, A., Folgado, F. 2011).

Este indicador mede três parâmetros *Disponibilidade*, *Qualidade* e a *Eficiência*.

A *Disponibilidade* diz respeito à forma como é aproveitado o tempo produtivo e calcula-se da seguinte forma:

$$Disponibilidade(\%) = \frac{\text{Tempo disponível para Produção} - \text{Tempo de Paragens}}{\text{Tempo disponível para produção}} \quad (5)$$

A *Qualidade* avalia a quantidade de peças rejeitadas do processo produtivo e calcula-se da seguinte forma:

$$Qualidade(\%) = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Peças Rejeitadas}}{\text{Peças Produzidas}} \quad (6)$$

A *Eficiência* avalia se o processo decorre dentro do tempo objetivo calculando-se da seguinte forma:

$$Eficiência(\%) = \frac{\text{Tempo Objectivo para a Quantidade Prevista}}{\text{Tempo Gasto na Produção da Quantidade Prevista}} \quad (7)$$

No tempo objetivo para a quantidade prevista não é contabilizado o tempo necessário para a execução do *setup*.

De forma a se poder comparar secções distintas é necessário relacionar os três indicadores apresentados, assim sendo, o *RGE* é calculado através do produto destes:

$$RGE(\%) = Disponibilidade(\%) \times Qualidade(\%) \times Eficiência(\%) \quad (8)$$

Para além do *RGE*, existe um outro indicador denominado de *Eficiência de Setup* que relaciona o tempo real de *setup* com o tempo objetivo definido para a sua

execução. Este tempo objetivo tem em conta as possíveis variantes do tempo de *setup* como é o caso do tamanho da ferramenta, a mudança de matéria-prima, a mudança de cor da matéria-prima, o tipo e a finalidade da peça.

Para o cálculo destes indicadores a EFAPEL dispõe de terminais (Figura 4.5) juntos de cada máquina que permitem a recolha automática dos dados de produção, nomeadamente o tempo de *setup*.



Figura 4.5-Terminal de aquisição de dados (A., Barata, F. Folgado, 2011)

No início dos trabalhos diários, cada equipa realiza uma pequena reunião onde discute os resultados dos indicadores. Nestas reuniões todos os elementos têm oportunidade de dar sugestões para melhorar o processo produtivo.

4.4. Metodologia SMED na EFAPEL

Na EFAPEL, a aplicação da metodologia SMED é garantida através de vários estágios ao longo do ano. Estes estágios são realizados de forma cíclica tal como é apresentado na imagem da Figura 4.6.

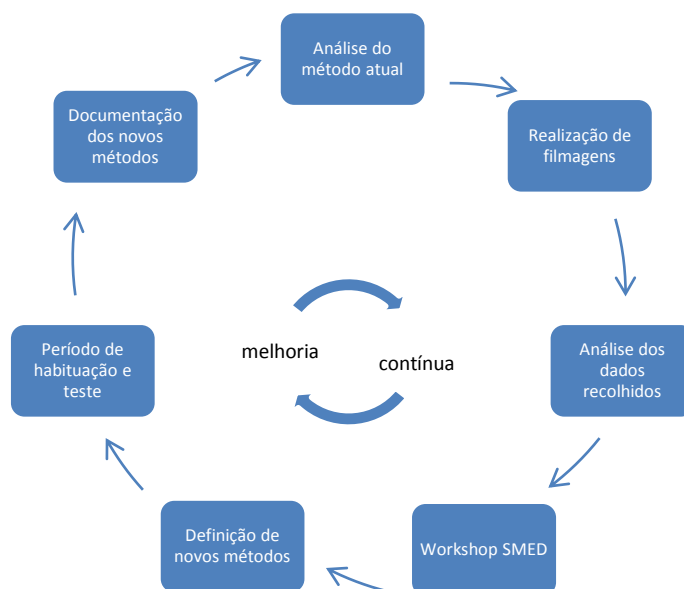


Figura 4.6- Metodologia SMED na EFAPEL

4.5. Familiarização com os processos

Nas primeiras semanas de estágio na EFAPEL, realizou-se o estudo da documentação existente relativa aos diferentes trabalhos na injeção, com especial atenção à documentação referente à realização de *setups*. Também se observou a execução de *setups* no terreno e a visualização de filmagens de *setups* antigos.

Nesta fase, a observação de *setups* no terreno foi de extrema importância, não só porque permite perceber a finalidade das diversas tarefas executadas durante um *setup*, como também, permite perceber os problemas e as dificuldades sentidas pelos operadores que executam a mudança de ferramenta.

A visualização e análise de filmagens antigas permite conhecer a designação usada para as diferentes tarefas respeitantes ao *setup* e ter uma perceção da evolução do método de execução dos *setups*.

Findo este período, conheceu-se o método de execução de *setups* na seção de injeção e na seção da estampagem, assim como, as variações de cada método e as causas para essas variações ocorrerem.

4.6. Secção de Injeção

Esta secção tem por objetivo descrever o processo de injeção na EFAPEL desde que a ordem é emitida até que o *setup* esteja realizado. Segue-se uma breve descrição destas tarefas com principal foque no método de execução do *setup*.

Os trabalhos na seção da injeção são realizados por 3 equipas, designadas por *Gemba* 10 (EG10), *Gemba* 11 (EG11) e *Gemba* 12 (EG12), que trabalham por turnos. Cada equipa tem um responsável, o *Gemba* Líder (GL) e um Substituto Funcional (SF), que assume as responsabilidades de *Gemba* Líder sempre que necessário.

4.6.1. Preparação da ordem de produção

O método de produção para a injeção de componentes plásticos é iniciado pela preparação e disponibilização do molde por parte do Responsável da Manutenção de Máquinas da Injeção.

A principal tarefa da preparação do molde é, quando necessário, a troca das cavidades do mesmo. Apesar de não ser classificada como tarefa constituinte do *setup*, a preparação dos moldes influencia indiretamente o *setup* pois pode atrasar o seu início. Após o molde estar pronto, é preparada a mistura plástica a ser utilizada na ordem de produção.

4.6.2. Setup na Secção de Injeção

Estando a matéria-prima disponível, pode dar-se início à execução do *setup*. Devido à aplicação da metodologia SMED as tarefas constituintes do *setup* já se encontram divididas em externas e internas. Nesta secção, os trabalhadores compreendem a importância da existência de tempos de *setup* baixos e estão empenhados na redução de desperdícios tentando realizar o máximo de tarefas com a máquina ainda em funcionamento.

A execução do *setup* segue um método *standard*, que se encontra documentado sob a forma de Instruções de Trabalho, apresentado nos Apêndices A e B.

4.6.2.1. Tarefas externas (preparação de um *setup*)

Desta listagem de tarefas faz parte a preparação e verificação do molde. Esta tarefa mostra-se especialmente importante, pois permite eliminar possíveis resíduos de matéria-prima da ordem anterior que possam contaminar as peças. Também é considerada uma tarefa externa a preparação de todas as ferramentas e acessórios necessários à execução do *setup*. É importante que estas ferramentas e acessórios sejam colocados o mais próximo possível do local do *setup*, prontos a serem utilizados, de modo a reduzir ou eliminar o tempo desperdiçado em deslocamentos.

De forma a ter todos os elementos necessários ao *setup* o mais próximo possível do local do *setup* existe um carrinho SMED onde estão todas as ferramentas e acessórios necessários à execução do *setup*. É também neste carrinho onde se transporta o molde a utilizar e se coloca o molde retirado da máquina.

É importante referir que, para uma mais eficiente troca de molde, o molde a entrar, deve ser colocado no carrinho na mesma posição que deverá ter ao entrar na máquina.

Antes do início do *setup*, também é necessário garantir que a amostra padrão, a ficha de recepção (FRQ) qualitativa, a ficha de molde e a peça para verificação funcional (caso seja necessária), estão localizadas junto à máquina. Caso haja necessidade, antes do início do *setup*, pode ser preciso aspirar a tremonha da máquina e ligar a tubagem na mesa distribuidora de matéria-prima.

Tal como a preparação do molde, a otimização das tarefas externas também é tida em conta, durante a realização deste trabalho.

As tarefas externas necessárias à preparação do *setup* identificadas nas Instruções de Trabalho estão apresentadas seguidamente na Tabela 4.1. e a sequência pela qual deve ser executadas apresenta-se no Apêndice A.

Tabela 4.1 – Tabela Resumo das tarefas de preparação de um *setup* na injeção

Preparação do <i>Setup</i> (tarefas externas)
Preparar molde
Verificar molde
Apertar olhal no molde
Colocar molde no carro SMED
Colocar carro SMED junto à máquina
Aquecer o molde (caso necessário)
Retirar a matéria-prima do interior do molde. (Esta tarefa deve ser executada pelo GL ou pelo SF.)
Colocar a cabeça de robot junto à máquina
Colocar comando da ponte rolante junto à máquina
Colocar material de limpeza junto à máquina
Colocar ponte rolante o mais próximo possível junto à máquina.
Verificar eventual ajuste de garras.
Verificar existência da FRQ. E amostra padrão junto à máquina
Colocar ficha de molde junto ao molde
Aspirar tremonha da máquina
Ligar tubagem na mesa distribuidora de matéria-prima

4.6.2.2. Tarefas internas

Estas tarefas são realizadas normalmente por três operadores, dois do lado dos comandos e um outro do lado das águas da máquina. Contudo, a documentação existente previa a execução do *setup* por dois operadores. Procedeu-se à atualização das Instruções de Trabalho, ficando documentado, a execução da troca de molde por três operadores.

O primeiro operador, designado por *Gemba Líder* (GL), tem a seu cargo as principais tarefas de desmontagem, montagem e afinação da máquina, atuando como responsável máximo pelo *setup*. O segundo operador posiciona-se do lado das águas da máquina, efetuando o conjunto de tarefas afetas a esse lado. Com funções de auxílio ao GL, permitindo que algumas tarefas sejam efetuadas em simultâneo, um terceiro operador posiciona-se do lado dos comandos da máquina durante a execução do *setup*.

Independentemente do *setup*, cada operador executa normalmente as mesmas tarefas, tornando-se especialista na sua execução. Todavia, os operadores têm liberdade para trocar as suas funções consoante acharem pertinente. Desta forma, todos os operadores ficam capazes de realizar qualquer tarefa do *setup* e poderão auxiliar ou substituir um colega caso seja necessário.

A sequência pela qual os operadores executam as tarefas internas é exposta no nas Instruções de Trabalho da EFAPEL, tal como estão descritas no Apêndice B.

4.6.2.3. Tarefas externas (finalização de um *setup*)

Após a troca de molde estar efetuada, procede-se à limpeza e arrumação, do molde, do carro SMED e das ferramentas e acessórios utilizados no *setup*.

As tarefas externas necessárias à finalização do *setup* identificadas nas Instruções de Trabalho estão apresentadas seguidamente na Tabela 4.2.

Tabela 4.2- Tabela resumo das tarefas de finalização de um *Setup* de acordo com o Sistema de Informação da EFAPEL

Finalização de <i>Setup</i> (tarefas externas).
Arrumar ferramentas no carro SMED;
Arrumar cabeça de robot devidamente limpa;
Limpar molde;
Arrumar molde e carro SMED.

4.6.3. Análise ao método atual

Este capítulo tem como objetivo, descrever o método utilizado para a recolha de dados e a informação recolhida, o que permitiu identificar hipóteses de melhoria.

4.6.3.1. Evolução do tempo *Setup* na Seção da Injeção

A adaptação do método SMED já foi feita na EFAPEL há alguns anos e desde 2009 que é feita uma monitorização dos tempos de *setup* das máquinas de injeção.

Tendo em conta o tempo médio de *setup* atual e o tempo médio de *setup* objetivo de 2009, estima-se que houve uma redução de aproximadamente 81% desde 2009.

O gráfico (Figura 4.67) reproduz a evolução dos tempos médios de *setup* ao longo dos últimos anos tendo em conta os dados registados pelo sistema informático da empresa.

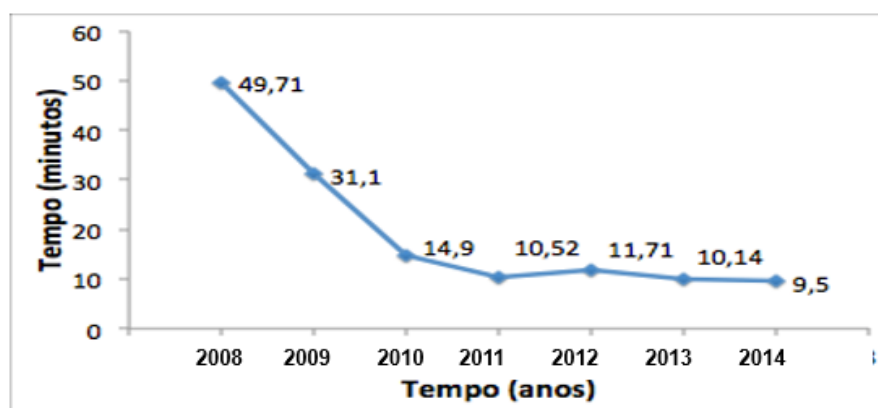


Figura 4.7-Evolução do tempo de setup na seção da injeção ao longo dos anos

Como é possível observar no gráfico, e tal como era expectável, a redução dos tempos médios de *setup* é muito acentuada nos primeiros anos, e mais lenta nos últimos.

É de realçar o facto da redução conseguida nos últimos 4 anos apenas representar 2% do tempo de *setup* reduzido desde 2009 e que o tempo médio de *setup* atual se encontra abaixo do tempo médio de *setup* objetivo.

O gráfico da Figura 4.8 representa a redução/aumento do tempo médio de *setup* ocorrido em cada ano comparativamente ao ano anterior. Como se pode verificar, em todos os anos, à exceção do ano de 2012, é verificada uma diminuição no tempo médio de *setup* em relação ao ano anterior. Desta forma, prova-se que a aplicação do método SMED tem vindo a provocar uma redução constante no tempo médio de *setup* nas máquinas de injeção. É importante referir, que a redução verificada no presente ano, deve-se também à afetação de mais um operador à execução do *setup*.

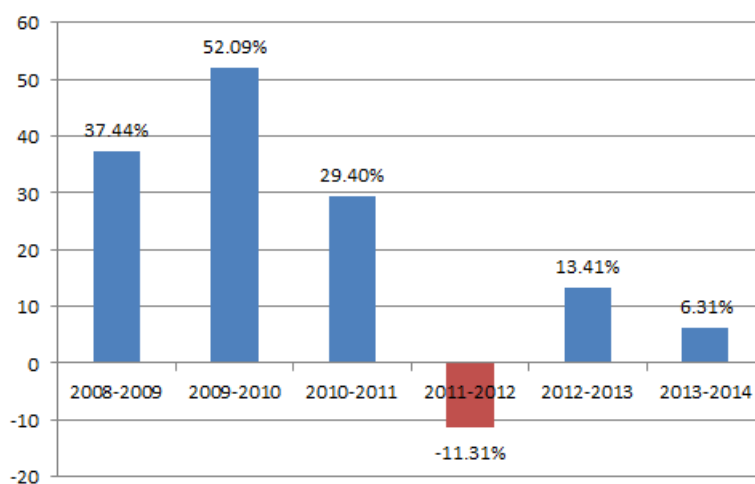


Figura 4.8- Redução anual (%) do tempo de Setup médio na secção de injeção

4.6.3.2. Escolha da máquina “modelo”

Na secção de injeção existem 20 máquinas. Contudo, a análise ao processo de troca de molde é feita tendo por base as trocas realizadas na máquina 17. A escolha de uma máquina modelo, permite que todas as filmagens sejam feitas sob as mesmas condições e a análise é influenciada sempre pelos mesmos fatores externos.

