



Universidade de Aveiro
2020

Departamento de Economia, Gestão, Engenharia
Industrial e Turismo

**ANA FILIPA TEIXEIRA
LOURENÇO**

**AUMENTO DA DISPONIBILIDADE DAS MÁQUINAS
DE INJEÇÃO AUTOMÁTICAS NA OLI ATRAVÉS DA
METODOLOGIA TPM**



**ANA FILIPA TEIXEIRA
LOURENÇO**

**AUMENTO DA DISPONIBILIDADE DAS MÁQUINAS
DE INJEÇÃO AUTOMÁTICAS NA OLI ATRAVÉS DA
METODOLOGIA TPM**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira, Professor Associado com Agregação do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, família e amigos. Sem a ajuda e o apoio deles não teria chegado até onde estou hoje.

o júri

presidente

Prof. Doutora Leonor da Conceição Teixeira
professora auxiliar Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Maria Leopoldina Mendes Ribeiro de Sousa Alves
professora coordenadora DEM – ESTG – Instituto Politécnico de Leiria

Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira
professor associado com agregação da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço à OLI pela oportunidade de realizar o meu estágio curricular que contribui para o meu crescimento pessoal e profissional. Em especial ao Departamento de Injeção, com o qual colaborei durante 6 meses.

Ao Engenheiro Luís Sousa por todo o acompanhamento diário e preocupação prestada, pela simpatia, pela amizade, pela partilha de conhecimentos, pela paciência e, acima de tudo, por ser incansável durante este projeto e por acreditar nas minhas capacidades.

Ao Engenheiro Sérgio Domingues, a todos os colaboradores da OLI, em especial ao Departamento da Injeção pela motivação e ajuda diária que me deram para a realização deste projeto e por disponibilizarem parte do seu tempo para me ajudarem.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, o Professor Doutor Carlos Ferreira pela disponibilidade, pela simpatia e pela orientação no desenvolvimento deste projeto.

A todos os meus amigos por estarem sempre presentes, pelos momentos inesquecíveis que vivemos ao longo destes cinco anos e pela motivação e apoio ao longo deste projeto.

Ao Manuel Prego, por todo o apoio que me deu, por me motivar e por estar sempre ao meu lado.

À minha família, em especial aos meus pais, pelas oportunidades que me proporcionaram e pelo esforço e sacrifícios que fizeram ao longo destes cinco anos e que permitiram chegar até aqui. À restante família, agradeço pela confiança, encorajamento e orgulho que sempre tiveram em mim.

palavras-chave

Total Productive Maintenance (TPM), Manutenção Autônoma, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), Disponibilidade, Máquinas de Injeção de Plástico.

resumo

O presente projeto foi desenvolvido na OLI – Sistemas Sanitários, S.A. tendo como principal objetivo o aumento da disponibilidade das máquinas de injeção automáticas através da metodologia TPM, incidindo em particular no pilar da manutenção autônoma e contando com o apoio de algumas ferramentas *Lean*. A implementação do TPM, com as ferramentas necessárias e o compromisso de todos, permite melhorar o desempenho das atividades de manutenção de uma empresa através da redução falhas e defeitos e, assim, maximizar a eficiência global dos equipamentos, medida pelo OEE.

Para atingir o objetivo deste projeto, foi efetuada uma análise à situação inicial que identificou os tipos de máquinas de injeção existentes no Departamento de Injeção (DIN) e as principais causas das suas paragens. Do mesmo modo, foi possível identificar quais os subconjuntos mais críticos em cada uma das tipologias de máquinas em estudo e quais os tipos de avarias associados. De seguida, foram elaborados os Planos de Manutenção Autônoma (PMA) dos equipamentos, de forma a que alguns dos problemas encontrados pudessem ser reduzidos e/ou eliminados, através de tarefas básicas de limpeza, verificação e inspeção realizadas pelos operadores. Além dos PMA's foram criadas instruções de trabalho acerca de cada uma das tarefas do PMA, assim é possível facilitar o operador no seu trabalho de inspeção.

Em relação às ferramentas *Lean* utilizadas como apoio ao TPM recorreu-se à gestão visual e aos 5S's. No que toca à gestão visual foram efetuadas algumas ações como a colocação de pictogramas no local da máquina em que se devia realizar determinada tarefa do PMA e foram identificadas as mangueiras dos termorreguladores, visto que muitas vezes eram trocadas. Além disso, foram aplicados os 5S's nas zonas de trabalho.

A formação dos operadores seria o próximo passo neste projeto, para que os planos de manutenção autônoma comesçassem a ser efetuados, gerando os respetivos resultados. No entanto, face à suspensão do estágio, devido à pandemia do Covid-19, estas ações não foram iniciadas pelo que não é possível estabelecer uma comparação e correspondente avaliação.

keywords

Total Productive Maintenance (TPM), Autonomous Maintenance, Overall Equipment Effectiveness (OEE), Availability, Plastic Injection Machines.

abstract

The following project has been developed at OLI – Sistemas Sanitários, S.A., having as main goal the increasing of the availability of automatic injection machines using the TPM methodology, focusing on autonomous maintenance pillar, in particular, and having the support of some Lean tools.

The implementation of the TPM, with the necessary tools and the commitment of all, allows improving the performance of the maintenance activities of a company by reducing failures and defects and, thus, maximizing the global efficiency of the equipment, measured by the OEE.

To achieve the objective of this project, an analysis of the initial situation was made in which the types of injection machines existing in Injection Department and the main causes of their stops were identified. Likewise, it was possible to identify the most critical subsets in each typology of machines being studied and what kind types of failures are related to them. Then, the Autonomous Maintenance Plans (AMP) of the equipment were elaborated, so that some of the found problems could be reduced and/or eliminated, through basic cleaning, verification and inspection tasks carried out by the operators. In addition to the AMP, work instructions have been created about each of the tasks in the plan, so it is possible to facilitate the operator in his inspection work.

Regarding the Lean tools used to support TPM, visual management and 5S's were used. As regard to visual management, some actions were carried out, such as placing pictograms at the machine area where an AMP task was to be carried out, and the hoses of the thermoregulators were identified, since they were often changed. In addition, 5S's were applied to the working areas.

The training of operators would be the next step in this project, so that autonomous maintenance plans could start being carried out, generating the respective results. However, in the face of the suspension of the internship due to the Covid-19 pandemic, these actions have not been initiated and therefore it is not possible to establish a comparison and corresponding evaluation.

Índice

Índice	i
Índice de Figuras.....	v
Índice de Tabelas	vii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	ix
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação e Contextualização do Trabalho.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura do Documento.....	3
2. Enquadramento Teórico.....	5
2.1 Manutenção Industrial.....	5
2.1.1 Breve evolução histórica	5
2.1.2 A função manutenção: conceitos e objetivos	6
2.1.3 Tipos de manutenção.....	7
2.2 Gestão da Manutenção.....	9
2.2.1 Indicadores de desempenho	9
2.3 <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	11
2.3.1 Oito Pilares do TPM.....	12
2.3.2 <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	16
2.3.3 Seis Grandes Perdas	17
2.3.4 Obstáculos e Benefícios na implementação do TPM	17
2.3.5 Aplicação da metodologia	18
2.4 Ferramentas <i>Lean</i>	19
2.4.1 Sistema <i>Andon</i>	19
2.4.2 Gestão Visual	19
2.4.3 Diagrama de <i>Spaghetti</i>	20
3. Apresentação da Empresa	21
3.1 OLI – Sistemas Sanitários, S.A.	21
3.1.1 Apresentação	21
3.1.2 Produtos	22

3.1.3	Estrutura Organizacional	24
3.1.4	Processo Produtivo	25
3.2	A Manutenção na OLI	32
3.2.1	A função da secção de manutenção	33
3.2.2	Ordens de Trabalho (OT)	33
3.2.3	Manutenção Preventiva	34
3.3	TPM na OLI	35
3.3.1	Manutenção Autónoma	35
3.3.2	Manutenção Planeada	36
3.3.3	Manutenção da Qualidade	36
3.3.4	Formação e Treino	36
3.3.5	Segurança, Saúde e Ambiente	37
3.3.6	Melhorias Focadas no Equipamento	37
3.3.7	Gestão Inicial do Equipamento	37
3.3.8	TPM Administrativo	37
4.	Análise da Situação Inicial	39
4.1	Equipamentos	39
4.2	Causas de Paragens	42
4.2.1	Equipamentos mais penalizantes	46
4.3	Indicador OEE	53
4.4	Indicadores de Desempenho	54
4.4.1	MTBF	54
4.4.2	MTTR	54
4.4.3	Disponibilidade	55
5.	Apresentação e Implementação dos PMA's	57
5.1	Etapas da Manutenção Autónoma	57
5.1.1	Limpeza Inicial	57
5.1.2	Medidas contra a sujidade e locais de difícil acesso	58
5.1.3	Elaboração de normas de limpeza e lubrificação	59
5.1.4	Inspeção geral	65
5.1.5	Inspeção autónoma	66
5.1.6	Organização e controlo do local de trabalho	67
5.1.7	Consolidação e melhoria	69

6. Conclusão	71
6.1 Considerações Finais e Limitações	71
6.2 Trabalho Futuro.....	72
Referências Bibliográficas	75
Anexos	81
Anexo A – PMA da MIP 69 (secção da montagem).....	81
Anexo B – Folha de Registo das tarefas do PMA da MIP 69	82
Anexo C – Exemplo de um pictograma da MIP 69	83
Anexo D – Exemplo de um conjunto de dados extraídos do STAIN.....	84
Anexo E – Dispositivos da Gaiola da MIP 115	85
Anexo F – PMA da MIP 56.....	86
Anexo G – <i>Standard</i> da Mudança de Molde para o Operador	87
Anexo H – PMA da MIP 57	88
Anexo I – PMA da MIP 115.....	89
Anexo J – Instrução de Trabalho	90

Índice de Figuras

Figura 1 - Ciclo Investigação-Ação.....	3
Figura 2 - Tipos de Manutenção (De acordo com EN 13306 (2007)).....	7
Figura 3 - Os 8 pilares do TPM (adaptado de Ahuja & Khamba, 2008).....	12
Figura 4 - Vista aérea OLI	22
Figura 5 - Autoclismo Exterior.....	23
Figura 6 - Autoclismo Interior	23
Figura 7 - Autoclismo Falso	23
Figura 8 - Placas de Comando	23
Figura 9 – Módulo Sanitário	23
Figura 10 – Mecanismos de Descarga.....	23
Figura 11 - Organigrama da OLI.....	24
Figura 12 - Fluxograma do macroprocesso da OLI.....	26
Figura 13 - <i>Layout</i> da Fábrica	26
Figura 14 - Organigrama do Departamento de Injeção	27
Figura 15 - <i>Layout</i> da Zona de Injeção	28
Figura 16- Máquina de Injeção de Plástico TOYO (MIP 127)	31
Figura 17 - Componentes de uma Máquina de Injeção (adaptado de Groover, 2012)	31
Figura 18 - Elementos constituintes de um Molde de Injeção (adaptado de Groover, 2012).....	32
Figura 19 - Percentagem de Causas de Paragens (Análise Tempo)	43
Figura 20 – Distribuição das causas de paragens (entre setembro e novembro de 2019).....	44
Figura 21 - <i>Andon</i> da MIP 60.....	45
Figura 22 - Percentagem de Causas de Paragens (Análise Ocorrências)	45
Figura 23 - Tempo que as máquinas estiveram paradas (entre setembro e novembro de 2019) ..	46
Figura 24 - <i>Robot</i> da MIP 57.....	47
Figura 25 - Avarias ocorridas nos subconjuntos das máquinas Victor (entre 2017 e 2019).....	48
Figura 26 - Avarias no Bico de Injeção (%) - (entre 2017 e 2019)	49
Figura 27 - Avarias nas Borboletas (%) - (entre 2017 e 2019).....	49
Figura 28 - Avarias ocorridas nos subconjuntos e dispositivos da MIP 115 (entre 2017 e 2019)....	50
Figura 29 - Causas das paragens do Robot da MIP 115 (%) - (entre 2017 e 2019)	50
Figura 30 - Avarias ocorridas nos subconjuntos das máquinas MIR (entre 2017 e 2019)	51
Figura 31 - Avarias no Robot (%) - (entre 2017 e 2019).....	52
Figura 32 - Avarias ocorridas nos subconjuntos das máquinas TOYO (entre 2017 e 2019)	52

Figura 33 - OEE das Máquinas de Injeção do DIN (%) - (2019).....	53
Figura 34 - MTBF de cada marca de máquinas de injeção do DIN (hrs) - (2019)	54
Figura 35 - MTTR de cada marca de máquinas de injeção do DIN (hrs) - (2019).....	55
Figura 36 - Disponibilidade de cada marca de máquinas de injeção do DIN (%) - (2019)	56
Figura 37 - Máquinas de Injeção antes da limpeza	57
Figura 38 - Máquina de injeção depois da limpeza.....	58
Figura 39 - Motor da MIP 119 (Antes).....	58
Figura 40 - Motor da MIP 119 (Depois).....	58
Figura 41 - Tarefas semanais do PMA da MIP 49 (MIR)	62
Figura 42 – Pote de óleo.....	62
Figura 43 – Reservatório do óleo de lubrificação.....	62
Figura 44 – Rota das tarefas de Início de Turno.....	63
Figura 45 - Rotas de cada uma das periodicidades do PMA	63
Figura 46 - Carga horária anual da Manutenção Autónoma para um Operador	65
Figura 47 - Pictogramas colocados nas MIP's.....	66
Figura 48 - Mangueiras dos Termorreguladores identificadas	67
Figura 49 - Postos de Limpeza Desorganizados	68
Figura 50 - Carro dos Técnicos (Antes).....	69
Figura 51 - Carro dos Técnicos (Depois)	69
Figura 52 - Etiquetas nas gavetas do Carro dos Técnicos	69

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Características das Máquinas Automáticas do DIN.....	41
Tabela 2 - Lista das Máquinas de Injeção por Marca	42
Tabela 3 - Lista do tempo de máquina parada, por marca (entre setembro e novembro de 2019)	60

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

5S's – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*
AZIA - Armazém da Zona Industrial de Aveiro
CE – Chefe de Equipa
DIN – Departamento de Injeção
Do – Disponibilidade Operacional
IT – Instrução de Trabalho
JIPE - *Japanese Institute of Plant Engineers*
KPI – *Key Performance Indicator*
MIP – Máquina de Injeção de Plástico
MTBF – *Mean Time Between Failures*
MTTR – *Mean Time To Repair*
OEE – *Overall Equipment Effectiveness*
OF – Ordem de Fabrico
OT – Ordem de Trabalho
PMA – Plano de Manutenção Autónoma
PMP – Plano de Manutenção Preventiva
RT – Responsável de Turno
Rv – Rendimento da velocidade
TA – Tempo de Abertura
TBF – Tempo de Bom Funcionamento
TF – Tempo de Funcionamento
TPM – *Total Productive Maintenance*
Tq – Taxa de Qualidade
TR – Tempo de Reparação

1. Introdução

Este capítulo inicial tem como objetivo realizar um enquadramento do presente trabalho desenvolvido na OLI - Sistemas Sanitários, S.A.. Inicialmente são referidas as principais motivações, de seguida os objetivos, a metodologia a utilizar para a sua concretização e, por último, é apresentada a estrutura do documento.

1.1 Motivação e Contextualização do Trabalho

Nas últimas três décadas a indústria sofreu enormes mudanças sem precedentes, seja a nível de metodologias de gestão, tecnologias de produtos e processos, expectativas e necessidades dos clientes, qualidade e quantidade de fornecedores e um aumento da competitividade entre empresas (Ahuja, Khamba, & Choudhary, 2006).

O ambiente de produção tradicional opera segundo a mentalidade de que os equipamentos devem ser utilizados até à falha (Cudney, 2009). Os operadores não realizam atividades de manutenção e quando ocorre alguma avaria num equipamento apenas chamam os técnicos da manutenção para a resolver (Agustiady & Cudney, 2016). Deste modo, para serem bem-sucedidas, as organizações precisam de saber lidar com problemas de fiabilidade, disponibilidade e desempenho dos equipamentos. Assim, devem possuir estratégias de manutenção eficientes que, integradas com a engenharia e outras funções da produção, irão permitir manter o fluxo contínuo, economizar tempo e dinheiro, melhorar a qualidade dos produtos e a satisfação dos seus clientes (Ahuja & Khamba, 2008; Mwanza & Mbohwa, 2017). De uma forma geral, o impacto de uma manutenção pobre e ineficiente pode prejudicar a rentabilidade do negócio e a sobrevivência da empresa (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

Uma possível abordagem a adotar para melhorar o desempenho das atividades de manutenção é a implementação da filosofia TPM (*Total Productive Maintenance*). O TPM é essencial para que as organizações se tornem *Lean* e tem como objetivo aumentar o tempo de funcionamento do equipamento e a sua fiabilidade, através da redução de falhas e avarias (Agustiady & Cudney, 2016). No final, irá permitir aumentar a eficiência geral do equipamento e, consequentemente, aumentar a produtividade e melhorar a posição competitiva da organização no mercado (Chen, Lu, Wang, Jang, & Dahlgaard, 2015).

O projeto aqui apresentado foi desenvolvido com base no trabalho realizado na OLI - Sistemas Sanitários, S.A., mais concretamente no Departamento de Injeção. A OLI dedica-se à conceção, industrialização, produção e comercialização de autoclismos e mecanismos para a indústria cerâmica. É a maior produtora de autoclismos da Europa do Sul e 75% da sua produção é exportada; deste modo, devido aos elevados níveis de produção, a melhoria contínua tem de fazer parte da sua rotina diária. Em relação ao Departamento de Injeção, a principal atividade é a produção de peças em plástico; desta forma, é de máxima importância garantir a qualidade das peças, bem como evitar as constantes paragens das máquinas, que contabilizadas ao fim de um ano resultam em milhares de horas de perdas de produção.

Perante este cenário, as avarias e as paragens das máquinas são um dos pontos que necessitam de ser estudados e melhorados, pois contribui para a redução do desempenho geral

dos equipamentos. Assim, surge a necessidade de aplicar a metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM) e algumas ferramentas *Lean*, com o propósito de diminuir o elevado número de paragens existentes.

1.2 Objetivos

Face ao elevado número de máquinas é impossível para os operadores chegar a todas ao mesmo tempo e evitar que ocorram certas avarias e problemas, consequentemente existem muitas paragens, que se refletem numa diminuição do tempo de produção e, posteriormente no valor do OEE, *Overall Equipment Effectiveness*. Deste modo, este projeto tem como principal objetivo aumentar a disponibilidade das máquinas de injeção de plástico automáticas e obter um valor de OEE superior a 90%, através da implementação do TPM, incidindo em particular num dos seus pilares, a Manutenção Autónoma.

Em 2007, a OLI procedeu à implementação do sistema de melhoria contínua do Instituto *Kaizen*, o qual permitiu o aumento da sua produtividade em 30%. Por isso, a metodologia TPM não é uma novidade na empresa e já é aplicada em máquinas semiautomáticas noutros departamentos. No caso deste projeto, o foco irá ser a elaboração de planos de manutenção autónoma para as máquinas de injeção automáticas, capacitando os operadores para realizar as tarefas básicas de manutenção do equipamento. Assim, os técnicos da injeção e da manutenção ficam libertos para realizar tarefas de maior valor acrescentado.

Em suma, com a realização deste projeto pretendem-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Aplicar práticas *Lean Maintenance* e princípios TPM nas máquinas de injeção de plástico;
- Diminuir paragens de máquinas e custos associados;
- Aumentar o MTBF e diminuir o MTTR;
- Inculcar a filosofia TPM a todos os operadores das máquinas;
- Aumentar a disponibilidade das máquinas de injeção automáticas.

1.3 Metodologia

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho foi a Investigação-Ação. Esta metodologia é caracterizada por ser realizada em ciclo e com foco num problema. Segundo Mello et al. (2012) a investigação-ação inicia-se com um planeamento do problema, onde é definida a estrutura concetual teórica, selecionada a unidade de análise e as técnicas de recolha de dados e definição do contexto e propósito da pesquisa. Segue-se a recolha de dados, para posterior análise. Através destes dados, é elaborado e documentado um plano de ações a ser implementado na fase seguinte. Por fim, os resultados são avaliados e é gerado um relatório com base no que foi obtido. Na Figura 1 está representado o Ciclo Investigação-Ação, construído com base em (Mello et al., 2012).

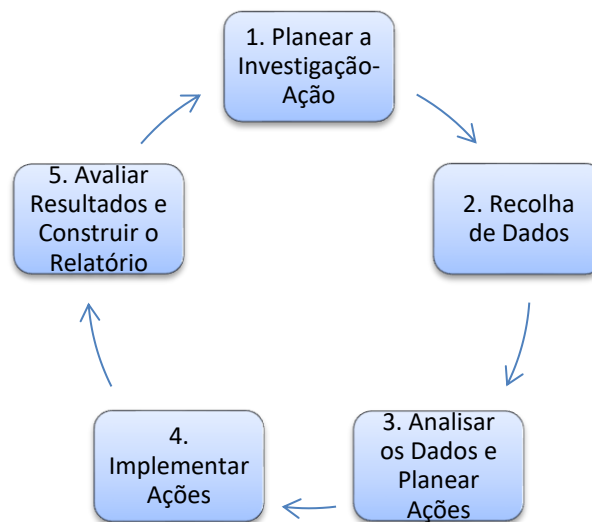


Figura 1 - Ciclo Investigação-Ação

Desta forma, numa primeira etapa foi adquirido o conhecimento necessário para a compreensão do tema do projeto, através de uma revisão de literatura sobre a metodologia TPM e OEE, que serviu de suporte à elaboração do relatório do projeto. Em simultâneo foi realizado um acompanhamento em chão de fábrica junto aos operadores, para conhecer todo o processo de injeção e analisar o processo de mudança de molde, uma vez que as tarefas de manutenção autónoma irão ser realizadas antes ou depois desta mudança, além disso foi necessário compreender quais as paragens mais frequentes nas máquinas, para atuar sobre elas.

De seguida, em conjunto com elementos do departamento da Injeção, do departamento da Melhoria Contínua e do departamento da Manutenção Industrial foram realizadas reuniões semanais onde foram definidas as ações a realizar para atingir os objetivos propostos. Deste modo, em primeiro lugar foi necessário realizar uma análise ao estado atual, partindo depois para um desenho de uma proposta futura que deve ser implementada no terreno e atingir os objetivos propostos. De início foram feitas limpezas nas máquinas para depois se poderem aplicar as normas e etiquetas nos locais dos respetivos problemas, identificados na análise inicial. Após esta fase seria necessário formar os operadores para a realização das tarefas presentes nos planos de manutenção autónoma, no entanto, face à pandemia do Covid-19, os estágios foram suspensos e foi impossível concretizar esta etapa. Caso os planos tivessem sido implementados, na fase da verificação, seria efetuada a confirmação do cumprimento dos objetivos e das lições aprendidas.

Por fim, foi realizado um relatório do trabalho desenvolvido ao longo do projeto, com descrição da utilização de ferramentas e metodologias.

1.4 Estrutura do Documento

O presente relatório encontra-se subdividido em seis capítulos, sendo que cada capítulo possui vários subcapítulos:

- **Capítulo 1** – É feito um breve enquadramento introdutório, onde é apresentada uma contextualização ao problema, enumerados os objetivos do projeto, a metodologia de investigação adotada e a estrutura do relatório;

- **Capítulo 2** – São abordados alguns conceitos teóricos relacionados com as temáticas abordadas no projeto, nomeadamente: a Manutenção Industrial, o TPM e algumas ferramentas *Lean*;
- **Capítulo 3** – É apresentada a empresa onde decorreu o projeto, o departamento onde este foi realizado e ainda como funciona a manutenção na OLI;
- **Capítulo 4** – É realizada a análise à situação inicial, identificando os problemas encontrados e onde são calculados alguns indicadores de desempenho importantes para a manutenção;
- **Capítulo 5** – São apresentados os planos de manutenção autónoma elaborados para as máquinas de injeção automáticas, com base nos problemas identificados no capítulo anterior;
- **Capítulo 6** – São apresentadas as conclusões, o balanço do trabalho realizado, assim como propostas de trabalho futuro.

2. Enquadramento Teórico

Este capítulo está dividido em quatro tópicos principais e tem como objetivo definir e caracterizar alguns conceitos necessários para a realização prática do projeto. No primeiro tópico é definida a manutenção industrial, a sua evolução histórica e os tipos de manutenção existentes. Em segundo lugar, é abordada a gestão da manutenção e os indicadores de desempenho utilizados para medir o sucesso da função manutenção. No terceiro ponto é apresentado um enquadramento teórico acerca do *Total Productive Maintenance* (TPM) incluindo os seus pilares, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e as seis grandes perdas associadas. Por último, são apresentadas algumas ferramentas e técnicas *Lean* utilizadas neste projeto.

2.1 Manutenção Industrial

2.1.1 Breve evolução histórica

Nos últimos anos, a função manutenção sofreu uma grande evolução. Evoluindo desde o simples conceito de reparação, onde o equipamento era intervencionado apenas após ocorrer uma falha ou avaria, até ao momento presente em que a manutenção é planeada e efetuada periodicamente (Ahuja & Khamba, 2008).

Antes da Revolução Industrial do século XIX, não existiam equipas destinadas à manutenção, era da responsabilidade do operador realizar possíveis reparações necessárias na sua área de trabalho (Díaz-Reza, García-Alcaraz, & Martínez-Loya, 2019). Com a 1ª Guerra Mundial começaram a surgir as primeiras unidades industriais, como estas eram pressionadas a atingir determinados resultados e os equipamentos apresentavam constantes paragens, foram criadas as primeiras equipas de trabalho especialistas na reparação de avarias. No entanto, era apenas aplicado o conceito de Manutenção Corretiva, isto é, só ocorria a reparação dos equipamentos após ocorrer uma falha ou avaria (Moubray, 1997).

Em 1951, após a 2ª Guerra Mundial, deu-se um grande salto a nível tecnológico e surgiram equipamentos mais complexos, o que provocou a necessidade de prevenir avarias. As empresas japonesas foram as pioneiras na prática do conceito de Manutenção Preventiva, vindo dos Estados Unidos da América, que se transformaram em práticas de sucesso nessas organizações (Díaz-Reza et al., 2019). A manutenção preventiva consiste na verificação periódica do equipamento para evitar possíveis avarias e prolongar a sua vida útil (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

O ano de 1960 focou-se na Manutenção Produtiva, cujo objetivo era aumentar a produtividade da empresa, de forma a reduzir o custo total do equipamento durante o seu tempo de vida útil. As principais características que a definem são garantir a fiabilidade do equipamento, a sua manutenção, assim como ter em consideração os custos associados (Peng, 2016; Wireman, 2004).

De seguida, na década de 70, verifica-se um aumento da competitividade entre as organizações, obrigando-as a efetuar mudanças na manutenção. Assim, foi introduzido o conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM) (ver secção 2.3), que tem como objetivo envolver todos os

colaboradores da empresa nas atividades de manutenção, desde a gestão de topo até aos operadores, através de rotinas simples de verificação e limpeza (Díaz-Reza et al., 2019; Peng, 2016).

Nos anos 90, apareceu o conceito de reengenharia, uma estratégia de gestão de negócios, cujo objetivo é melhorar o processo geral da empresa, através da eliminação de funções que não acrescentam valor para o negócio e/ou integrar novas tarefas que irão aumentar a sua produtividade, diminuir os custos e melhorar o atendimento ao cliente (Peng, 2016). Segundo Stair e Reynolds (2010, p. 55) a reengenharia é definida como “o redesenho radical de processos empresariais, estruturas organizacionais, sistemas de informação e valores da organização para alcançar um avanço nos resultados empresariais”.

Atualmente, atravessamos a 4ª Revolução Industrial, conhecida como “Indústria 4.0”, que integra princípios como a Internet das Coisas, computação nas nuvens, realidade aumentada e inteligência artificial. Nesta revolução a manutenção tende para uma abordagem preditiva, na qual são recolhidos e analisados dados e informações dos equipamentos para detetar futuras anomalias e saber quando serão necessárias intervenções por parte da manutenção. A implementação desta abordagem é impulsionada pelos princípios da indústria 4.0, que ajudam na deteção antecipada da ocorrência de possíveis falhas nos equipamentos, enquanto apoia os técnicos durante as intervenções de manutenção (Cachada et al., 2018).

2.1.2 A função manutenção: conceitos e objetivos

Segundo a Norma Europeia, NP EN 13306, elaborada em 2007, a manutenção pode ser definida como a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida”. Um bem “é qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”, de acordo com a mesma norma.

Além da Norma Europeia, também a Sociedade de Engenharia de Manutenção da Austrália define a manutenção como “As decisões de engenharia e as ações necessárias para a otimização da capacidade de um equipamento”. Neste contexto, capacidade significa a habilidade para executar uma determinada função em diferentes níveis de desempenho (Ahuja & Khamba, 2008; A. K. Sharma, Shudhanshu, & Bhardwaj, 2012).

Em termos financeiros, os custos da manutenção podem representar entre 15 a 70% dos custos totais da empresa (Bevilacqua & Braglia, 2000), por conseguinte, a melhoria da eficácia da manutenção é essencial e deve ser reconhecida como parte integrante da estratégia de uma organização, em vez de uma simples despesa que tem de ser controlada (Ahuja & Kumar, 2009). No ambiente competitivo atual, as indústrias tentam manter a sua capacidade de produção a 100%, mas ao mesmo tempo necessitam de minimizar o investimento de capital. Para isso tem de existir uma correta e frequente manutenção aos equipamentos, de forma a proporcionar uma boa relação custo-benefício (Eti, Ogaji, & Probert, 2006).

A manutenção tem como objetivo principal garantir a disponibilidade, fiabilidade e desempenho eficiente dos equipamentos. Para conseguir atingir tal objetivo é necessário que exista uma manutenção regular e programada, que irá permitir diminuir o número de avarias, a minimização dos tempos de reparação e prolongar a vida útil dos equipamentos, desta forma será

possível para a empresa manter a produtividade contínua. Além do mais, uma manutenção eficaz aos equipamentos irá garantir um local de trabalho seguro aos operadores, através da eliminação de possíveis perigos ou acidentes, bem como garantir elevada qualidade dos produtos fornecidos aos clientes (Mwanza & Mbohwa, 2017; A. K. Sharma et al., 2012).

2.1.3 Tipos de manutenção

De acordo com a norma europeia, EN 13306 (2007), a manutenção pode ser dividida em dois tipos principais: corretiva e preventiva. A Figura 2 mostra os tipos de manutenção existentes e os subtipos associados a cada uma delas.

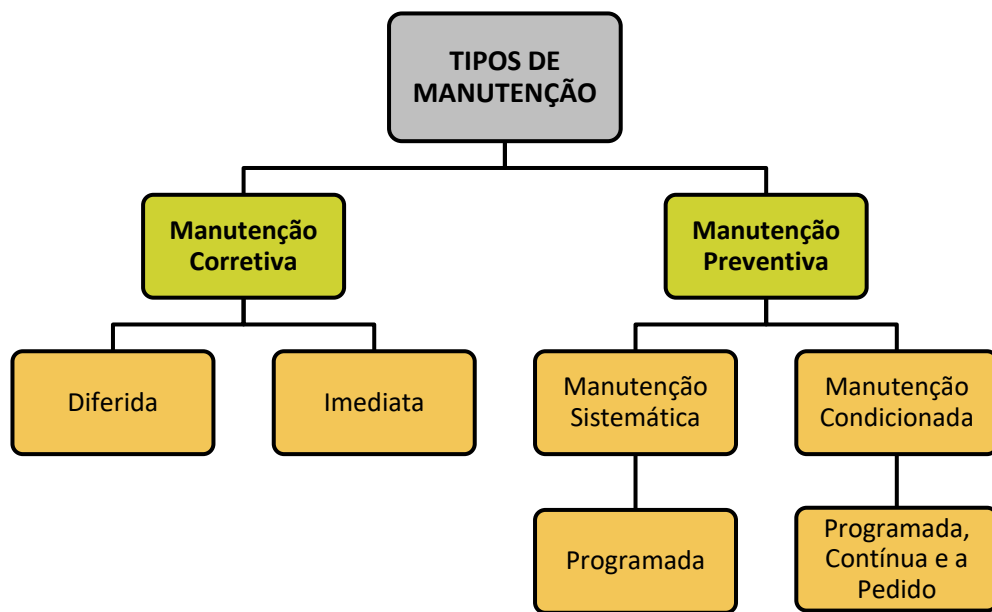


Figura 2 - Tipos de Manutenção (De acordo com EN 13306 (2007))

2.1.3.1 Manutenção Corretiva

Na manutenção corretiva, a intervenção é realizada após ocorrer uma falha ou avaria de um equipamento e, frequentemente, envolve a substituição de peças. O objetivo deste tipo de manutenção é restaurar um item para um estado em que possa executar a função destinada, no menor tempo possível (Löfsten, 1999; A. K. Sharma et al., 2012).

Apesar de ser uma estratégia simples a adotar por uma organização, as intervenções corretivas podem trazer grandes estragos. A maior desvantagem são os elevados custos de reparação, resultado da grande quantidade de *stock* que a empresa necessita de garantir para poder sustentar as sucessivas falhas, o que leva a um elevado investimento em peças que podem ou não vir a ser utilizadas. Além do mais, a avaria de um pequeno componente pode provocar danos mais graves num elemento mais importante e, conseqüentemente, os custos de reparação e/ou substituição irão aumentar (Horner, El-Haram, & Munns, 1997; Nielsen & Sørensen, 2011). Outras desvantagens associadas são as constantes paragens não planeadas, visto que não são tomadas medidas para detetar ou evitar a ocorrência de falhas, os estragos excessivos e tempos de reparação elevados (Ahuja & Khamba, 2008; R. K. Sharma, Kumar, & Kumar, 2005).

A manutenção corretiva é uma estratégia mais apropriada para equipamentos que não sejam de extrema importância para a produção, cuja influência no processo produtivo seja reduzida (Horner et al., 1997). Segundo a norma EN 13306(2007), esta pode ser dividida em dois tipos:

- **Diferida** – a intervenção para a reparação do equipamento não é realizada imediatamente após a falha ser detetada, mas sim atrasada para um momento mais oportuno e de acordo com determinadas regras;
- **Imediata** – neste caso a intervenção ocorre logo após ser detetada a falha, para evitar consequências impossíveis de reparar futuramente, visto ser considerada uma falha muito grave.

Concluindo, a manutenção corretiva pode ser viável nos casos em que as margens de lucro são grandes e a procura do cliente excede a oferta (R. K. Sharma et al., 2005).

2.1.3.2 Manutenção Preventiva

Ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva realiza-se antes do equipamento falhar. O objetivo é possibilitar a produção contínua e evitar paragens não programadas, ou seja, reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas no período até à próxima intervenção, através da realização de reparações, substituições, lubrificação, limpeza e inspeção em intervalos pré-definidos (A. K. Sharma et al., 2012; R. K. Sharma et al., 2005).

Existem dois tipos de manutenção preventiva: manutenção preventiva sistemática e manutenção preventiva condicionada.

A **manutenção preventiva sistemática** é executada em intervalos de tempo fixos e regulares ou de acordo com um número definido de unidades produzidas, independentemente do estado do equipamento e/ou componente (Eti et al., 2006). Em muitas situações, os equipamentos e/ou componentes são substituídos prematuramente e ainda possuem uma quantidade de vida útil restante, o que leva ao desperdício de dinheiro e a uma manutenção desnecessária (L. Wang, Chu, & Wu, 2007).

Na **manutenção preventiva condicionada** são recolhidos um conjunto de dados através de técnicas de monitorização, inspeção, testes e análises de alguns parâmetros de funcionamento do equipamento e/ou componente (L. Wang et al., 2007). Posteriormente, os dados são avaliados e as tarefas de manutenção são programadas de acordo com os resultados; desta forma são evitadas intervenções desnecessárias, pois só ocorre manutenção quando o equipamento apresenta evidências de degradação e mau funcionamento (Bevilacqua & Braglia, 2000). Esta estratégia é útil para equipamentos com uma elevada taxa de deterioração, que sejam vitais para a produção, no qual uma avaria pode comprometer a segurança e cujos custos de reparação de avarias sejam elevados (Brito & Eurisko, 2003; Eti et al., 2006).

Concluindo, aplicando a manutenção preventiva as organizações conseguem reduzir os custos de manutenção, o tempo de paragem dos equipamentos pode ser minimizado e a segurança no trabalho aumenta (Horner et al., 1997).

2.2 Gestão da Manutenção

Com o crescente grau de automação das fábricas e a implementação de metodologias *Lean* e *Agile*, não só aumentou a sofisticação dos equipamentos, como também levou à necessidade de prazos de entrega mais curtos. Deste modo, é de extrema importância garantir a disponibilidade do sistema produtivo, eliminando falhas nas máquinas. O tempo de uma paragem não planeada aumenta os custos da manutenção e diminui a produtividade. Assim, para as organizações manterem um lugar competitivo no mercado, é essencial existir um bom sistema de apoio à decisão para a gestão da manutenção, desta forma será possível planejar adequadamente as atividades de manutenção, controlar os custos associados e aumentar a produtividade (Ahmad, Hossen, & Ali, 2018; Ashayeri, 2007).

De acordo com a EN 13306, 2007, na gestão da manutenção estão incluídas “todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos”.

A gestão da manutenção tem como objetivo minimizar os efeitos secundários das avarias e aumentar a disponibilidade do sistema produtivo para um custo mínimo (Löfsten, 1999). Desde que esta disciplina foi introduzida, tem sido utilizada como guia para a gestão dos equipamentos, no entanto, esta é mais adequada para utilizar num ambiente estável com equipamentos estáveis, por exemplo, na manutenção de edifícios e na manutenção de máquinas nas indústrias tradicionais. Um dos objetivos da manutenção é prolongar o tempo de vida útil dos equipamentos, contudo devido às rápidas mudanças tecnológicas, os equipamentos tornam-se antiquados muito antes de terminar o seu tempo de vida natural. Deste modo, alguns dos objetivos da manutenção deixam de ser tão importantes e a aplicação dos princípios da gestão da manutenção não traz os resultados esperados (Peng, 2016).

Segundo Campbell (1995) (como citado em (Muchiri, Pintelon, Gelders, & Martin, 2011)), a gestão do trabalho de manutenção é realizada em ciclo. Este ciclo consiste na identificação do trabalho, planeamento, programação, execução e finalização do trabalho. O trabalho de manutenção é identificado a partir das ordens de trabalho preventivas, preditivas e de deteção de falhas. No caso de uma falha ou avaria surge o trabalho de reparação. De seguida, ocorre o planeamento e programação do trabalho, ou seja, é definido o que será feito e quando. Por último, para completar o ciclo, a execução do trabalho é indispensável de modo a garantir que o equipamento atinge o desempenho desejado.

2.2.1 Indicadores de desempenho

As organizações medem o desempenho das suas atividades de forma a garantir que estão a ir na direção certa e a alcançar os objetivos e metas propostas no início dos seus projetos (Ishaq Bhatti, Awan, & Razaq, 2014). Deste modo, para avaliar se a gestão da manutenção está a ser realizada corretamente, isto é, se o número de falhas e avarias em equipamentos diminuiu, são utilizados os chamados *Key Performance Indicators* - KPI's ou em português – indicadores de desempenho, que são utilizados com o objetivo de medir o desempenho da manutenção e da organização (A. P. C. Chan & Chan, 2004). Caso sejam bem definidos e corretamente calculados,

os indicadores permitem identificar as lacunas existentes entre o desempenho atual e o desejado, assim como fornecer indicações de melhoria para terminar com as lacunas existentes. Além do mais, podem também ajudar os gestores de manutenção a realocar as suas equipas e os recursos existentes em determinadas áreas específicas do sistema de produção, que terão um maior impacto no desempenho da organização (Muchiri et al., 2011).

Na prática, os critérios mais utilizados para medir a eficácia da função manutenção são o *Mean Time Between Failures* (MTBF), o *Mean Time To Repair* (MTTR) e a Disponibilidade, que se referem a seguir.

2.2.1.1 Mean Time Between Failures – MTBF

O MTBF é utilizado como indicador de fiabilidade de um equipamento e exprime o tempo médio de bom funcionamento, isto é, o tempo que decorre, em média, entre duas avarias consecutivas (Silva, Cabrita, & Matias, 2008). Considerando um determinado período de tempo, o MTBF é calculado pelo quociente entre o Tempo de Funcionamento (TF) do equipamento e o número de avarias que ocorreram entre esse período (Lomte, Bhosle, Ambad, & Gaikwad, 2018):

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de Funcionamento (TF)}}{\text{Número de Avarias}} \quad (1)$$

Através da equação é possível concluir que quanto maior o valor de MTBF mais vantajoso será para a organização, visto que o número de avarias diminui e o tempo que o equipamento está a funcionar sem que ocorra nenhuma paragem aumenta.

2.2.1.2 Mean Time To Repair – MTTR

O *Mean Time to Repair* é um indicador de manutibilidade e é o tempo médio necessário para efetuar uma reparação após uma avaria (Lomte et al., 2018). É calculado através do quociente entre o tempo de reparação (TR) e o número de avarias (Daniewski, Kosicka, & Mazurkiewicz, 2018):

$$MTTR = \frac{\text{Tempo de Reparação (TR)}}{\text{Número de Avarias}} \quad (2)$$

Ao contrário do MTBF, no caso do MTTR o objetivo é que o seu valor diminua, ou seja, que o tempo despendido para reparar uma avaria seja cada vez menor, de forma, a disponibilizar rapidamente o equipamento para a produção.

2.2.1.4 Disponibilidade

Segundo a norma europeia, EN 13306, a disponibilidade pode ser definida como a “aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, num dado instante ou durante um dado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários recursos externos”.

A disponibilidade é definida a partir da fiabilidade e da manutibilidade do equipamento, ou seja, através do MTBF e do MTTR, respetivamente (Silva et al., 2008). Pode ser calculada através da seguinte equação (3):

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

Os mercados atuais apresentam cenários altamente competitivos e, por isso, as empresas enfrentam diariamente diversas dificuldades e obstáculos, que necessitam de ultrapassar a um ritmo mais rápido do que os seus concorrentes. Deste modo, compete a toda a organização, desde a gestão de topo aos operadores, pensar em formas de manutenção eficientes e eficazes para diminuir custos, aumentar os níveis de produtividade, qualidade e garantir regras para satisfazer os clientes (Raouf, 1994).

Como resposta ao mercado dinâmico, surge o conceito de TPM – *Total Productive Maintenance* - ou, em português – Manutenção Total Produtiva. A implementação desta metodologia permite melhorar o desempenho das atividades de manutenção nas empresas, transformando todo o chão de fábrica, desde cultura, processo e tecnologia e, desta forma, é possível reduzir as interrupções ou paragens da produção (Ahuja & Khamba, 2008).

Como referido na secção 2.1.1, na década de 70, o TPM foi introduzido pela *Nippondenso Company*, membro do grupo Toyota, e formulada pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPE), a partir de experiências práticas em centenas de empresas japonesas (Agustiady & Cudney, 2016; Rodrigues & Hatakeyama, 2006). A implementação desta metodologia é usada como forma de suporte ao *Lean* nas indústrias, uma vez que o pré-requisito de qualquer empresa é a utilização de equipamentos eficazes, eficientes e seguro (Ahuja & Khamba, 2008). A palavra “Total” adicionada à manutenção produtiva tem três significados: (1) eficácia total; (2) sistema de manutenção total, incluindo prevenção e melhoria da manutenção e (3) participação de todos os colaboradores da organização (F. Wang, 2006).

Seiichi Nakajima, vice-presidente do *Japanese Institute of Plant Engineers* (JIPE), foi quem contribuiu para o desenvolvimento do TPM no Japão e, por isso, ficou conhecido como o pai do TPM (McKone, Schroeder, & Cua, 2001). Define esta filosofia como uma abordagem inovadora para a manutenção, que tem como objetivo repor e manter os equipamentos nas melhores condições de funcionamento, para que se possa usufruir da sua máxima utilização, eliminando as avarias e promovendo a manutenção autónoma realizada pelos operadores através de um conjunto de atividades diárias (Ahuja & Khamba, 2008).

Quando uma organização coloca em prática a metodologia TPM tem como objetivo aumentar a vida útil dos seus equipamentos, esforçando-se para os manter nas melhores condições de funcionamento, a fim de evitar paragens inesperadas. Portanto, procura alcançar conceitos orientados a zero, isto é, zero defeitos, zero acidentes e zero avarias (Singh, Gohil, Shah, & Desai, 2013).

O TPM baseia-se nos seguintes pontos (Ahuja & Khamba, 2008):

- maximizar a eficiência e eficácia do equipamento através do aumento da sua disponibilidade, desempenho e qualidade do produto;
- implementar uma estratégia de manutenção preventiva ao longo da vida útil do equipamento;
- incluir todos os departamentos da empresa, bem como todos os funcionários, desde a gestão de topo até aos operadores;
- promover a realização da manutenção autónoma por pequenos grupos.

A implementação desta filosofia é um processo demorado, não porque seja tecnicamente difícil, mas porque são necessários esforços para mudar a cultura organizacional (Wireman, 2004).

2.3.1 Oito Pilares do TPM

O TPM é constituído por oito pilares que devem servir de guia para uma empresa que deseje obter sucesso na implementação desta metodologia. Estes pilares devem ser desenvolvidos em equipas orientadas por gestores ou chefes de equipa, cuja estrutura a seguir deve estar de acordo com a hierarquia da empresa (Rodrigues & Hatakeyama, 2006). Na Figura 3 estão representados os oito pilares do TPM.

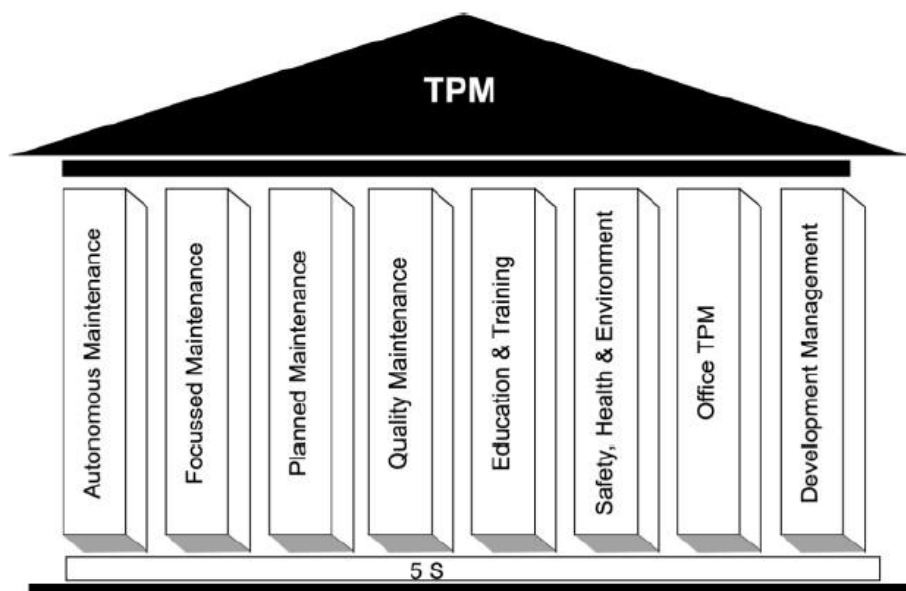


Figura 3 - Os 8 pilares do TPM (adaptado de Ahuja & Khamba, 2008)

2.3.1.1 5S

Como se pode ver, na Figura 3, os 5S servem de base para a implementação da metodologia TPM. Os 5S: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* são palavras de origem japonesa e quando colocados em prática permitem obter e manter um ambiente de trabalho organizado, limpo, seguro e com qualidade (Michalska & Szewieczek, 2007). Caso não sejam respeitados pode levar a atrasos, defeitos, clientes insatisfeitos, quebra de lucros e funcionários desmotivados (Singh et al., 2013). Quando traduzidas estas cinco palavras, significam separar, organizar, limpar, normalizar e respeitar, respetivamente. De seguida, encontram-se pormenorizados cada um dos 5S (Cudney, 2009; Michalska & Szewieczek, 2007):

- **SEIRI - Separar/Triar:** refere-se à triagem de todas as ferramentas e materiais no local de trabalho, eliminando materiais desnecessários e mantendo apenas o essencial. Desta forma, é possível ter uma área de trabalho mais segura, aumentar o espaço disponível e ajudar a criar gestão visual;
- **SEITON - Organizar/Classificar:** Após a triagem, procede-se à etiquetagem, marcações no chão, sinais e contornos para identificar ferramentas, equipamentos e materiais. “Deve haver um lugar para tudo, e tudo deve estar no seu lugar”;
- **SEISO - Limpar:** manter o local de trabalho limpo (esta deve ser uma atividade diária);
- **SEIKETSU - Normalizar/Padronizar:** consiste na atribuição de responsabilidades às pessoas e regras de organização e limpeza, que sejam compreendidas por todas e, desta forma evitar a regressão para as condições anteriores;
- **SHITSUKE - Respeitar:** Por último e o mais difícil, é necessário cumprir as normas e os *standards*, verificar o seu cumprimento e pensar em formas de melhorar a situação atual.

Assim, a implementação simultânea dos 5S e TPM pode trazer múltiplos benefícios para as organizações, como por exemplo, a melhoria na segurança do trabalho, aumento da qualidade, produtividade e a nível financeiro, desta forma será possível fortalecer a sua vantagem competitiva. No entanto, um fator muito importante que afeta esta implementação são os recursos humanos das empresas, que muitas vezes apresentam resistência à mudança (Hama Kareem & Hama Amin, 2017).

2.3.1.2 Manutenção Autónoma (Jishu Hozen)

O pilar da manutenção autónoma é baseado no conceito de que se os operadores realizarem tarefas básicas de manutenção diária aos seus equipamentos, como limpeza, lubrificação, inspeção visual, aperto de parafusos soltos, etc., é possível evitar a sua deterioração e micro paragens derivadas da não manutenção. Deste modo, os técnicos de manutenção ficam libertos para realizar tarefas de maior valor acrescentado, como reparações de maior dimensão e urgência (Agustiady & Cudney, 2016; Singh et al., 2013). O objetivo da manutenção autónoma é tornar os equipamentos operacionais sem falhas, com operadores que sejam versáteis e flexíveis na concretização das suas tarefas e eliminar os defeitos através da participação ativa dos funcionários (Singh et al., 2013).

Na elaboração dos planos de manutenção autónoma, deve-se ter em conta que os operadores das máquinas estão limitados apenas ao exterior dos equipamentos, portanto, devem ser atribuídas tarefas rápidas e simples de verificação e limpeza, como referido anteriormente. Relativamente ao interior dos equipamentos e aos seus componentes, este é da responsabilidade dos técnicos, que normalmente são verificados nas manutenções preventivas (Agustiady & Cudney, 2016).

Segundo Agustiady e Cudney (2016) a manutenção autónoma é a principal forma de envolvimento dos trabalhadores de chão de fábrica na implementação do TPM. Visto que ao realizar as suas tarefas, os operadores adquirem um maior conhecimento acerca dos equipamentos com que trabalham diariamente, prepara-os para se tornarem ativos na manutenção, melhorar o desempenho e fiabilidade dos equipamentos e permite a deteção precoce de problemas. Assim, através da execução diária e rigorosa destes planos é possível evitar 75% ou mais das avarias das máquinas.

São sete as etapas que devem ser tidas em consideração (Acharya, Garg, Singh, & Gahlaut, 2019; Min, Ahmad, Kamaruddin, & Azid, 2011):

1. Limpeza inicial das máquinas: este é um dos pilares dos 5S e permite não só eliminar a sujidade, mas também encontrar irregularidades, como defeitos e contaminações e repará-las. “Limpeza é inspeção”;
2. Medidas contra as causas da sujidade e locais de difícil acesso: O objetivo desta etapa é manter o estado de limpeza alcançado no passo anterior, identificando as fontes de contaminação e propondo soluções para as solucionar ou eliminar;
3. Criar normas de limpeza e lubrificação: realizar normas de limpeza, lubrificação ou inspeção com o objetivo de serem concluídas no menor tempo possível;
4. Inspeção geral: neste passo é crucial que os colaboradores aprendam algumas técnicas de conservação dos equipamentos e percebam quais são os componentes essenciais a ser substituídos;
5. Inspeção Autónoma: Com os colaboradores treinados, estes realizam frequentemente inspeções parciais e gerais dos equipamentos;
6. Organização e controlo do local de trabalho: criar *standards* dos itens de controlo dos diversos locais de trabalho e a sistematização total da sua manutenção;
7. Consolidação/Melhoria Contínua: manter e melhorar todo o trabalho realizado anteriormente com os equipamentos e executar regularmente o registo das atividades de melhoria.

2.3.1.3 Manutenção Planeada

Os objetivos da manutenção planeada são manter os equipamentos nas melhores condições de funcionamento, sem falhas e sem avarias, de forma a produzir produtos com qualidade e sem defeitos, reduzir os custos de manutenção e garantir a disponibilidade de peças suplentes para aumentar a satisfação do cliente. Para a concretização deste tipo de manutenção são utilizadas equipas de manutenção treinadas para ajudar os operadores a manter os equipamentos em bom estado (Singh et al., 2013). A realização desta manutenção permite reduzir o tempo das paragens não programadas e é agendada para momentos em que o equipamento não está a ser utilizado, deste modo o processo de mudança de peças propensas a desgaste e a falhas torna-se mais rentável em termos de tempo e de custos (Bhoyar, Raut, & Mane, 2017).

2.3.1.4 Manutenção da Qualidade

O pilar da manutenção da qualidade tem como finalidade detetar e prevenir erros de produção, através da análise da causa raiz, para eliminar possíveis defeitos no produto final e entregar produtos de elevada qualidade aos clientes, evitando futuras reclamações (Agustiady & Cudney, 2016).

2.3.1.5 Melhorias focadas no equipamento (*Kobetsu Kaizen*)

Kaizen significa “mudança para melhor”. O objetivo é focar-se em pequenas melhorias realizada de forma contínua, identificando perdas em todos os passos do processo industrial e integrando todas as pessoas da organização. O princípio do *Kaizen* afirma que “um grande número de pequenas melhorias é mais eficaz do que algumas melhorias de grande valor” (Singh

et al., 2013). Por se tratar de uma visão detalhada de um número elevado de processos, este pilar deve ser realizado por pequenos grupos pertencentes aos processos estudados (A. K. Sharma et al., 2012).

2.3.1.6 Formação e Treino

A formação é bastante importante para a correta implementação dos pilares acima referidos, uma vez que ajuda a preencher as lacunas de conhecimento existentes nos operadores, na equipa de manutenção e nos gestores. Os operadores adquirem mais capacidades e competências para identificar problemas nos equipamentos, assim como algumas tarefas de manutenção que antes eram realizadas pelos técnicos. O pessoal da manutenção adquire maior conhecimento de técnicas para resolver problemas de maior complexidade. Por fim, os gestores são treinados para o desenvolvimento dos funcionários (Bhojar et al., 2017).

2.3.1.7 Segurança, Saúde e Ambiente

Segundo Singh et al., (2013) os objetivos deste pilar são ter um local de trabalho com zero acidentes, zero prejuízos à saúde e zero incêndios. Deste modo, será possível ter um ambiente de trabalho mais seguro, que não seja afetado pelos processos e/ou procedimentos utilizados, tornando-se, ao mesmo tempo, um espaço mais harmonioso e apelativo. De acordo com um estudo realizado por (Mwanza & Mbohwa, 2017), foi possível concluir que as principais razões da ocorrência de acidentes relacionados com a manutenção são a falta de formação e o treino inadequado dos trabalhadores de manutenção, má comunicação entre si, má gestão, falta de tempo para cumprir as tarefas exigidas, ferramentas de trabalho inadequadas e insuficientes, *standards* e ferramentas de segurança degradadas, instruções de trabalho e procedimentos de manutenção incompletos, por vezes inexistentes e escritos de forma incorreta.

2.3.1.8 TPM Administrativo

A aplicação do TPM a nível administrativo só é possível após os pilares da manutenção autónoma, melhorias focadas no equipamento, manutenção planeada e manutenção da qualidade, terem sido iniciados (Agustiady & Cudney, 2016). Os departamentos administrativos são locais onde se realizam tarefas de recolha, processamento e tratamento de dados, que têm um impacto significativo no desempenho das operações de fabrico (Bhojar et al., 2017). Segundo Sharma et al., (2012), “a produção não é uma atividade isolada, mas está totalmente integrada com as funções de apoio”. Deste modo, através da metodologia TPM será possível automatizar alguns processos e procedimentos e melhorar o fluxo de informações, a produtividade e a eficiência das funções administrativas (Singh et al., 2013).

2.3.1.9 Gestão Inicial do Equipamento

A gestão inicial do equipamento resume-se a um conjunto de tarefas realizadas durante o planeamento de novos equipamentos e, que permitem obter equipamentos com elevados graus de fiabilidade, flexibilidade, operabilidade e segurança. Este pilar é aplicado a equipamentos, ao *layout*, às instalações e a novos processos e produtos. Com a implementação deste pilar, o objetivo é reduzir o custo do ciclo de vida do equipamento, minimizando as despesas com o processo de deterioração e a manutenção (A. K. Sharma et al., 2012).

2.3.2 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Os equipamentos presentes numa organização são cruciais para a sua competitividade, uma vez que têm impacto na qualidade e custo do produto final e sem eles a empresa não conseguiria entregar o produto ao cliente (Agustiady & Cudney, 2016). Deste modo, um dos principais objetivos do TPM é melhorar o desempenho e a fiabilidade dos equipamentos, através da eliminação das falhas e defeitos e, desta forma, reduzir a ocorrência de quebras inesperadas e melhorar a eficiência geral da produção. Como tal, um bom indicador para medir a eficiência do equipamento e o sucesso da implementação do TPM é o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Ahuja & Khamba, 2008).

O OEE é a percentagem de tempo que um equipamento está a produzir produtos com qualidade. Um valor de OEE de 100% é o objetivo utópico de uma indústria, significa que existe 100% de disponibilidade, ou seja, sem tempo de paragens, 100% de desempenho, isto é, foram produzidas dentro do tempo de ciclo estabelecido e 100% de qualidade, ou seja, apenas foram produzidas peças boas. Na prática um OEE de 85% é considerado um valor de *benchmark* (referência). Para se obter este valor então o valor da disponibilidade do equipamento deve ser 90%, 95% o rendimento da velocidade e, por último, ter uma taxa de qualidade de 99% (Acharya et al., 2019; Bhoyar et al., 2017).