Em análises passadas, a escolha da máquina de análise modelo, já tinha recaído na máquina 17. Esta máquina, possuidora de robô, é uma máquina com um tamanho médio, em comparação com as restantes, que permite a observação de todas as tarefas pertencentes ao *setup* e tem uma grande rotatividade de moldes. No entanto, também foram efetuadas filmagens a outras máquinas.

4.6.3.3.Registo de tempos

De forma a permitir uma análise mais pormenorizada dos *setups*, foram realizadas várias filmagens que permitem registar o tempo de cada tarefa e em particular o tempo de *setup* total (Apêndices C, D e E).

Note-se que observa-se uma maior preocupação e cuidado por parte dos operadores na preparação dos *setups* que são filmados. Esta situação, para além de influenciar o tempo de *setup*, faz com que os operadores tenham uma maior perceção da importância de uma correta realização das tarefas externas de preparação do *setup*.

A partir do registo de tempos realizados foram construídos gráficos *Yamazumi*, que permitem ter uma visão global da sequência de tarefas dos *setups* em questão. No Apêndice F, a título demonstrativo, encontra-se, um gráfico *Yamazumi* representativo de um *setup* praticamente sem tempos de espera. Através destes gráficos e das tabelas com o registo dos tempos de *setup*, conclui-se que a alteração da sequência e da distribuição das tarefas não confere nenhuma vantagem ao processo. Na verdade, nos *setups* realizados nas máquinas de injeção, praticamente não se observa tempos de espera.

Contudo, nem sempre é esta a realidade. Dependendo da maior complexidade das ligações de água e da dificuldade de colocar a barra de segurança o GL pode ter que efetuar tempos de espera, provocando um aumento do tempo de *setup*.

Como se pode verificar nos gráficos *Yamazumi* das Figura 4.9 e Figura 4.10 que representam as etapas de desmontagem e montagem de dois *setups*, o GL teve de efetuar tempos de espera nestes *setups*, devido à inesperada demora na troca de mangueiras e colocação da barra de segurança. Nestes *setups*, os tempos de espera correspondem a 6% e 22% do tempo de *setup* total.

Com estas observações depreende-se que se poderá evitar esta variação do tempo de *setup* através da uniformização destas tarefas críticas. Acontece que, o grau de dificuldade na realização destas tarefas, causadoras de tempos de espera, não é tido em conta no cálculo do tempo de *setup* objetivo. Este facto faz com que, por vezes, o tempo objetivo seja inferior ao devido, resultando em eficiências de *setup* mais baixas.

Note-se que, o registo dos tempos de tarefa, não só facilita a identificação de hipóteses de melhoria, como também, pode servir de suporte à justificação de investimentos futuros.

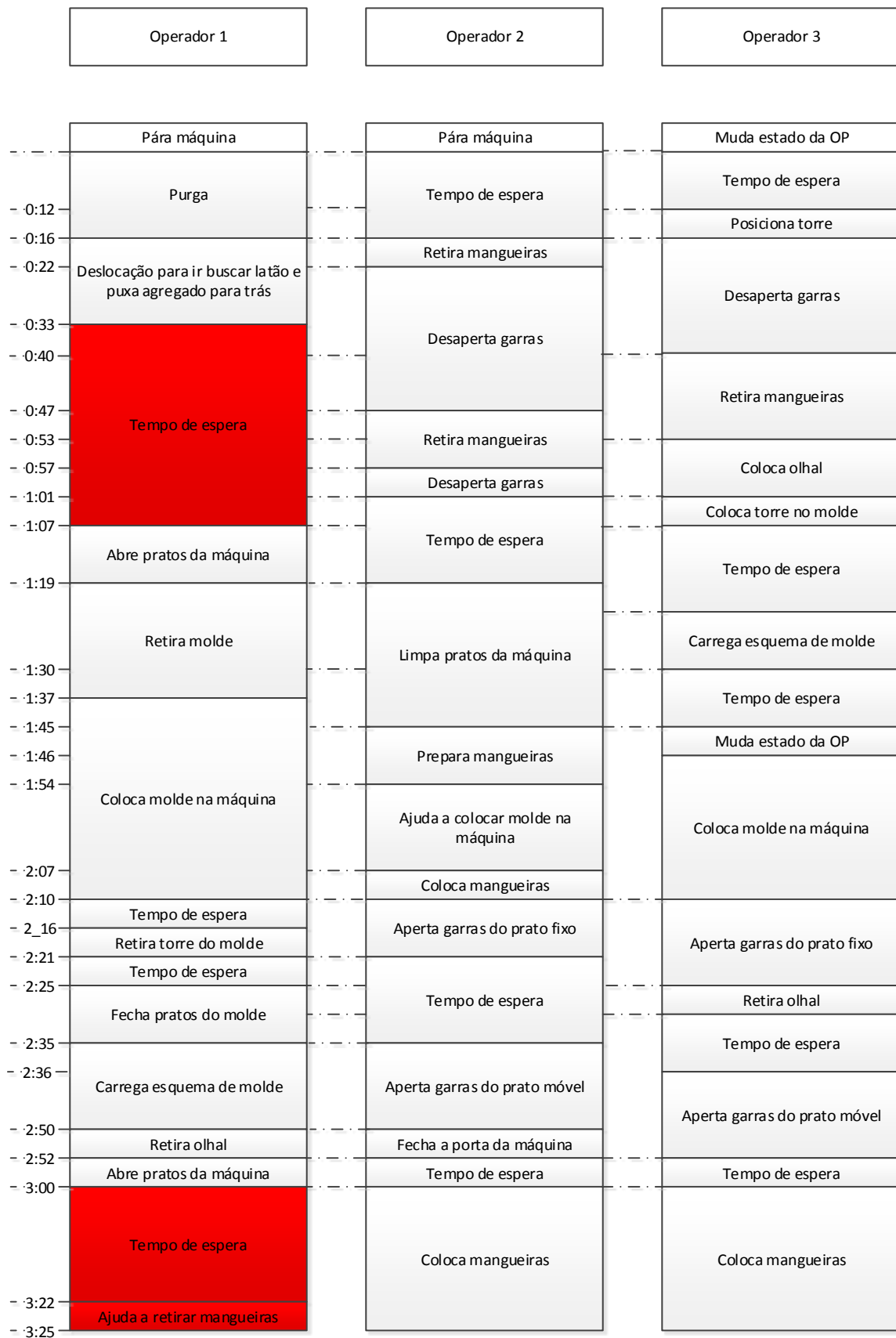


Figura 4.9 - Gráfico Yamazumi com tempos de espera do OP1 identificados

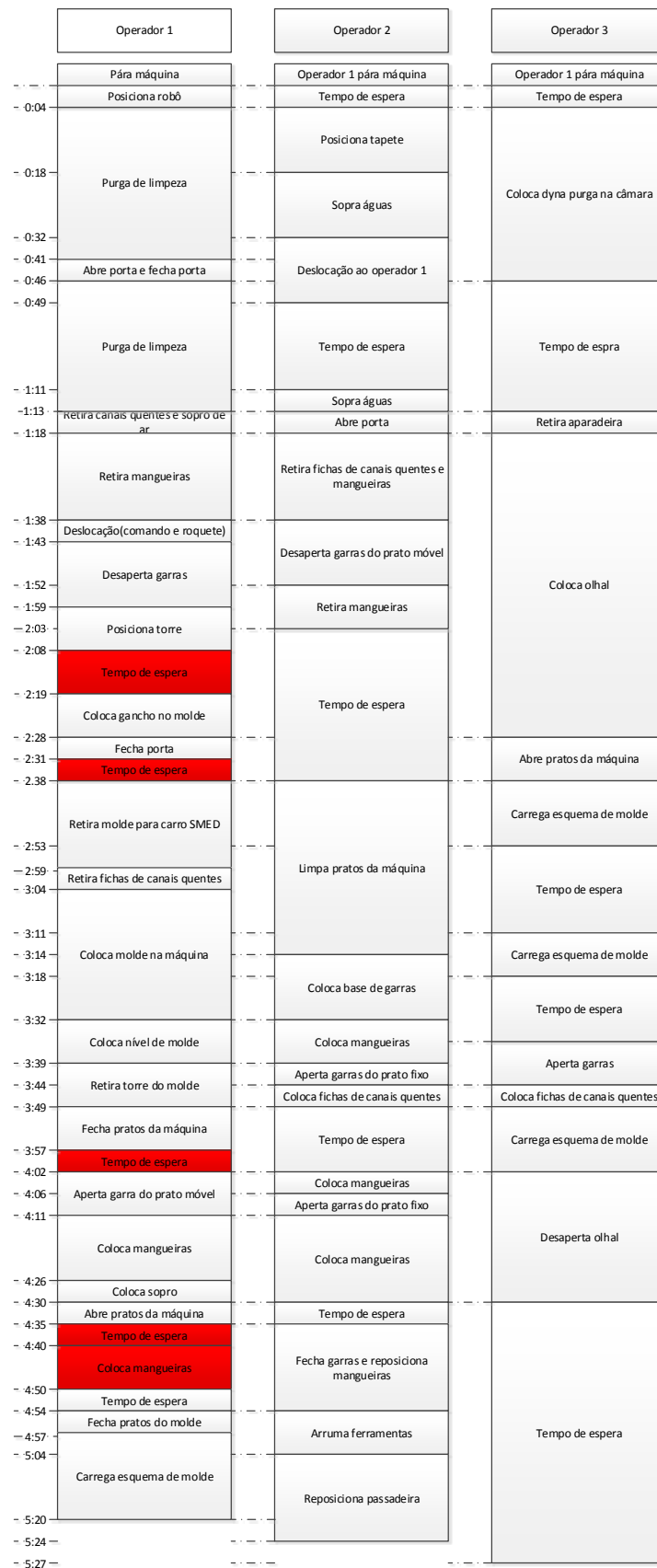


Figura 4.10 – Gráfico Yamazumi com os tempos de espera do OP1 identificados

De forma a ser possível uma análise às tarefas externas, também foram registados e analisados os tempos, através de filmagens existentes. Estes registos podem ser consultados nos Apêndices G, H e I.

4.6.3.4.Comparação do tempo de *setup* entre as 3 equipas

Com o objetivo de comparar e identificar procedimentos próprios de cada equipa passíveis de piorar ou melhorar o tempo de *setup*, comparou-se os tempos registados para efetuar a mesma tarefa pelas três equipas.

Neste estudo comparativo, que pode ser consultado nos Apêndices J, K e L, não se identificou nenhuma tarefa em que o tempo para a sua execução variasse significativamente de equipa para equipa. Contudo, a forma de proceder no conjunto de tarefas para retirar e colocar o novo molde na máquina, difere bastante de equipa para equipa e de *setup* para *setup*, ocorrendo muitas deslocações com os operadores a atrapalharem-se bastantes vezes.

Na secção seguinte apresenta-se o método que compila um conjunto de práticas que se consideram ideais para realizar estas atividades.

4.6.3.5.Hipóteses de melhoria/problemas observados

Ao longo da observação e análise das mudanças de molde conclui-se que há alguns problemas evidentes no decorrer de algumas tarefas. Estes problemas foram registados e são os que se apresentam de seguida:

- Excessivas movimentações com a ponte rolante;
- Encravamentos dos botões dos sistemas de sopro de água das máquinas;
- Falta de ferramentas no carrinho SMED;
- Dificuldades de deslocação após a colocação do novo molde na máquina;
- Inexistência de um procedimento fixo na execução das tarefas que envolvem a retirada e a colocação do molde na máquina;
- Inexistência de uniformização dos tamanhos das mangueiras;
- Impossibilidade de remover e colocar todas as barras de segurança manualmente;
- Inexistência de método nas tarefas de colocar e retirar as mangueiras;

- Dificuldade na preparação e recolha dos acessórios necessários ao *setup*;
- Elevado esforço dos operadores para abrir os moldes e efetuar a finalização dos *setups*
- Rompimentos ocasionais das mangueiras durante a produção devido ao número excessivo de movimentos e constrangimentos a que estão sujeitas.
- Dificuldade em retirar a barra de segurança em alguns moldes;

Estes problemas são a causa maioritária do não cumprimento do tempo de *setup* objetivo. Daqui depreende-se que as trocas de molde podem ser melhoradas e que através da aplicação do método SMED pode ocorrer uma diminuição do tempo de *setup* e uma sistematização do processo de mudança de molde.

4.6.3.6. Conclusões da análise ao método atual

A análise efetuada a esta secção é de extrema importância uma vez que permite definir os objetivos principais das futuras ações SMED. Tendo em conta que o tempo de *setup* nas máquinas de injeção já é bastante reduzido, define-se, que o principal objetivo passa por eliminar possíveis erros e variações no tempo de *setup*.

Posto isto, verifica-se que é nas tarefas relacionadas com as ligações de água no molde, que ocorrem mais erros e há menos uniformização do método, logo, é a estas tarefas que se deve ser dada maior atenção durante o *workshop* SMED.

Nesta análise, também se compreende que na secção da injeção os *setups* são preparados ao pormenor e na sua execução praticamente não se verificam desperdícios e tempos de espera.

4.6.4. Workshop SMED

De forma a possibilitar a discussão das hipóteses de melhoria identificadas por cada equipa, realizaram-se 3 *workshops*. Estes *workshops* realizaram-se num contexto informal para que todos os intervenientes se sentissem confortáveis para partilhar as suas ideias e os seus pontos de vista.

De maneira a tornar o debate de ideias e o processo de *brainstorming* mais rico, cada *workshop* contou com elementos de equipas diferentes e operadores não afetos ao *setup*. Porém, tentou-se sempre, que o debate de ideias fosse focado na possibilidade de transferência de tarefas internas para externas e na implementação de melhorias que pudessem ser efetuadas nos equipamentos, num curto espaço de tempo, com pouco ou nenhum investimento.

Estes *workshops* também tiveram a finalidade de recolher informação acerca das condições de trabalho afetas aos *setups* que necessitam de atenção, tal como a falta de ferramentas.

Durante o *workshop* SMED, constatou-se a vontade dos operadores de passar da teoria à prática, passar das ideias à realidade e resolver problemas. Seguidamente expõe-se os trabalhos realizados

4.6.4.1. Criação de um sistema protótipo do circuito de controlo de temperaturas do molde

De forma a evitar o rompimento de mangueiras durante o processo produtivo e facilitar a tarefa de retirar e colocar as mangueiras no molde, criou-se um sistema de ligação de água protótipo.

Este sistema protótipo permite que as ligações de água deixem de ser feitas passando por cima ou por baixo do molde, pelo interior da máquina, (Figura 4.11) e se passem a fazer pelo exterior dos pratos da máquina, como é exemplificado na Figura 4.12 Este sistema facilita a tarefa de colocação das mangueira e evita a possibilidade de rompimento das mesmas.