O cálculo do OEE é dado pelo produto entre a Disponibilidade operacional (Do) do equipamento, o rendimento da Velocidade (Rv) e a taxa de produtos de Qualidade (Tq), como é apresentado na equação (4):

$$OEE = Do * Rv * Tq \quad (4)$$

A Disponibilidade operacional está relacionado com as paragens que vão ocorrendo durante o processo e corresponde ao quociente entre o tempo que a máquina está a funcionar (TF), e o tempo total disponível para a sua utilização (Tempo Abertura). O tempo de funcionamento (TF) é o tempo durante o qual o equipamento produz peças, sejam boas ou defeituosas. Já o tempo de abertura (TA) corresponde ao tempo total disponível da máquina não incluindo as paragens programadas, por exemplo, as paragens dos operadores, intervenções da manutenção programadas, entre outros (Bhoyar et al., 2017; Madanhire & Mbohwa, 2015). A disponibilidade é calculada usando a equação (5):

$$Do = \frac{\text{Tempo de Funcionamento (TF)}}{\text{Tempo de Abertura (TA)}} * 100 \quad (5)$$

O rendimento da velocidade (Rv) corresponde ao quociente entre o Tempo de Bom Funcionamento (TBF), isto é, o tempo durante o qual o equipamento está a produzir apenas peças boas no tempo de ciclo teórico e o Tempo de Funcionamento (TF) (Bhoyar et al., 2017; Madanhire & Mbohwa, 2015). Calculado na equação (6):

$$Rv = \frac{\text{Tempo de Bom Funcionamento (TBF)}}{\text{Tempo de Funcionamento (TF)}} * 100 \quad (6)$$

A taxa de qualidade (Tq) é calculada através da divisão entre o número de peças conformes, isto é, número de peças boas sem defeitos e, o número total de peças fabricadas (Bhoyar et al., 2017; Madanhire & Mbohwa, 2015). Calculado na equação (7):

$$Tq = \frac{N^{\circ} \text{ Peças Conformes}}{N^{\circ} \text{ Total de Peças Fabricadas}} * 100 \quad (7)$$

2.3.3 Seis Grandes Perdas

As seis grandes perdas afetam diretamente o valor do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), visto que afetam a disponibilidade do equipamento, o seu desempenho e a qualidade obtida. Deste modo, para se obter um elevado OEE a eliminação ou redução dessas perdas é obrigatória (Acharya et al., 2019; A. K. Sharma et al., 2012):

- **Falhas e avarias nos equipamentos:** são paragens não programadas dos equipamentos e podem ser classificadas como perdas de tempo quando a produtividade é reduzida e perdas de qualidade quando resultam produtos defeituosos;
- **Perdas de *setup* e ajustamento:** resulta de paragens associadas à mudança de produto e respetivos ajustes. Corresponde ao tempo entre a última unidade conforme do produto que estava a ser produzido e a primeira unidade dentro dos requisitos da próxima produção do novo produto;
- **Perdas de velocidade reduzida:** ocorrem quando um equipamento trabalha a uma velocidade mais lenta à que era suposto estar, isto é, corresponde à diferença entre a velocidade de projeto do equipamento e a sua velocidade real;
- **Pequenas Paragens:** ocorre quando a produção é temporariamente interrompida por problemas momentâneos;
- **Defeitos de qualidade e retrabalho:** perda relacionada com produtos defeituosos e com a necessidade de retrabalho, que resultam devido ao mau funcionamento do equipamento;
- **Arranque e perdas iniciais:** perdas que ocorrem no início da produção resultado do tempo perdido para estabilizar a máquina.

Em suma, as falhas e avarias nos equipamentos e as perdas de *setup* e ajustamento são classificadas como perdas de disponibilidade, as perdas de velocidade reduzida e as pequenas paragens são conhecidas como perdas de velocidade e, por último, os defeitos de qualidade e retrabalho e o arranque e perdas iniciais são utilizadas para medir a taxa de qualidade (Bhoyar et al., 2017).

2.3.4 Obstáculos e Benefícios na implementação do TPM

A implementação do TPM não é uma tarefa fácil, uma vez que o foco nesta metodologia é o ser humano e é preciso saber como gerir e lidar com as pessoas, que na maioria das vezes não querem mudar hábitos e formas de pensar, afetando o sucesso desta implementação (Rodrigues & Hatakeyama, 2006). Além da resistência à mudança, outros obstáculos incluem expectativas demasiado otimistas e pouco claras, falta de uma rotina bem definida para atingir os objetivos propostos inicialmente, omitindo algumas etapas de consolidação, falta de treino e formação dos colaboradores, falta de comunicação, falta de tempo para realizar a manutenção autónoma pelos

operadores devido ao elevado número de máquinas que lhes é atribuído, *stress* no trabalho (Ahuja & Khamba, 2008). As empresas acabam por negligenciar práticas básicas de melhoria contínua e não permitem o envolvimento dos funcionários, desta forma estes ficam desmotivados, uma vez que as suas ideias e sugestões não são tidas em consideração, numa estrutura organizacional que não fornece o suporte e apoio necessário (Ahuja & Khamba, 2008; Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

No entanto, se implementado de forma adequada e sem esquecer nenhuma etapa, o TPM pode trazer vários benefícios para as organizações, para a sua produtividade e para a segurança proporcionada aos seus colaboradores. Relativamente aos benefícios alcançados pela organização, incluem melhoria na qualidade do ambiente de trabalho, estabelecimento de uma cultura de responsabilidade, disciplina e respeito pelas normas e, ao mesmo tempo, permite um ambiente onde a participação e colaboração são encorajadas. Em relação aos benefícios para a produtividade, a implementação do TPM permite diminuir avarias e falhas e, assim, aumentar a fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir nos custos de manutenção. Por fim, ter um local de trabalho seguro é fundamental para os trabalhadores se sentirem confortáveis e desempenharem as suas tarefas de forma eficaz e eficiente, assim o TPM proporciona uma cultura de prevenção de acidentes e de identificação e resolução de problemas (Díaz-Reza et al., 2019).

2.3.5 Aplicação da metodologia

Muitas empresas no mundo inteiro têm implementado a filosofia TPM, verificando-se que a maior parte delas foi bem-sucedida e que se encontram satisfeitas com os resultados obtidos. São vários os exemplos de aplicação desta metodologia, como na indústria eletrónica (F. T. S. Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005), na indústria farmacêutica (Friedli, Goetzfried, & Basu, 2010), na indústria têxtil (Ahmad et al., 2018) e maioritariamente na indústria automóvel (Acharya et al., 2019; Aspinwall & Elgharib, 2013; Ireland & Dale, 2001; Pačaiová & Ižaríková, 2019).

Lixia e Bo (2011), (citado em (Aspinwall & Elgharib, 2013)), fizeram um estudo em que sugeriram a implementação do TPM em três fases de forma sistemática:

1. Fazer uma boa preparação da implementação;
2. Realizar a implementação passo a passo para garantir uma estrutura sólida;
3. Avaliar a sua eficácia e eficiência.

Na indústria de moldagem por injeção, de acordo com Sivaselvam e Gajendran (2014), o OEE é um dos métodos de avaliação do desempenho mais utilizado nas indústrias de produção. Neste caso prático relatado, o OEE do processo de moldagem por injeção aumentou de 61% para 81% através da diminuição das avarias das máquinas, menos paragens, melhor utilização dos recursos disponíveis, produção de produtos de elevada qualidade e envolvimento dos funcionários, tudo isto foi possível através da metodologia TPM.

2.4 Ferramentas *Lean*

2.4.1 Sistema *Andon*

O sistema *andon* foi inventado por Sakichi Toyoda na sua máquina de tear automática. O tear possuía um mecanismo que parava automaticamente sempre que detetava algum fio partido e acionava uma lâmpada de alarme. Posteriormente, este sistema foi utilizado pela Toyota e integrado num dos pilares do *Toyota Production System*, o *jidoka*, isto é, os operadores não servem apenas para garantir o correto funcionamento do equipamento, mas são incluídos no sistema de produção (Liker, 2004).

Este sistema é uma ferramenta de aviso através de sinais luminosos e sonoros, que mostram o estado dos equipamentos ou das operações numa área de trabalho, alertando os operadores quando ocorrem anomalias, desta forma é possível prevenir avarias mais graves (Kemmer et al., 2006). Com a utilização do *andon*, as empresas conseguem melhorar o fluxo das suas atividades e evitar o retrabalho e, conseqüentemente, aumentam a eficiência da sua produção (Ma, Dong, Ma, Xue, & Li, 2017).

2.4.2 Gestão Visual

A visão permite ao ser humano memorizar e perceber melhor o que o rodeia. De todos os sentidos, o sistema visual é o que tem maior capacidade de processar a informação (Jaca, Viles, Jurburg, & Tanco, 2014). Por isso as empresas recorrem, na grande maioria das vezes, a ferramentas visuais simples e claras para comunicar com os seus colaboradores (Parry & Turner, 2006).

O aparecimento e crescimento da gestão visual ocorreu em meados dos anos 40 e está associado à evolução do *Toyota Production System* (Eaidgah, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016). Inicialmente, Ohno (1988) definiu a gestão visual como uma ferramenta que permite evidenciar as diferenças entre as condições normais e desejadas para o funcionamento de um sistema de produção e as condições anormais e não usuais. Alguns exemplos incluem fluxogramas, gráficos, fichas de verificação e controlo, etiquetas, sinais luminosos, como as luzes *Andon*, *kanbans*, *poka-yokes*, entre outros. Esta ferramenta serve também de base para outras ferramentas *Lean*, como os 5S's e o *standard work* (Jaca et al., 2014).

Atualmente, a gestão visual não é considerada apenas como uma ferramenta de apoio ao desenvolvimento do *Lean* nas organizações, mas sim como uma ferramenta que pode ser implementada independentemente de outras práticas *Lean* (Bateman, Philp, & Warrender, 2016). Por isso, pode ser utilizada em todas as áreas de uma empresa, incluindo departamentos de administração, engenharia e vendas (Murata & Katayama, 2010).

Através da implementação da gestão visual, as organizações obtêm alguns benefícios, como a rápida identificação e resolução de lacunas nos processos, permite melhorar os conhecimentos e capacidades dos seus funcionários, conseqüentemente, aumenta a satisfação, o comprometimento e a participação dos mesmos, uma vez que estes sentem que são parte essencial da organização. Além disso, pode ajudar a aumentar a produtividade, a segurança no trabalho e a organização dos processos (Liff & Posey, 2004 citado em Jaca et al., 2014; Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009).

2.4.3 Diagrama de *Spaghetti*

O Diagrama de *Spaghetti* é uma das ferramentas *Lean* utilizada para visualizar o movimento e o transporte tanto de pessoas como de produtos (Wilson, 2010). Quando as rotas são traçadas é mais fácil identificar os locais onde há movimentos desnecessários que podem ser eliminados e, deste modo, propor medidas para os reduzir (Tanco, Santos, Rodriguez, & Reich, 2013). Com as melhorias implementadas e o novo diagrama construído é possível comparar ambos os percursos e determinar a eficácia das novas medidas (Kanaganayagam, Muthuswamy, & Damodaran, 2015).

3. Apresentação da Empresa

Neste capítulo é apresentada a empresa onde foi realizado o presente projeto de estágio, a OLI - Sistemas Sanitários, S.A., uma empresa aveirense que já conta com 65 anos de existência. São referidos alguns dos acontecimentos mais importantes desde a sua construção até ao momento presente, assim como, são apresentados os produtos que comercializa, a sua estrutura organizacional e o seu processo produtivo, desde que chega a encomenda até a entrega ao cliente. Dentro deste processo é detalhado o funcionamento do Departamento da Injeção, local de realização do projeto de estágio e é descrito o processo de moldagem por injeção.

Ainda neste capítulo, é caracterizado o funcionamento da manutenção na OLI e o TPM existente noutras secções da fábrica.

3.1 OLI – Sistemas Sanitários, S.A.

3.1.1 Apresentação

A OLI – Sistemas Sanitários, S.A. foi fundada em Aveiro a 1 de março de 1954 e, ao longo do seu percurso, passou por áreas distintas de negócios. No início da sua atividade dedicava-se à comercialização de artigos de fundição e de equipamento para o setor agrícola, nomeadamente artigos de rega. Em 1981 foi criada a primeira unidade industrial de produção de autoclismos inovadores e sustentáveis. Com um crescimento cada vez mais exponencial, em 1993 a OLI integrou-se no Grupo Silmar, sediado em Itália. Este grupo conta com cerca de 3000 colaboradores e está presente em quatro setores de atividade: aquecimento, fundição em alumínio, metalização em plásticos e redes de esgotos e águas. Para além disso, a OLI tem também filiais em Itália, Alemanha e Rússia, na qual possui uma unidade industrial. Em 2007, a empresa procedeu à implementação do sistema de melhoria contínua do Instituto *Kaizen*, o qual permitiu o aumento da sua produtividade em 30%. Passados dez anos, em 2017, a empresa de carácter familiar Oliveira&Irmão mudou o nome para OLI – Sistemas Sanitários S.A., alteração que comprova a sua evolução para uma empresa a nível global. Por último, em 2018 foi inaugurada a OLIMOLDES especializada na produção de moldes para a injeção, a qual permite à OLI uma independência relativamente à reparação e produção de moldes. Na Figura 4 pode-se observar a OLI através de uma vista aérea.



Figura 4 - Vista aérea OLI

A maior produtora de autoclismos da Europa do Sul é constituída por uma área total de 30 mil metros quadrados, onde é realizado e fiscalizado todo o processo. Está presente em mais de 80 países dos cinco continentes, para os quais exporta atualmente 75% da sua produção. Para fazer face à sua procura, a OLI opera, ininterruptamente, 24 horas por dia, sete dias por semana, e tem uma produção anual de 2 milhões de autoclismos e 2,8 milhões de mecanismos. Em 2018, a OLI atingiu um volume de negócios de 56,3 milhões de euros, contando com o apoio de 401 colaboradores, com algumas oscilações durante o ano. Estes factos conferem à OLI vários estatutos, tais como ser uma das principais produtoras de equipamentos de descarga para a indústria cerâmica, a segunda fabricante europeia de autoclismos e a única empresa portuguesa a produzir autoclismos interiores. Para além disso, é uma das empresas portuguesas com maior número de registo de patentes, contando com 47 patentes ativas.

Como já referido, a OLI tem como principal atividade a conceção, industrialização, produção e venda de autoclismos e mecanismos para a indústria cerâmica. No entanto, a nível comercial também atua no mercado dos hidro-termo-sanitários, dedicando-se à importação, comercialização e distribuição de equipamentos para casas de banho, aquecimento, energia solar e tubagens. Ao longo dos anos, tem vindo a apostar em soluções mais sustentáveis, nomeadamente, numa casa de banho mais eficiente, amiga do ambiente, confortável e acessível para pessoas com mobilidade reduzida. Tudo isto através do uso de tecnologia patenteada e com elevados padrões de qualidade, sempre transmitidos aos seus colaboradores. Desta forma, a marca OLI preza por um espaço de banho acessível e seguro para todos, continuando sempre a ser reconhecida pela sua inovação.

3.1.2 Produtos

A OLI – Sistemas Sanitários, S.A. comercializa uma elevada gama de produtos, nomeadamente autoclismos exteriores e interiores, autoclismos falsos para tanques cerâmicos, placas de comando, módulos sanitários e dois tipos de mecanismos de descarga: torneira de boia e válvula de descarga, como se pode observar nas Figuras 5 a 10.



Figura 5 - Autoclismo Exterior



Figura 6 - Autoclismo Interior

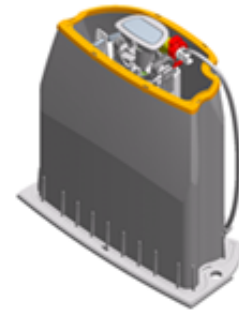


Figura 7 - Autoclismo Falso

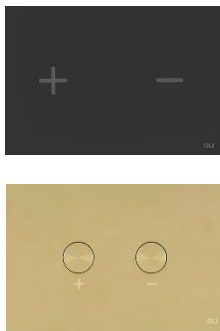


Figura 8 - Placas de Comando



Figura 9 – Módulo Sanitário



Figura 10 – Mecanismos de Descarga

Um marco importante na história da OLI foi a invenção do sistema de dupla descarga do autoclismo, em 1994, que permitiu poupanças na ordem dos 50% de água, visto a possibilidade de poder escolher uma descarga com menor quantidade de água. Além disso, a empresa desenvolveu um tipo de torneira de boia, integrada na cisterna dos autoclismos, que possibilitou uma poupança mensal até 300 litros de água. O sistema *Hydroboost* é, também, prova do investimento da empresa em soluções de casa de banho hidricamente mais eficientes, uma vez que gera e armazena energia a partir da água que enche o autoclismo.

3.1.3 Estrutura Organizacional

A OLI é composta fisicamente por quatro áreas principais: o edifício octogonal onde estão situados os escritórios da administração, dos recursos humanos e do sistema de gestão integrados, a fábrica onde se encontram os restantes departamentos e onde é desenvolvido o produto, o pavilhão da OLIMOLDES e o Armazém da Zona Industrial de Aveiro (AZIA). Na Figura 11 está representado o organigrama da empresa destacando-se a verde o Departamento da Injeção, local da realização do projeto.

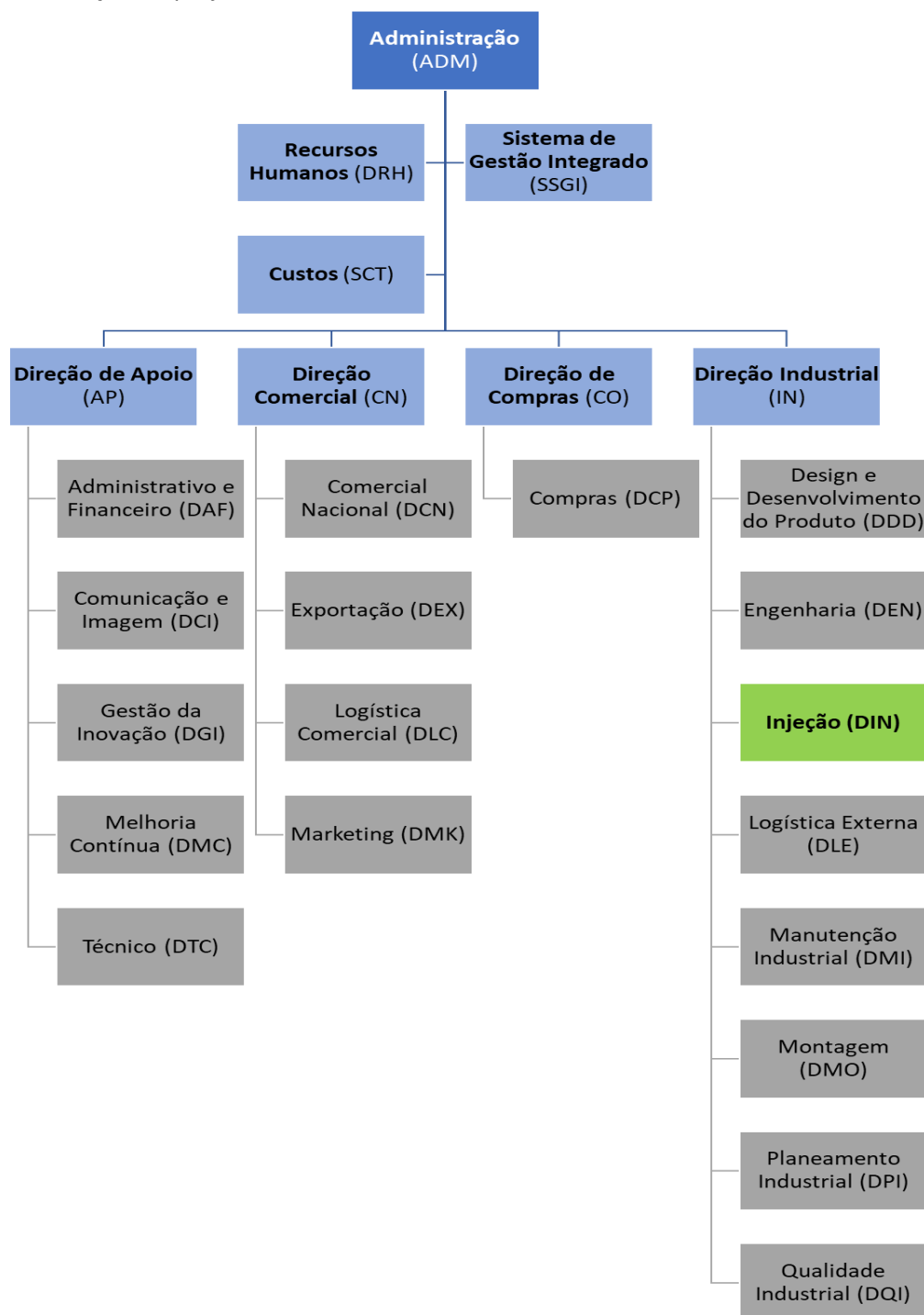


Figura 11 - Organigrama da OLI

3.1.4 Processo Produtivo

A primeira etapa no macroprocesso da empresa é a entrada de encomendas por parte do cliente. De seguida, consoante as encomendas, é realizado o planeamento da produção que serve como guia para a produção propriamente dita. Consequentemente, ocorre o aprovisionamento de material que envolve a negociação com fornecedores externos, isto é, a compra de todo o material necessário para produção, sejam componentes para a montagem ou matéria-prima para a injeção. Na injeção de plástico são utilizados quatro tipos de matéria-prima: Poliestireno (PS), Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), Polipropileno (PP) e Polioximetileno (POM). A partir do momento em que existe a encomenda por parte do cliente, o Departamento de Logística define com a transportadora o dia, a hora e o tipo de produto acabado que será carregado para ser expedido.

Após ser recebido o plano de mudança de moldes, a próxima etapa é a produção. Para dar início à produção, verifica-se se a matéria-prima está a ser aspirada para a respetiva máquina de injeção e com o molde correto é iniciada a injeção de peças. Depois das máquinas automáticas produzirem o número de peças estabelecidas pelo planeamento, estas podem ser colocadas nos “supermercados”, caso sejam peças com elevado consumo ou vão para o armazém logístico, para posteriormente serem transportadas para as células de montagem consoante a necessidade.

No entanto, por vezes ocorrem problemas nas máquinas, o que leva à produção de peças não conformes e, devido à elevada qualidade que a OLI assegura nos seus produtos, estas peças não podem ser utilizadas na montagem do produto acabado. Deste modo, para que não haja desperdício de material e dinheiro, as peças não conformes seguem para a zona dos moinhos onde são trituradas e dão origem a matéria-prima reciclada que será futuramente utilizada para produzir outras peças plásticas. Além das peças não conformes, também seguem para a reciclagem os gitos e as purgas. O gito é material que solidifica no canal condutor, local por onde passa o plástico até às cavidades do molde e por isso é material indesejado da injeção. O material purgado resulta da limpeza do canal da máquina após a mudança de molde em duas situações: quando há troca do tipo de matéria-prima ou mudança da cor do pigmento.

Da produção segue-se para a montagem das peças injetadas, de onde se obtém a elevada gama de produtos comercializados pela OLI, referidos na secção 3.1.2, por isso a montagem encontra-se dividida em várias secções. É de salientar que algumas das suas células são constituídas por máquinas semiautomáticas, máquinas que produzem peças de maior dimensão e algumas delas com “moldes família”, isto é, moldes que produzem diferentes tipos de peças numa só injeção, que seguem diretamente para a linha de montagem.

Por fim, o produto acabado segue para o armazém até ser entregue ao cliente. No momento da entrega é efetuada a faturação e o produto final fica pronto para ser expedido até ao cliente. Na Figura 12 é possível visualizar o fluxograma do macroprocesso da OLI.



Figura 12 - Fluxograma do macroprocesso da OLI

Na Figura 13 é possível observar o *layout* da fábrica, com as várias secções representadas a diferentes cores, onde a zona delimitada a azul corresponde ao TWINS, a amarelo a zona dos moinhos, a roxo à injeção, a vermelho à montagem e por último, as zonas a preto correspondem aos “supermercados” e armazéns. O TWINS é uma zona da fábrica de produção de autoclismos falsos utilizados em tanques cerâmicos em países cujas temperaturas atingem graus negativos. Esta é uma secção autónoma da fábrica, onde é realizada a produção, montagem e expedição do produto final.

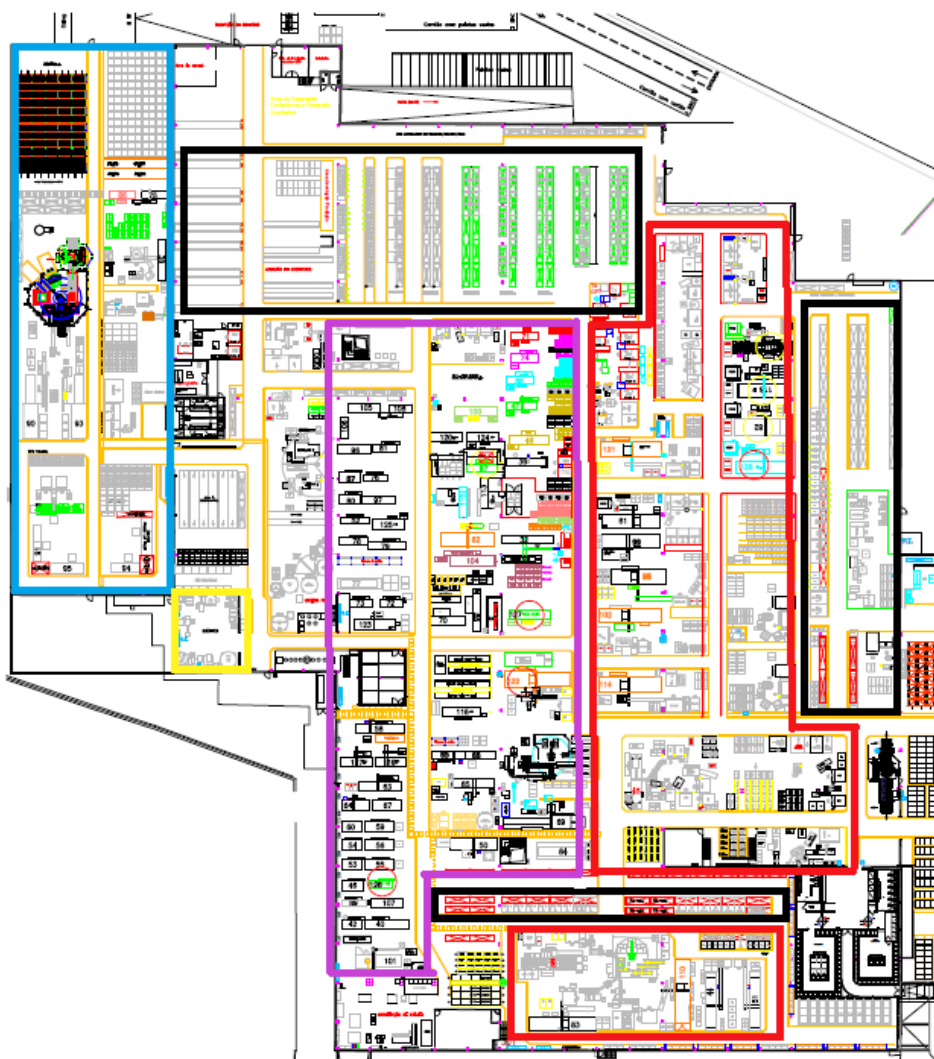


Figura 13 - *Layout* da Fábrica

3.1.4.1 O Departamento de Injeção (DIN)

Como referido anteriormente, o projeto de estágio foi realizado no Departamento de Injeção (DIN) composto por 62 máquinas de injeção automáticas e cerca 1300 moldes, sendo que o mesmo molde pode produzir peças diferentes caso lhe sejam mudados os “postigos”. Para garantir o seu correto funcionamento, no departamento operam 4 equipas que trabalham cada uma num dos três turnos rotativos, de maneira a que por dia se encontrem 3 equipas a trabalhar e uma a descansar. Cada equipa é constituída por quatro operadores, dois técnicos de injeção e um Chefe de Equipa (CE) (ver Figura 14).

A zona de injeção está dividida em quatro setores (ver *layout* na Figura 15), cada um à responsabilidade de um operador e um técnico de injeção para dois setores. O chefe de equipa é responsável por coordenar toda a equipa. Para além disso, é também atribuído um Responsável de Turno (RT) a cada equipa, que não controla apenas a zona de injeção, mas também as restantes zonas da fábrica. No topo do organigrama da zona de injeção encontra-se o Responsável do Departamento, que coordena a equipa dos responsáveis de turno e todo o departamento e conta com o apoio do Responsável das Matérias-primas, dos Moinhos e dos Moldes. Nas matérias-primas existem dois operadores e mais dois na zona dos moinhos, que trabalham em horários diferentes.

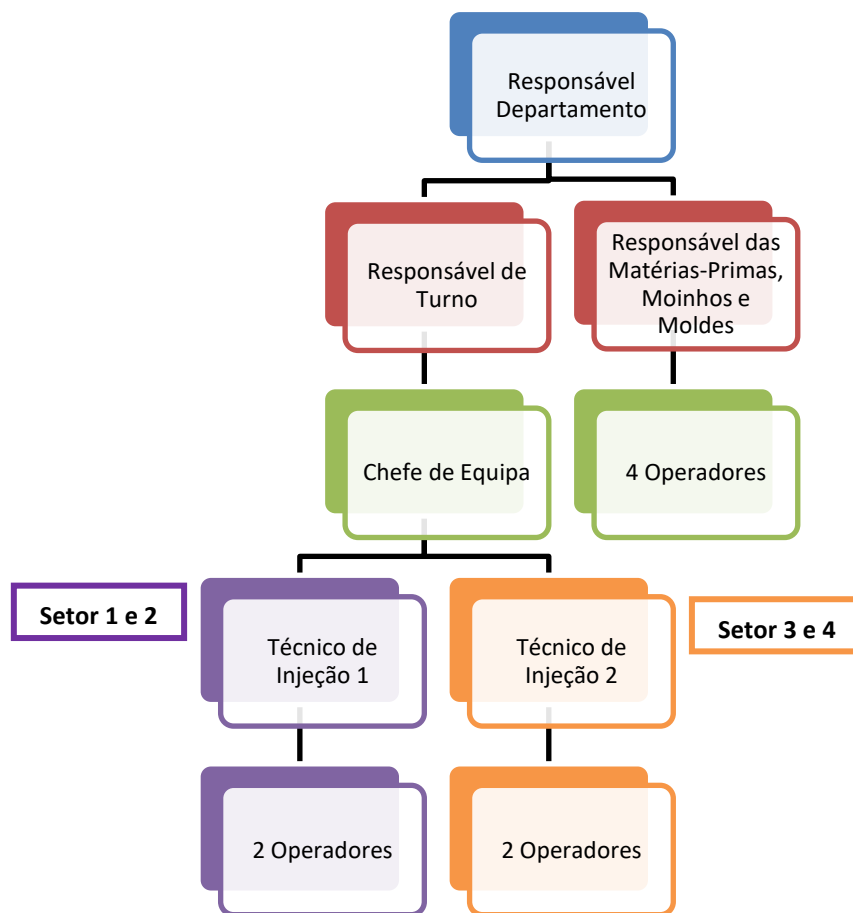


Figura 14 - Organigrama do Departamento de Injeção

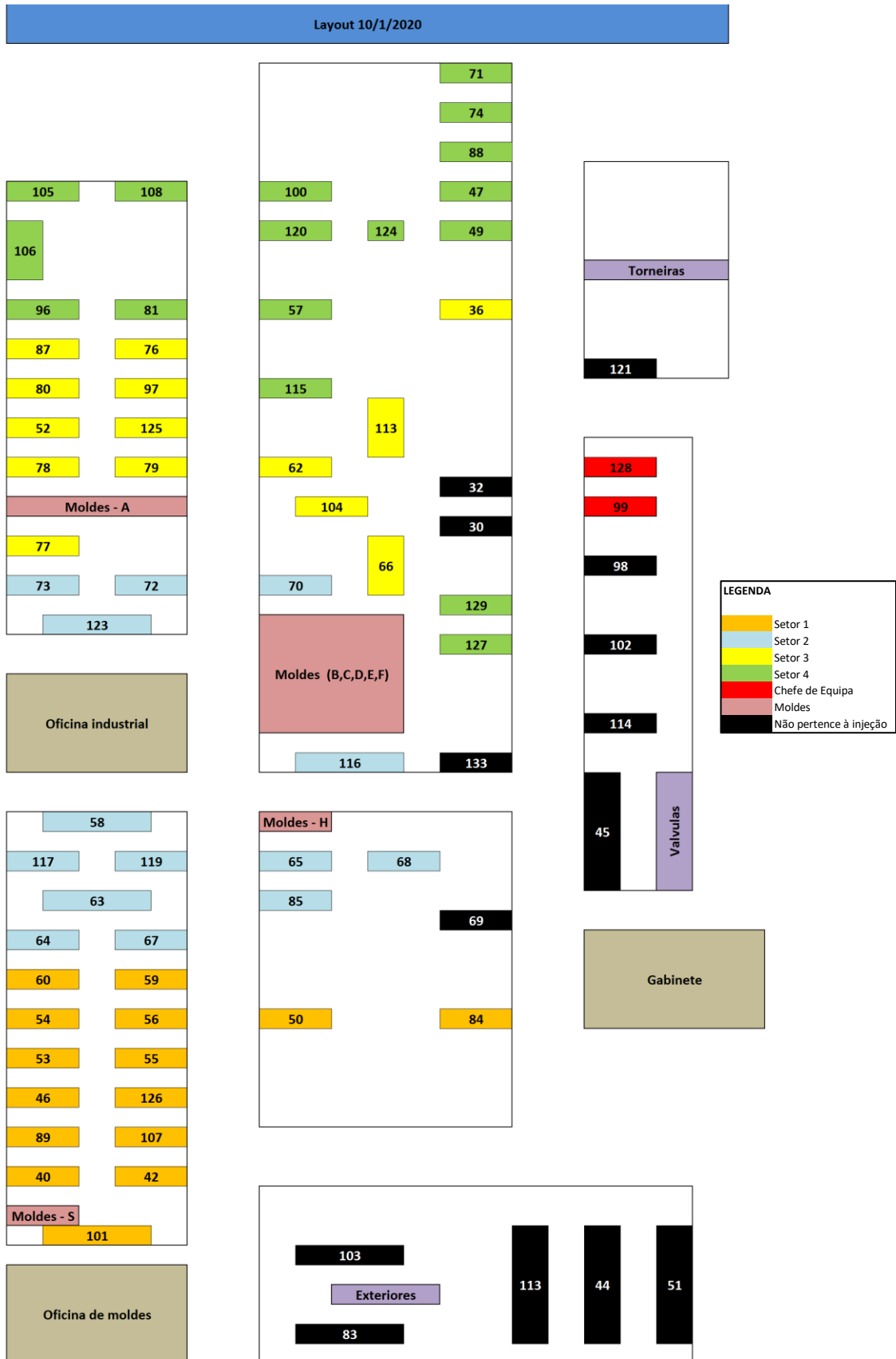


Figura 15 - Layout da Zona de Injeção

Como descrito na secção do processo produtivo (3.1.4), a produção surge da necessidade de componentes analisada pelo planeamento. De seguida, é criado o plano diário de mudança de moldes consoante esta necessidade. O plano segue para o departamento da injeção e são abertas as Ordens de Fabrico (OF) pelo 5º elemento, caso exista, ou pelo Responsável de Turno (RT), de modo a registar a produção. O número de OF's a abrir depende do número de mudanças que é necessário efetuar naquele dia; caso surja uma nova revisão do plano, este terá de ser verificado para confirmar se existem novas mudanças.

Para abrir uma OF é necessário recorrer a dois *softwares*, o IFS e o STAIN, que permitem a comunicação entre departamentos por toda a fábrica. O principal objetivo do STAIN é controlar o estado das máquinas de injeção, se estão a produzir, desligadas, em alarme ou a efetuar mudança de molde e controlar o número de peças produzidas. Em relação ao IFS, este permite o fluxo de informação, nomeadamente localizar moldes, matéria-prima, abrir Ordens de Trabalho (OT) (ver secção 3.2.2), OF's, entre outros.

Após a abertura de OF's, prossegue-se para a mudança de molde efetuada pelo técnico de injeção e o operador em simultâneo. Antes de efetuar a mudança propriamente dita, o operador verifica se existe mudança de matéria-prima, em caso afirmativo efetua a respetiva mudança. De seguida, o técnico ativa a produção no STAIN relativa àquela OF, depois roda a chave na máquina e dá início à troca de molde com a ajuda do operador. Após a mudança, o técnico regista os parâmetros da máquina no GFM, o *software* da máquina, retira a chave e declara no STAIN o número de peças não conformes resultantes do arranque. Para além das mudanças de molde, os técnicos de injeção são responsáveis por resolver problemas que possam surgir relacionados com a injeção, como por exemplo quando as máquinas entram em alarme, quando são injetadas peças não conformes e a realização de ensaios a novos moldes.

No que diz respeito ao operador, para além de ajudar o técnico no processo de mudança de molde, é responsável pelas máquinas do seu setor. Deste modo efetua outras tarefas como:

1. Manter as máquinas limpas bem como a sua envolvente, isto é, sem peças presas nas máquinas ou caídas no chão;
2. Garantir o método de separação correto – caso seja apenas feita a extração da peça estas caem diretamente numa caixa e o operador apenas tem de colocar as caixas numa palete. No caso de saírem peças juntamente com gito é necessário recorrer a outros métodos como tapetes com pás, crivos ou *robots*;
3. Realizar o autocontrolo visual, dimensional e funcional da máquina;
4. Resolver casos simples de alarmes em máquina;
5. Abastecer as caixas azuis com as peças injetadas.

O Chefe de Equipa (CE), para além de coordenar toda a equipa, é também responsável por duas máquinas de injeção, a 99 e 128 (ver Figura 15), por substituir os operadores na sua hora de almoço e abrir Ordens de Trabalho (ver secção 3.2.2) no caso de avarias e falhas nas máquinas que necessitam de técnicos da manutenção ou problemas nos moldes que precisam de ir para a Oficina de Moldes.

3.1.4.2 Processo de Moldagem por Injeção

Para elaborar os planos de manutenção autónoma (PMA) para as máquinas automáticas, em primeiro lugar, é necessário compreender o processo de moldagem por injeção de plástico, desde que o plástico, em forma de granel, entra na máquina até ao momento em que o molde abre e é devolvida a peça final.

Quando se quer obter peças plásticas de forma complexa e com dimensões precisas, o ideal é optar pelo processo de moldagem por injeção (Shen, Wang, & Li, 2007). Este processo apresenta algumas vantagens como peças de alta qualidade, boas propriedades mecânicas, ciclos curtos do produto, entre outros, pelo que é bastante utilizado (Oktem, Erzurumlu, & Uzman, 2007). Além disso, num só ciclo é possível produzir várias peças, uma vez que o molde pode conter mais do que uma cavidade. Este determina a forma e o tamanho da peça, permitindo obter peças muito leves e pequenas, com 50g, nesse caso o molde possui várias cavidades, ou peças grandes e complexas, com 25kg, caso em que o molde pode custar milhares de euros. Deste modo, a moldagem por injeção apenas se torna vantajosa quando se produz em grandes quantidades, possibilitando economias de escala (Groover, 2012).

Resumidamente, a moldagem por injeção consiste no aquecimento de um polímero, até à sua temperatura de fusão, que é forçado a fluir sob alta pressão para as cavidades do molde onde é solidificado e, em seguida, através da abertura do molde é libertado (Oktem et al., 2007; Shen et al., 2007). Indo ao pormenor, a injeção é constituída por cinco fases principais, nomeadamente (Müller, Schillig, Stock, & Schmeiler, 2014):

1. Fecho do molde;
2. Injeção de plástico para dentro do molde;
3. Arrefecimento da peça;
4. Abertura do molde;
5. Extração e remoção da peça.

As máquinas de injeção de plásticos (MIP) (Figura 16) podem ser divididas em três unidades principais: (1) a Unidade de Injeção, responsável por fundir e homogeneizar a matéria-prima que é injetada para dentro das cavidades do molde, (2) a Unidade de Fixação, responsável por manter o molde fechado durante a injeção e abrir e fechar o molde nos momentos necessários do processo e (3) a Unidade de Controlo, local onde são definidos todos os parâmetros do processo (Rajemi & Hassan, 2015) (ver Figura 17).



Figura 16- Máquina de Injeção de Plástico TOYO (MIP 127)

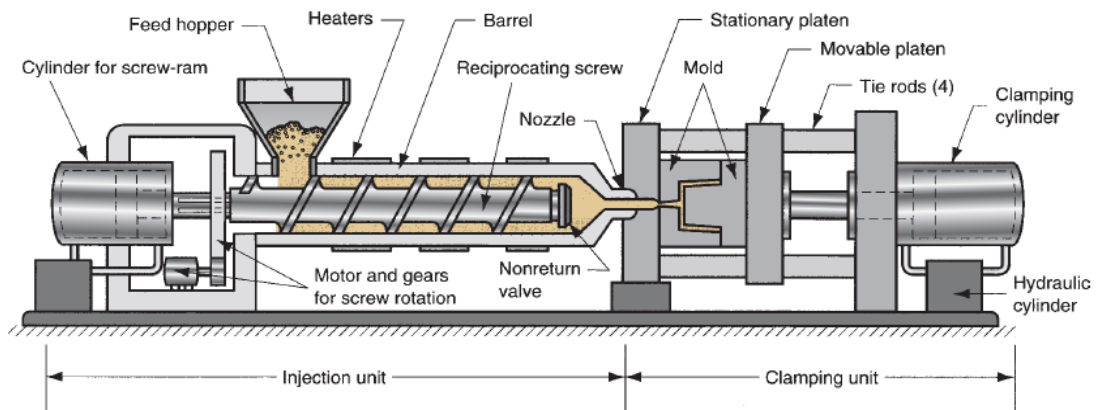


Figura 17 - Componentes de uma Máquina de Injeção (adaptado de Groover, 2012)

Começando pela unidade de injeção e já com o molde fechado, o primeiro passo da moldagem por injeção consiste na deposição do granulado de plástico no funil da injetora, designado de tremonha e quando necessário é adicionado um pigmento à matéria-prima. De seguida, a matéria-prima desloca-se para o cilindro onde é fundida através do aquecimento das resistências elétricas e simultaneamente é triturada pelo trabalho mecânico do parafuso. Posteriormente, e já na unidade de fixação do molde, o material é injetado a alta pressão para dentro da cavidade do molde, onde se mantém durante algum tempo para que o plástico possa solidificar e ao mesmo tempo arrefecer. Deste modo, no momento da abertura do molde a peça não sofre possíveis deformações, enquanto se realiza esta etapa, a injetora já está pronta para realizar outros movimentos como a dosagem do material para o próximo ciclo (Müller et al., 2014; Shen et al., 2007). Assim, as máquinas de injeção de plástico são constituídas por alguns

componentes essenciais ao seu bom funcionamento, como: tremonha, pigmentador, parafuso, bico da injeção, termorreguladores, utilizados para controlar a temperatura da água que circula nas mangueiras do molde e caixa de controladores, onde constam as temperaturas de funcionamento do molde (Rajemi & Hassan, 2015).

O molde de dois pratos (ver Figura 18) é constituído por um prato fixo à máquina e um prato móvel, responsável pela abertura do molde. Algumas características do molde são indispensáveis para a realização das suas funções, nomeadamente (Groover, 2012):

- Cavidades, que conferem a forma ao plástico;
- Canal de distribuição por onde circula o polímero fundido para as cavidades;
- Sistema de extração para remover peças;
- Sistema de arrefecimento, para solidificar a peça.

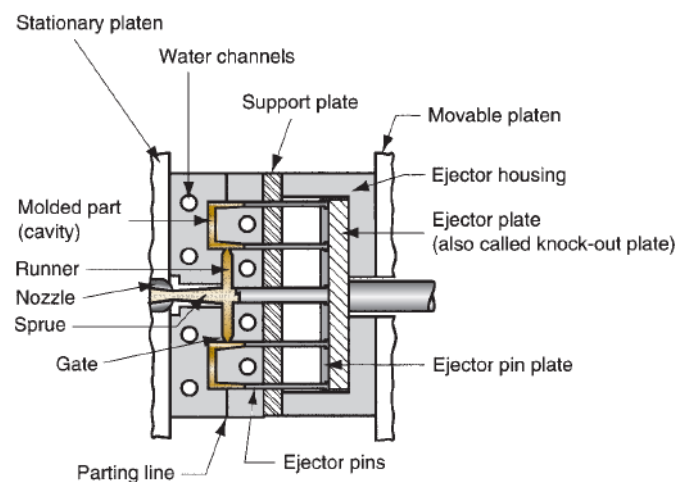


Figura 18 - Elementos constituintes de um Molde de Injeção (adaptado de Groover, 2012)

3.2 A Manutenção na OLI

Atualmente, qualquer indústria que utiliza máquinas na confecção dos seus produtos necessita de realizar ações de manutenção e reparação. A OLI não é exceção e são vários os tipos de manutenção realizados aos seus equipamentos, de modo a garantir a sua fiabilidade e disponibilidade e fazer face às exigências e necessidades dos seus clientes. Além disso, através da manutenção a OLI garante o cumprimento do seu primeiro pilar: a segurança dos seus funcionários, mas também a qualidade dos seus produtos, os custos de possíveis avarias mais graves no futuro e os prazos de entrega ao consumidor final.

A OLI conta hoje com 94 máquinas de injeção, automáticas e semiautomáticas, como referido anteriormente. As máquinas semiautomáticas são máquinas de maior tonelagem cujas peças injetadas seguem diretamente para as linhas de montagem. Como são utilizadas em linhas de produção, uma paragem não programada nestas máquinas irá afetar todo o fluxo produtivo e consequentemente irá comprometer o prazo de entrega ao consumidor. Enquanto as máquinas automáticas produzem peças para serem armazenadas ou que seguem depois para a montagem.

Deste modo, a secção de manutenção é uma secção de elevada importância e responsabilidade uma vez que permite evitar possíveis avarias e paragens futuras.

3.2.1 A função da secção de manutenção

A manutenção tem como principal objetivo a redução dos tempos de paragens dos equipamentos levando ao aumento da sua eficiência e mantendo os níveis de qualidade. Tal como no Departamento de Injeção, também no Departamento da Manutenção existe um Responsável pelo Departamento que coordena uma equipa de técnicos de manutenção. Os técnicos de manutenção realizam diversas funções como as manutenções preventivas e corretivas aos equipamentos, preparar a realização de intervenções programadas, como ensaios a moldes ou equipamentos novos, de modo a garantir o cumprimento das regras de segurança, a resolução de Ordens de Trabalho (OT), entre outros.

Devido à elevada quantidade de máquinas na empresa e intervenções a realizar, a equipa de manutenção tem de definir o planeamento dos seus trabalhos e quais os equipamentos críticos, que terão prioridade sobre os restantes. Nas OT's aparece um campo com a prioridade do equipamento, no entanto no caso de equipamentos com a mesma prioridade é necessário saber quais os primeiros a intervir. Deste modo, semanalmente é realizada uma reunião, na qual se definem os equipamentos prioritários (colocados numa lista afixada no departamento) sendo que algumas máquinas já têm os seus técnicos alocados.

3.2.2 Ordens de Trabalho (OT)

Quando é detetada uma anomalia ou avaria num equipamento, quer seja na máquina de injeção, nos seus periféricos ou no molde, o operador deve comunicar ao chefe de equipa. Se não conseguirem resolver em conjunto essa avaria é chamado o técnico da injeção correspondente ao setor em que se encontra a máquina. Caso este também não consiga solucionar o problema é aberta uma Ordem de Trabalho (OT) pelo Chefe de Equipa (CE) ou pelo Responsável de Turno (RT) no IFS. De acordo com o tipo de avaria, a OT é resolvida pela Manutenção Industrial ou pela Oficina de Moldes. Para emitir uma OT de forma correta, o CE ou RT têm de preencher os seguintes campos:

- O que é – descrição da avaria;
- Local da avaria – máquina, periféricos ou molde;
- Tipo de trabalho - manutenção corretiva, manutenção preventiva, mudança de moldes e matéria-prima, mudança de “postigos”, alteração de ferramentas, alteração de equipamentos, instalação de equipamentos, outras reparações;
- A Prioridade de realização da OT definida da seguinte forma:
 - Parado (1) – quando o equipamento não está operacional, apresentando perda total de produção, não produzindo qualquer peça. Por exemplo, no caso de fugas nas mangueiras do molde ou a mão do *robot* que não agarra na peça injetada;
 - Degrado (2) – quando o equipamento apresenta perda parcial de produção, ou seja, produz um número de peças inferior ao estipulado. Por exemplo, fugas de água em componentes que não afetam diretamente a produção, acessórios partidos, etc.;

- Melhoria (3) – quando a produção do equipamento não é afetada. Por exemplo, desgaste de um parafuso, dos acrílicos das máquinas, falta de um botão, entre outros;
- Preventiva (4) – quando a intervenção é decorrente da manutenção preventiva.

No final da OT estar solucionada e o estado normal do funcionamento do equipamento ser restaurado, o técnico da manutenção que efetuou a reparação tem de fechar a OT no IFS, preenchendo alguns dados como: o seu nome, o problema encontrado e o local intervencionado, a causa da avaria, o que fez para solucionar a avaria e o tempo total de paragem do equipamento.

3.2.3 Manutenção Preventiva

Na OLI são realizadas todos os anos manutenções preventivas rigorosas a todas as máquinas de injeção, automáticas e semiautomáticas. O objetivo é prolongar a vida útil dos equipamentos, evitar paragens não programadas, como futuras avarias, que irão provocar atrasos na produção e na data de entrega aos clientes, assim como diminuir custos de futuras reparações mais dispendiosas. De forma a facilitar este tipo de intervenção e criar um ambiente de trabalho organizado é elaborado no início do ano um Plano de Manutenção Preventiva (PMP). O PMP é elaborado de acordo com a taxa de funcionamento do equipamento, as recomendações sugeridas pelos fabricantes, das exigências regulamentares e de uma análise ao número de OT's em aberto daquele equipamento. No entanto, por vezes podem ocorrer alterações ao PMP de acordo com as necessidades previstas pelo planeamento para aquele equipamento no dia previsto da manutenção preventiva.

Nos antigos planos de manutenção preventiva, a máquina em manutenção estaria parada dois dias seguidos, isto é, 48 horas sem produção. No entanto, como os técnicos da manutenção apenas trabalham 8 horas por dia, ou seja, o seu horário de trabalho é das 8h às 17h com uma hora de almoço, implicava que a máquina estivesse parada o resto do dia até às 8 horas do dia seguinte, isto é, 15 horas sem produzir. Este tipo de planeamento implicava perda de tempo e dinheiro para empresa. Deste modo, atualmente a manutenção preventiva a uma máquina é realizada em dois dias diferentes, estando em manutenção apenas durante o horário de trabalho do técnico; no final do dia a máquina é fechada e pode ser utilizada para a produção.

O trabalho de manutenção preventiva é efetuado por dois técnicos de manutenção de modo a possibilitar realizar o maior número de tarefas possíveis. Dado que as máquinas de injeção têm de cumprir um conjunto de normas de segurança e funcionamento pré-estabelecidas pelo fabricante, no primeiro dia de manutenção preventiva existem algumas tarefas que os técnicos têm obrigatoriamente de realizar, como: calibração de temperaturas e pressões, nivelamento e paralelismo do equipamento, eliminação de fugas de água e fugas de óleo, reforço de mangueiras do molde em máquina e dos termorreguladores, reparação de fios elétricos e substituição de peças partidas e/ou degradadas. Além destas ações, também são realizadas tarefas básicas de limpeza e lubrificação. No caso de serem necessárias peças novas para o equipamento que não existam em *stock* ou algum material específico para a resolução de uma avaria, é requisitada a compra dessa peça ou material.

Em relação ao segundo dia de manutenção preventiva, este é utilizado para terminar algumas tarefas que não tenham sido concluídas anteriormente, por falta de tempo ou material, e

são colocadas as peças solicitadas na última intervenção. Após concluída a manutenção preventiva ao equipamento, este é devidamente ensaiado e testado para verificar se está em condições de produzir.

3.3 TPM na OLI

A procura por melhores resultados é um dos objetivos da OLI, por isso existem sempre projetos de melhoria contínua a acontecer em cada departamento. Assim, a empresa consegue melhorar a fiabilidade, a qualidade e a segurança dos seus equipamentos, bem como aumentar a sua credibilidade junto aos seus clientes e *stakeholders* e atingir um lugar de sucesso no mercado competitivo.

O investimento na manutenção dos equipamentos é já há muito tempo uma das apostas da OLI para prevenir falhas graves nas máquinas e aumentar a sua produtividade, como é o caso das manutenções preventivas, referidas na secção 3.2.3. Contudo, estas não permitem eliminar por completo as avarias, uma vez que são realizadas de ano a ano e, por isso, o período entre preventivas é demasiado elevado para evitar paragens nas máquinas. Deste modo, uma solução encontrada para diminuir o número de paragens foi a implementação da metodologia TPM nas várias secções da fábrica, principalmente através da manutenção autónoma. Uma inspeção diária ao equipamento por parte dos operadores que nele operam pode levar à deteção e correção de problemas, que o próprio, com as devidas formações, pode conseguir resolver de imediato sem ser necessário a intervenção do departamento da manutenção.

Como referido anteriormente, o objetivo principal do TPM é aumentar o valor do OEE das máquinas no geral, o que significa que a disponibilidade e o desempenho dos equipamentos também irão aumentar, bem como a disponibilidade dos técnicos de injeção e de manutenção para realizarem outras tarefas de maior importância. No entanto, é de salientar que para uma implementação bem-sucedida do TPM é necessário mudar hábitos e mentalidades dos colaboradores, o que nem sempre é uma tarefa fácil.

3.3.1 Manutenção Autónoma

A manutenção autónoma não é uma novidade na OLI, na realidade este pilar já foi implementado e posto em prática nas células da montagem. Nos últimos dois anos foram criados Planos de Manutenção Autónoma (PMA), que incluem as máquinas semiautomáticas, os periféricos associados e os postos de montagem. Em cada célula está afixado o respetivo PMA, em formato A3, que deve ser seguido e executado pelos operadores correspondentes a cada posto e tem como objetivo garantir que os equipamentos estão operacionais para se dar início à produção. Para conferir se as tarefas do PMA estão a ser executadas, este é acompanhado por uma folha de registo de execução das tarefas, no qual o operador coloca um “✓” caso a tarefa tenha sido executada e não detetou anomalias, um “X” caso tenha detetado problemas e “|” caso a célula esteja parada ou a tarefa não seja aplicável no momento de realização. No Anexo A pode ser consultado o PMA da célula AE001 da máquina 69 e a respetiva folha de registo, no Anexo B.

O PMA está organizado em oito secções. Em primeiro lugar, é apresentado o número da tarefa a realizar, de seguida, o componente da máquina em que a tarefa será concretizada, depois

a tarefa propriamente dita, a duração prevista para a sua execução, o tipo de tarefa, o material necessário, a periodicidade com que a mesma tem de ser realizada e por último, o estado em que a máquina tem de se apresentar.

As tarefas são numeradas, uma vez que os números são utilizados para identificar no desenho do equipamento o local onde a tarefa deve ser executada; este desenho encontra-se na mesma folha do plano, como se pode ver no Anexo A. Estas podem ser divididas em quatro tipos: inspeção, lubrificação, limpeza e intervenção, cada tipo tem um símbolo associado e numa só tarefa pode haver a junção dos vários grupos (ver Anexo A).

Relativamente à periodicidade das tarefas é diferente, uma vez que existem componentes que necessitam de mais inspeção do que outros. Assim as tarefas de um PMA de uma linha de montagem podem ser realizadas em quatro momentos distintos, nomeadamente, no início do turno, no fim do turno, semanalmente ou mensalmente. Sendo que, quando é realizada a manutenção mensal, não se faz a semanal. A cada um destes momentos está associada uma cor representada no plano no número da tarefa.

O estado da máquina aquando da realização de uma tarefa varia consoante a localização no equipamento e a complexidade associada e pode estar em dois estados: parada ou a trabalhar.

Além do PMA e da folha de registo, são utilizados pictogramas para identificar no respetivo local do equipamento onde se devem realizar cada uma das tarefas. Como se pode observar no Anexo C, um pictograma contém a seguinte informação: o número da tarefa, o(s) símbolo(s) do tipo de tarefa, a descrição da tarefa, a cor da periodicidade com que se deve realizar e o estado da máquina. O objetivo é facilitar o trabalho do operador na procura dos locais e, deste modo, terminar as tarefas no menor tempo possível.

3.3.2 Manutenção Planeada

Além da manutenção autónoma, também os restantes pilares do TPM são aplicados na empresa. Um desses pilares é a manutenção planeada que é aplicada na OLI através da realização das manutenções preventivas anuais aos equipamentos (ver 3.2.3), este pilar está a cargo do Departamento da Manutenção Industrial e a finalidade é possuir equipamentos com zero avarias e falhas.

3.3.3 Manutenção da Qualidade

Um dos grandes objetivos da implementação do TPM passa por obter produtos com zero defeitos, logo, outro dos seus pilares é a manutenção da qualidade. Na OLI existe o Departamento da Qualidade destinado a verificar a conformidade e os requisitos das peças injetadas nas máquinas, assim é possível corrigir ou eliminar os defeitos, caso existam, e entregar produtos de qualidade aos seus consumidores.

3.3.4 Formação e Treino

Uma das grandes apostas da OLI é na formação e desenvolvimento dos seus colaboradores, desde a gestão de topo até ao chão de fábrica, este é também um dos pilares para o sucesso da implementação do TPM. Desta forma, os funcionários sentem-se motivados para

desempenhar melhor as suas tarefas e para evoluir nas funções que desempenham na empresa. Algumas dessas formações passam por aprender algumas ferramentas *Lean*, ou no caso dos operadores e técnicos da injeção são dadas formações acerca das máquinas de injeção de plástico.

3.3.5 Segurança, Saúde e Ambiente

Uma formação extremamente importante e a primeira que a OLI faculta aos seus novos colaboradores é acerca da segurança, saúde e ambiente, para que logo desde início tomem conhecimento sobre os procedimentos e normas da empresa. Como por exemplo, o uso de luvas no caso de o funcionário trabalhar com objetos cortantes, cola quente, etc.; o uso de óculos, principalmente para os operadores da manutenção e da oficina de moldes, que trabalham com ferramentas que podem por vezes largar faíscas; andar sempre pelas passadeiras para evitar atropelamentos pelo *mizo* ou os *stakers*. Além disso, em todos os departamentos estão afixados os perigos daquele local e quais os cuidados a ter, bem como todas as semanas são divulgados os acidentes de trabalho que ocorreram e quais as causas, para que as pessoas tomem conhecimento e sejam mais precavidas.

3.3.6 Melhorias Focadas no Equipamento

As melhorias focadas no equipamento é outro pilar do TPM e tem como objetivo identificar pequenas melhorias, que todas juntas vão resultar em grandes mudanças. Na OLI são os operadores que trabalham diariamente com as máquinas de injeção e, por isso, são estes que dão o maior contributo na identificação e resolução de problemas, uma vez que são eles que passam pelas dificuldades. Quando um colaborador tem alguma melhoria a propor esta é escrita nuns cartões respetivos, no qual se refere o problema, quem o identificou, a melhoria proposta e a data prevista de conclusão. Este cartão é depois colocado no quadro PDCA (*Plan – Do – Check – Act*), passando pelas várias fases até estar concluída a ação.

3.3.7 Gestão Inicial do Equipamento

Devido à rápida evolução a nível tecnológico que assistimos atualmente em todos os setores, faz com que o que seja novidade hoje, amanhã já esteja ultrapassado e sem qualquer valor. O mesmo acontece com as máquinas de injeção de plástico que têm vindo a sofrer enormes mudanças nos últimos anos, enquanto antigamente todas as máquinas existentes eram máquinas hidráulicas, recentemente começaram a surgir máquinas de injeção elétricas e híbridas, que resultam da combinação entre as hidráulicas e elétricas. A OLI tem vindo a investir na aquisição de máquinas elétricas e, ao mesmo tempo, a formar os seus técnicos da injeção neste novo tipo de máquinas e nas suas novas funcionalidades, para que seja possível prolongar o seu tempo de vida útil.

3.3.8 TPM Administrativo

Por último, o TPM pode ser implementado em todos os departamentos da empresa e não apenas nos departamentos da produção e da manutenção. O objetivo ao implementar o TPM a

nível administrativo é dar apoio à produção. Um desses apoios provém do planeamento da produção que elabora todos os dias o plano diário de mudança de moldes e postigos de acordo com as encomendas dos clientes. Além da produção, também é feito o planeamento das mudanças de moldes para as máquinas semiautomáticas da montagem.

4. Análise da Situação Inicial

Ao longo deste capítulo será descrita e analisada a situação inicial do departamento de injeção (DIN). Para tal, primeiramente são caracterizadas as máquinas de injeção de plástico presentes no departamento, de seguida são analisadas as causas das paragens das máquinas, bem como os equipamentos mais penalizantes e os respetivos subconjuntos mais intervencionados. Por último, são calculados alguns indicadores, como é o caso do OEE, o MTBF, o MTTR e a Disponibilidade dos equipamentos selecionados para estudo.

4.1 Equipamentos

Como já foi mencionado, o projeto de estágio foi realizado no Departamento de Injeção (DIN) da OLI, com o objetivo de diminuir o número de paragens das máquinas e aumentar o seu OEE, através da implementação da metodologia TPM. Deste modo, a primeira etapa para o desenvolvimento do projeto passou por conhecer os tipos de máquinas existentes na OLI e, mais detalhadamente, no DIN.