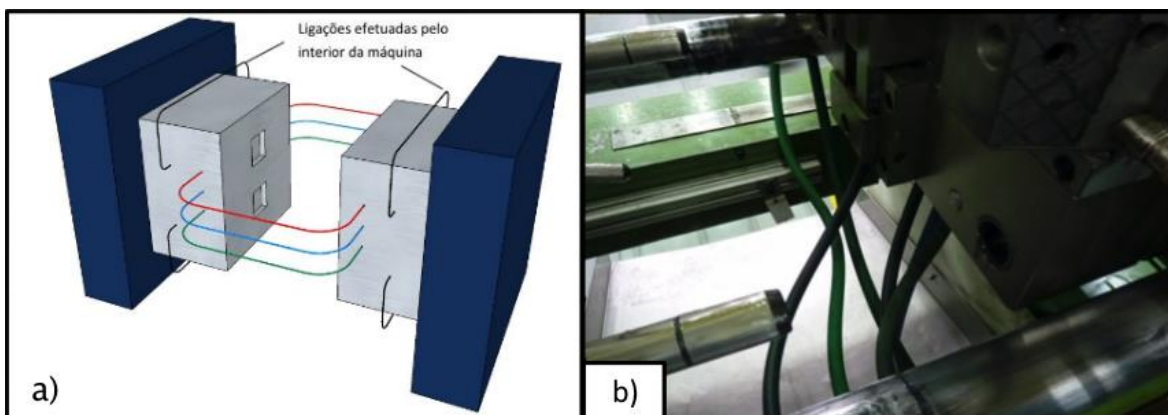


Figura 4.11 - Ligações das águas efetuadas pelo interior da máquina
a) Representação esquemática b) Estado atual

Não existindo mangueiras a efetuar ligações diretas de um lado ao outro do molde, haverá uma uniformização quase total na forma como se efetuam as ligações das águas no molde, (Figura 4.12).

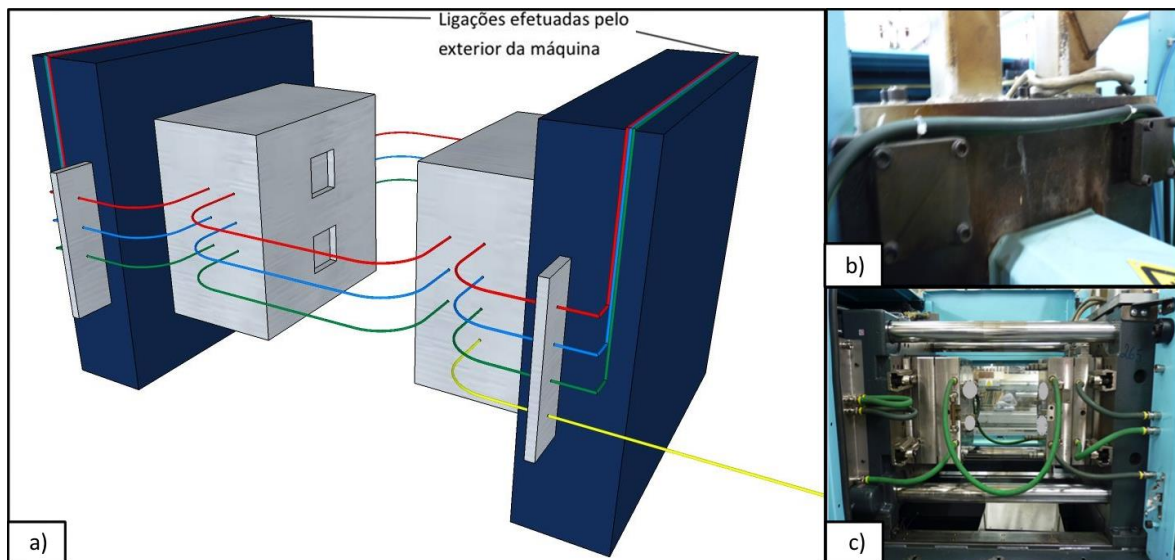


Figura 4.12 Sistema protótipo da ligação das águas
a) Esquema representativo b) Pormenor da ligação pelo exterior da máquina c) Vista frontal

Para além da uniformização do tamanho de mangueira que só por si pode diminuir o tempo de *setup*, apenas as ligações do molde à máquina (Figura 4.13) terão que ser efetuados como tarefa interna.



Figura 4.13 Ligação do molde à máquina

Apesar da máquina 17 ser a máquina modelo, este sistema foi implementado na única máquina que se encontrava parada no período do workshop SMED. Nesta máquina protótipo são usados poucos moldes, o que facilitou a implementação deste novo sistema. Contudo, devido aos poucos *setups* que são efetuados na máquina, é mais difícil obter resultados.

Antes de se implementar este sistema noutra máquina, ficou decidido, que se será apresentado este sistema a um representante de vendas da marca Staubli, para se conhecer os acessórios mais adequados para este tipo de solução.

É importante referir que sem o conhecimento e sem a colaboração dos operadores que efetuam os *setups* na máquina, a criação deste sistema seria impossível. Só quem efetua os *setups* pode decidir a quantidade de ligações exteriores a efetuar.

4.6.4.2. Colocação de ligações de água permanentes nos moldes

Devido ao conhecimento adquirido com a experiência, os operadores são capazes de identificar ligações de água necessárias para o funcionamento do molde que podem ser feitas de forma permanente. Estas ligações fixas podem ser realizadas com a utilização de acessórios específicos (Figura 4.14). Posto isto, procedeu-se à compra do material necessário para a construção destes acessórios.

Uma vez que, efetuar este tipo de ligações em todos os moldes existentes é um enorme investimento, deu-se indicações aos GL para apenas colocarem as ligações permanentes nos moldes que são utilizados na máquina 17 mais regularmente. A continuação deste projeto depende dos resultados verificados na redução do tempo de setup nesta máquina.



Figura 4.14 - Molde com ligações de água permanentes

4.6.5. Hipóteses de melhoria analisadas

Do processo de *brainstorming* realizado no workshop SMED e, do contato com os operadores e da análise de *setups*, surgiram algumas ideias e foram identificados alguns problemas classificados como hipótese de melhoria. Neste capítulo são apresentadas as hipóteses de melhoria analisadas e as ações que surgiram no seguimento destas hipóteses.

➤ **Utilização de uma mesa de ar para abrir os moldes a serem limpos**

Para efetuar a preparação do molde e a limpeza dos moldes após cada Ordem de Produção, é necessário abrir o molde. Esta abertura é feita manualmente e requer grande esforço do operador. Para além desse esforço, esta tarefa pode demorar alguns minutos e ocupa cerca de 26% do tempo total das tarefas de preparação e 13% do tempo de total de finalização do *setup*. Esta tarefa tem de ser efetuada pelo GL ou pelo Substituto Funcional.

Foi proposta a compra de uma mesa de ar que para além de retirar o esforço ao operador, permite a abertura do molde em alguns segundos (Figura 4.15).



Figura 4.15- Mesa de ar (Fonte: Catálogo Meusburger 2014)

Foi realizada uma proposta de compra para uma mesa idêntica à da Figura 4.15 com capacidade para abrir moldes com peso não superior a 800 quilos. Com a compra desta mesa espera-se reduzir o tempo necessário para abertura e fecho do molde na preparação e finalização do *setup*.

➤ **Uniformização das mangueiras utilizadas nas ligações das águas do molde**

As mangueiras existentes para fazer as ligações das águas dos moldes têm os mais diversos comprimentos. Contudo, verifica-se que apenas basta existir 4 comprimentos diferentes. Ficou então decidido proceder-se à uniformização das mangueiras, sendo que, a seleção dos diferentes comprimentos ficou delegada aos GL da Injeção.

➤ **Colocação da informação relativa às mangueiras necessárias ao *setup* na ordem de produção**

A uniformização das mangueiras em 4 tamanhos distintos permite acrescentar à ordem de produção a quantidade de cada tipo de mangueiras necessárias ao *setup*. Os 4 tipos de tamanhos normalizados classificam-se por S ,M, L, ou XL.

A indicação da quantidade de mangueiras S, M, L, ou XL, necessárias ao *setup* na ordem de produção permite que o operador coloque no carrinho SMED apenas as mangueiras necessárias ao *setup* que vai efetuar.

Por exemplo, num *setup* que necessite de 3 mangueiras de comprimento S, 2 de comprimento L e uma de comprimento XL esta informação seria apresentada na ordem de produção da seguinte forma:

$$\text{Mangueiras necessárias ao setup} = 3S \ 2L \ 1XL. \quad (9)$$

Esta proposta irá ser apresentada aos responsáveis da seção de informática, a fim de ser validada.

➤ **Colocação de barras de suporte para o molde no carrinho SMED:**

Os circuitos das águas de alguns moldes necessitam que se coloquem mangueiras na parte inferior do molde. De forma a permitir que estas mangueiras sejam colocadas no molde como tarefa externa pensou-se colocar umas barras de apoio como é exemplificado na Figura 4.16.

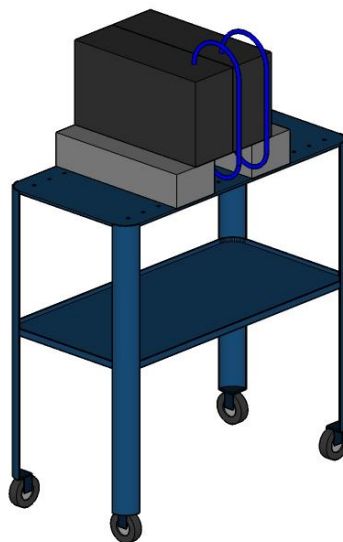


Figura 4.16- Exemplo das barras de apoio propostas para os carros SMED

Esta proposta foi posta de parte por motivos de segurança, deverá ser feito um estudo mais aprofundado de forma a conseguir implementar esta melhoria.

➤ **Passar o sopro das águas do molde para tarefas externa**

Apesar de esta tarefa não influenciar diretamente a redução do tempo de *setup*, a sua realização externamente representa uma mais-valia. Por vezes, o sistema de sopro das águas do molde encontra-se danificado, e o molde é arrumado com água no seu interior.

Também se verificou que é impossível retirar completamente a água do interior dos canais do molde durante o *setup* interno. Perante esta realidade, pensou-se em implementar um sistema que permita soprar as águas externamente. No entanto, a sua implementação foi temporariamente cancelada porque os operadores alertaram para o facto de esta tarefa já ter sido efetuada externamente e que a pedido dos responsáveis pela manutenção dos moldes esta deixou de ser feita.

➤ **Instalação do sopro de ar nas cabeças dos robôs**

Por vezes, no final de uma injeção, podem ficar agarradas pequenas partículas de material nas cavidades do molde. Para evitar que estas partículas contaminem a peça seguinte, coloca-se um sistema de ar comprimido, denominado sopro de ar, no molde para retirar estas partículas.

Caso o sopro de ar fosse colocado na cabeça do robô (Figura 4.17), ao invés de ser colocado no molde, os operadores não teriam que se preocupar em retirar e colocar o sopro no molde. Apesar de à primeira vista, parecer uma melhoria fácil de implementar, devido à dificuldade de regular a pressão do ar comprimido na cabeça do robô, esta melhoria ainda não é uma realidade.

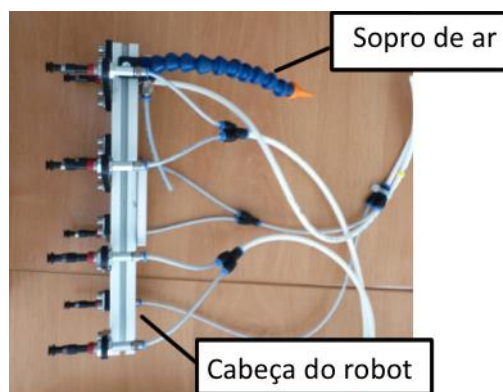


Figura 4.17- Cabeça do robô com sistema de sopro acoplado

➤ **Extração da matéria-prima do molde**

Numa mudança de molde existe sempre a possibilidade do molde a ser montado estar contaminado com material duma ordem de produção anterior. Este material

é purgado durante o *setup* interno. Porém, pode reduzir-se o tempo desperdiçado em purgas caso se retire este material com o auxílio de um aparelho regulador de temperaturas durante a preparação do *setup*. Foram criadas as condições para que este procedimento cumprisse as exigências impostas pela secção de Manutenção e foi adicionado às Instruções de Trabalho.

➤ **Criação de um procedimento para retirar e colocar o molde**

Com o intuito de diminuir o número de deslocações dos operadores e de movimentações da ponte rolante compilaram-se as práticas que se consideram mais adequadas. No Apêndice M está representado uma sequência de tarefas que se prevê facilitar e otimizar as tarefas referenciadas.

O objetivo seguinte passa por discutir possíveis adaptações a este esboço juntamente com os GL e concluir se a realização destes passos permite ou não melhorar o tempo de *setup*.

Note-se que o método atual muitas vezes se assemelha ao apresentado devido à vontade de melhorar e otimizar o processo dos operadores e à existência de troca de informação entre as diferentes equipas que torna a sua forma de atuar bastante semelhante. No entanto, para uma melhor validação deste método, o ideal é simular a realização do mesmo *setup* pelas diferentes equipas sob as mesmas condições.

➤ **Alteração das roscas de aperto das barras de segurança dos moldes**

Na análise feita aos *setups* verifica-se a ocorrência de tempos de espera devido ao tempo demorado a retirar/colocar a barra de segurança. Após uma análise mais pormenorizada, observou-se que alguns moldes tinham as roscas de aperto da barra de segurança embutidas não estando conformes com o caderno de encargos, tal como é mostrado na Figura 4.18.

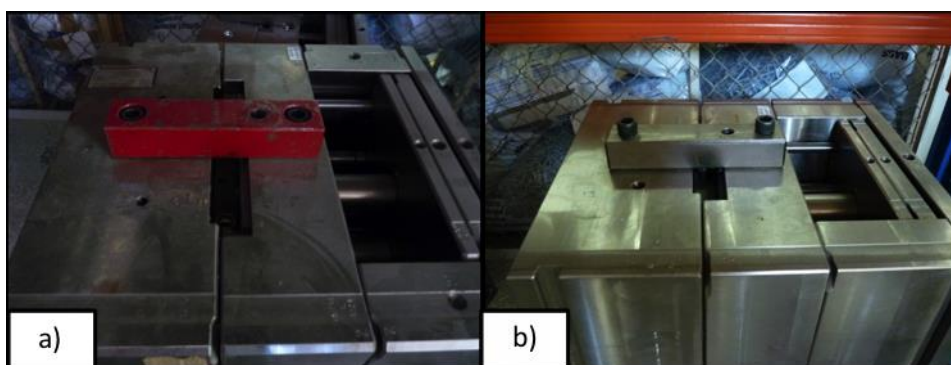


Figura 4.18- Barra de segurança a) com roscas embutidas b) conforme caderno de encargos

Esta anomalia dificulta a tarefa de retirar/colocar o olhal¹. Verificou-se que os operadores demoram aproximadamente o dobro do tempo a colocar/retirar o olhal quando esta tarefa é realizada em moldes com a barra não conforme.