Na OLI existem dois tipos de máquinas de injeção de plástico: automáticas e semiautomáticas (ver secção 3.2). O DIN é apenas constituído por máquinas de injeção de plástico (MIP) automáticas, por isso, é neste grupo de máquinas que o presente trabalho se irá focar. Desta forma, foi feita uma análise às máquinas automáticas da zona da injeção listadas na Tabela 1, que inclui, o setor a que pertencem, a sua marca, se têm *robot* e/ou dispositivo e o seu *layout* (ver Figura 15 – secção 3.1.4.1). A partir da Tabela 1 verifica-se que existem oito tipos de marcas das máquinas automáticas do DIN: MIR, Victor, TOYO, Engel, Maico, Sandretto, EUROINJ e BMB, sendo que das duas últimas marcas apenas existe uma máquina de cada, 123 e 116, respetivamente.

A indústria do plástico é uma das maiores consumidoras de energia, uma vez que o processo de moldagem por injeção é um dos processos que mais necessita de energia, principalmente as máquinas de injeção hidráulicas (Elduque, Elduque, Javierre, Fernández, & Santolaria, 2015). Por isso, além das máquinas hidráulicas, a OLI tem vindo a investir na aquisição de máquinas de injeção elétricas, pertencentes à tipologia TOYO, contando já com 11 máquinas instaladas, das quais cinco pertencem ao Departamento de Injeção. O objetivo da empresa é dar continuidade a este investimento e renovar o conjunto de máquinas instalado por toda a fábrica.

Nas máquinas de injeção hidráulicas, todos os movimentos executados são levados a cargo por uma ou mais bombas hidráulicas que conferem pressão ao circuito, de modo a movimentar e a executar os movimentos necessários (Mianehrow & Abbasian, 2017; Rosato, Rosato, & Rosato, 2000). Já em relação à tecnologia elétrica, esta consiste em todos os movimentos serem executados através de motores elétricos servo-controlados, que substituem o acionamento hidráulico (Rosato et al., 2000). As principais vantagens desta tecnologia prendem-se com o facto de o consumo elétrico ser mais baixo, cerca de 30% relativamente à tecnologia hidráulica, permite atingir elevados níveis de repetibilidade sem a atenção do operador, devido aos motores servo controlados, o baixo ruído e permite eliminar algumas fugas de óleo nas

máquinas, visto que não existe óleo diretamente envolvido no processo, o que torna a tecnologia mais amiga do ambiente (Rosato et al., 2000).

Portanto, do conjunto de máquinas existente no DIN, apenas serão analisadas as MIR, Victor e TOYO, uma vez que as MIR e as Victor são as marcas que contém o maior número de máquinas associado, cerca de 20 em cada uma e, por isso, as características entre elas são semelhantes e os planos de manutenção autónoma também o serão. Em relação à TOYO, como é uma marca de máquinas elétricas, interessa conhecer as diferenças em relação às hidráulicas. Na Tabela 2 encontra-se a lista de máquinas referentes a cada marca.

Tabela 1 - Características das Máquinas Automáticas do DIN

Máquinas Automáticas DIN				
Setor	Máquina	Marca	Robot	Dispositivos
1	40	MIR	X	
	60			
	59			
	50			
	84	Victor	X	
	46			
	53			
	55			
	54	TOYO		
	56			
126	Engel			
107	Maico	X	X	
101	Sandretto			
42				
89				
2	64	MIR	X	
	67		X	
	63		X	
	70		X	
	65		X	
	85	X		
	68	Victor	X	
	73			
	72			
	58	TOYO	X	
	117			
	119	EUROINJ	X	
123	BMB	X		
116				
3	77	MIR	X	X
	78			
	79			
	52			
	66	Victor	X	
	62			
	104			
	113			
	87	TOYO	X	
	76			
	80	Sandretto	X	
	127			
129				
36				
125				
97				
4	124	MIR	X	X
	49			
	81	Victor		
	115			
	57			
	47			
	88			
	74	Engel		
	71			
	106			
	105	Maico		
	108			
	100	Sandretto		
120				
96				
Chefe de Equipa	128	MIR	X	
	99	Maico	X	

Tabela 2 - Lista das Máquinas de Injeção por Marca

MIR	Victor	TOYO	Engel	Maico	Sandretto
40	46	117	105	99	36
49	47	119	106	100	42
50	53	126	107	101	89
52	54	127	108		96
59	55	129			97
60	56				120
62	57				125
63	58				
64	71				
65	72				
66	73				
67	74				
68	76				
70	80				
77	81				
78	87				
79	88				
84	104				
85	113				
124	115				
128					

4.2 Causas de Paragens

Após o levantamento dos tipos de máquinas existentes no DIN, a próxima fase passou por analisar as causas das paragens das suas máquinas, um ponto importante para a elaboração dos planos de manutenção autónoma.

Como referido anteriormente, na empresa existem dois *softwares*, o STAIN e o IFS (ver secção 3.1.4.1). O STAIN além de permitir ver no momento presente o estado em que se encontram as máquinas, também fornece dados das máquinas dos dias, meses ou anos anteriores. Através desses dados é possível saber que máquinas estiveram a trabalhar num determinado dia, o estado em que estavam e a hora, o código da peça que estavam a produzir, o lote desse artigo, a OF associada, o molde em máquina, a quantidade produzida nos momentos de produção e no caso de terem estado paradas, a causa dessa paragem e quem registou a causa de paragem. No Anexo D pode-se observar um excerto de um conjunto de dados de extraído do STAIN, do dia 10 de janeiro de 2020, é de salientar que o *software* é de origem italiana e, por isso, alguns termos estão em italiano.

Em relação ao estado das máquinas, podem existir três situações: *Produzione*, *Fermo* e *Attrezzaggio*, isto é, em produção, parada ou em mudanças e limpezas, respetivamente. O estado

de *Attrezzaggio* é maioritariamente associado a mudanças em máquinas, que podem ser de quatro tipos: mudança de molde, mudança da cor do pigmento, mudança de matéria-prima e mudança de “postigos”. Além das mudanças, também é associado ao estado de *Attrezzaggio* as limpezas à máquina e ao molde.

Relativamente ao estado de *Fermo*, isto é, máquina parada, ocorre devido a avarias ou falhas nas MIP’s, nos periféricos e/ou dispositivos e, também, se refere a paragens programadas. Até ao momento não existe um registo total das causas de paragens, apesar de já existir um parâmetro no STAIN que permite aos operadores e chefes de equipa realizar esta classificação quando algum equipamento falha subitamente. Assim, as causas de paragens existentes no STAIN podem ser divididas em diversas categorias como:

1. **Afinações** – do processo, de periféricos, do *robot* e da mão do *robot*;
2. **Avarias** – da máquina, do molde, do periférico;
3. **Fugas** – de água, óleo;
4. **Paragens programadas** – como por exemplo, ensaios do molde, quando se trata de um novo molde, ou manutenções preventivas;
5. **Outros** – Peças incompletas, plástico no molde, gito e/ou peças presas no molde, aquecimento da máquina, falta de matéria-prima, micro paragens, entre outros.

No entanto, por vezes acontece os operadores não saberem como classificar a paragem e, por isso, classificam a paragem no STAIN como “Diagnóstico” ou deixam a paragem de máquina “Por Declarar”, duas situações a evitar. Quando a percentagem de paragens por declarar é muito grande impede a administração de ter uma base de dados confiável e, conseqüentemente, é impossível identificar a causa raiz das paragens e chegar a possíveis resoluções dos problemas e ações de melhoria.

De forma a perceber as paragens mais frequentes, foram analisados os dados referentes aos meses de setembro, outubro e novembro de 2019 que correspondem a um total de 58570 paragens, o que equivale a 9510 horas de paragem de máquinas. A Figura 19 mostra a percentagem, do tempo total de paragens, correspondente a cada causa.

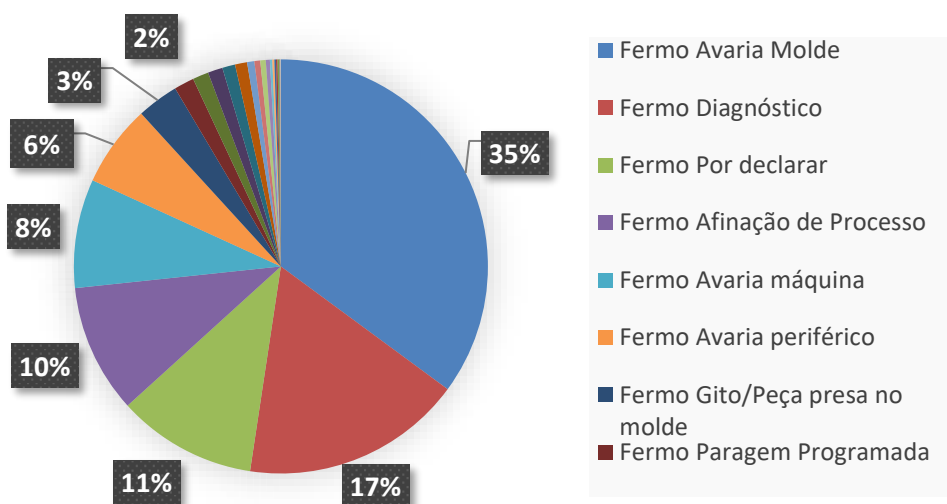


Figura 19 - Percentagem de Causas de Paragens (Análise Tempo)

Observando a Figura 19, do tempo total de paragens, 35% do tempo as máquinas estiveram paradas por avaria de molde, 17% do tempo foi declarado como diagnóstico, 11% desse tempo não tem uma causa associada e encontra-se por declarar, em 10% do tempo ocorreram paragens para afinação do processo, isto é, ajustar parâmetros das máquinas, 8% por avaria de máquina, 6% por avaria de um periférico, 3% por gito ou peças presas no molde e em 2% do tempo houve paragens programadas. As restantes percentagens não foram tidas em consideração, pois correspondiam a valores muito pequenos.

No diagrama de Pareto da Figura 20 estão representadas as causas de paragens das máquinas automáticas do DIN, mencionadas acima, assim como o tempo total de cada uma entre setembro e novembro de 2019. Ao analisar esta figura, conclui-se que a paragem por avaria de molde corresponde a um total de 3340 horas de máquinas paradas, entre setembro a novembro de 2019. A avaria de molde pode corresponder a diversas situações como fugas nas mangueiras do molde, nas placas de água ou de óleo, acessórios partidos, entre outros. Logo a seguir, correspondente a 1645 horas, vêm as paragens declaradas como diagnóstico, o que significa que os operadores não sabiam qual a causa da paragem de máquina. É também de salientar a percentagem de paragens por declarar, 11%, que adicionando aos 17% de diagnóstico, perfaz um total de 28%, 2680 horas, um valor elevado. Deste modo, existe a necessidade de incutir aos operadores que declarem sempre todas as paragens e que o façam corretamente.

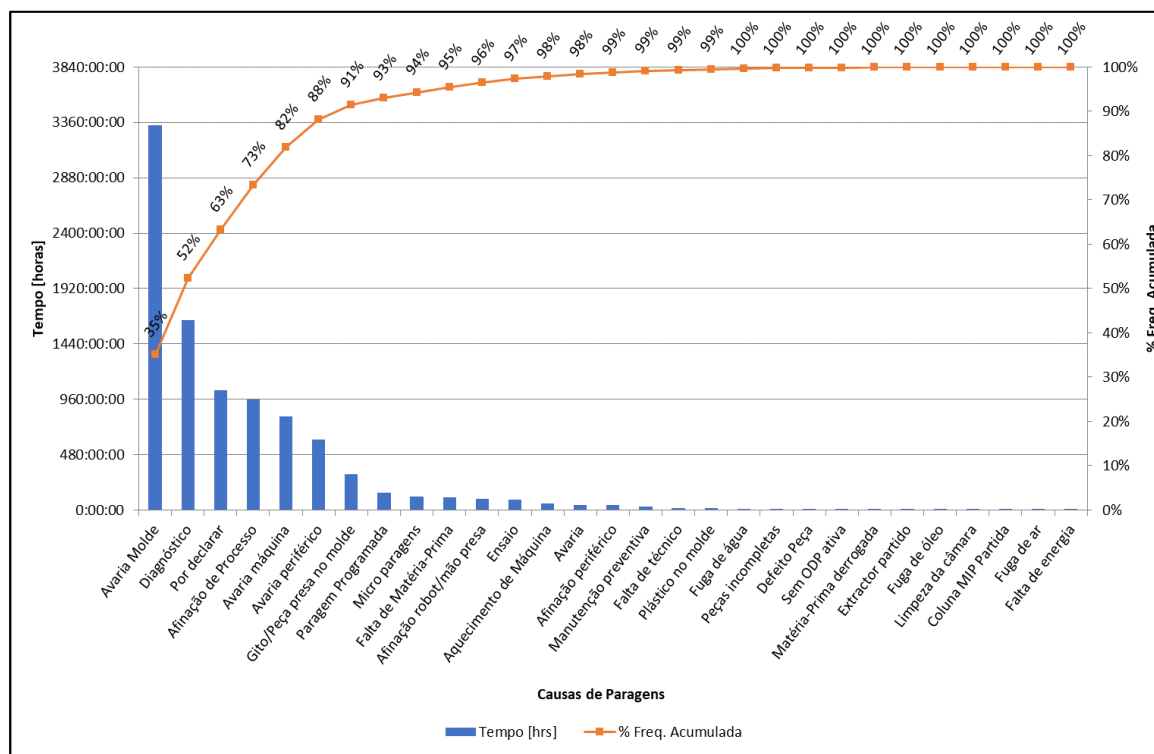


Figura 20 – Distribuição das causas de paragens (entre setembro e novembro de 2019)

Uma forma de confirmar se os operadores estão ou não a declarar as paragens das máquinas é através do sistema *andon* (Figura 21), que permite identificar o que está a acontecer em cada equipamento através de sinais luminosos e sonoros.

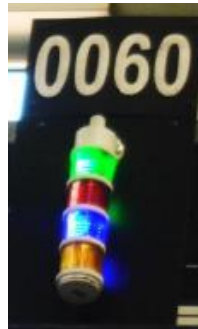


Figura 21 - *Andon* da MIP 60

O sistema *andon* é constituído por quatro cores: verde, vermelho, azul e amarelo. Quando apresenta a cor verde constante significa que a máquina está em produção, no entanto, quando o verde está intermitente quer dizer que a máquina está a produzir, mas fora do seu tempo de ciclo. Em relação à cor vermelha, esta também pode estar constante ou intermitente, no primeiro caso a máquina está parada e no segundo caso, o vermelho intermitente é acompanhado por um sinal sonoro, o que significa que a máquina está em alarme, isto é, parou porque ocorreu alguma avaria que deve ser resolvida o mais rápido possível. O sinal azul constante quer dizer que o equipamento apresenta paragens por declarar e o sinal azul intermitente significa que é necessário realizar o autocontrolo das peças que estão a ser produzidas. Por último, a cor amarela constante significa que está a ser efetuada mudança de molde na máquina em questão.

Em relação ao número de ocorrências, do total de 58570 paragens, 24% correspondem a afinações do processo, 15% a micro paragens, 14% das ocorrências não foram classificadas, 13% corresponde a avaria de um periférico, 9% são paragens por avaria de molde, 7% por diagnóstico, 5% por avaria no geral, 4% são paragens devidas a gito ou peças presas no molde e 3% são paragens por avaria de máquina (ver Figura 22).

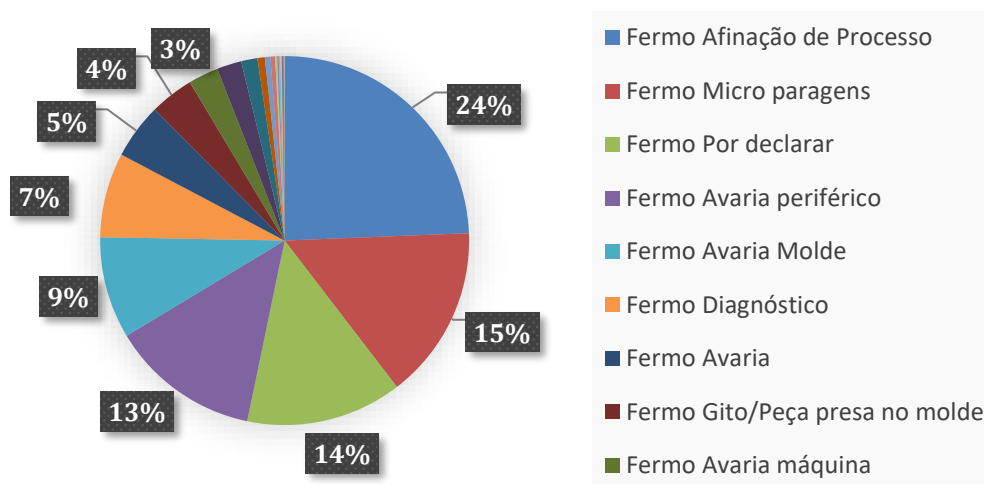


Figura 22 - Percentagem de Causas de Paragens (Análise Ocorrências)

4.2.1 Equipamentos mais penalizantes

Após conhecer as causas das paragens das máquinas do DIN, foram analisadas as máquinas que estiveram mais tempo paradas devido a avarias, para cada uma das marcas em estudo: Victor, MIR e TOYO, representadas na Figura 23.

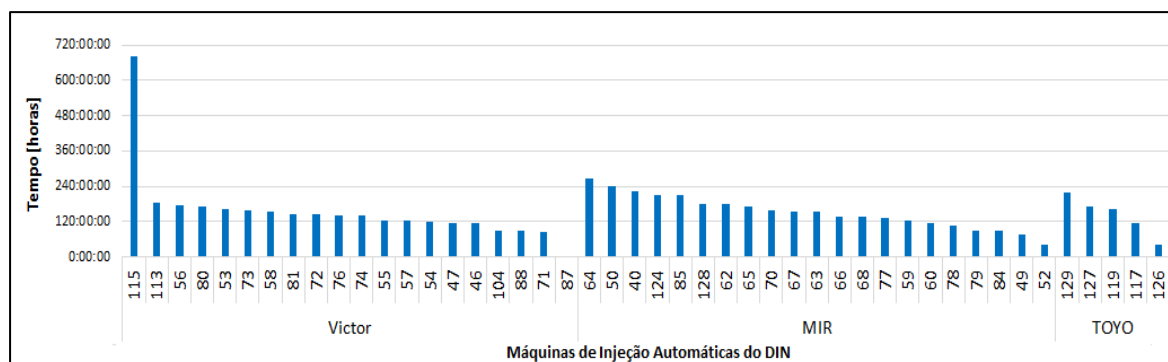


Figura 23 - Tempo que as máquinas estiveram paradas (entre setembro e novembro de 2019)

Observando a Figura 23, a máquina de injeção com maior destaque, entre o total de 46 máquinas e que mais contribuiu para o tempo total de paragens, com aproximadamente 680 horas em avaria, é a MIP 115, portanto, conclui-se que é a máquina mais crítica da zona da injeção. A razão do elevado número de paragens nesta máquina deve-se à complexidade do funcionamento do conjunto dos dispositivos que a rodeiam e que são necessários para obter o produto final. Dentro da gaiola, em que se encontra a máquina de injeção 115, existe um *robot*, que faz uma série de movimentos, de modo a transportar os componentes da peça final entre a máquina e os dispositivos. O processo inicia-se com o *robot* a ir buscar quatro insertos, ao Alimentador de Insertos. De seguida, os insertos são aquecidos no Aquecedor Indutivo para poderem entrar no molde. Este aquecimento permite que não haja um choque térmico entre o líquido injetado no molde, que se encontra a elevadas temperaturas, e o inserto. Após a colocação dos insertos nas cavidades do molde, este fecha e inicia-se a moldagem por injeção. Quando a injeção está concluída, o *robot* está em frente ao molde para retirar quatro *racords* e colocar novamente mais quatro insertos. Os *racords* são transportados para uma Estante de Arrefecimento que os conduz para o Sistema de Cravação. Por último, no cravador são colocados os casquilhos e a peça fica pronta. Assim, para além das paragens que ocorrem devido a problemas no processo de moldagem por injeção, também existem constantes falhas nos dispositivos mencionados. Pode ser consultado no Anexo E a gaiola onde se encontra a MIP 115 e os dispositivos referidos anteriormente.

Além da MIP 115, também a MIP 113 encontra-se numa gaiola com alguns dispositivos necessários para obter a peça final, no entanto, o processo não é tão complexo como da MIP 115. Por isso, a máquina de injeção 113 vem logo a seguir à MIP 115, com 186 horas de paragens. Das restantes máquinas pertencentes à marca Victor, todas apresentam os mesmos componentes, a única diferença é que algumas máquinas de injeção podem conter *robot* e/ou dispositivo. Na Figura 24 pode-se observar um *robot* utilizado para retirar as peças injetadas do interior das cavidades do molde e colocar na passadeira ou na caixa, no caso de peças mais frágeis. Este *robot*

é igual para todas as máquinas de qualquer tipo de marca, exceto da MIP 115 (ver Anexo E) e da 113, igual ao da 115.



Figura 24 - Robot da MIP 57

Em relação às máquinas de injeção MIR, também os seus subconjuntos são os mesmos, sendo que algumas podem ter *robot* e/ou dispositivo. O mesmo se aplica à marca TOYO. Portanto, as análises de todas as questões técnicas, económicas e humanas, assim como, os cálculos apresentados dos indicadores de desempenho serão apenas para as marcas em estudo. Todas as ações vão ser implementadas com pertinência e contando com a responsabilidade e a participação de todos, incluindo os operadores, uma vez que desempenham o papel principal para o sucesso do TPM nas máquinas de injeção do departamento.

4.2.1.1 Subconjuntos mais penalizantes

O STAIN apesar de mostrar as causas de paragens dos equipamentos, este não permite saber ao pormenor em que local da máquina ou do periférico ocorreu a avaria. Para obter tais informações e, no caso de avarias mais graves, que necessitam da intervenção da manutenção, recorreu-se ao *software* IFS, através do qual foram retiradas as Ordens de Trabalho (OT) dos equipamentos (ver secção 3.2.2). Desta forma, para a elaboração dos planos de manutenção autónoma (PMA) foram analisadas as OT's no período entre 2017 e 2019 para um conjunto de máquinas de cada uma das marcas em análise. Através destas análises foi possível concluir os problemas mais frequentes, assim como os locais mais intervencionados. Foi considerado um período alargado, uma vez que quanto maior for o intervalo de análise mais realistas são os resultados.

É de salientar que são os técnicos de injeção e os operadores que escrevem por eles próprios a causa de uma avaria, isto faz com que as ordens de trabalho tenham um carácter subjetivo e, conseqüentemente, a tarefa de análise das mesmas tenha sido dificultada. Por exemplo, muitas vezes aparecem fugas de óleo nas máquinas que os operadores não conseguem identificar a sua origem, por conseguinte, alguns escrevem apenas “Fuga de óleo”, outros escrevem “Fuga de óleo por baixo da máquina”, assim, é impossível identificar o subconjunto onde ocorreu a avaria e, por isso, essas OT's não foram consideradas. Outros casos são, por exemplo, quando os operadores escrevem “Máquina bloqueada”, “Máquina não aquece”, entre outros, sendo impossível identificar qual o local da MIP que bloqueou ou qual o componente que não aquece. Portanto, o número de avarias representadas nos gráficos abaixo apenas

corresponde àquelas que foi possível identificar o local a intervir, ou seja, o número total de OT's existentes ao longo dos anos é superior.

Nos diagramas de Pareto que se seguem estão apresentados os subconjuntos que avariaram com mais frequência para as tipologias: Victor, MIR e TOYO, onde as colunas representam a frequência de avarias, isto é, o número de vezes que aquele local esteve com problemas.

Na Figura 25 está representado o diagrama de Pareto da marca Victor. Para a elaboração do mesmo foram analisadas as ordens de trabalho de seis MIP's, com as mesmas características e que podem ser generalizadas para as restantes, uma vez que os componentes das máquinas são os mesmos. Analisando este gráfico, conclui-se que as avarias mais frequentes foram no bico de injeção, nas borboletas, na caixa controladores e no coletor de águas, estes quatro subconjuntos representam 51% do número total de avarias.

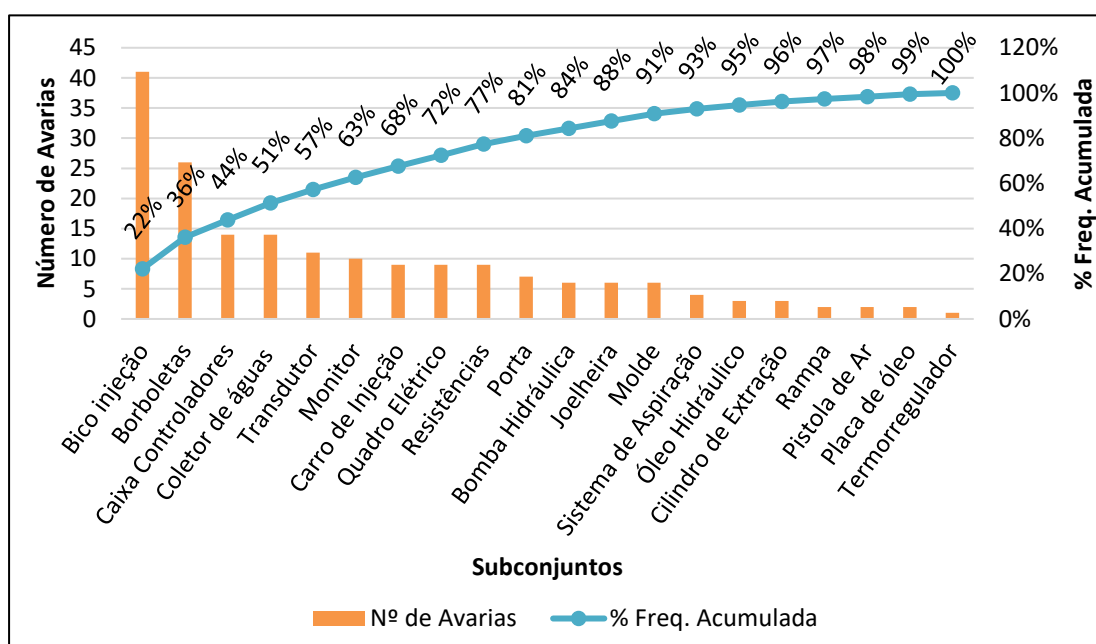


Figura 25 - Avarias ocorridas nos subconjuntos das máquinas Victor (entre 2017 e 2019)

Apesar da Figura 25 permitir obter informação acerca dos locais das máquinas Victor mais intervencionados, o mesmo nada informa sobre o tipo de avarias que ocorreram nesses subconjuntos. Desta forma, foram analisadas mais aprofundadamente as OT's das máquinas em estudo e foram construídos os gráficos das Figuras 26 e 27, que mostram os tipos de avarias no bico de injeção e nas borboletas, respetivamente, que são os locais com o maior número de ocorrências.

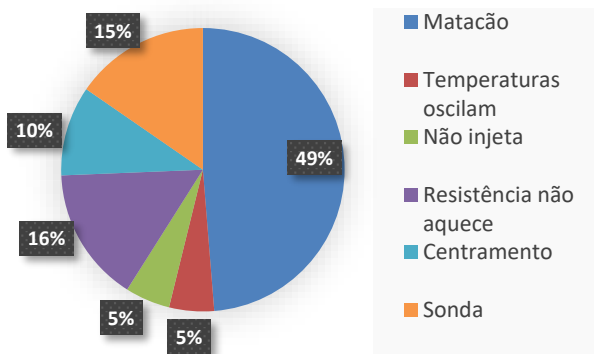


Figura 26 - Avarias no Bico de Injeção (%) - (entre 2017 e 2019)

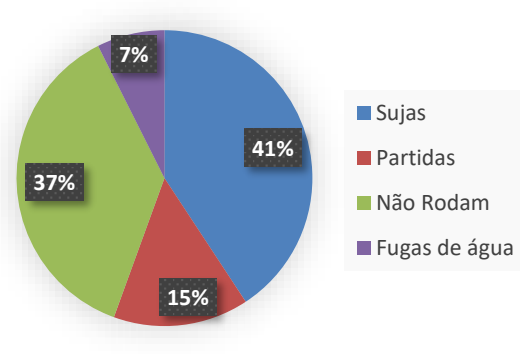


Figura 27 - Avarias nas Borboletas (%) - (entre 2017 e 2019)

Posto isto, segundo a Figura 26, conclui-se que 49% das avarias ocorridas nos bicos de injeção devem-se ao matacão. O matacão ocorre quando o bico de injeção fica descentrado em relação à entrada do molde e nem todo o material que injeta vai para o interior das suas cavidades, conseqüentemente, o bico começa a babar, o que provoca acumulação de plástico à volta do cilindro de injeção, designado de matacão. Além do bico descentralizado, o matacão também pode acontecer devido ao bico se encontrar ovalizado, amaçado, mal retificado ou os filtros e roscas estarem demasiado presos.

Em relação às borboletas, estas são umas turbinas por onde circulam a água quente e água fria que provém do termorregulador e se direciona para o molde. Observando a Figura 27 conclui-se que 78% das causas das avarias das borboletas são a sua sujidade e o facto de não rodarem.

Por último, além do bico de injeção e das borboletas, também foram mencionados a caixa de controladores e os coletores de águas. Na caixa de controladores constam as temperaturas de funcionamento do molde e um dos principais motivos das suas avarias são as temperaturas descontroladas, que por vezes apresenta. Relativamente aos coletores de águas, estes apresentam constantes fugas de água nas suas mangueiras ou estas encontram-se trocadas ou danificadas.

Dos restantes subconjuntos, é importante salientar algumas avarias e problemas como as fugas de óleo nos cilindros do carro de injeção e nos cilindros de extração, as resistências do cilindro de injeção que, por vezes, não aquecem ou algumas zonas que apresentam temperaturas descontroladas, os barulhos que as joelheiras fazem ao se movimentar, as fugas de água nas mangueiras do molde e no termorregulador, as mangueiras de aspiração de matéria-prima que por vezes se encontram rotas ou danificadas, o nível do óleo hidráulico que não está na zona verde, entre outros.

Como referido na secção 4.2.1 a máquina crítica do DIN é a MIP 115 e, apesar da máquina em si ser uma Victor, para esta produzir a peça final necessita de um conjunto de dispositivos. Portanto, foram analisadas as OT's desta máquina, presente no diagrama de Pareto da Figura 28, de forma, a perceber as razões do elevado número de paragens e alguns tipos de tarefas que pudessem vir a ser implementadas aquando da elaboração do seu PMA.

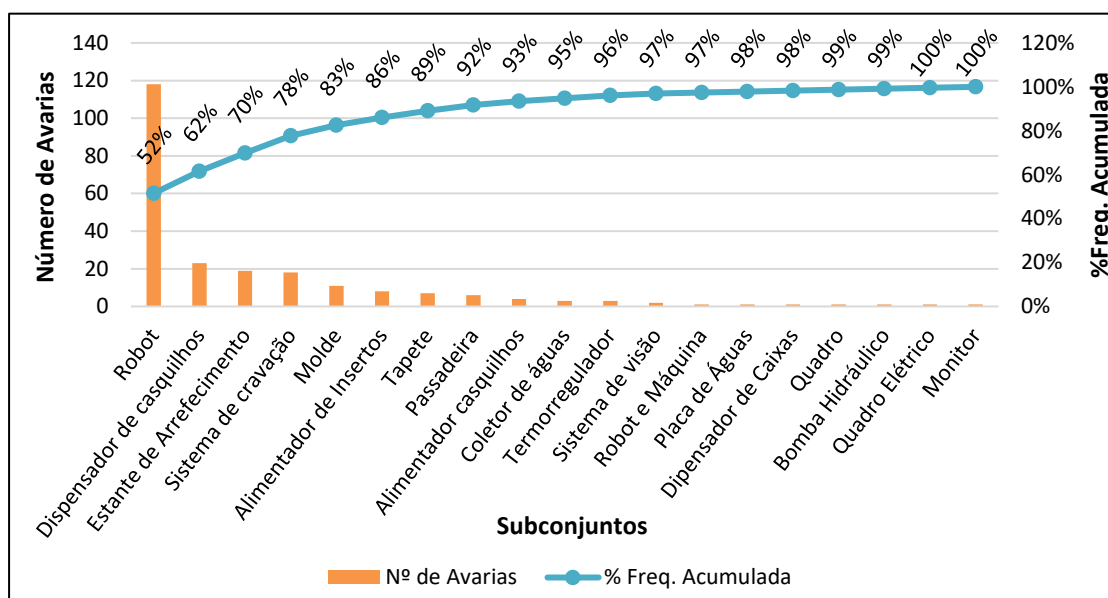


Figura 28 - Avarias ocorridas nos subconjuntos e dispositivos da MIP 115 (entre 2017 e 2019)

Observando a Figura 28 conclui-se que o *robot* é o principal responsável pelas paragens, constituindo mais de metade do número total de avarias, nomeadamente, 52%. Logo a seguir vem o dispensador de casquilhos, a estante de arrefecimento e o sistema de cravação (ver Anexo E). Estes quatro subconjuntos representam 78% das paragens da MIP 115. Portanto, importa conhecer as causas das paragens do *robot* da MIP 115, representadas na Figura 29.

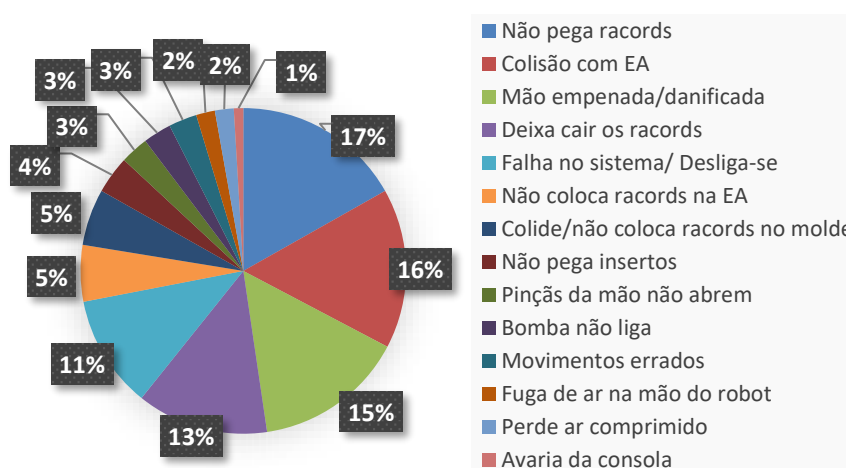


Figura 29 - Causas das paragens do *Robot* da MIP 115 (%) - (entre 2017 e 2019)

Ao analisar a Figura 29, pode-se afirmar que 17% das vezes o *robot* não consegue pegar nos *racords*, que constitui o principal tipo de avarias. Logo de seguida, 16% das vezes o *robot* colide com a estante de arrefecimento, 15% das avarias devem-se à mão do *robot* estar empenada ou danificada e 13% das paragens estão relacionados com o facto do *robot* deixar cair um ou mais *racords*. No total estes quatro tipos de avarias constituem 61% das paragens. Mediante o exposto, pode-se afirmar que a grande maioria das avarias ocorrem na mão do *robot*

e nas suas pinças que não funcionam corretamente e, por isso, esses conjuntos devem ser melhorados, o que está à responsabilidade do Departamento de Engenharia.

Após a análise das avarias nas máquinas Victor, é a vez de perceber quais os subconjuntos mais problemáticos na tipologia MIR. No diagrama de Pareto da Figura 30 estão apresentados os locais que tiveram registo de avarias para a marca MIR, também aqui foram analisadas as OT's de seis máquinas de injeção, das quais duas possuem *robot*. Assim, foi possível identificar que tipo de avarias possuem os *robots* e generalizar para as restantes máquinas, de qualquer marca, uma vez que os *robots* são todos iguais (Figura 24), exceto da MIP 115 (ver Anexo E).

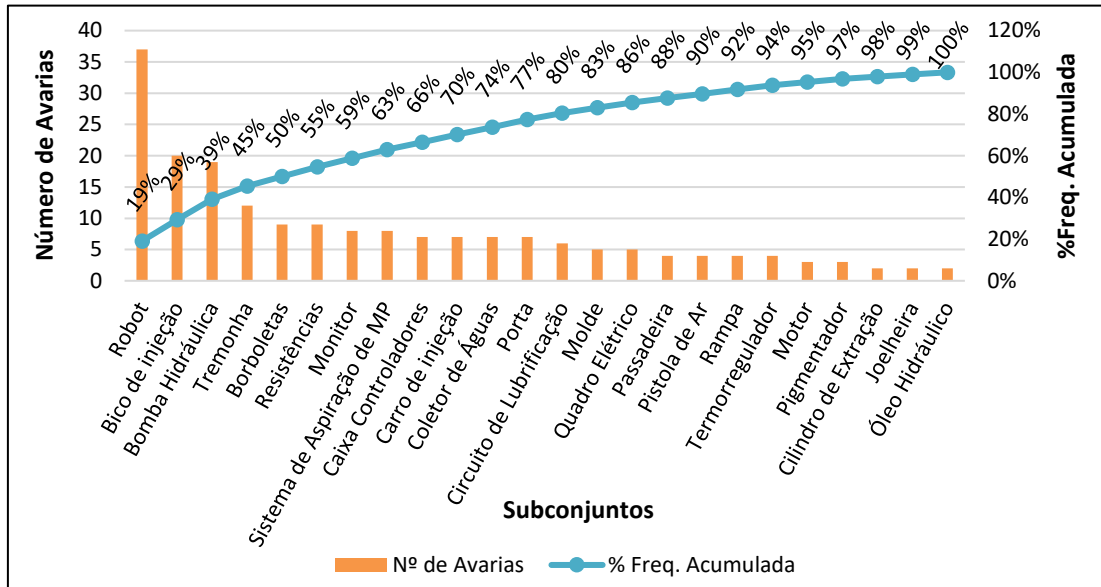


Figura 30 - Avarias ocorridas nos subconjuntos das máquinas MIR (entre 2017 e 2019)

Ao observar a Figura 30 conclui-se que, apesar de apenas duas das máquinas em estudo possuírem *robot*, este subconjunto é o que apresenta um maior número de avarias, 19% do total de OT's. Caso não seja tomado em consideração o *robot*, o subconjunto mais problemático é o bico de injeção, tal como nas máquinas Victor, isto deve-se, ao facto de o matacão ser um problema bastante frequente nas máquinas de injeção. Dos restantes subconjuntos, a grande maioria também consta nas máquinas de injeção Victor e pelos mesmos problemas mencionados acima. Exceto o circuito de lubrificação, que apenas as máquinas MIR o possuem e que, às vezes, apresenta fugas de óleo.

No que se refere ao *robot*, as causas das avarias e falhas que este pode apresentar estão assinaladas na Figura 31. Este gráfico mostra que existem três causas principais das paragens de um *robot*, são elas: o *robot* não realizar todas as cotas programadas, ou seja, não faz os movimentos corretos, que acontece 25% das vezes, de seguida, 21% das avarias devem-se à mão do *robot* que se encontra desaperda e/ou com falta de parafusos e por último, também representando 21%, o *robot* não consegue agarrar nas peças que saem do molde. No total, estas três situações correspondem a 67% do número total de avarias que ocorrem nos *robots* em estudo.

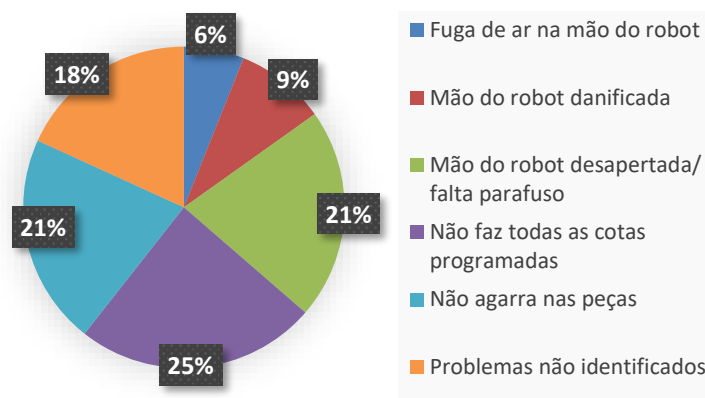


Figura 31 - Avarias no Robot (%) - (entre 2017 e 2019)

Por último, foram analisadas as OT's de três das cinco máquinas TOYO existentes no DIN, nomeadamente das três que apresentam maior tempo de máquina parada: 129, 127 e 119, cujos subconjuntos com registo de avarias estão expostos na Figura 32. Neste gráfico destaca-se um subconjunto que não está presente nas Figuras 25 e 30, a Centralina, uma vez que esta apenas existe nas máquinas TOYO, onde se localiza o reservatório do nível do óleo hidráulico, o motor da máquina e outros componentes. Apesar das máquinas TOYO serem máquinas elétricas, estas continuam a precisar de óleo para alguns dos seus movimentos, inclusive para os movimentos do molde e para evitar o desgaste de alguns dos seus componentes. Deste modo, como o reservatório de óleo hidráulico está localizado na centralina, um dos problemas mais frequentes neste local são as fugas de óleo.

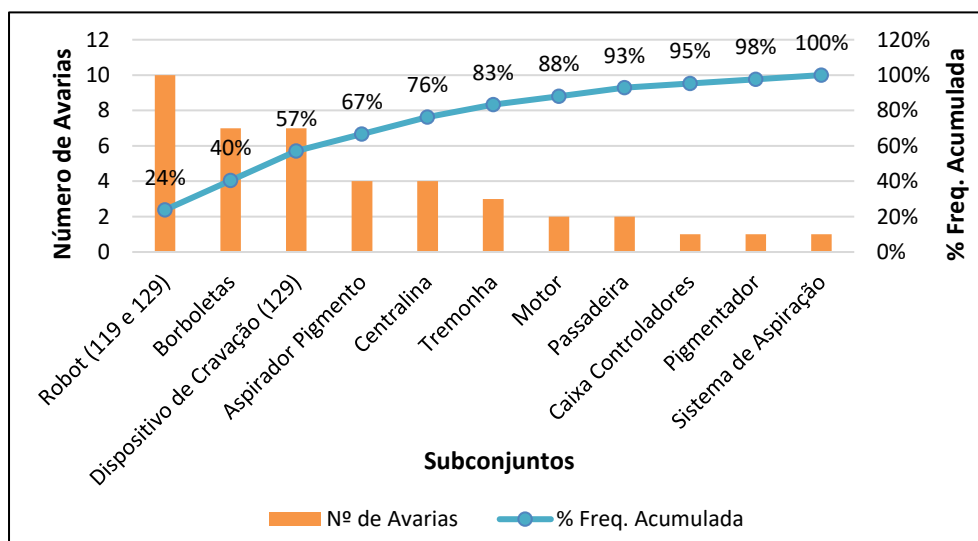


Figura 32 - Avarias ocorridas nos subconjuntos das máquinas TOYO (entre 2017 e 2019)

Em suma, todas estas análises serão tidas em consideração no momento de elaboração das tarefas dos planos de manutenção autónoma, de modo a que algumas das avarias identificadas possam ser reduzidas futuramente.

4.3 Indicador OEE

Como mencionado na secção 2.3.2, um bom indicador para medir a eficiência dos equipamentos e avaliar a implementação da metodologia TPM é o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Deste modo, na Figura 33 está representado o OEE obtido durante o ano de 2019 nas máquinas de injeção de plástico do DIN. A linha verde corresponde à média obtida deste indicador para o ano de 2019.

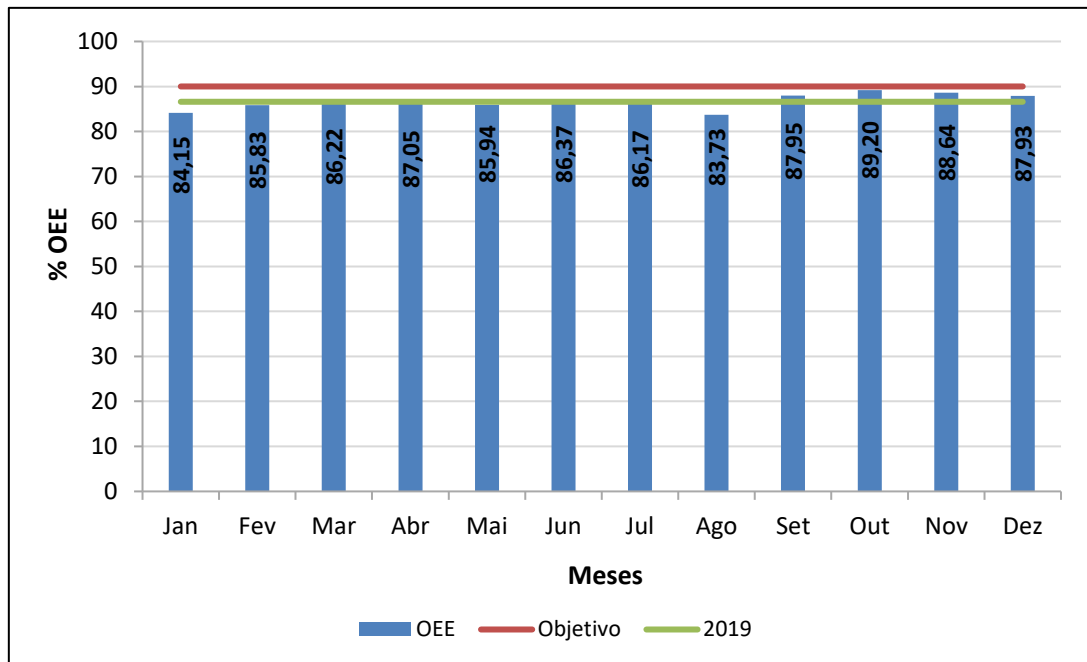


Figura 33 - OEE das Máquinas de Injeção do DIN (%) - (2019)

O objetivo definido pela empresa para as máquinas do departamento de injeção é atingir no mínimo um OEE de 90%, representado pela linha vermelha. Contudo, como se pode observar na Figura 33, a média anual deste indicador ficou pelos 86,6%, ainda assim, nos meses de outubro e novembro o OEE esteve muito próximo do objetivo com 89,2% e 88,6%, respetivamente. O valor mais baixo obtido foi no mês de agosto, com 83,73%, este valor deve-se ao facto do mês de agosto ser o mês de paragem de fábrica e, deste modo, no momento do arranque é normal as máquinas apresentarem mais problemas devido ao tempo que estiveram paradas.

De acordo com o enquadramento teórico da secção 2.3.2, um OEE de 85% é considerado um valor de referência para as empresas. Considerando este valor e observando a Figura 33, conclui-se que em praticamente todos os meses do ano de 2019, o Departamento de Injeção ultrapassou os tais 85%, exceto nos meses de janeiro e de agosto, que são meses de paragens de fábrica seguidos de arranque. Assim, existe a necessidade de aumentar o valor do OEE e alcançar o objetivo dos 90% em todos os meses do ano.

4.4 Indicadores de Desempenho

Nesta subsecção são calculados os indicadores de manutenção, mencionados no Enquadramento Teórico (ver capítulo 2), para as máquinas de injeção automáticas do DIN com a finalidade de perceber o ritmo a que ocorrem as avarias em cada máquina, os tempos de reparação e a disponibilidade dos equipamentos. Note-se que para o cálculo do número total de avarias, foram consideradas apenas as avarias com um tempo igual ou superior a cinco minutos.

4.4.1 MTBF

Para estudar a fiabilidade das máquinas do departamento de injeção foi calculado o MTBF mensal ao longo do ano de 2019, para as marcas em estudo; com estes valores pretende-se identificar o tempo que sucede entre avarias consecutivas no conjunto de máquinas de cada marca, portanto, quanto maior for o MTBF melhor.

Analisando a Figura 34, pode-se concluir que as máquinas das marcas Victor e MIR estão dentro do mesmo intervalo de valores, 5 horas e 13 minutos e 8 horas. No caso da tipologia TOYO, esta apresentou muitos altos e baixos ao longo do ano, o valor mais elevado de MTBF foi no mês de fevereiro com 12 horas e 25 minutos e, também, nos meses de março, junho e novembro apresentou valores mais elevados do que as restantes. A justificação prende-se com o facto das máquinas TOYO serem as mais novas na fábrica e, por isso, não apresentam tanto desgaste como as restantes.

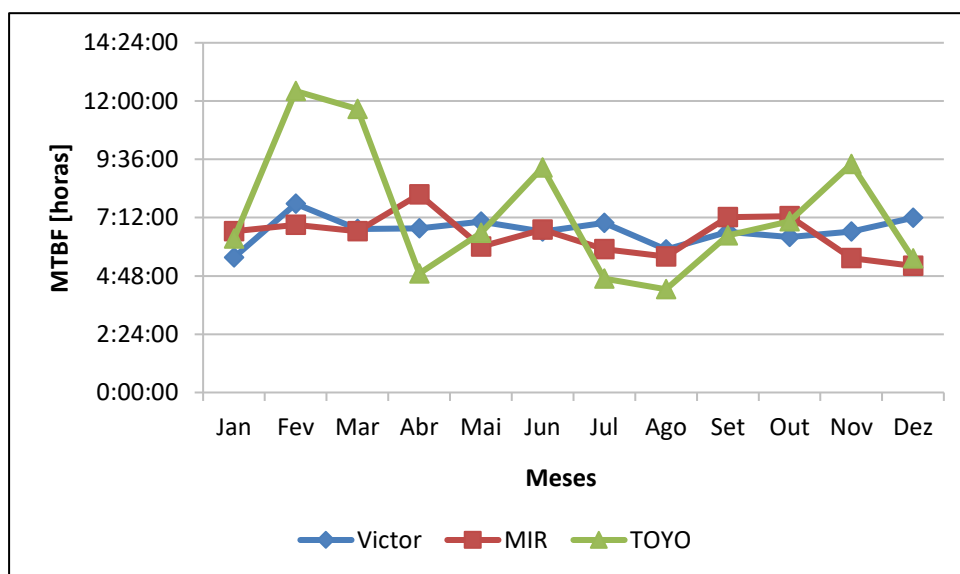


Figura 34 - MTBF de cada marca de máquinas de injeção do DIN (hrs) - (2019)

4.4.2 MTTR

Para estudar a manutibilidade das máquinas do departamento de injeção foi calculado o MTTR mensal ao longo do ano de 2019, para cada uma das marcas em estudo. Através deste indicador é possível saber o tempo médio necessário para reparar uma avaria, logo, o objetivo é obter valores reduzidos de MTTR. Para o cálculo do MTTR foi considerado como tempo de

reparação de uma avaria, o tempo que decorre desde que a máquina para até ao momento em que está novamente em produção, ou seja, neste intervalo de tempo existe um tempo de espera pelo serviço de manutenção. Na Figura 35 está representado o MTTR obtido ao longo do ano de 2019.

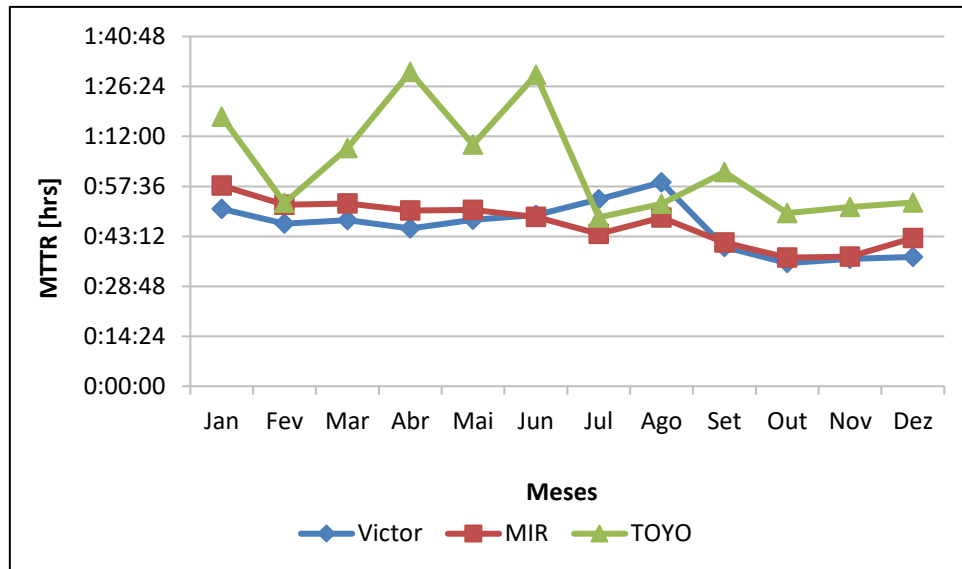


Figura 35 - MTTR de cada marca de máquinas de injeção do DIN (hrs) - (2019)

Ao analisar a Figura 35, pode-se afirmar que, tal como na Figura 34 as tipologias Victor e MIR têm uma evolução semelhante do longo do ano de 2019, também nos valores de MTTR o mesmo se verifica, encontrando-se entre os 35 e 58 minutos. Por outro lado, as máquinas TOYO são as que apresentam valores mais elevados de manutibilidade, destacando-se os meses de abril e junho, com um MTTR de cerca de 1 hora e 30 minutos. Estes valores podem ser justificados pelo facto destas máquinas serem diferentes de todas as outras, visto que são elétricas e, além disso, são as mais recentes na fábrica, tal como referido anteriormente. Por conseguinte, tanto os técnicos de injeção como os técnicos da manutenção ainda não têm formação e conhecimento suficiente para identificarem e resolverem os problemas encontrados, com a mesma astúcia e capacidade que o fazem para as restantes máquinas hidráulicas, com as quais já trabalham há vários anos.

4.4.3 Disponibilidade

Com os valores de MTBF e MTTR calculados anteriormente é possível passar para a próxima fase, o cálculo da Disponibilidade das máquinas de injeção de plástico, no ano de 2019, para cada uma das marcas em estudo, representada na Figura 36.

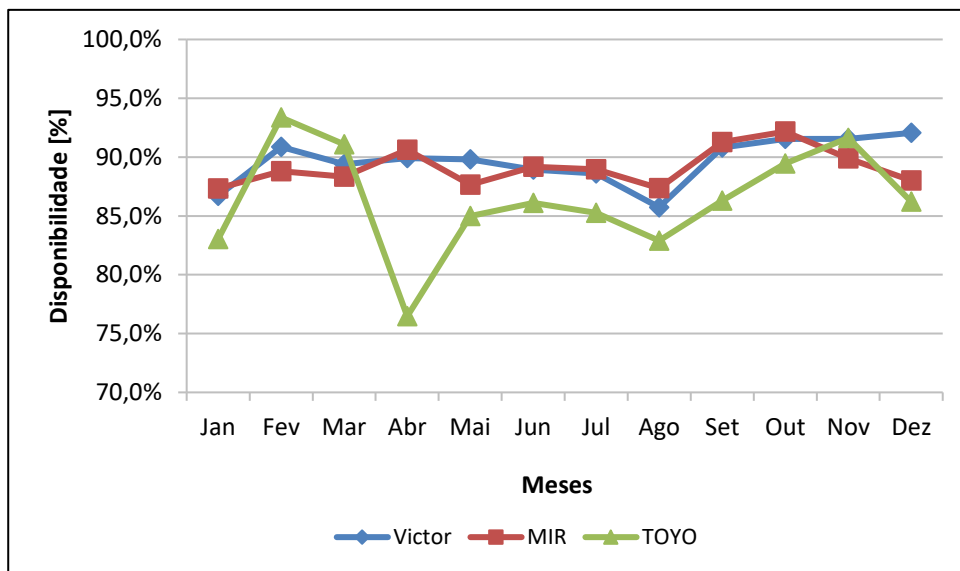


Figura 36 - Disponibilidade de cada marca de máquinas de injeção do DIN (%) - (2019)

Através da observação da Figura 36, verifica-se que das três marcas em estudo, a TOYO é a que apresenta uma maior discrepância nos valores da sua disponibilidade ao longo do ano de 2019, o que se justifica pelos valores de MTBF e MTTR variarem bastante no decorrer do ano, que estão relacionados com este indicador. De janeiro a fevereiro houve um aumento da disponibilidade, sendo neste último mês onde a mesma obteve o maior valor, 93,4%, o que está relacionado com o elevado valor do MTBF obtido para o mês de fevereiro e, também, a um dos valores mais baixos de MTTR. De fevereiro a abril as máquinas de injeção TOYO registaram uma queda na sua disponibilidade, sendo o valor mais baixo, em abril, com 76,5%, visto que nestes meses houve uma diminuição do MTBF e um aumento do MTTR (ver Figuras 34 e 35), nos restantes meses do ano apresentou uma tendência positiva, exceto no último mês.

As restantes marcas em análise não apresentam grandes oscilações de disponibilidade, os seus valores encontram-se entre os 85% e 92%, uma diferença de apenas 7%. É de salientar a subida que todas as marcas registaram entre agosto e outubro, o que se deve à diminuição do MTTR nestes meses (Figura 35), o que significa que nesses meses os técnicos de injeção e da manutenção foram mais rápidos a responder aos problemas das máquinas.

5. Apresentação e Implementação dos PMA's

Através da análise à situação inicial das máquinas de injeção de plástico do DIN, realizada no capítulo anterior, foram identificados diversos problemas e oportunidades de melhoria. Desta forma, ao longo deste capítulo são apresentadas as soluções para reverter a situação encontrada. Para isso, foram seguidas as etapas de implementação da manutenção autónoma e elaborados os planos das máquinas de injeção, cujo objetivo é contribuir para a melhoria da disponibilidade das MIP's.

5.1 Etapas da Manutenção Autónoma

Como mencionado anteriormente, o foco do projeto consistiu na elaboração de planos de manutenção autónoma para as máquinas de injeção automáticas do DIN, um pilar crucial na implementação do TPM, os outros pilares do TPM já são praticados na empresa, uns de uma forma mais explícita que outros (3.3.2 a 3.3.8). A manutenção autónoma responsabiliza o operador por algumas tarefas básicas de manutenção e está dividida em sete etapas (ver secção 2.3.1.2), que foram seguidas para a concretização do projeto.

5.1.1 Limpeza Inicial

A primeira etapa é a limpeza profunda da máquina e tem como objetivo restaurar as condições do equipamento. A realização desta etapa ficou a cargo dos técnicos da manutenção responsáveis por realizar a manutenção preventiva ao equipamento, durante a qual são eliminados pontos de fuga no equipamento, nomeadamente, fugas de óleo, de água e de ar, fontes de contaminação, bem como locais de sujidades, que incluem peças presas na máquina, restos de óleo, entre outros (Figura 37).

A limpeza quando realizada periodicamente, permite conservar o equipamento e aumentar o seu tempo de vida útil, deste modo esta tarefa deve ser realizada regularmente pelos operadores e não apenas nos momentos de manutenção preventiva, assim será possível eliminar o aparecimento de pequenos problemas, criar um local de trabalho seguro e detetar mais rapidamente problemas de maior dimensão, uma vez que o local envolvente torna-se mais visual (Figura 38).



Figura 37 - Máquinas de Injeção antes da limpeza



Figura 38 - Máquina de injeção depois da limpeza

5.1.2 Medidas contra a sujidade e locais de difícil acesso

Nesta fase o objetivo é manter o estado de limpeza alcançado na etapa anterior e detetar possíveis fontes de contaminações, encontrando formas de as reduzir e, ao mesmo tempo, eliminar as áreas não acessíveis e de difícil acesso.

- Colocação de Filtros nos Motores

Foram identificados alguns pontos a melhorar em algumas máquinas de injeção, nomeadamente, nas máquinas elétricas TOYO, que são as mais recentes na empresa. Estas máquinas, ao contrário das restantes, não possuíam filtro nos seus motores, que impede a acumulação de poeiras e sujidades na ventoinha e, conseqüentemente, evita o sobreaquecimento da mesma. Além disso, com a colocação dos filtros, os motores libertam menos gases para o ambiente. Nas Figuras 39 e 40 é possível visualizar o motor da MIP 119, antes e depois de ser colocado o filtro, respetivamente, que é depois trocado pelo operador quando atinge o estado de saturação, uma das tarefas semanais de manutenção autónoma presentes nos PMA's.