Também é importante referir que as tarefas de colocar/retirar a barra de segurança e as tarefas de aperto/desaperto das garras são executadas em simultâneo e no mesmo local. Sendo assim, é fácil deprender que quanto mais rápido o operador coloca/retira a barra de segurança menos incómodo e pressão causará ao outro operador que aperta/desaperta as garras.

Para resolver este problema, é necessário trocar as roscas que se encontram embutidas, por outras de maiores dimensões. Procedeu-se então, à compra de roscas com comprimentos maiores, o que representou um pequeno investimento para a empresa.

A título de curiosidade, numa amostra de 196 moldes, 14% destes não tinham as roscas da barra de segurança conforme o caderno de encargos.

4.6.6. Identificação, organização e limpeza de elementos afetos ao *setup*

Tal como foi referido, na análise da situação inicial, um dos objetivos delineados foi facilitar a realização das tarefas externas. Através da organização e simplificação de determinados acessórios necessários facilitou-se a preparação e a finalização dos *setups*.

Procedeu-se à organização e identificação dos seguintes elementos:

- Tubos de alimentação das máquinas de injeção (Figura 4.19);
- Peças para verificação funcional (Figura 4.20);
- Cavidades dos moldes (Figura 4.21).

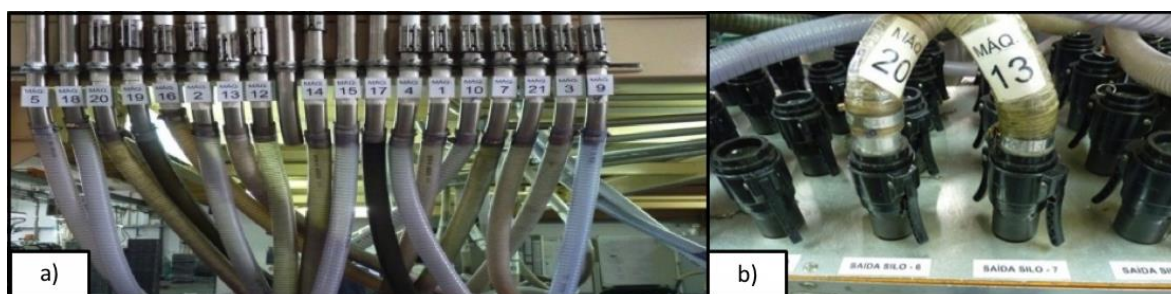


Figura 4.19 - Tubos de alimentação das máquinas de injeção identificados

¹ Suporte de fixação do molde à ponte torre rolante



Figura 4.20 - Armário arrumação das peças para verificação funcional

É importante referir que, ao longo do tempo, podem ser criadas novas peças de verificação funcional. Sempre que isso acontecer, o armário deve ser atualizado para que as peças estejam sempre arrumadas e identificadas. Esta situação já ocorreu 4 vezes desde que se organizou todas as peças e foi sempre exemplarmente resolvida pelos próprios operadores.

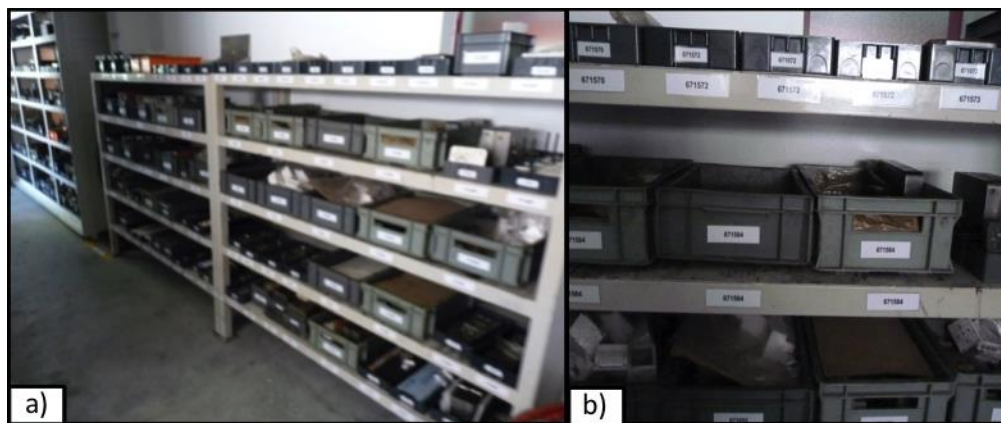


Figura 4.21-Cavidades dos moldes organizadas e identificadas

➤ Projeto de um suporte para as mangueiras

Constatou-se que há falta de um local para arrumação das mangueiras e que estas se encontram espalhadas pelas diversas máquinas. Daí surgiu a ideia de projetar um suporte de arrumação para estas mangueiras. Foram elaborados dois suportes (Figura 4.22) nas instalações da EFAPEL, tendo já em conta a uniformização dos comprimentos das mangueiras.



Figura 4.22-foto do suporte de mangueiras protótipo

➤ **Criação de uma *Checklist* de Organização e limpeza**

Com o preenchimento de uma *checklist* de organização e limpeza (Figura 4.23) sempre que ocorre uma mudança de turno evita-se que faltem ferramentas e acessórios durante a execução do *setup*. A título de curiosidade, pretende-se que em cada turno sejam preenchidos 6 *checklist* iguais, cada um correspondente a uma zona diferente da seção de injeção. Outro dos objetivos do preenchimento desta *Checklist* é a uniformização dos critérios de organização e limpeza das diferentes equipas.

EFAPEL Check List - Organização e Limpeza da Injeção			
Zona: _____		Equipa: _____	
		Responsável: _____	
Máquinas			
EMM's: FRQ, Amostra Padrão, Ficha de Molde e restante documentação no local?	S	N	Observações
	()	()	
Ferramentas auxiliares: martelos, chaves de fendas, chaves de bocas, alicates, pinças, algodão, maço, desmoldante e outras ferramentas manuais arrumadas em local identificado?	()	()	
Consumível: Repôs caso tenha acabado?	()	()	
Limpeza: A área de trabalho encontra-se limpa? Livre de gitos, peças soltas, restos de purga ou qualquer outro lixo?	()	()	
OP's: Foi garantida a preparação de próximas op's?	()	()	
Áreas circundantes: Marcadas e desimpedidas (sem objetos que ponham em causa a circulação)?	()	()	
	()	()	
Geral			
Contentores de resíduos: arrumados, identificados e com capacidade de armazenamento?	S	N	Observações
	()	()	
Quadros elétricos: Identificados, fechados e acessíveis?	()	()	
Carros SMED com todas as ferramentas e arrumados em local identificado?	()	()	
Moldes no local estabelecido, quando em não utilização?	()	()	
Equipamentos: Encontram-se arrumados em local identificado?	()	()	
Paletes e caixotes: encontram-se dentro das marcações?	()	()	
Cabeças dos robôs: Arrumadas e em local identificado	()	()	
Quadro de ferramentas: Ferramentas colocadas no local identificado	()	()	
	()	()	

Nota: Só preencher as observações em caso de resposta negativa.

Pág. 1 / ...

Figura 4.23 - *Checklist* de organização e limpeza

➤ **Projeto de um quadro de arrumação e controlo de ferramentas para o carrinho SMED:**

Todas as equipas referiram que, por vezes, no início de cada turno as ferramentas e acessórios que devem estar no carro SMED se encontravam perdidas pela secção. Para evitar esta situação, as ferramentas deveriam ter um lugar específico no carrinho SMED.

Decidiu-se então, que as ferramentas devem ficar arrumadas no carrinho SMED em módulos de espuma rígida bicolores. O facto dos módulos serem bicolores facilita a identificação das ferramentas em falta.

Fez-se um levantamento das ferramentas necessárias ao *setup* (Figura 4.24) e o desenho à escala da disposição das ferramentas pretendido (Figura 4.25).

Pretende-se que, este desenho seja enviado para um representante da marca Hoffmann, a fim de ser efetuado um orçamento para os módulos de espuma rígida.



Figura 4.24 - Levantamento dos acessórios das ferramentas e acessórios do carrinho SMED

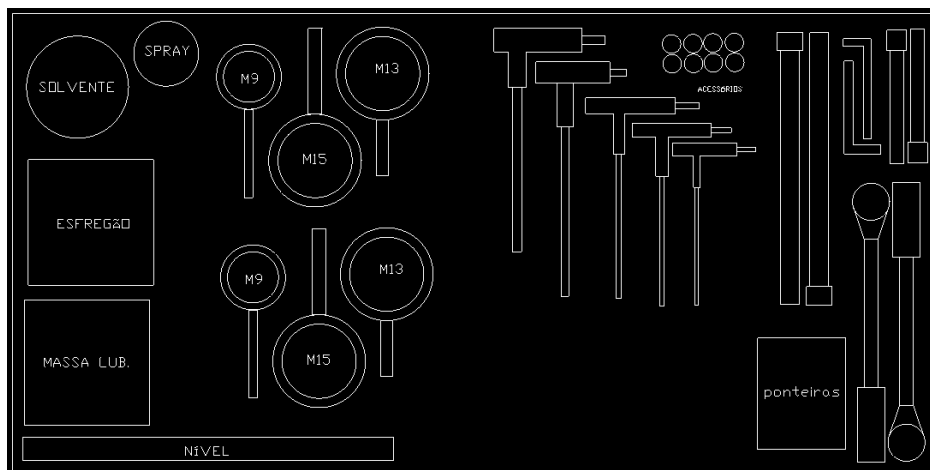


Figura 4.25- Layout proposto das ferramentas e acessórios do carrinho SMED

4.6.7. Resultados Esperados

A uniformização das tarefas de troca de mangueiras em conjunto com a colocação da barra de segurança permite tornar o tempo de realização de cada tarefa mais previsível. Este facto permite minimizar a variação da duração de cada ação, que no limite poderá eliminar na totalidade o tempo de espera, fator que influenciou entre 5% a 22% do tempo total dos *setups* aqui apresentados.

Espera-se, então que após o período de habituação aos novos métodos se verifique um aumento da eficiência na maioria dos *setups*. Nas Tabela 4.3, Tabela 4.4, e Tabela 4.5 explicita-se um resumo dos resultados esperados.

Tabela 4.3 – Tabela resumo dos resultados esperados na preparação do *setup*

Preparação do <i>Setup</i>		
Tarefa	Peso da tarefa	Resultado esperado
Abertura e fecho do molde	26%	Eliminação quase total do tempo de tarefa
Preparação dos acessórios necessários ao <i>setup</i>	_____	Redução do tempo necessário na procura e recolha dos acessórios

Tabela 4.4 – Tabela resumo dos resultados esperados no tempo do *setup* interno

<i>Setup</i> Interno			
Tarefa	Peso da tarefa	Redução do tempo de <i>setup</i>	Resultado
Ligações do circuito de arrefecimento do molde	Operador 1 – 6% Operador 2 – 14 %	6 a 28% dos <i>setups</i> que apresentam um elevado grau de complexidade nestas tarefas	Aumento da Eficiência dos <i>Setups</i>
Colocar/ Retirar Barra de segurança	8 %	50 % em 14% dos <i>setups</i>	

Tabela 4.5 – Tabela resumo dos resultados esperados no tempo de finalização do *setup*

Finalização do <i>Setup</i>		
Tarefa	Peso da tarefa	Resultado esperado
Abertura e fecho do molde	13%	Eliminação quase total do tempo de tarefa

4.7. Secção de estampagem

Neste capítulo pretende-se, tal como foi feito para a secção da Injeção, descrever o processo de estampagem na EFAPEL desde que a ordem é emitida até que o *setup* é finalizado. Segue-se uma breve descrição destas tarefas com principal foco no método de execução do *setup*.

4.7.1. Setup na Secção de Estampagem

O método de produção para a estampagem inicia-se com a preparação do cortante e com o levantamento da matéria-prima necessária à realização da ordem de produção.

Estando a matéria-prima disponível e o cortante preparado, poderá dar-se início à execução do *setup*. Apesar da implementação da metodologia SMED nesta secção ser mais recente do que na secção da injeção, também aqui, as tarefas constituintes do *setup* já se encontram divididas em externas e internas e os operadores são capazes de identificar os desperdícios a evitar na execução de um *setup*.

Também nesta secção, a sequência das tarefas a realizar por cada operador durante um *setup* também, se encontra documentada sob a forma de Instruções de Trabalho. Este documento teve que ser atualizado ainda durante o meu período de estágio devido à implementação de aspiração por vácuo nos cortantes. A sequência de tarefas necessárias à preparação, execução e finalização do *setup* encontram-se documentadas nos Apêndices N e O.

4.7.1.1. Tarefas externas (preparação de um *setup*)

Estão identificadas como tarefas externas necessárias à preparação do *setup*, a colocação da matéria-prima no desenrolador e a preparação de todas as ferramentas e acessórios necessários à execução do *setup*.

Nesta secção existe um carrinho SMED que permite ao operador ter todas as ferramentas e acessórios próximos e disponíveis durante a execução do *setup*. Para além disso, existem ainda duas mesas elevatórias para facilitar a colocação e a extração dos cortantes na máquina. Apesar de ser indicados nas Instruções de trabalho, que estes elementos devem ser colocados próximos da máquina durante a execução do *setup*, quando ocorrem mais que um *setup* em simultâneo, tal não é possível.

Antes do início do *setup*, também é necessário garantir que, a amostra padrão, a FRQ (ficha de receção qualitativa), a ficha de cortante, os desenhos da peça e calibres (quando aplicável) estão localizadas junto à máquina.

4.7.1.2. Tarefas internas

O processo de *setup* interno é realizado por 2 operadores, um de cada lado da prensa. O primeiro é responsável pelas principais funções de desmontagem, montagem e afinação da máquina. O segundo operador tem a função de auxiliar o primeiro nas tarefas de montagem, desmontagem e na colocação da matéria-prima na máquina.

4.7.2. Análise da situação inicial

4.7.2.1. Máquinas a analisar

A secção de estampagem da EFAPEL tem 8 máquinas diferentes, distinguidas entre si pela sua marca (Figura 4.26), duas Bruderer, três Legnani, uma Bihler e duas máquinas denominadas de mecânica exata. Note-se que, em máquinas da mesma marca, o trabalho realizado e em particular a troca de ferramenta é idêntica. Desta forma, torna-se pertinente que, a análise não seja feita a uma ou duas máquinas em particular, mas sim, a grupos de máquinas da mesma marca.



Figura 4.26- Prensas de diferentes marcas
a) Legnani b) Bruderer c) Bihler (Fonte: Pinto,2014)

Numa primeira abordagem ficou delineado que não se abordariam possibilidades de melhoria de equipamento para as máquinas de mecânica exata uma vez que o objetivo da empresa passa por tentar adaptar todas as ferramentas destas máquinas a outras possibilitando a sua eliminação.

Devido à necessidade de executar muitas operações delicadas e específicas nos *setups* da máquina Bihler, também se optou por não analisar os *setups* realizados nesta

máquina. Nesta máquina em particular, os operadores são aconselhados a executar o *setup* de uma forma lenta e segura.

Relativamente às restantes máquinas, para além de ser nos *setups* das Legnani que se observam tempos de *setup* mais elevados, os operadores também consideram a execução dos *setups* nestas máquinas mais difícil devido à necessidade de realizar um maior número de afinações manuais. Posto isto, decidiu-se analisar mais pormenorizadamente os *setups* realizados nas Legnani.