**Figura 39 - Motor da MIP 119
(Antes)**



**Figura 40 - Motor da MIP 119
(Depois)**

5.1.3 Elaboração de normas de limpeza e lubrificação

5.1.3.1 Recolha de Dados e Informação

Um plano de manutenção autónoma (PMA) é essencial para o bom funcionamento de um equipamento. Deste modo, no momento da elaboração de um PMA é necessário ter em atenção alguns aspetos, que podem levar a que este não cumpra o objetivo desejado. Em primeiro lugar, é necessário ter um plano adequado a cada máquina, com tarefas fulcrais para evitar certas paragens. De seguida, e o mais importante, é fundamental ter em consideração que os planos são executados pelos operadores, por isso, as tarefas devem ser simples e passíveis de executar por estes e, simultaneamente, não devem ser tarefas que exijam demasiado tempo do operador, uma vez que caso isso aconteça este não vai ter vontade de as realizar.

De forma a atingir o objetivo proposto no início do projeto, isto é, diminuir as paragens das máquinas e, conseqüentemente, aumentar a sua disponibilidade, foram recolhidas informações de diversas maneiras, de modo a possuir planos mais completos possíveis.

Em primeiro lugar, foram analisadas as Ordens de Trabalho (OT) de um conjunto de máquinas de cada marca (ver secção 4.2.1.1), de modo a perceber quais os tipos de avarias e problemas que ocorriam em cada um dos subconjuntos das máquinas de injeção e quais podiam vir a ser diminuídos através de tarefas de manutenção autónoma.

É de salientar que a ordem seguida para a realização dos planos das máquinas automáticas foi de acordo com as máquinas que estariam em manutenção preventiva em cada semana, portanto em cada semana eram analisadas as OT's para cada uma das máquinas em manutenção, de modo a perceber se havia a necessidade de adicionar alguma nova tarefa ao PMA da máquina em questão, para além das existentes para a marca à qual pertencia a MIP. Além disso, nesses dias foram levantadas informações junto dos técnicos da manutenção responsáveis pela mesma, assim, foi possível conhecer mais pormenorizadamente os componentes de uma máquina de injeção e, ao mesmo tempo, obter as suas opiniões acerca de que tipos de avarias poderiam ser evitados através de manutenção autónoma, uma vez que são estes que lidam diariamente com as máquinas e as conhecem melhor que ninguém.

Além das manutenções preventivas e da análise das OT's, foram esclarecidas algumas dúvidas com os operadores e técnicos de injeção acerca das OT's dos equipamentos, bem como avarias e falhas frequentes que existiam derivadas das mudanças de molde, do processo de moldagem por injeção ou do funcionamento dos periféricos das máquinas. Foram, também, realizados acompanhamentos diários aos chefes de equipa, dado que são eles que percorrem toda a zona de injeção várias vezes aos dias e resolvem alguns dos alarmes das máquinas, quando os operadores não o conseguem fazer ou não têm tempo. Desta forma, foi possível acompanhar mais de perto a realidade do trabalho dos operadores. Por último, foram tidos como referência e apoio à concretização das tarefas, os planos já elaborados das máquinas semiautomáticas das células da montagem.

5.1.3.2 Plano de Manutenção Autónoma (PMA)

Na Tabela 3 encontra-se uma listagem das máquinas ordenadas de acordo com o tempo de paragem entre setembro e novembro de 2019, para as marcas: Victor, MIR e TOYO. Na qual

estão destacadas a verde as máquinas que estiveram sujeitas a manutenção preventiva durante o período do projeto de estágio e, conseqüentemente para as quais foram elaborados os planos de manutenção autónoma.

Tabela 3 - Lista do tempo de máquina parada, por marca (entre setembro e novembro de 2019)

Victor		MIR		TOYO	
MIP	Tempo [hrs]	MIP	Tempo [hrs]	MIP	Tempo [hrs]
115	680	64	266	129	216
113	185	50	240	127	170
56	176	40	224	119	160
80	170	124	211	117	113
53	164	85	208	126	43
73	159	128	181		
58	154	62	178		
81	147	65	172		
72	144	70	157		
76	141	67	155		
74	139	63	152		
55	123	66	138		
57	123	68	136		
54	118	77	133		
47	116	59	125		
46	113	60	114		
104	90	78	105		
88	87	79	90		
71	84	84	89		
87	0	49	78		
		52	42		

No Anexo F está presente o plano de manutenção autónoma da MIP 56, pertencente à tipologia Victor. Tal como nos PMA's das máquinas semiautomáticas (ver secção 3.3.1), também os planos das máquinas automáticas estão divididos em oito secções, contudo, existem algumas diferenças relativamente aos anteriores, que foram pensadas de modo a rentabilizar o tempo despendido pelo operador na realização das tarefas. A primeira mudança a salientar é a periodicidade com que algumas tarefas devem ser realizadas, como se pode ver no Anexo F, há tarefas a serem efetuadas no início de turno, semanalmente e mensalmente, no entanto, não há tarefas para o fim de turno, além disso, foram adicionados dois novos momentos: antes e após a mudança de molde.

No início do projeto de estágio foram observadas, durante várias semanas, mudanças de moldes efetuadas pelo técnico de injeção e o operador em conjunto, com o intuito de perceber o que é feito em cada uma das tarefas presentes no *standard* de mudança de molde do operador e do técnico e, ao mesmo tempo, começar a perceber os componentes das máquinas de injeção de plástico. Por conseguinte, foi com base no *standard* da mudança de molde para o operador (ver Anexo G), que foi tomada a decisão de colocar tarefas a serem realizadas antes e após a mudança de molde.

Começando pelas tarefas de início de turno é de realçar a tarefa 1: “Verificar se o bico de injeção está a babar”, que foi criada porque o bico de injeção é um dos subconjuntos com mais avarias quer nas Victor, quer nas MIR e um dos problemas mais recorrentes é o matação (ver 4.2.1.1). Deste modo, esta tarefa é efetuada pelos operadores no início do seu turno. Com base nas OT's foi também elaborada a tarefa 5: “Verificar barulhos nos joelhos da máquina”.

De seguida, vêm as tarefas semanais, nas quais se destacam a 8 e a 9, “Verificar borboletas de circulação de água” e “Verificar nível do óleo hidráulico”, respetivamente. As borboletas são dos componentes das máquinas de injeção que mais avaria em qualquer tipo de marca, como se pôde concluir na secção 4.2.1.1, por isso, é necessário garantir o seu correto funcionamento. Além disso, de acordo com a análise das OT's, por vezes, o nível do óleo hidráulico não se encontra dentro dos valores recomendados, o que leva à paragem de máquina.

Em relação às tarefas a serem realizadas antes da mudança de molde, as duas primeiras tarefas são no(s) termorregulador(es) da máquina, nomeadamente, “Verificar fugas de águas nas mangueiras do termorregulador” e “Verificar barulhos no motor do termorregulador”, tarefas 12 e 13, respetivamente (Anexo F). Ao observar o Anexo G, umas das funções do operador antes de efetivamente mudar o molde da máquina é “Desligar a placa de água (Termorregulador deve estar desligado)”, ou seja, no momento em que o operador se desloca ao termorregulador para o desligar realiza as duas tarefas referidas anteriormente. A criação destas duas tarefas também teve por base a análise das OT's realizada na secção 4.2.1.1, em que um dos subconjuntos com mais intervenções são os termorreguladores.

Como presente no *standard* do operador (Anexo G), este tem de verificar se existe mudança de matéria-prima e/ou pigmento, antes da mudança de molde e, caso exista, então o operador realiza a tarefa 17 do PMA de “Verificar e limpar filtros na tremonha e pigmentador” (Anexo F). Assim, poupa-se tempo, uma vez que caso estas tarefas fossem realizadas noutra momento do dia, o operador teria de se deslocar ao local da máquina propositadamente.

Por último, após a mudança de molde são efetuadas tarefas de verificar fugas de água e óleo nas mangueiras do molde e nas placas, que são as causas de avarias mais frequentes nas máquinas de injeção, bem como a verificação da caixa de controladores. É, também, de extrema importância limpar e arrumar a periferia da máquina, para se poder trabalhar num espaço seguro e rápido de alcançar em caso de avarias. Apesar de esta já ser uma das funções dos operadores, por vezes, não era efetuada, portanto esta é uma forma de garantir a sua realização.

Em suma, são estas tarefas de verificação e limpeza irão possibilitar a diminuição do número de OT's de prioridade 1 nas máquinas de injeção ou, pelo menos, que tenham uma resolução mais rápida, uma vez que já se sabe qual a localização no caso de ser encontrado um problema. Para as restantes máquinas pertencentes à marca Victor, os planos são iguais ao da MIP 56 (Anexo F), exceto para aquelas que contém *robot* e/ou dispositivo e para as MIP's 115 e 113, cujos planos são exclusivos. Deste modo, ao PMA de uma máquina de injeção que contém *robot* e dispositivo, como é o caso da MIP 57 (ver Anexo H), foram adicionadas três novas tarefas, uma no início de turno: “Verificar fugas de ar na mão do *robot*”, correspondente à tarefa 6 e duas após a mudança de molde, que consistem em verificar o funcionamento tanto do *robot* como do dispositivo e assegurar que estes fazem todos os movimentos previstos sem qualquer tipo de falha, tarefas 25 e 26, respetivamente (Anexo H). Estas tarefas também se aplicam para as restantes máquinas de outras marcas que possuam *robot* e/ou dispositivo.

Relativamente à MIP 115, a máquina de injeção mais problemática do DIN e que apresenta um elevado número de paragens, como referido na secção 4.2.1, na qual é também mencionado que esta MIP se encontra numa gaiola que contém uma série de dispositivos necessários para obter a peça final (Anexo E). Assim sendo, o plano desta máquina é mais elaborado que os restantes com tarefas específicas para os seus dispositivos, que foram

adicionadas após a mudança de molde. O objetivo é garantir o correto funcionamento dos dispositivos, sem falhas e paragens e, assim, evitar a paragem da máquina de injeção propriamente dita. No Anexo I pode-se observar o PMA da MIP 115, em que as tarefas mencionadas acima correspondem aos números 27 a 32.

No caso das máquinas de injeção pertencentes à tipologia MIR foram adicionadas duas tarefas semanais: “Verificar e substituir o pote de óleo” e “Verificar e acrescentar óleo de lubrificação”. Como se pode visualizar na Figura 41, um excerto do PMA de uma MIR, corresponde às tarefas 8 e 10. Quanto à primeira tarefa, estas máquinas libertam óleo que não necessitam, por vezes misturado com água, que sai do equipamento através de uma mangueira diretamente para um pote, como se pode observar na Figura 43, quando este se encontra acima de um limite pré-estabelecido, deve ser substituído por um novo. Em relação à segunda tarefa, nas máquinas MIR existe um reservatório com óleo destinado a lubrificar os movimentos mecânicos do equipamento, o qual está pintado com uma escala representativa (Figura 42). Caso o nível de óleo se encontre na zona laranja, isto é, no mínimo, pode levar ao mau funcionamento de órgãos mecânicos e o desgaste prematuro do equipamento, conseqüentemente, a máquina para. Por outro lado, se estiver no nível máximo, ou seja, na zona vermelha, provoca um desperdício e sujidade. Deste modo, a zona verde é o recomendável, que deve ser verificada de forma a evitar paragens nas máquinas. Nas máquinas Victor não é necessário esta ação, porque a lubrificação é feita através de massa consistente substituída na altura das manutenções preventivas.

SEMANAL (5 min 5 s)							
6: Motor	Verificar e trocar filtro do motor da máquina	3 s (1 min 30 s)	🚫	Filtros com cor correspondente	Semanal	PARADA	
7: Rampa	Verificar e limpar rampa	15 s	🧽	Pano; Limpa vidros	Semanal	PARADA	
8: Pote de óleo	Verificar e substituir pote do óleo	3 min	🚫	Pote novo	Semanal	PARADA	
9: Lado Operador (junto aos termostatores)	Verificar borboletas de circulação de água	10 s	👁️	-	Semanal	Em Produção	
10: Lado Operador	Verificar e acrescentar óleo de lubrificação	5 s	👁️💧	Óleo 320; Pano	Semanal	Em Produção	
11: Junto ao motor	Verificar nível do óleo hidráulico	5 s	👁️💧	-	Semanal	Em Produção	

Figura 41 - Tarefas semanais do PMA da MIP 49 (MIR)



Figura 42 – Pote de óleo



Figura 43 – Reservatório do óleo de lubrificação

Por último, no que se refere à tipologia TOYO, também existem algumas alterações a referir, principalmente porque as máquinas pertencentes a esta marca são máquinas elétricas e, por isso, não existem fugas de óleo envolvidas no processo. Assim sendo, ao contrário das MIR não existe pote de óleo nem óleo de lubrificação, no entanto, existe a centralina, tal como referido em 4.2.1.1, a qual contém o reservatório do óleo hidráulico e, portanto, para as

máquinas de injeção desta marca foi adicionada uma tarefa semanal de “Verificar se a centralina tem óleo”.

5.1.3.3 Carga Horária da Manutenção Autônoma

De modo a que os operadores tenham tempo de realizar todas as tarefas do plano, sem interferir no seu trabalho diário e corresponderem às exigências da produção, as rotas de cada um dos momentos do PMA foram definidas de modo a otimizar a sequência de tarefas, evitando deslocações desnecessárias à volta da máquina, ou seja, rotas que o operador realize num só sentido do equipamento. Nas Figuras 44 e 45 estão representados os Diagramas de *Spaghetti* da MIP 56, cujo PMA se encontra no Anexo F. Na Figura 44 está apenas representada a rota que os operadores têm de efetuar para executar as tarefas de início de turno, enquanto na Figura 45 estão representadas as rotas de todos os períodos do PMA em que o operador tem de realizar tarefas, a cor azul representa a rota a realizar no Início de Turno, a vermelho o circuito Semanal, a preto o Mensal, a cor laranja representa a rota do operador Antes da Mudança de Molde e, por fim, a cinzento o circuito Após a Mudança de Molde.

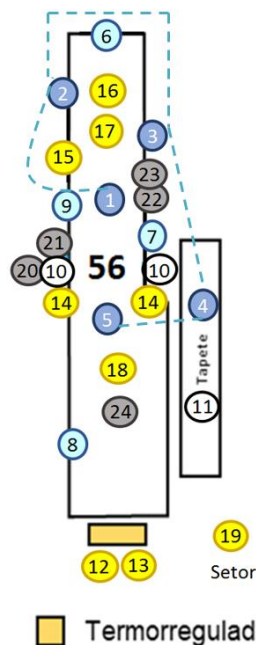


Figura 44 – Rota das tarefas de Início de Turno

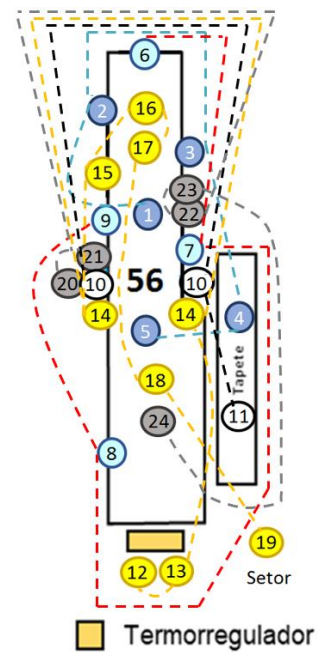


Figura 45 - Rotas de cada uma das periodicidades do PMA

Ainda no contexto de minimizar a carga horária exigida pelos planos, o número de máquinas que o operador tem de efetuar a manutenção autónoma varia ao longo de cada um dos períodos do plano. Como mencionado em 3.1.4.1, a zona de injeção está dividida em quatro setores, cada setor está à responsabilidade de um operador que contém, em média, cerca de 15 máquinas de injeção. Deste modo, para as tarefas de início de turno ficou definido que o operador efetua a manutenção autónoma às 15 máquinas do seu setor, como estas tarefas demoram cerca de um minuto por MIP, perfaz um total de 15 minutos, e contabilizando as

deslocações entre máquinas, o operador tem de despender cerca de 20 minutos no início do seu trabalho.

Em relação às tarefas semanais e mensais, visto que estas necessitam de mais tempo para serem realizadas, entre 2 a 5 minutos dependendo da marca da máquina, caso o operador tivesse de as realizar nas 15 máquinas do seu setor, este não iria ter disponibilidade para efetuar o seu trabalho corretamente, deste modo, o operador apenas tem de efetuar estas tarefas para as três ou quatro que lhes estão atribuídas. A atribuição das máquinas por operador não foi algo decidido para o projeto, já é uma prática do Departamento de Injeção, uma vez que é utilizado para as auditorias às máquinas. Assim, em cada uma das semanas do mês o operador efetua as tarefas semanais de uma das suas máquinas, ficando ao seu critério a ordem das máquinas e o dia da semana.

Por último, é de realçar que o operador realiza, em média, três mudanças de molde por turno, de acordo com o Plano Diário de Mudanças de Molde, conseqüentemente as tarefas antes e após a mudança são efetuadas pelo operador em três máquinas, o que dá aproximadamente 30 minutos por dia.

Considerando a informação mencionada nos parágrafos acima, foi calculada a carga horária para os operadores na execução dos PMA's das máquinas de injeção, o objetivo é perceber se estes são demasiado extensos e, conseqüentemente, evitar a desmotivação dos operadores das máquinas automáticas. Diariamente o operador necessita de cerca de 50 minutos para efetuar a manutenção autónoma às máquinas do seu setor, sendo que neste tempo apenas constam as tarefas de Início de Turno, Antes e Após a Mudança de Molde. O que faz com que este valor seja um pouco elevado é a tarefa de "Verificar e limpar filtros na tremonha e pigmentador", que demora cerca de 5 minutos e é efetuada antes da mudança de molde. Contudo, esta tarefa é apenas realizada quando há troca de matéria-prima, o que pode não acontecer em nenhuma das mudanças de molde que o operador faz naquele dia e, nesse caso, apenas demorará 35 minutos na manutenção autónoma diária.

Na Figura 46 pode-se observar a carga horária anual da manutenção autónoma às máquinas automáticas para um operador, que corresponde um total de aproximadamente 269 horas por ano, o que equivale a 11 dias em 330 dias de trabalho anual. Destas 269 horas, cerca de 116 horas devem-se às tarefas antes da mudança, aproximadamente 83 horas às tarefas de início de turno, cerca de 58 horas são distribuídas pelas tarefas após a mudança, 11 horas anuais para as tarefas semanais e as restantes 2 horas são utilizadas em tarefas mensais. É de realçar que, diferentes marcas de máquinas têm algumas tarefas que podem variar e por isso, também muda o tempo total de execução das tarefas para a periodicidade a que estão associadas, deste modo, para obter os valores deste gráfico foi considerado a média dos tempos de cada uma das periodicidades entre as várias tipologias de máquinas.

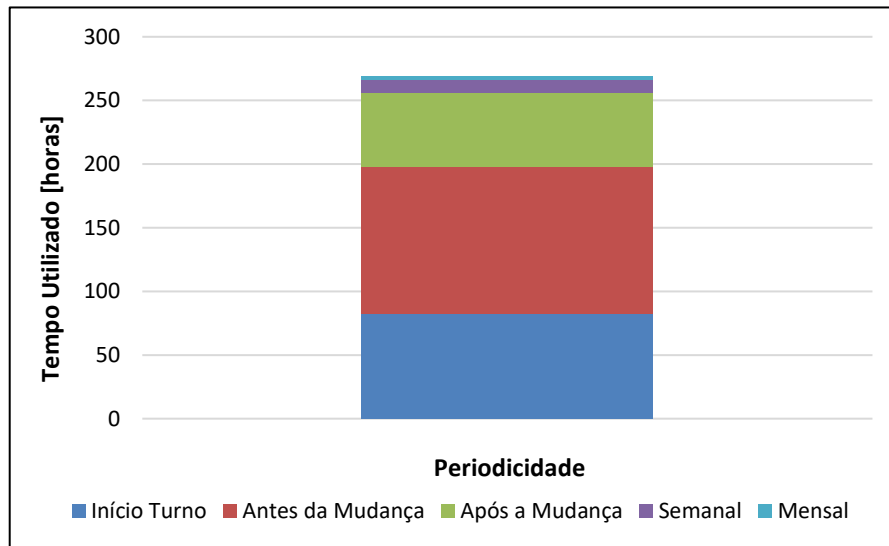


Figura 46 - Carga horária anual da Manutenção Autônoma para um Operador

5.1.4 Inspeção geral

Nesta etapa da manutenção autônoma é essencial treinar os colaboradores de chão de fábrica, para que estes tenham o conhecimento e aprendam todas as técnicas necessárias para a concretização das tarefas presentes nos planos de manutenção autônoma. Deste modo, de maneira a auxiliar o operador na inspeção geral do equipamento, foram criadas Instruções de Trabalho (IT) que explicam detalhadamente todos os passos a seguir em cada uma das tarefas, garantindo que todos executam as tarefas da mesma forma. No Anexo J pode-se observar um excerto de uma Instrução de Trabalho, no qual consta a periodicidade das tarefas, o número da tarefa, o material necessário, o tipo de tarefa, um fotografia do local da máquina a intervir e quando necessário uma fotografia NOK, isto é, de como não se deve encontrar o local e uma fotografia do local OK, por último, a tarefa detalhada e o que fazer no caso de encontrarem alguma anomalia no componente da máquina, que estão a verificar.

De seguida, seriam realizadas ações de formação individuais a cada um dos operadores para explicar o procedimento, a importância da correta execução dos PMA's e esclarecer todas as dúvidas que poderiam existir, para que depois se pudesse iniciar a manutenção autônoma nas máquinas automáticas do DIN. Para efetuar a formação foram escolhidas três máquinas de injeção, uma Victor, uma MIR e uma TOYO. Em relação à marca Victor foi escolhida a MIP 57, uma vez que esta máquina contém *robot* e dispositivo (Anexo H) e, assim, era possível explicar o maior número de tarefas num só PMA, das outras duas marcas apenas foram explicadas as tarefas exclusivas de cada uma delas (ver secção 5.1.3.2). Portanto, foi escolhida a MIP 77 da marca MIR e a MIP 129 da marca TOYO, dado que eram as mais próximas da MIP 57 e para as quais já existia planos (ver Tabela 3, secção 5.1.3.2). A duração prevista da formação a um operador seria de 1 hora e 12 minutos, visto que inclui o tempo de o formador mostrar como se fazem todas as tarefas, o tempo de fazer em conjunto com o operador e o tempo de o operador executar todas as tarefas sozinho. No entanto, o início desta etapa coincidiu com a suspensão dos estágios devido à pandemia do Covid-19 e, por isso, não foi possível dar início às formações dos operadores.

Devido à falta de espaço em cada máquina para colocar as respetivas instruções de trabalho, foram criadas versões de IT's dentro de cada marca, uma vez que existem algumas máquinas que possuem *robot* e/ou dispositivo e, por isso, apresentam algumas tarefas adicionais. O nome da versão é composto pela inicial da marca e um número, por exemplo a versão V1 corresponde às máquinas da marca Victor que não têm *robot* nem dispositivo, enquanto M1 corresponde às máquinas da marca MIR que não têm *robot* nem dispositivo. Assim, a solução encontrada foi colocar um exemplar de cada uma das versões das IT's, na qual se refere quais as máquinas correspondentes (ver Anexo J), na bancada de cada setor, para que em caso de dúvida na realização de alguma tarefa, os operadores possam consultar de imediato a respetiva instrução de trabalho e proceder à concretização do plano.

Além das IT's, os operadores guiam-se pelos planos existentes em cada uma das máquinas e os pictogramas presentes no local do equipamento onde deve ser realizada a tarefa (Figura 47), análogos aos das máquinas semiautomáticas, presente no Anexo C.



Figura 47 - Pictogramas colocados nas MIP's

5.1.5 Inspeção autónoma

Após os operadores das máquinas automáticas serem formados e treinados, encontram-se capacitados para realizar inspeções autónomas aos equipamentos. De forma a verificar se os operadores estão a cumprir com o plano, estes têm de registar na folha de registo do PMA existente na máquina¹, para que depois esta pode ser auditada, de forma a poder corrigir dificuldades encontradas pelo operador.

¹Estas folhas de registo são análogas às das máquinas semiautomáticas, pode se ver um exemplo no Anexo B

5.1.6 Organização e controlo do local de trabalho

Nesta etapa da manutenção autónoma, o objetivo é melhorar as condições do equipamento, das zonas envolventes, bem como de todo o material necessário para realizar os planos, tais como ferramentas, meios de limpeza, entre outros.

- Identificação das Mangueiras dos Termorreguladores

Um problema detetado foi a troca das mangueiras em máquinas que possuem dois termorreguladores. Quando os termorreguladores tinham de ser retirados para reparação, no momento da recolocação em máquina, por vezes, as suas posições eram trocadas, no Termorregulador A eram colocadas as mangueiras do Termorregulador B e vice-versa. Consequentemente, na altura da mudança de molde, em que é necessário ligar e desligar termorreguladores, o operador ligava o termorregulador errado, provocando a paragem da máquina e perda de tempo à procura do problema. Deste modo, a medida implementada foi a colocação de etiquetas nas mangueiras dos termorreguladores, identificando as mangueiras como “Termorregulador A” e “Termorregulador B”, no caso de pertencerem ao termorregulador A ou B, respetivamente (Figura 48)

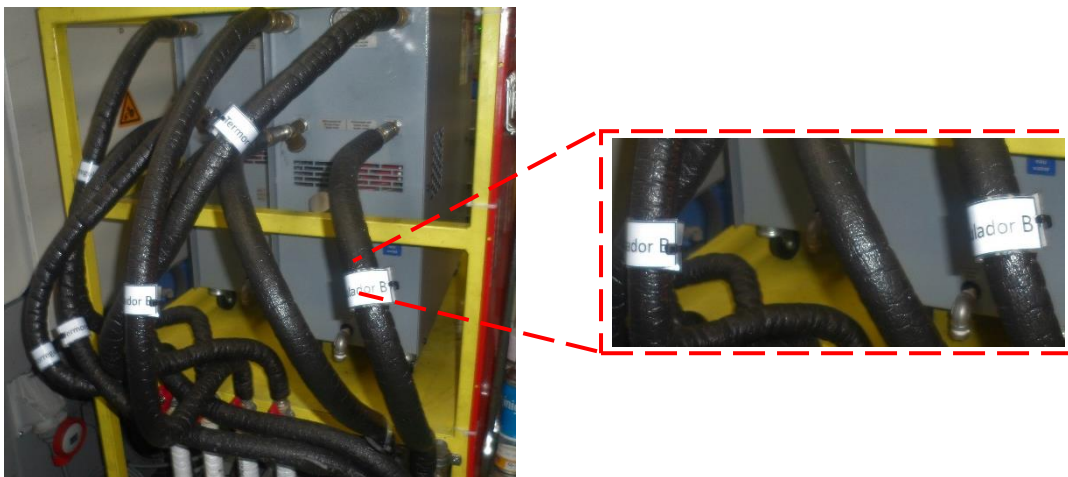


Figura 48 - Mangueiras dos Termorreguladores identificadas

- Metodologia 5S aos Postos de Limpeza

Os postos de limpeza de cada um dos setores encontram-se desorganizados e com falta de alguns materiais (Figura 49), neles é possível encontrar alguns materiais como: vassoura, esfregona, pá, balde, desengordurante, entre outros, que são essenciais para executar algumas tarefas do PMA, por isso, é de extrema importância que estes estejam organizados e sejam de fácil acesso para os operadores, evitando perdas de tempo à sua procura. Deste modo, o próximo passo para obter um local de trabalho organizado passava por implementar a metodologia 5S aos postos de limpeza, no entanto, devido à pandemia do Covid-19, os estágios foram suspensos e a realização desta atividade ficou comprometida.

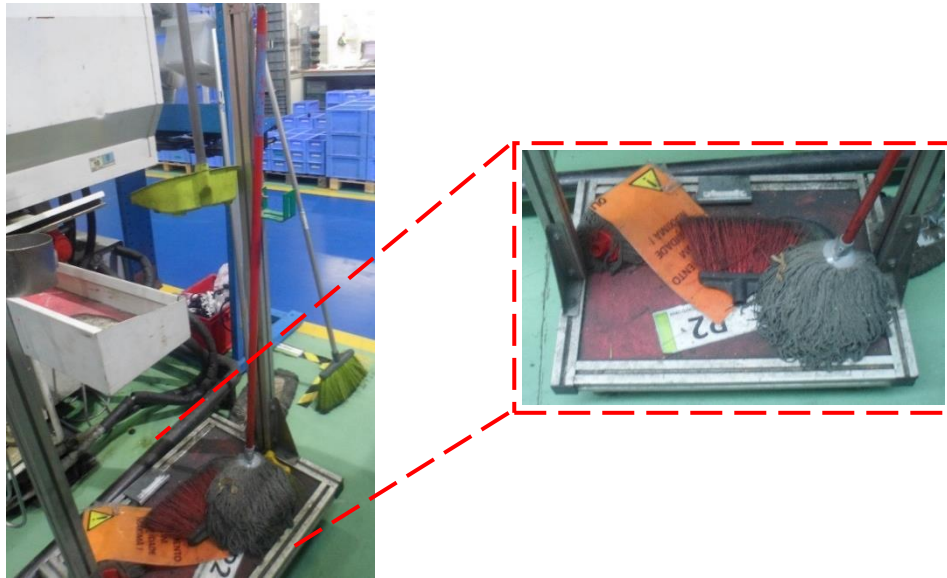


Figura 49 - Postos de Limpeza Desorganizados

- Aplicação da Metodologia 5S aos Carros dos Técnicos

Apesar dos 5S's não terem sido postos em prática nos postos de limpeza, esta metodologia foi aplicada aos carros dos técnicos de injeção. No ano anterior os carros já terem sido sujeitos aos 5S, contudo, ainda existiam vários pontos a melhorar e ferramentas desnecessárias a eliminar, como se pode visualizar na Figura 50. O método adotado, para começar a aplicar a ferramenta dos 5S, consistiu em analisar cada gaveta sempre na presença do técnico de injeção ao qual pertencia o carro, uma vez que é ele que usa o carro diariamente e que tem a sensibilidade para avaliar as ferramentas que necessita ou não para efetuar o seu trabalho corretamente. De seguida, as ferramentas que restaram foram organizadas nas várias gavetas, através de quadros sombra e caixas, tendo sempre presente que as mais usadas pelo técnico de injeção teriam de ficar nas primeiras gavetas, além disso foram coladas etiquetas na frente das gavetas com os nomes das ferramentas existentes no seu interior (Figura 52). Por último, foram realizadas auditorias aos carros das ferramentas nas semanas seguintes, de forma a garantir que os técnicos de injeção mantinham os seus carros organizados e com as ferramentas nos sítios corretos. Na Figura 51 pode-se observar duas gavetas após a implementação dos 5S's.