4.7.2.2.Registo e análise dos tempos de *Setup*

Para se poder analisar o tempo necessário para efetuar cada tarefa de um *setup* nas máquinas Legnani, efetuaram-se algumas filmagens a diferentes *setups* realizados nestas máquinas.

Através destas filmagens, facilmente se identifica que é nos *setups* em que é necessário afinar o sistema de soldadura, onde se observam tempos de *setup* mais elevados.

Nas figuras seguintes, apresentam-se dois gráficos de Gantt efetuados através do registo de tempos saído da filmagem a um *setup* completo (Figura 4.27) e à fase de montagem e afinação de outro (Figura 4.28). Neste gráfico estão evidenciadas a vermelho as tarefas efetuadas pelo GL que representam desperdícios.

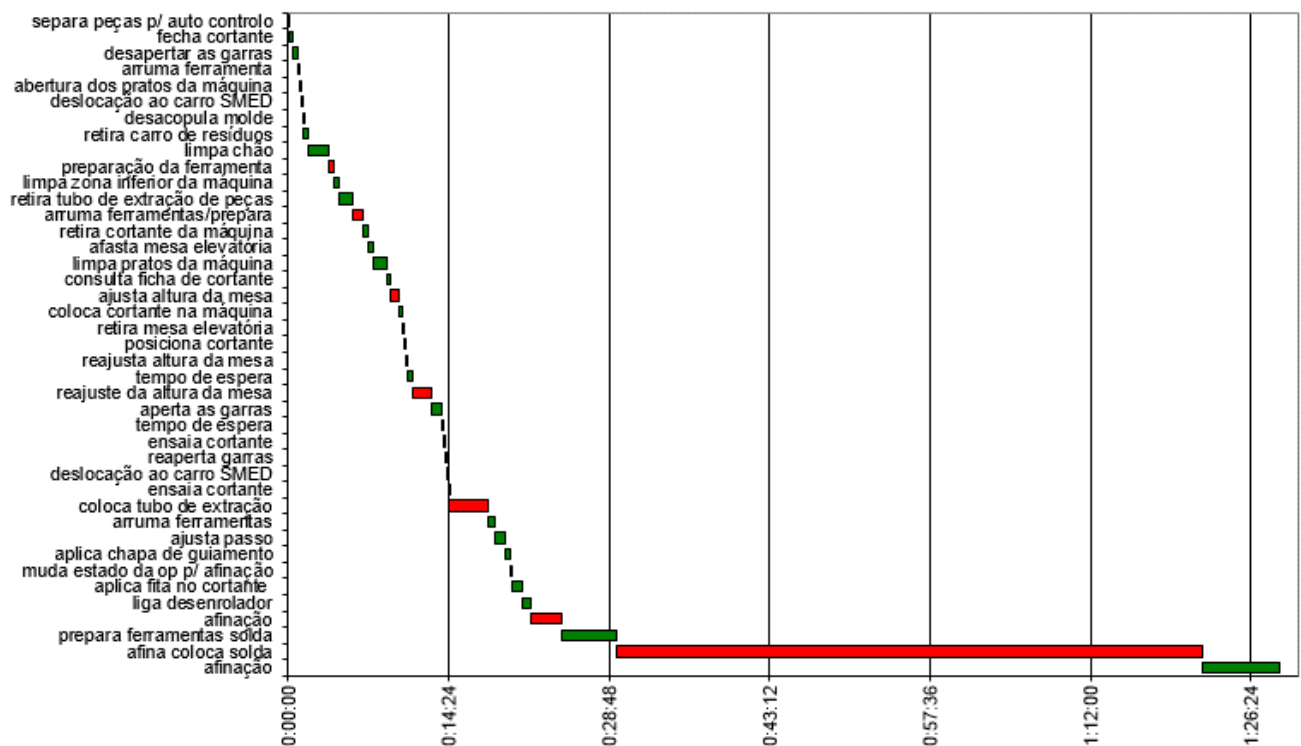


Figura 4.27.-Gráfico Gantt das operações de um *setup* na estampagem

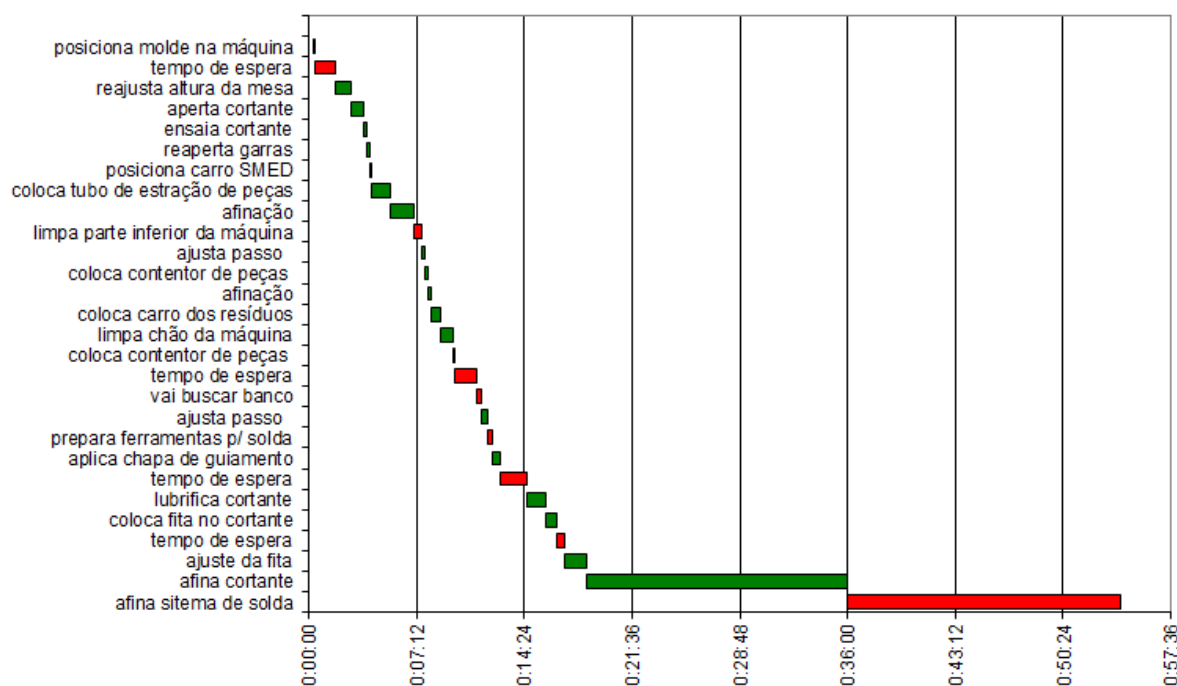


Figura 4.28--Gráfico Gantt das operações de um *setup* na estampagem

Nestes gráficos demonstra-se que a tarefa de afinação da soldadura, por vezes, pode demorar tanto a ser efetuada como o conjunto de todas as outras tarefas.

4.7.3. Análise aos desperdícios nos Setups

Nos *setups* analisados, verifica-se repetidamente a ocorrência de desperdícios nas tarefas de colocação do tubo de extração de peças e na montagem do sistema de vácuo. Por exemplo, acontece muitas vezes, os operadores terem de se deslocar para ir buscar acessórios longe da máquina a meio da realização da tarefa.

Numa primeira análise, considerou-se que os desperdícios resultaram da negligência na preparação das tarefas externas. Contudo, verificou-se a não existência do registo dos acessórios necessários a cada *setup*, comprometendo a preparação das tarefas referidas. A título de curiosidade, a tarefa de colocação do tubo de extração tem um peso de 6,09% no tempo total do *setup*. O tempo necessário à colocação do sistema de vácuo ainda não foi contabilizado, por esta ser uma tarefa recente.

A solução encontrada para este problema é descrita mais à frente nesta dissertação.

4.7.4.Reduções previstas para o ano de 2014

No ano transato, Pinto (2013) propôs que, apenas com melhor preparação e organização do trabalho, se verificariam reduções no tempo de *setup* de 49% e 36% para as prensas Bruderer e Legnani, respetivamente.

No entanto, mesmo com a identificação dos desperdícios e das vantagens de uma preparação dos setups por partes dos operadores, este facto não se nota. É esperado que no final deste projeto, se verifique a redução prevista no tempo médio de *setup*.

4.7.5.Conclusões à análise

Esta análise revelou ser bastante útil, pois permitiu identificar a necessidade de sensibilização dos operadores, para a importância de uma correta preparação dos *setups*. Para além disso, é necessário facilitar a realização das tarefas de preparação dos *setups*.

Esta análise permitiu identificar a tarefa, de afinação do sistema de soldadura instalado em duas das máquinas Legnani, como fonte da maior variação nos tempos de *setup*.

4.7.6.Workshop SMED

À semelhança do que aconteceu na secção da injeção, também na secção da estampagem foi realizado um *workshop* SMED. Contudo, devido à elevada carga de trabalhos na secção, a disponibilidade dos operadores para a discussão de ideias de melhoria nem sempre foi total.

4.7.6.1.Acompanhamento da elaboração das tarefas externas

Realizou-se um acompanhamento da preparação das tarefas externas, utilizando as Instruções de Trabalho como *checklist*, de todas as tarefas necessárias à preparação do *setup*.

Com este acompanhamento, pretende-se sensibilizar os operadores para a importância de uma correta preparação dos *setups*, evitando que ocorram desperdícios devido à má preparação das tarefas externas. Este tipo de trabalho foi efetuado, sempre que foi possível nos meses seguintes.

4.7.6.2. Formação do ajuste da altura da mesa das prensas Bruderer

No início do *workshop* SMED, os operadores alertaram para a dificuldade em ajustar a altura da mesa de uma das máquinas Bruderer. Para além disso, informaram que, quando era necessário ajustar a altura da mesa para a montagem de um determinado cortante, o planeamento não era cumprido, e como tal, o cortante era montado numa outra máquina.

Após um acompanhamento, às operações de ajuste da altura da prensa, verificou-se, que a este problema está associado um erro de tradução das instruções da prensa.

4.7.7. Propostas de melhoria

➤ Identificação dos tubos do sistema de vácuo e de extração de peças

Como foi referido anteriormente, por vezes ocorrem erros na escolha dos tubos, de extração de peças e do sistema de vácuo, aquando da preparação do *setup*.

Para evitar estas situações, procedeu-se à identificação dos acessórios, tal como é demonstrado na Figura 4.29. Posteriormente, pretende-se que os operadores insiram a informação, relativa aos acessórios necessários ao funcionamento do cortante, na respetiva ficha. Para isso, procedeu-se à alteração das fichas de cortante, onde se inseriu um campo, que faz referência aos tubos, de extração de peças e do sistema de vácuo, utilizados.

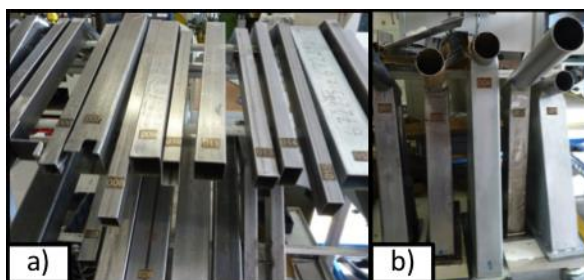


Figura 4.29- a) tubos de extração de peças identificados b) tubos do sistema de vácuo identificados

➤ Melhoria do processo de soldadura

A afinação do sistema de soldadura, existente nas máquinas Legnani, é um processo extremamente delicado, pois pequenas variações na afinação, podem comprometer a qualidade da peça.

Associada à necessidade de efetuar uma afinação extremamente exata, tem-se um sistema de medição da posição de soldadura, de difícil acesso e visualização, como é demonstrado na Figura 4.30

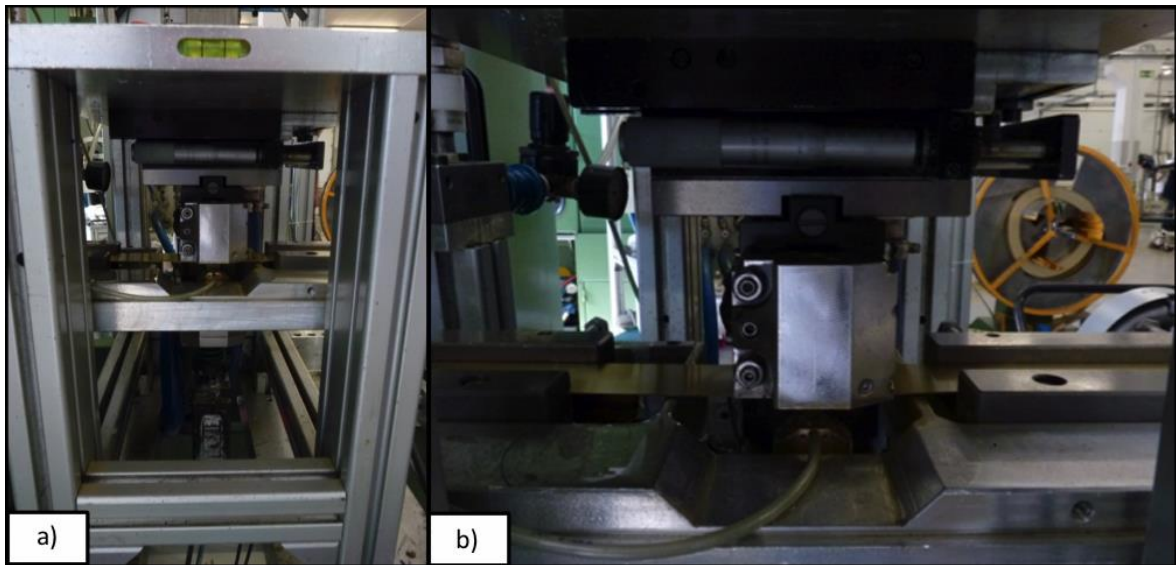


Figura 4.30 - a) sistema de soldadura b) sistema de afinação da soldadura

Esta tarefa pode ser facilitada com a instalação de dois batímetros com visor digital, um para medir as afinações horizontais e outro para medir as afinações verticais. Na verdade, este sistema já é utilizado nas máquinas de clipagem (Figura 4.31) da secção de embalagem da EFAPEL, com resultados bastante satisfatórios.

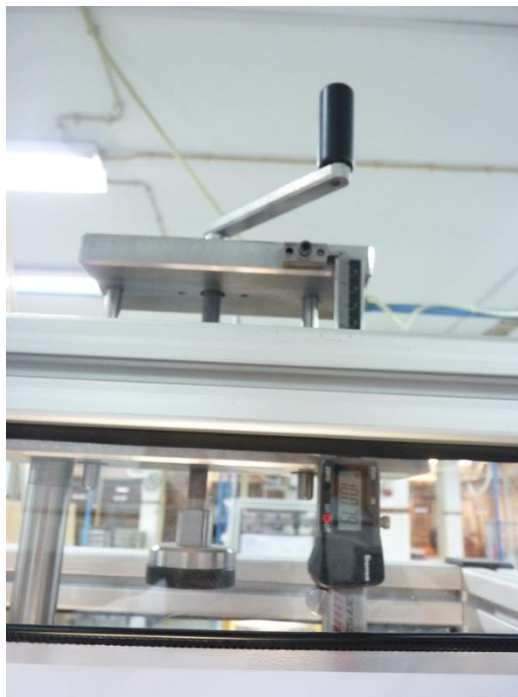


Figura 4.31- batímetro com visor digital instalado numa máquina de clipagem

Desta forma, após o acerto dos valores de afinação, pretende-se que os operadores registem os valores indicados, pelo batímetro nas fichas de cortante, facilitando a afinação num próximo *setup*.

A proposta de compra destes equipamentos foi feita pelos operadores da Estampagem à administração através do sistema de sugestões da empresa.

4.7.8.Resultados

Tal como foi referido anteriormente, um dos objetivos propostos para o ano de 2014 foi a redução de 36% a 49% do tempo médio de *setup* na secção da estampagem, unicamente através de uma correta preparação do trabalho. Na Figura 4.32 mostra-se uma correta preparação do *setup*, momentos antes da execução do mesmo.

Comparativamente ao tempo médio de *setup* estimado por Pinto (2013) no mês de Junho do ano transato, verificou-se o cumprimento destes objetivos. No entanto, espera-se que os operadores mantenham esta atitude e que continuem a executar os *setups* com uma eficiência elevada.



Figura 4.32- correta preparação de um setup

Relativamente aos *setups* em que é necessário afinar o sistema de soldadura, que são os que atualmente demoram mais tempo a serem executados, espera-se que o seu tempo de execução passe a estar próximo do tempo médio de *setup* global.

Quanto à identificação dos tubos, de extração de peças e do sistema de vácuo, este trabalho não pode parar por aqui, as fichas de cortante devem ser completadas com os códigos dos acessórios necessários. Este trabalho tem que ser feito de uma forma gradual e constante, ao longo dos próximos meses pelos operadores

5. CONCLUSÕES GERAIS

Através da análise à secção de estampagem e injeção da EFAPEL, conclui-se que o comportamento e atitude dos operadores é um fator crucial, em relação à eficiência de execução dos *setups*.

Na verdade, de nada vale ter um *setup* muito otimizado e uniformizado, se quem o executa não estiver sensibilizado para a importância da minimização do tempo dos *setups*. É fundamental que, quem executa o *setup*, se sinta motivado na procura de hipóteses de melhoria e na tentativa constante de eliminar os desperdícios.

É importante referir que a eficácia na implementação de melhorias para reduzir o tempo de *setup*, não depende exclusivamente da atitude dos operadores. Isto significa que, paralelamente, deverão ser facilitadas as condições à eliminação dos desperdícios, sempre que a relação custo/benefício seja favorável.

Na secção da Injeção, através dos trabalhos realizados ao longo destes 4 meses, propôs-se melhorias para 11 das 21 tarefas identificadas nas Instruções de Trabalho como *setup* interno. Espera-se que, com a implementação destas melhorias, se verifique uma diminuição do tempo médio de *setup* entre 6 a 28%, o que corresponde a uma redução do *stock* entre 2,96 a 15,072%, respetivamente.

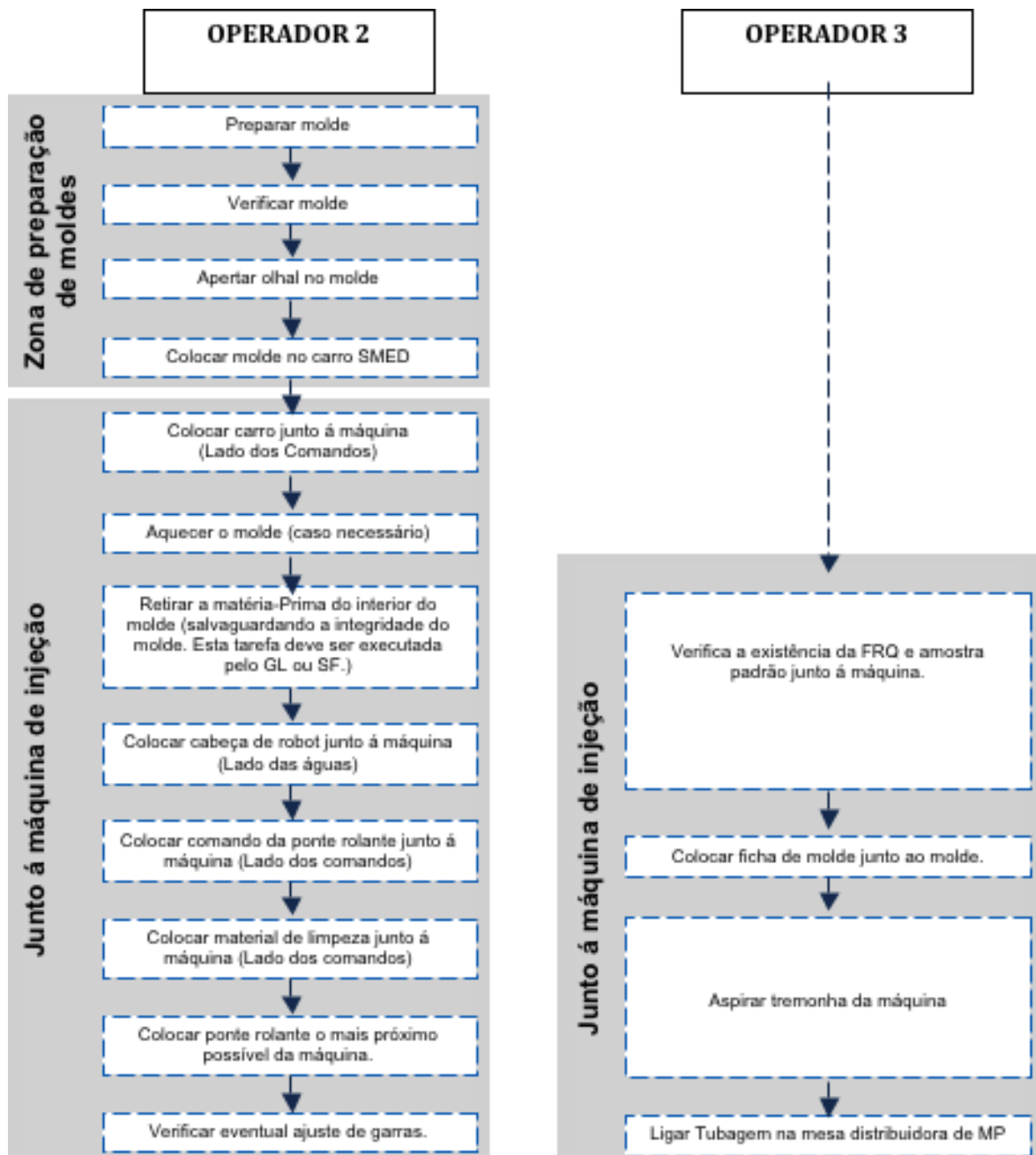
Na secção da estampagem, apesar de se ter proposto uma solução de melhoria para a tarefa de afinação do sistema de soldadura, responsável pelos *setups* mais demorados (por vezes superiores a 1 hora), não se analisou o impacto que esta redução terá no tempo de *setup* médio desta secção. São poucos os *setups* que necessitam da execução desta tarefa.

Apesar disso, observou-se uma redução do tempo de *setup* superior a 49% relativamente ao mesmo período do ano passado, cumprindo-se assim o objetivo delineado. Se o tempo médio de *setup* se mantiver, poderá haver uma redução de aproximadamente 29% do *stock* de peças metálicas estampadas.

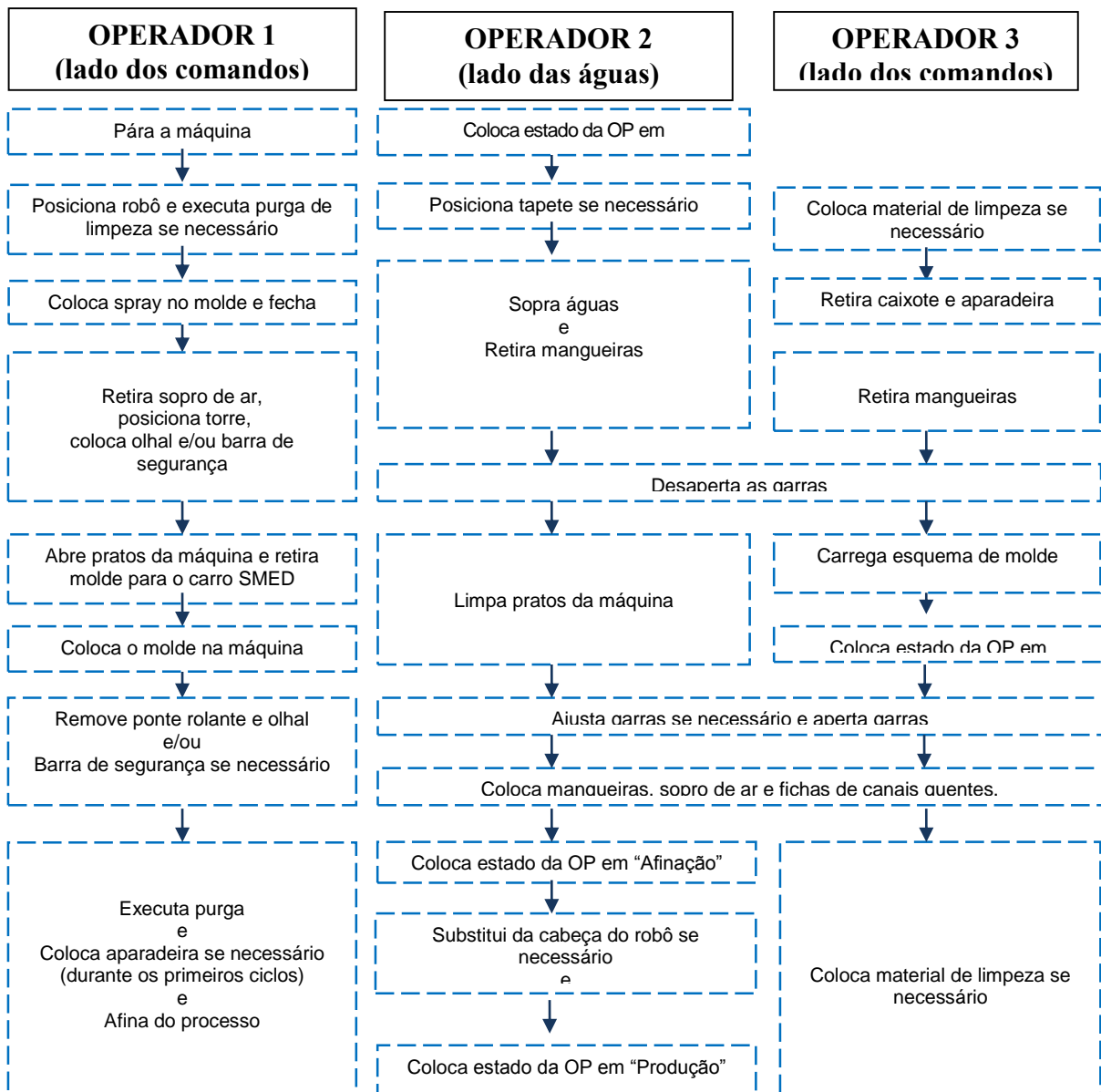
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barata, A. e Folgado, F. (2011) “Projeto de Implementação SMED na EFAPEL”, Relatório do projeto, Comunidade Lean Thinking
- Couto, J.A.C (2008), “Estudo de implementação do Método SMED e do Método de Taguchi no processo de Injeção de Plásticos”. Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Mecânica-I.S.T-Universidade Técnica de Lisboa
- Deodato, R. (2010) “A Determinação de um lote económico na Indústria de Plásticos”, Universidade de São Francisco
- Hines, P., “The Principles of the LEAN Business system”, Lean Enterprise Research Centre at Cardiff University, 2010
- Lean Enterprise Institute (2009), “aBrief History of Lean”, Acedido a 25 de Junho de 2014 ,no Web site: em <http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>
- McIntosh, R.I., Culley, S.J., Mileham, A.R., Owen, G.W., 2001. “Changeover improvement: A maintenance perspective”. International Journal of Production Economics 73
- Ohno, T., (1985) “The Toyota production system: beyond large scale-production. Productivity” Press.
- Pinto, J.P., Pensamento LEAN a filosofia das organizações vencedoras, 2008, 6ª ED, LIDEL.
- Pinto, N. (2013) “Metodologia SMED: Aplicação prática em processos de injeção e estampagem”. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Toyota Motor Corporation, 2014, Acedido a 27 de Junho de 2014, no Web site da: Toyota motors Corporation: http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/jidoka.html

APÊNDICE A- SEQUÊNCIA DE TAREFAS EXTERNAS (INJEÇÃO)



APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DE TAREFAS INTERNAS (INJEÇÃO)



APÊNDICE C – REGISTO DE TEMPOS

OPERADOR 1				OPERADOR 2				OPERADOR 3			
Tarefa Nº	Descrição da tarefa	Tempo de tarefa	Tempo Acumulado 0	Descrição da tarefa	Tempo de tarefa	Tempo Acumulado 0	Descrição da tarefa	Tempo de tarefa	Tempo Acumulado 0		
0	<i>Ultima peça</i>										
1	purga	00:00:16	00:00:16	tempo de espera	00:00:17	00:00:17	Muda estado da OP	00:00:00	00:00:00		
2							tempo de espera	00:00:12	00:00:12		
3	abre porta	00:00:01	00:00:17	retira mangueiras	00:00:05	00:00:22	posiciona torre	00:00:06	00:00:18		
4	vai buscar latão/retira calhaus	00:00:16	00:00:33	desaperta garras	00:00:25	00:00:47	desaperta garras	00:00:22	00:00:40		
5	tempo de espera	00:00:34	00:01:07	retira mangueiras	00:00:10	00:00:57	coloca oalhal	00:00:13	00:00:53		
6	abre pratos da máquina	00:00:12	00:01:19	desaperta garras	00:00:04	00:01:01	coloca torre no molde	00:00:09	00:01:02		
7	retira molde	00:00:18	00:01:37	ajuda a desapertar oalhal	00:00:03	00:01:04	fecha porta	00:00:02	00:01:07		
8				tempo de espera	00:00:16	00:01:20	tempo de espera	00:00:14	00:01:21		
9	coloca molde na máquina	00:00:33	00:02:10	limpa pratos da máquina	00:00:25	00:01:45	carrega esquema de molde	00:00:09	00:01:30		
10	tempo de espera	00:00:06	00:02:16	prepara mangueiras	00:00:09	00:01:54	tempo de espera	00:00:11	00:01:41		
11	retira torre do molde	00:00:05	00:02:21	ajuda a colocar molde na máquina	00:00:13	00:02:07	Muda estado da OP	00:00:23	00:01:46		
12	tempo de espera	00:00:04	00:02:25	coloca mangueiras	00:00:05	00:02:12	aperta garras do prato fixo	00:00:13	00:02:22		
13	fecha pratos do molde	00:00:10	00:02:35	aperta garras do prato fixo	00:00:11	00:02:23	retira oalhal	00:00:02	00:02:24		
14	carrega esquema de molde	00:00:15	00:02:50	tempo de espera	00:00:13	00:02:36	fecha porta	00:00:01	00:02:25		
15	retira oalhal	00:00:04	00:02:54	tempo de espera	00:00:15	00:02:51	tempo de espera	00:00:11	00:02:36		
16	abre pratos da máquina	00:00:06	00:03:00	aperta garras do prato móvel	00:00:05	00:02:56	aperta garras do prato móvel	00:00:16	00:02:52		
17	tempo de espera	00:00:22	00:03:22	fecha a porta da máquina	00:00:04	00:03:00	tempo de espera	00:00:02	00:02:54		
18	ajuda a retirar mangueiras	00:00:03	00:03:25	tempo de espera	00:00:24	00:03:24	fecha porta	00:00:07	00:02:56		
19	purga	00:00:30	00:03:55	coloca mangueiras	00:00:03	00:03:27	tempo de espera	00:00:03	00:02:59		
20	afinações	00:00:28	00:04:23	fecha porta	00:00:03	00:03:27	coloca mangueiras	00:00:28	00:03:27		
21	retira caixa e coloca aparadeira	00:00:10	00:04:33	arruma material	00:01:40	00:05:07	Muda estado da OP	00:00:08	00:03:35		
22	ajuda a colocar tapete rolante	00:00:03	00:04:36				tempo de espera	00:00:10	00:03:45		
23	afinações	00:00:31	00:05:07				coloca caixa	00:00:04	00:03:49		
							tempo de espera	00:00:34	00:04:23		
							limpa cavidades	00:00:09	00:04:32		
							coloca tapete rolante	00:00:15	00:04:47		
							tempo de espera	00:00:20	00:05:07		
							muda estado da OP	#####	#####		
Total		00:05:07			00:05:07			00:05:07			

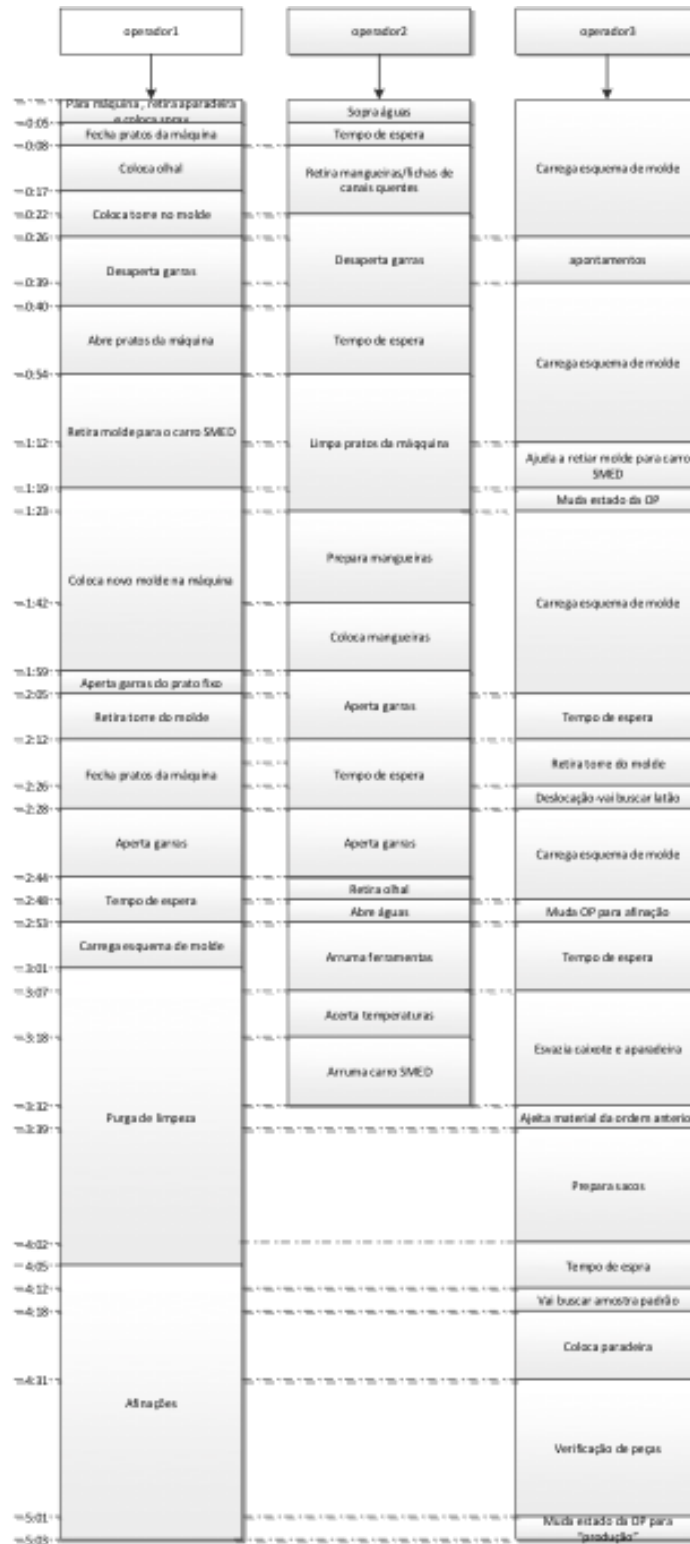
APÊNDICE D – REGISTO DE TEMPOS

Tarefa Nº	Descrição da tarefa	Tempo de tarefa	Tempo Acumulado	OPERADOR 1		OPERADOR 2		OPERADOR 3	
				Última peça	Última peça	Tempo de tarefa	Tempo Acumulado	Última peça	Tempo de tarefa
0									
1	Para máquina	00:00:00	00:00:00	Para máquina	00:00:01	00:00:01	Para robô	00:00:00	00:00:00
2	posiciona robô	00:00:04	00:00:04	tempo de espera	00:00:04	00:00:04	tempo de espera	00:00:05	00:00:05
3	purga de limpeza	00:00:37	00:00:41	posiciona tábua sopra água	00:00:13	00:00:14	coloca óyna na câmara	00:00:38	00:00:43
4	abre porta e fecha a porta (atividade não identificada)	00:00:05	00:00:46	desativação ao operador 1	00:00:17	00:00:49	tempo de espera	00:00:30	00:01:13
5	fecha molde / purga de limpeza	00:00:27	00:01:13	tempo de espera	00:00:24	00:01:11	retira aparadeira	00:00:06	00:01:19
6	fecha canais quentes e sopra de ar	00:00:05	00:01:18	sopra água	00:00:05	00:01:18			
8	retira manguelras	00:00:20	00:01:38	abre porta	00:00:05	00:01:18			
9	desativação vai buscar chave roquete e comando da 1	00:00:05	00:01:43	retira fichas de canais quentes e manguelras	00:00:18	00:01:36			
10	desaperta garra	00:00:16	00:01:59	desaperta garra prato móvel	00:00:16	00:01:52			
11	posiciona torre	00:00:08	00:02:08						
12	tempo de espera	00:00:11	00:02:19	retira manguelras	00:00:11	00:02:03			
13	coloca garcho no molde	00:00:09	00:02:28						
14	fecha porta	00:00:03	00:02:31						
15	tempo de espera	00:00:05	00:02:36						
16	abre porta	00:00:01	00:02:37						
17	retira molde para carro SMED	00:00:22	00:02:59						
18	retira fichas de canais quentes	00:00:05	00:03:04						
19	coloca molde na máquina	00:00:28	00:03:32						
20	coloca nível de molde	00:00:07	00:03:39	coloca base de garra	00:00:15	00:03:29	tempo de espera	00:00:16	00:03:34
21	fecha torre do molde	00:00:10	00:03:49	coloca manguelras	00:00:09	00:03:28	coloca nível de molde	00:00:01	00:03:35
22	fecha porta	00:00:01	00:03:50	aperta garra do prato fixo	00:00:06	00:03:44	aperta garra	00:00:09	00:03:44
23	fecha pratos da máquina	00:00:07	00:03:57	coloca fichas de canais quentes	00:00:06	00:03:50	coloca fichas de canais quentes	00:00:05	00:03:49
24	tempo de espera	00:00:05	00:04:02	tempo de espera	00:00:14	00:04:04	carrrega esquema de molde	00:00:13	00:04:02
25	aperta garra do prato móvel	00:00:09	00:04:11	coloca manguelras	00:00:02	00:04:06			
26	coloca manguelras	00:00:15	00:04:26	aperta garra do prato fixo	00:00:05	00:04:11			
27	coloca sopra	00:00:04	00:04:30						
28	fecha porta	00:00:01	00:04:31	coloca manguelras	00:00:20	00:04:31			
29	abre molde	00:00:04	00:04:35	fecha porta	00:00:01	00:04:32			
30	tempo de espera	00:00:05	00:04:40	tempo de espera	00:00:04	00:04:36			
31	coloca manguelras	00:00:10	00:04:50	abre porta	00:00:02	00:04:38			
32	tempo de espera	00:00:04	00:04:54						
33	fecha pratos do molde	00:00:03	00:04:57	fecha garra/posiciona manguelras	00:00:17	00:04:55	preparar para colocar oyratrasiao	00:00:09	00:05:06
34	recarrega esquema de molde devido a engano do op	00:00:23	00:05:20	armaa ferramentas	00:00:09	00:05:04	fecha tremonha	00:00:02	00:05:38
33	purga	00:01:36	00:06:56	repositora/tranca passadeira	00:00:20	00:05:24	armaa material	00:00:43	00:06:21
34	afinações	00:00:57	00:07:53	muda cabeça de robol	00:01:53	00:07:17	tempo de espera	00:01:29	00:07:50
3	Afinações no robô	00:00:38	00:08:32						
36	ajuda a colocar aparadeira	00:00:07	00:08:39	armaa ferramentas/tempo de espera	00:00:56	00:08:13	limpa cavidade do molde	00:00:19	00:08:09
37	afinações	00:00:53	00:09:32	muda estado da opv	00:00:06	00:08:19	tempo de espera	00:00:15	00:08:24
				tempo de espera muda estado da op	00:01:11	00:09:30	coloca caixa e aparadeira	00:00:17	00:08:41
							coloca saco	00:00:20	00:09:01
							armaa material	00:00:31	00:09:32
Total		00:09:32			00:09:51				00:09:32

APÊNDICE E – REGISTO DE TEMPOS

Tarefa Nº	OPERADOR 1			OPERADOR 2			OPERADOR 3		
	Descrição da tarefa	Tempo de tarefa	Tempo Acumulado	Descrição da tarefa	Tempo de tarefa	Tempo Acumulado	Descrição da tarefa	Tempo de tarefa	Tempo Acumulado
0	<i>Ultima peça</i>	00:00:00	00:00:00	<i>Ultima peça</i>	00:00:01	00:00:01	<i>Ultima peça</i>	00:00:00	00:00:00
1	pára máquina	00:00:01	00:00:01	abre porta	00:00:03	00:00:04	muda estado da OP para desmontagem	00:00:00	00:00:00
2	retrira aparatadeira abre porta	00:00:03	00:00:04	sopra águas/retrira manguelras	00:00:05	00:00:09	carrega esquema de molde	00:00:09	00:00:30
3	coloca spray	00:00:04	00:00:08	tempo de espera	00:00:13	00:00:22	carrega esquema de molde	00:00:09	00:00:39
4	fecha pratos da máquina	00:00:09	00:00:17	retrira manguelras/fichas de canais quentes	00:00:21	00:00:43	apontamentos	00:00:07	00:00:46
5	coloca olhal	00:00:14	00:00:28	desaperta garras	00:00:12	00:00:55	esquema molde	00:00:26	00:01:12
6	coloca torre no molde	00:00:14	00:00:40	tempo de espera	00:01:23	00:01:42	carrega esquema de molde	00:00:09	00:01:21
7	desaperta garras	00:00:25	00:01:19	limpa pratos da máquina	00:01:19	00:01:42	gluda operador 1 a retrirar molde do carro Smed	00:00:04	00:01:25
8	abre pratos da máquina	00:00:25	00:01:19	coloca manguelras	00:00:15	00:01:57	muda estado da op para montagem	00:00:10	00:02:15
9	retrira molde da máquina para carro SMED	00:00:40	00:01:59	prepara manguelras	00:00:14	00:02:11	carrega esquema de molde	00:00:40	00:02:05
10	coloca novo molde na máquina	00:00:06	00:02:05	coloca manguelras	00:00:18	00:02:29	retrira torre do molde	00:00:10	00:02:15
11	aperta garras do prato fixo	00:00:07	00:02:12	aperta garras	00:00:14	00:02:43	retrira torre do molde	00:00:11	00:02:26
12	retrira torre do molde	00:00:16	00:02:28	tempo de espera	00:00:13	00:02:42	vai buscar laito	00:00:03	00:02:29
13	fecha pratos da máquina	00:00:16	00:02:44	retrira olhal	00:00:06	00:02:48	carrega esquema de molde	00:00:22	00:02:51
14	aperta garras	00:00:09	00:02:53	abre águas	00:00:04	00:02:52	muda estado da op para alinhacão	00:00:02	00:02:53
15	tempo de espera	00:00:08	00:03:01	arruma ferramentais	00:00:15	00:03:07	tempo de espera(junto ao terminal)	00:00:14	00:03:07
16	carrega esquema de molde	00:01:04	00:04:05	acerta temperaturas	00:00:11	00:03:18	esvazia aparatadeira e caixa	00:00:26	00:03:33
17	purga	00:00:58	00:05:03	arruma carro SMED	00:00:14	00:03:32	gjeta material da ordem anterior	00:00:06	00:03:39
18	afinações						prepara sacos	00:00:23	00:04:02
19							tempo de espera	00:00:10	00:04:12
20							vai buscar amostra praão	00:00:06	00:04:18
21							coloca aparatadeira	00:00:13	00:04:31
22							verificacão das peças	00:00:30	00:05:01
23									
Total		00:05:03			00:03:32				00:05:01

APÊNDICE F – GRÁFICO YAMAZUMI EXEMPLIFICATIVO



APÊNDICE G - REGISTO DE TEMPOS (TAREFAS EXTERNAS)

Nº	Tarefas OP1- preparação do Setup	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 3 (rep)	Setup 4
1	Ver no terminal o proximo Molde	00:00:05				00:01:07
2	Ir a listagem ver Localização do molde	00:00:10		00:00:06	00:00:07	00:00:04
3	Levar porta paletes para junto do Molde	00:00:47	00:00:54	00:00:36	00:00:47	
4	Retirar paleta com Molde	00:00:42		00:00:25		00:00:54
5	Buscar carro SMED para junto da paleta	00:00:16				00:00:16
6	Colocar olhal	00:00:09	00:00:31		00:00:19	
7	Mover torre para o molde	00:00:33				00:02:10
8	Colocar molde no carro SMED	00:00:22		00:00:59		00:01:16
9	Colocar torre no sitio	00:00:17				00:00:20
10	Colocar paleta no sitio	00:00:47		00:00:25		00:01:37
11	Colocar porta paletes no sitio	00:00:27		00:00:21	00:00:30	00:00:16
12	Deslocar carro SMED para junto da mesa de m	00:00:21				
13	Colocar molde na mesa de Moldes	00:00:25	00:00:53	00:00:58		
	Retira "fecho do molde"		00:01:04			
14	Abre o Molde	00:00:11	00:01:21	00:01:51	00:00:58	
15	Limpa o Molde	00:00:53	00:00:33	00:00:43		
16	Retira Mola e põe extratores para fora	00:00:32				
17	Vai buscar algodão	00:00:14				
18	Limpa extratores	00:00:42		00:01:38		
19	Recolher extratores	00:00:33				
20	Limpar Molde	00:00:35				
21	Verifica Amost. Padrão no Molde	00:00:37				
22	Fechar molde e colocar no carro SMED	00:01:08			00:02:06	
23	Leva carro para junto da máquina	00:01:58			00:00:29	
24	Coloca Ferramentas junto á máquina	00:00:16			00:01:23	00:01:09
	Liga canais quentes do molde				00:00:41	
25	Buscar acessóriosde Molde e verifica Fich. M	00:00:47				
26	Deslocar a torrer para cima da máquina	00:02:06				
27	Consola	00:00:28				
28	Desloca-se para Zona de Matéria-Prima	00:00:12				
29	Coloca a informação de Silo desligado no qua	00:00:10				
30	Desliga O Silo	00:00:27				
31	Vai verificar alimentação da Matéria-Prima	00:00:28				
32	Total	00:17:38		00:08:02	00:07:20	00:09:09

APÊNDICE H - REGISTO DE TEMPOS (TAREFAS EXTERNAS)

Nº	Tarefas OP1- Preparação do Setup	Setup 5	Setup 6
1	Abrir a tremonha	00:00:00	
2	Limpar filtro	00:01:17	
3	Aspirar parte superior da tremonha	00:03:46	00:01:37
4	Retira tubagem e aspira	00:00:25	00:00:18
5	Coloca filtro e fecha a tremonha	00:00:12	00:00:07
6	Aspira exterior da tremonha	00:00:22	00:00:10
7	Aspira desmagnetizador	00:00:38	00:00:09
8	Aspira exterior da máquina	00:00:20	00:00:15
9	Retira resto de materia-prima	00:00:50	00:00:19
10	Aspira zona de extração de materia-prima	00:00:11	00:00:35
11	Aspira máquina	00:01:27	00:00:22
12	fecha tremonha		00:00:12
13	Aspira parte inferior da tremonha	00:02:04	00:01:55
14	Puxa nova materia-prima para a tremonha (em quanto não tem	00:01:53	00:00:35
	Total	00:13:25	00:06:34

APÊNDICE I - REGISTO DE TEMPOS (TAREFAS EXTERNAS)

	Tarefas OP1-Finalização do Setup	Setup 5
1	2º vídeo (depois do Setup interno)	
2	Leva carro SMED com molde p/ junto da mesa de	00:00:52
3	Coloca molde na mesa de moldes	00:00:35
4	Abre o molde	00:01:21
5	Coloca produto de limpeza	00:00:09
6	Sopra o molde	00:00:46
7	Limpa o molde	00:01:29
8	Sopra o molde	00:00:19
9	Coloca massa consistente no molde	00:00:40
10	Coloca spray	00:00:29
11	Fecha o molde	00:00:56
12	Coloca produto de limpeza e limpa o exterior do	00:01:36
13	Arruma material no carro SMED	00:00:12
14	Coloca molde no carro SMED	00:00:37
15	Limpa mesa de moldes	00:00:15
16	Procura nº da palate do molde	00:00:15
17	Leva carro SMED com molde p/ perto da palette	00:00:57
18	Vai buscar palette	00:02:11
19	Coloca molde na palette	00:01:25
20	Retira olhal	00:00:10
21	Afasta a torre	00:00:17
22	Arruma palette	00:02:02
	TOTAL	00:17:33

APÊNDICE J – ANÁLISE COMPARATIVA DE TAREFAS

Nº	Tarefas OP1	Setup 1	Setup 2	26-02-2014	28-03-2014	01-04-2014
0	Para máquina	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	
	retira aparadeira				00:00:01	
1	Posiciona robô	00:00:02	00:00:02	00:00:04		
2	Purga de limpeza			00:01:04		00:00:16
3	Abre a porta	00:00:03	00:00:02	00:00:06		00:00:01
4	Coloca spray no molde	00:00:05	00:00:07		00:00:03	
5	Fecha o molde	00:00:04	00:00:03		00:00:04	
6	Coloca torre por cima do molde (retira sopro de ar)	00:00:14	00:00:07	00:00:09		
7	Retira canais quentes e sopro de ar			00:00:05		
8	Coloca olhal	00:00:34	00:00:17		00:00:09	
9	Coloca torre no molde	00:00:06	00:00:07	00:00:09	00:00:09	
10	Puxa o agregado atrás (carrega esquema do molde)	00:00:13	00:00:18			00:00:16
11	Retira segurança			00:00:03		
12	Retira mangueiras			00:00:17		
13	Desaperta garras			00:00:16	00:00:14	
14	Abre pratos da máquina	00:00:05	00:00:08		00:00:14	
15	Retira molde para carro SMED	00:00:19	00:00:21	00:00:22	00:00:25	00:00:18
Desmontagem		00:01:45	00:01:32	00:02:35	00:01:19	00:00:51
17	retira fichas de canais quentes			00:00:05		
18	Coloca Molde na máquina	00:00:54	00:00:32	00:00:28	00:00:40	00:00:33
19	coloca nível no molde			00:00:07		
20	Ajusta base de garras	00:00:29				
21	Aperta garras do prato fixo	00:00:13	00:00:15		00:00:06	
22	Retira torre do molde	00:00:17	00:00:08	00:00:10	00:00:07	00:00:05
23	Fecha pratos da máquina	00:00:15	00:00:22	00:00:11	00:00:16	00:00:10
25	Retira olhal	00:00:18	00:00:27			00:00:04
26	Aperta garras do prato móvel			00:00:09	00:00:09	
27	Abre pratos da máquina	00:00:04	00:00:09	00:00:05		00:00:06
28	Coloca mangueiras			00:00:25		00:00:03
29	Coloca sopro de ar	00:00:09	00:00:05	00:00:04		
30	Recarrega esquema de molde			00:00:23	00:00:08	00:00:15
Montagem		00:02:39	00:01:58	00:02:07	00:01:26	00:01:16
30	Purga	00:04:05	00:01:01	00:01:36	00:01:04	00:03:50
31	Afina processo	00:03:31	00:03:11	00:02:29	00:00:58	00:00:59
32	ajuda a colocar aparadeira			00:00:07		00:00:10
33	Muda estado da OP P/ Prod.					
Afinação		00:07:36	00:04:12	00:04:12	00:02:02	00:01:09
	Tempo de espera	00:00:25	00:00:43	00:00:40	00:00:09	00:00:59
	Total	00:12:25	00:08:25	00:09:34	00:04:56	00:04:15

APÊNDICE K – ANÁLISE COMPARATIVA DE TAREFAS

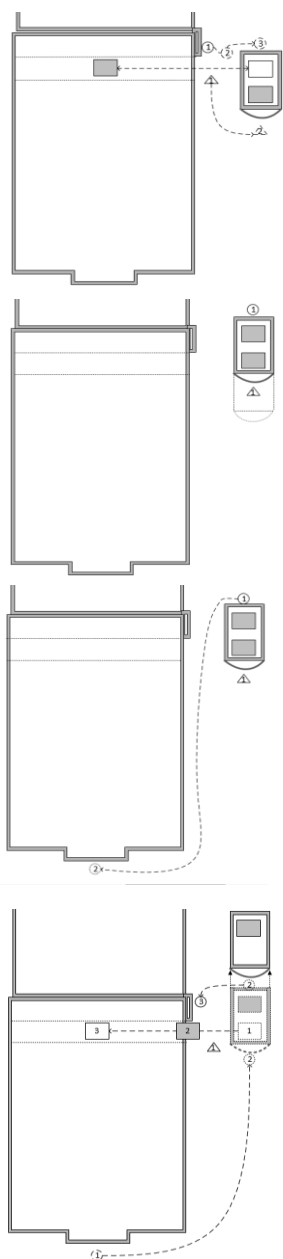
Nº	Tarefas OP2	Setup 1	Setup 2	26-02-2014	28-03-2014	01-04-2014
0	Operador 1 para a máquina	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	
1	Afasta tapete rolante	00:00:09	00:00:07	00:00:13		
2	Abre a porta	00:00:01	00:00:01	00:00:05	00:00:01	
3	Retira gitos	00:00:07				
4	Retira/Coloca mangueiras	00:00:21	00:00:09	00:00:30	00:00:13	00:00:15
5	Sopra águas	00:00:09	00:00:12	00:00:16	00:00:03	
6	Coloca olhal			00:00:13		
7	Retira fichas de canais quentes	00:00:03	00:00:05	00:00:18		
8	Desaperta garras	00:00:20	00:00:11	00:00:16	00:00:21	00:00:29
	ajuda a colocar olhal					00:00:03
9	Ajeita mangueiras		00:00:11			
10	Limpa pratos da máquina	00:00:30	00:00:50	00:00:36	00:00:28	00:00:25
	Desmontagem	00:01:40	00:01:46	00:02:27	00:01:06	00:01:12
	prepara mangueiras					00:00:09
11	coloca mangueiras	00:01:03	00:01:01	00:00:28	00:00:34	00:00:29
	coloca base de garras			00:00:15		
12	ajusta garras do prato fixo	00:00:34				00:00:11
13	Coloca fichas de canais quentes	00:00:14	00:00:10	00:00:13	00:00:06	
14	Retira olhal			00:00:33		
15	Aperta garras do prato fixo	00:00:24	00:00:10	00:00:11	00:00:14	
16	Aperta garras do prato móvel	00:00:07	00:00:10	00:00:14	00:00:13	00:00:15
17	Ajeita mangueiras		00:00:14			

APÊNDICE L – ANÁLISE COMPARATIVA DE TAREFAS

Nº	Tarefas OP3	Setup 1	Setup 2	26-02-2014	28-03-2014	01-04-2014
0	muda estado da OP para desmontagem	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	
1	coloca dyna purga			00:00:38		
2	Retira aparadeira e caixote	00:00:17	00:00:13	00:00:06		
3	desaperta garras	00:00:23	00:00:23			00:00:22
4	Retira fichas de canais quentes do molde posiciona torre	00:00:07	00:00:06			00:00:06
5	coloca torre no molde		00:00:02			00:00:03
6	Retira mangueiras	00:00:12	00:00:20			00:00:13
8	Coloca olhal			00:01:09		00:00:09
9	Retira fichas de canais quentes do molde	00:00:03	00:00:07			
10	abre pratos do molde			00:00:08		
11	ajuda a a retirar molde para o carro SMED		00:00:13		00:00:09	
12	retira torre para novo molde	00:00:16	00:00:07			
13	ajuda a colocar o molde na máquina carrega esquema de molde	00:00:16	00:00:14		00:00:56	00:00:09
14	muda o estado da OP para montagem	00:00:05	00:00:09		00:00:04	00:00:05
Desmontagem		00:01:39	00:01:54	00:02:01	00:01:09	00:01:07
	ajuda a colocar molde na máquina					00:00:23
15	carrega esquema de molde			00:00:37	00:01:02	
16	coloca nível de molde aperta garras do prato fixo	00:00:36	00:00:14	00:00:01		00:00:13
17	coloca mangueiras		00:00:11			00:00:28
18	aperta garras do prato móvel	00:00:13	00:00:13	00:00:09		00:00:16
19	coloca fichas de canais quentes			00:00:05		
20	ajuda a retirar olhal		00:00:13			
21	desaperta olhal			00:00:28		00:00:02
222	desliga fichas de canais quente retira torre do molde	00:00:16			00:00:11	
23	retira carro SMED	00:00:06				
24	coloca mangueiras	00:00:32	00:00:27			
25	Muda estado OP para afinação	00:00:08	00:00:18			00:00:08
Montagem		00:01:10	00:00:29	00:01:20	00:01:13	00:01:30
26	ajuda na purga	00:02:39		00:00:02		
27	desliga fichas de canais quente		00:00:15			
28	Retira carro SMED		00:00:11			
2	arruma ferramentas	00:00:34		00:01:14		
30	limpa cavidade do molde			00:00:19		00:00:09
31	coloca caixote	00:00:05				00:00:04
32	apanha gitos do chão	00:00:18				
33	coloca saco			00:00:20	00:00:23	
34	retira material purgado do molde	00:00:21				
35	coloca aparadeira coloca tapete rolante	00:00:09		00:00:17	00:00:13	00:00:15
	vai buscar amostra padrão				00:00:06	
	verificação das peças				00:00:30	
36	Muda estado da OP para produção					
Afinação		00:04:06	00:00:26	00:02:12	00:01:12	00:00:28
Tempo de espera		00:02:51	00:02:07	00:03:59	00:01:57	00:02:02
	Total	00:09:46	00:04:56	00:09:32	00:05:31	00:05:07

APÊNDICE M- SEQUÊNCIA PARA RETIRAR E COLOCAR O MOLDE NA MÁQUINA

Sequência de tarefas para retirar o molde da Op anterior e colocar novo na máquina



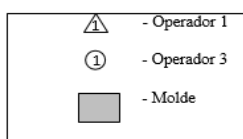
-Posicionar o carro SMED de forma ao molde estar alinhado com o lugar que irá ocupar na máquina
 - O Operador 3 deve ajudar o Operador 1 a retirar o molde da máquina e pô-lo no carro SMED
 - Os operadores devem movimentar-se para as extremidades do carro SMED para facilitar a sua posterior movimentação.

-Os dois operadores deverão em conjunto, movimentar o carro SMED, para alinharem o molde que vai entrar com a porta da máquina.

- Enquanto o Operador1 retira as fichas dos canais quentes (caso necessário) e coloca a torre no molde, o Operador 3 deve deslocar-se ao terminal para mudar o estado da OP

- Após mudar o estado da OP o Operador 3 deve deslocar o carro SMED de forma a facilitar a sua deslocação para junto dos comandos, desimpedindo a zona de trabalho;
 - O Operador1 fica responsável pela colocação do molde na máquina

Legenda:



APÊNDICE N - SEQUÊNCIA DE TAREFAS EXTERNAS (ESTAMPAGEM)

Finalização do Setup (tarefas externas)
<ul style="list-style-type: none">• Lavar cortante e arrumar;
<ul style="list-style-type: none">• Arrumar FRQ, amostras-padrão, desenhos de peça, calibres, escadotes, estrados, pá, vassoura, acessórios do cortante anterior, panos, almotolias, ferramentas manuais e ficha de cortante.

Preparação Setup (tarefas externas)
<ul style="list-style-type: none">• Garantir que se encontra junto à Prensa o Carro SMED (lado dos comandos) devidamente preparado.
<ul style="list-style-type: none">• Mesa elevatória com o cortante a entrar com altura devidamente ajustada.
<ul style="list-style-type: none">• Mesa elevatória sem objetos em cima com altura devidamente ajustada para retirar o cortante.
<ul style="list-style-type: none">• Colocar junto à máquina: ficha de cortante, FRQ, amostra-padrão, desenhos de peça e calibres (quando aplicável)
<ul style="list-style-type: none">• Colocar matéria-prima no desenrolador imediatamente antes de iniciar o Setup.

APÊNDICE O - SEQUÊNCIA DE TAREFAS EXTERNAS (ESTAMPAGEM)