Figura 50 - Carro dos Técnicos (Antes)



Figura 51 - Carro dos Técnicos (Depois)



Figura 50 - Carro dos Técnicos (Antes)



Figura 51 - Carro dos Técnicos (Depois)



Figura 52 - Etiquetas nas gavetas do Carro dos Técnicos

5.1.7 Consolidação e melhoria

Nesta última etapa da manutenção autónoma o objetivo seria manter o trabalho depois de os PMA's serem implementados, ou seja, garantir que os operadores efetuam os planos de manutenção autónoma corretamente. Uma forma de o assegurar é, nas primeiras semanas de implementação, acompanhar mais de perto o operador, por exemplo, nos inícios dos turnos deve ser escolhido um operador aleatoriamente e verificar se este efetua as tarefas dos PMA's nas máquinas dos seus setores. Desta forma, evita-se o esquecimento da realização das tarefas, tornando-se um hábito na rotina de trabalho do operador.

Outra maneira de garantir que os PMA's são executados é através da realização de auditorias à manutenção autónoma, nas quais se deve verificar se os registos estão a ser efetuados, estas podem ser realizadas nos momentos em que são efetuadas auditorias internas às

máquinas automáticas. Além disso, através das auditorias é mais fácil identificar as dificuldades e erros dos operadores e, simultaneamente, melhorar os planos de manutenção autônoma para que se tornem o mais adequado possíveis aos colaboradores de chão de fábrica.

Ainda nesta etapa, o objetivo seria confirmar os objetivos definidos inicialmente, contudo como mencionado anteriormente os planos não foram implementados e, portanto, não é possível comparar resultados.

6. Conclusão

Neste último capítulo será exposta a conclusão do presente relatório, onde são apresentadas algumas considerações finais e caracterizadas as principais dificuldades sentidas ao longo da realização do projeto. Além disso, são também sugeridas algumas oportunidades para trabalhos futuros, com o objetivo de dar continuidade ao projeto iniciado e verificar se os resultados esperados com a manutenção autónoma são obtidos.

6.1 Considerações Finais e Limitações

A metodologia TPM não é uma novidade na OLI – Sistemas Sanitários, S.A., os seus pilares já estão implementados nos vários departamentos da empresa e a manutenção autónoma, o foco deste trabalho, já tinha sido implementada há uns anos atrás nas máquinas automáticas do DIN. Contudo com a constante mudança de operadores, a falta de formação nesta área e a “falta de pressão” por parte da gestão de topo para promover a prática da manutenção autónoma, fez com que esta tenha caído no esquecimento e que os planos se encontrassem desatualizados.

Um dos principais objetivos do TPM é melhorar o desempenho das atividades de manutenção e, deste modo, maximizar a eficiência global dos equipamentos, medida pelo OEE. Portanto, o principal objetivo deste projeto foi obter um valor de OEE de 90% para as máquinas de injeção do DIN, dado que em 2019 a sua média tinha ficado pelos 86.6%. Para atingir este objetivo, optou-se por focar apenas no pilar da manutenção autónoma e criar novos planos para as máquinas automáticas. Para tal, foi necessário perceber, em primeiro lugar, todo o processo subjacente a uma máquina de injeção e os seus componentes; de seguida, foi realizada uma análise às paragens das máquinas, da qual se concluiu quais os subconjuntos mais intervencionados, os tipos de avarias e quais poderiam ser evitadas através de tarefas de manutenção autónoma. Para todo este processo de identificação de falhas, também fizeram parte as opiniões e o conhecimento das máquinas dos colaboradores de chão de fábrica, que as utilizam diariamente e que conhecem melhor os seus problemas. Assim, foi possível mantê-los motivados e interessados.

Posteriormente, foram elaborados os planos de manutenção autónoma tendo sempre presente que são os operadores que vão realizar as tarefas e, portanto, não devem ser planos demasiado extensos e complexos que os desmotivem. Com os planos criados, a próxima fase seria a formação dos operadores das máquinas, através da qual seriam transmitidos conhecimentos acerca da metodologia TPM, em especial da manutenção autónoma e quais os seus benefícios para a empresa, quando implementada corretamente. Além disso, seriam explicadas e demonstradas todas as tarefas do PMA, para que fosse possível iniciar a manutenção autónoma. Só com os colaboradores informados e motivados é que seria possível implementar este pilar com sucesso, contudo, quando se ia dar início a esta etapa, os estágios foram suspensos devido à pandemia do Covid-19 que afetou o país e o mundo.

Mediante o exposto, fica claro que foi impossível atingir o principal objetivo deste projeto, de aumentar a disponibilidade das máquinas de injeção e, conseqüentemente, o valor do OEE. Contudo, de acordo com o conhecimento adquirido acerca desta metodologia, com a

implementação dos planos seria de esperar uma redução das Ordens de Trabalho (OT) de prioridade 1, isto é, aquelas que levam à perda total de produção, como é o caso de fugas de água e óleo ou no caso de máquinas com *robot*, quando este não pega nas peças, entre outros. Este tipo de avarias seria evitado através das tarefas de verificação de fugas e do correto funcionamento dos periféricos.

De forma a simplificar a introdução da manutenção autónoma e da inspeção nas máquinas automáticas, a gestão visual foi uma ferramenta importante e que é bastante utilizada pela empresa. A colocação dos pictogramas nas máquinas e das instruções de trabalho nas bancadas dos setores foi uma forma de auxiliar e facilitar o trabalho do operador, evitando movimentação desnecessária à volta das máquinas. Além disso, foram utilizadas outras ferramentas *Lean* ao longo deste projeto, como é o caso da aplicação dos 5S nas zonas de trabalho.

A resistência à mudança por parte das pessoas é e sempre será um obstáculo em qualquer tipo de implementação, quer seja da metodologia TPM ou de outro tipo de ferramenta e, neste projeto não foi exceção. Apesar de os planos não terem sido implementados, desde o início do projeto foi necessário lidar com os operadores e falar com eles; por exemplo, quando foi necessário assistir às mudanças de moldes para perceber os passos efetuados, tanto o técnico de injeção como o operador ficavam pouco recetivos às minhas perguntas, com receio que o seu trabalho estivesse a ser avaliado. Além disso, foi explicado aos operadores qual seria o objetivo do meu projeto de estágio e o trabalho que estes teriam de efetuar, mas no início estes mostraram alguma resistência, uma vez que não queriam ver a quantidade de tarefas a realizar serem aumentadas. No entanto, com persistência e paciência foi-lhes explicado que a concretização destas tarefas iria permitir reduzir o número de paragens das máquinas, apesar do trabalho aumentar de um lado iria diminuir no outro e sem uma participação eficiente não seria possível alcançar os resultados pretendidos.

Um dos princípios do TPM é que todos os colaboradores de uma empresa devem estar envolvidos na sua implementação, desde a gestão de topo até aos operadores. E o papel dos gestores neste processo é motivar e formar os seus operadores, para que estes façam cada vez mais e melhor, assim como quando algo corre mal se deve chamar a atenção, quando algo é bem feito, os operadores devem ser elogiados. Este é o pensamento que uma empresa deve ter sempre presente e não que os operadores são meras pessoas que estão ali apenas para produzir.

6.2 Trabalho Futuro

Devido à suspensão dos estágios, como referido anteriormente, não foi possível dar início à formação dos operadores e colocar em prática a manutenção autónoma nas máquinas automáticas. Portanto, é crucial que estas sejam as primeiras tarefas a serem efetuadas num futuro próximo, para que se comece a fazer o balanço do real impacto da implementação do TPM nas máquinas de injeção do DIN. Além do mais, existem outras oportunidades de melhoria pensadas não só para diminuir as paragens das máquinas, mas também para o departamento no geral. Deste modo, apresentam-se de seguida as propostas de trabalho futuro:

- Efetuar os 5S aos postos de limpeza, uma vez que estes possuem utensílios que o operador necessita para efetuar algumas tarefas que se encontram nos planos e de modo a facilitar o trabalho do operador, estes devem estar organizados e classificados;
- Realizar formações aos operadores que mostrem a importância da metodologia TPM numa empresa quando implementada corretamente e o impacto que as atividades de manutenção têm para o bom funcionamento de uma máquina;
- Implementar no STAIN uma forma de visualizar a evolução dos indicadores de desempenho das máquinas de injeção através dos dados obtidos;
- Introduzir na empresa a manutenção preditiva, através da realização de análises termográficas aos subconjuntos das máquinas, que permitem medir as variações de temperatura emitidas pela superfície de um corpo sem existir contacto com o mesmo. Assim, será possível identificar os problemas antes de eles ocorrerem e libertar a equipa de manutenção para reparações mais urgentes;
- Aplicar a metodologia TPM e criar planos de manutenção autónoma para a zona do sistema de aspiração de matérias-primas e a zona dos moinhos, onde se efetua a reciclagem da matéria-prima. A matéria-prima é essencial para a produção de peças e no caso de falta ou falha, a produção fica comprometida e atrasa todo o processo a jusante. Portanto, deve ser garantida a sua entrada nas máquinas de injeção nas melhores condições, assegurando a eliminação de impurezas nos materiais, como por exemplo a presença de metais, entre outros.

Referências Bibliográficas

- Acharya, A., Garg, D., Singh, N., & Gahlaut, U. (2019). Plant effectiveness improvement of overall equipment effectiveness using autonomous maintenance training: A case study. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 9(1), 103–112. <https://doi.org/10.24247/ijmpedfeb201911>
- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2016). *Total Productive Maintenance: Strategies and implementation guide*. Retrieved from <https://b-ok.org/book/2572244/84bbac>
- Ahmad, N., Hossen, J., & Ali, S. M. (2018). Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 239–256. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0783-2>
- Ahuja, I. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Ahuja, I. S., Khamba, J. S., & Choudhary, R. (2006). Improved organizational behavior through strategic total productive maintenance implementation. *Manufacturing Engineering and Textile Engineering*, 2006(3), 91–98. <https://doi.org/10.1115/IMECE2006-15783>
- Ahuja, I. S., & Kumar, P. (2009). A case study of total productive maintenance implementation at precision tube mills. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 15(3), 241–258. <https://doi.org/10.1108/13552510910983198>
- Ashayeri, J. (2007). Development of computer-aided maintenance resources planning (CAMRP): A case of multiple CNC machining centers. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(6), 614–623. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.02.018>
- Aspinwall, E., & Elgharib, M. (2013). TPM implementation in large and medium size organisations. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(5), 688–710. <https://doi.org/10.1108/17410381311327972>
- Bateman, N., Philp, L., & Warrender, H. (2016). Visual management and shop floor teams – development, implementation and use. *International Journal of Production Research*, 54(24), 7345–7358. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1184349>
- Bevilacqua, M., & Braglia, M. (2000). The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability Engineering & System Safety*, 70(1), 71–83. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(00\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(00)00047-8)
- Bhoyar, A. S., Raut, L. P., & Mane, S. (2017). Total productive maintenance : The evolution in maintenance and efficiency. *International Journal of Engineering Research and Application*, 7(11), 26–32. <https://doi.org/10.9790/9622-0711012632>
- Brito, M., & Eurisko. (2003). *Manual Pedagógico PRONACI Manutenção*. Retrieved from

<https://docplayer.com.br/5006761-Manual-pedagogico-pronaci-manutencao-autor-mario-brito-eurisko-estudos-projectos-e-consultoria-s-a.html>

- Cachada, A., Moreira, P. M., Romero, L., Barbosa, J., Leitno, P., Gcraldcs, C. A. S., ... Moreira, A. H. J. (2018). Maintenance 4.0: Intelligent and predictive maintenance system architecture. *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2018-Septe*, 139–146. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2018.8502489>
- Chan, A. P. C., & Chan, A. P. L. (2004). Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, *11*(2), 203–221. <https://doi.org/10.1108/14635770410532624>
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, *95*(1), 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
- Chen, C.-K., Lu, I.-Y., Wang, K.-M., Jang, J.-Y., & Dahlgaard, J. J. (2015). Development of quality management in Taiwan the past, present and future. *Total Quality Management & Business Excellence*, *26*(1–2), 3–13. <https://doi.org/10.1080/14783363.2014.981071>
- Cudney, E. A. (2009). *Using Hoshin Canri to improve Value Stream* (p. 162). p. 162.
- Daniewski, K., Kosicka, E., & Mazurkiewicz, D. (2018). Analysis of the correctness of determination of the effectiveness of maintenance service actions. *Management and Production Engineering Review*, *9*(2), 20–25. <https://doi.org/10.24425/119522>
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., & Martínez-Loya, V. (2019). Impact Analysis of Total Productive Maintenance. In *Impact Analysis of Total Productive Maintenance*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-01725-5>
- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement. *International Journal of Lean Six Sigma*, *7*(2), 187–210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>
- Elduque, A., Elduque, D., Javierre, C., Fernández, Á., & Santolaria, J. (2015). Environmental impact analysis of the injection molding process: analysis of the processing of high-density polyethylene parts. *Journal of Cleaner Production*, *108*, 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.119>
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2006). Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture. *Applied Energy*, *83*(11), 1235–1248. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2006.01.002>
- Friedli, T., Goetzfried, M., & Basu, P. (2010). Analysis of the Implementation of Total Productive Maintenance, Total Quality Management, and Just-In-Time in Pharmaceutical Manufacturing. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, *5*(4), 181–192. <https://doi.org/10.1007/s12247-010-9095-x>
- Groover, M. P. (2012). Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems. In *United States of America: John Wiley & Sons, Inc.* Cambridge: Cambridge

University Press.

- Hama Kareem, J. A., & Hama Amin, O. A.-Q. (2017). Ethical and psychological factors in 5S and total productive maintenance. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(3), 444. <https://doi.org/10.3926/jiem.2313>
- Horner, R. M. W., El-Haram, M. A., & Munns, A. K. (1997). Building maintenance strategy: a new management approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(4), 273–280. <https://doi.org/10.1108/13552519710176881>
- Ireland, F., & Dale, B. G. (2001). A study of total productive maintenance implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 7(3), 183–192. <https://doi.org/10.1108/13552510110404495>
- Ishaq Bhatti, M., Awan, H. M., & Razaq, Z. (2014). The key performance indicators (KPIs) and their impact on overall organizational performance. *Quality & Quantity*, 48(6), 3127–3143. <https://doi.org/10.1007/s11135-013-9945-y>
- Jaca, C., Viles, E., Jurburg, D., & Tanco, M. (2014). Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. *International Journal of Production Research*, 52(6), 1755–1770. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.848482>
- Kanaganayagam, K., Muthuswamy, S., & Damodaran, P. (2015). Lean methodologies to improve assembly line efficiency: An industrial application. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 20(1), 104–116. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2015.069000>
- Kemmer, S. L., Saraiva, M. A., Heineck, L. F. M., Pacheco, A. V. L., Novaes, M. de V., Mourão, C. A. M. A., & Moreira, L. C. R. (2006). The use of andon in high rise building. *Proceedings IGLC - 14*, 575–582.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Löfsten, H. (1999). Management of industrial maintenance – economic evaluation of maintenance policies. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(7), 716–737. <https://doi.org/10.1108/01443579910271683>
- Lomte, R. U., Bhosle, S. P., Ambad, P. M., & Gaikwad, R. A. (2018). Reliability Improvement for TSR Machine of Banburry Mixer using Plant Optimization Process. *Procedia Manufacturing*, 20, 440–445. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.064>
- Ma, X., Dong, S., Ma, W., Xue, Y., & Li, J. (2017). Design of a Metronome Based on the Idea of “ANDON.” *2017 Second International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE), 2018-Janua*, 79–82. <https://doi.org/10.1109/ICMCCE.2017.17>
- Madanhire, I., & Mbohwa, C. (2015). Implementing successful total productive maintenance (TPM) in a manufacturing plant. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2218, 796–801. Retrieved from www.scopus.com

- McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (2001). The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 19(1), 39–58. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00030-9)
- Mello, C. H. P., Turrioni, J. B., Xavier, A. F., & Campos, D. F. (2012). Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. *Production*, 22(1), 1–13. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000056>
- Mianehrow, H., & Abbasian, A. (2017). Energy monitoring of plastic injection molding process running with hydraulic injection molding machines. *Journal of Cleaner Production*, 148, 804–810. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.053>
- Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organization. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2), 211–214.
- Min, C. S., Ahmad, R., Kamaruddin, S., & Azid, I. A. (2011). Development of autonomous maintenance implementation framework for semiconductor industries. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 9(3), 268. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2011.043139>
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance*.
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Müller, E., Schillig, R., Stock, T., & Schmeiler, M. (2014). Improvement of injection moulding processes by using dual energy signatures. *Procedia CIRP*, 17(Imm), 704–709. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.110>
- Murata, K., & Katayama, H. (2010). Development of Kaizen case-base for effective technology transfer-a case of visual management technology. *International Journal of Production Research*, 48(16), 4901–4917. <https://doi.org/10.1080/00207540802687471>
- Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2017). Safety in maintenance: An improvement framework. *Procedia Manufacturing*, 8(2016), 657–664. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.084>
- Nielsen, J. J., & Sørensen, J. D. (2011). On risk-based operation and maintenance of offshore wind turbine components. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(1), 218–229. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2010.07.007>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*. New York: Productivity Press.
- Oktem, H., Erzurumlu, T., & Uzman, I. (2007). Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin-shell part. *Materials & Design*, 28(4), 1271–1278. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2005.12.013>
- OLI - Sistemas Sanitários, S.A. (n.d.). Retrieved January 27, 2020, from <https://www.oli-world.com/pt/>

- Pačaiová, H., & Ižaríková, G. (2019). Base principles and practices for implementation of total productive maintenance in automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 45–59. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I1.1203>
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control*, 17(1), 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>
- Peng, K. (2016). Equipment Management in the Post-Maintenance Era. In *Equipment Management in the Post-Maintenance Era*. <https://doi.org/10.4324/9781315300344>
- Rajemi, M. F., & Hassan, M. M. (2015). Sustainable manufacturing in injection molding: Development of energy map. *Applied Mechanics and Materials*, 735, 91–95. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.735.91>
- Raouf, A. (1994). Improving Capital Productivity through Maintenance. *International Journal of Operations & Production Management*, 14(7), 44–52. <https://doi.org/10.1108/01443579410062167>
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1–3), 276–279. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.102>
- Rosato, D., Rosato, D., & Rosato, M. (2000). Injection Molding Handbook. In *Injection Molding Handbook* (Third Edit). <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4597-2>
- Sharma, A. K., Shudhanshu, & Bhardwaj, A. (2012). Manufacturing performance and evolution of TPM. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(3), 854–866.
- Sharma, R. K., Kumar, D., & Kumar, P. (2005). FLM to select suitable maintenance strategy in process industries using MISO model. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 11(4), 359–374. <https://doi.org/10.1108/13552510510626981>
- Shen, C., Wang, L., & Li, Q. (2007). Optimization of injection molding process parameters using combination of artificial neural network and genetic algorithm method. *Journal of Materials Processing Technology*, 183(2–3), 412–418. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.10.036>
- Silva, C. M. I. da, Cabrita, C. M. P., & Matias, J. C. de O. (2008). Proactive reliability maintenance: a case study concerning maintenance service costs. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 343–355. <https://doi.org/10.1108/13552510810909957>
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Stair, R. M., & Reynolds, G. W. (2010). *Principles of Information Systems: a managerial Approach* (9th ed.). Cengage South-Western.
- Tanco, M., Santos, J., Rodriguez, J. L., & Reich, J. (2013). Applying lean techniques to nougat fabrication: A seasonal case study. *International Journal of Advanced Manufacturing*

Technology, 68(5–8), 1639–1654. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-4960-7>

Tezel, B., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2009). Visual management – A general overview. *Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V) “Collaboration*, 8. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10887/>

Vijayakumar, S. R., & Gajendran, S. (2014). Improvement of overall equipment effectiveness in a plastic injection moulding industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 47–60. Retrieved from www.iosrjournals.org

Wang, F. (2006). Evaluating the efficiency of implementing total productive maintenance. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(5), 655–667. <https://doi.org/10.1080/14783360600588232>

Wang, L., Chu, J., & Wu, J. (2007). Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 151–163. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.08.005>

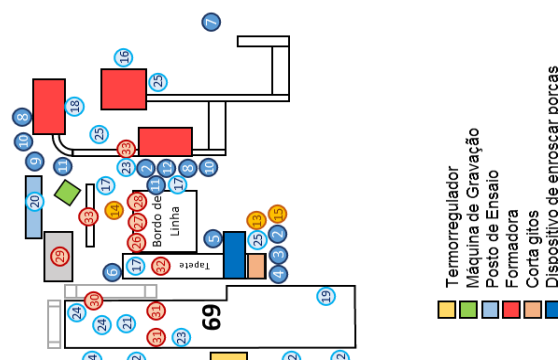
Wilson, L. (2010). *How to implement lean manufacturing*. McGraw Hill, New York.

Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*. Retrieved from https://books.google.pt/books?id=UfKRG56P1-QC&dq=Total+Productive+Maintenance+Por+Terry+Wireman&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s

Anexos

Anexo A – PMA da MIP 69 (secção da montagem)

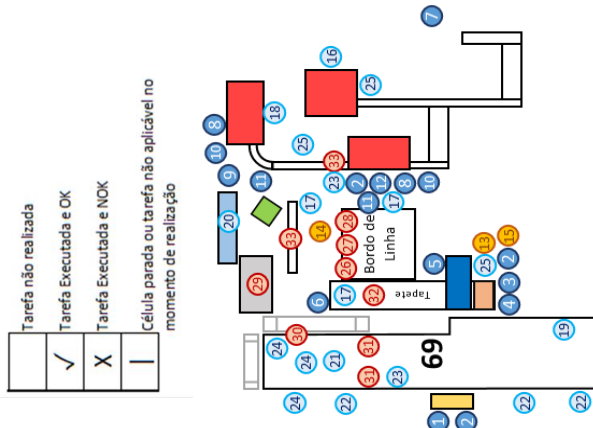
MANUTENÇÃO AUTÓNOMA ADEQUADA MÁQUINA 69									
EM CASO DE PARAGEM, O CHEFE DE EQUIPA PODE OPTAR POR REALIZAR ANTECIPADAMENTE ALGUMA DAS TAREFAS									
MANUTENÇÃO MENSAL, QUANDO REALIZADA, NÃO SE FAZ A SEMANAL									
COMPONENTE	TAREFA	DURAÇÃO	TIPO	MATERIAL	FREQUÊNCIA	ESTADO DA MÁQUINA			
Nº	INICIO DO TURNO - 3 min (1,5min para 2 pessoas)								
1	Termorregulador	1 min	🔧	Pano, Esfregona	Turno	A trabalhar			
2	Pistolas de ar	30 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
3	Corta gilos	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
4	Mão do robot	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
5	Dispositivo de entrosçar porcas	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
6	Bico de injeção	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
7	Robot	20 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
8	Formadora de Caixas	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
9	Posto de Ensaio	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
10	Máquina de cola	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
11	Máquina de cola	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
12	Formadora de Caixas	10 seg	🔧	-	Turno	A trabalhar			
13	Corta gilos e dispositivo de entrosçar porcas	1 min	🔧	Espanador, pano, Sonasol, máscara	Turno	A trabalhar			
14	Posto de trabalho	19 min	🔧	Vassoura	Turno	A trabalhar			
15	Lixo	5 min	🔧	-	Semanal	A trabalhar			
PARAGEM SEMANAL - 27 min									
16	Formadora de caixas	10 seg	🔧	-	Semanal	A trabalhar			
17	Motor de autoclismos	30 seg	🔧	-	Semanal	A trabalhar			
18	Formadora de Caixas	20 seg	🔧	-	Semanal	A trabalhar			
19	Zona de injeção	10 seg	🔧	Óleo 320	Semanal	A trabalhar			
20	Posto de ensaio	7,5 min	🔧	Vassoura, detergente	Semanal	Parada			
21	Zona central da máquina	7 min	🔧	Aspirador, vassoura	Semanal	Parada			
22	Pote de óleo	3 min	🔧	Pote novo	Semanal	Parada			
23	Máquina injeção	3,5 min	🔧	Filtros com cor correspondente	Semanal	Parada			
24	Máquina injeção	4 min	🔧	Filtros com cor correspondente	Semanal	Parada			
25	Fita Cola	45 seg	🔧	-	Semanal	Parada			
PARAGEM MENSAL - 43 min									
26	Célula de montagem	10 seg	🔧	-	Mensal	A trabalhar			
27	Célula de montagem	10 min	🔧	-	Mensal	Parada			
28	Dispositivo de Montagem	30 seg	🔧	Pano	Mensal	Parada			
29	Refrigerador	1 min	🔧	-	Mensal	Parada			
30	Máquina injeção	10 seg	🔧	-	Mensal	Parada			
31	Acrílicos máquina	13 min	🔧	Rodo + limpa vidros	Mensal	Parada			
32	Tapete de autoclismos	5 min	🔧	Pano/Esponha, líquido	Mensal	Parada			



■ Termorregulador
■ Máquina de Gravação
■ Posto de Ensaio
■ Formadora
■ Corta gilos
■ Dispositivo de entrosçar porcas

Anexo B – Folha de Registo das tarefas do PMA da MIP 69

Nº	TAREFA	MANUTENÇÃO AUTÓNOMA AE001 MÁQUINA 69															
		2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	SD.2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	SD.2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	SD
		INÍCIO DO TURNO															
		FIM DO TURNO															
		PARAGEM SEMANAL															
		PARAGEM MENSAL															
1	Verificar ligação de água no termorregulador																
2	Verificar ligação de ar da pistola (3)																
3	Verificar se existem ligações de ar no corta-gitos e dispositivo de enrosca-rosca																
4	Verificar ligação de ar na máquina																
5	Verificar a pressão no dispositivo de enrosca-rosca																
6	Verificar se o óleo da máquina está a babar																
7	Verificar se as ventosas do robot estão no local indicado e em bom estado																
8	Verificar se o manómetro de pressão da máquina da zona se encontra na zona verde (2)																
9	Verificar a pressão no posto de ensaio																
10	Verificar nível de cola e esp. se necessário																
11	Reposicionar bacia com limpa-óleos																
12	Verificar limpeza nos robôs da formadora																
13	Limpar corta-gitos e dispositivo de enrosca-rosca																
14	Limpar o posto (verificar e recolocar material para recolher no local)																
15	Verificar o lixo e levar se necessário																
16	Verificar se o manómetro de pressão do ar comprimido se encontra na zona verde																
17	Verificar o funcionamento dos motores (3)																
18	Verificar se as ventosas da formadora estão no local indicado e em bom estado																
19	Mudar a água do posto de ensaio																
20	Verificar e aspirar mistura de MP																
21	Verificar e acrescentar óleo dos barramentos																
22	Substituir pote de óleo (3)																
23	Mudar filtros dos quadros (4)																
24	Mudar filtros dos motores (3)																
25	Limpar lâmina e envolvente e passar lubrificante (2)																
26	Verificar pressão da célula																
27	Verificar/limpar calhas + picking by light + espelhos + etiquetas																
28	Limpar o dispositivo de montagem																
29	Limpar o filtro do refrigerador																
30	Verificar nível do óleo hidráulico da injeção																
31	Limpar acrílicos lado operador e técnico																
32	Limpar tapete e da máquina																



- Termorregulador
- Máquina de Gravação
- Posto de Ensaio
- Formadora
- Corta-gitos
- Dispositivo de enrosca-rosca

Tarefa não realizada	
Tarefa Executada e OK	✓
Tarefa Executada e NOK	X
Célula parada ou tarefa não aplicável no momento de realização	—

Anexo C – Exemplo de um pictograma da MIP 69



Anexo D – Exemplo de um conjunto de dados extraídos do STAIN

Máquina	Data/hora início	Estado Máq	Duração	Causa de paragem	Artigo	Descr. Artigo	Lote	Ordem de Produção	Código Molde	Qde. produto	Descr. Executor comando
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 00:52:25	Fermo	00:04:24	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	Domingues Sérgio
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 00:56:49	Produzione	00:02:49		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	6	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 00:59:38	Fermo	00:01:11	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	Domingues Sérgio
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:00:49	Produzione	00:03:15		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	7	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:04:04	Fermo	00:04:10	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	Domingues Sérgio
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:08:14	Produzione	00:03:24		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	7	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:11:38	Fermo	00:00:38	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	Domingues Sérgio
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:12:16	Produzione	00:01:34		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	3	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:13:50	Fermo	00:19:12	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	Domingues Sérgio
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:33:02	Produzione	00:00:39		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	1	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:33:41	Fermo	00:00:16	Micro paragens	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:33:57	Produzione	00:02:58		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	6	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:36:55	Fermo	00:03:31	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	Domingues Sérgio
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:40:26	Produzione	00:01:07		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	2	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:41:33	Fermo	00:00:11	Micro paragens	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:41:44	Produzione	00:00:39		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	1	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 01:42:23	Fermo	00:02:36	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	Domingues Sérgio
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 15:04:30	Fermo	00:05:00	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 15:09:30	Produzione	00:00:39		BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	1	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 15:10:09	Fermo	00:49:51	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	Vidal Davide
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 16:00:00	Fermo	01:08:22	Avária máquina	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 17:08:22	Attrezzaggio	00:00:24	Mudança de Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 17:08:51	Attrezzaggio	00:02:52	Mudança de Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	10-01-2020 17:11:43	Fermo	00:00:20	Avária Molde	BA50000110300	COPO VM103 PRT	20200004C901119-1-1		MOL1120	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	11-01-2020 01:40:57	Fermo	00:06:34	Avária Molde	BA010851383	ANCORINA EDEN LUX	20200004C902271-1-1		MOL0266	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	11-01-2020 01:47:31	Attrezzaggio	00:10:46	Mudança de Molde	BA010851383	ANCORINA EDEN LUX	20200004C902271-1-1		MOL0266	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	11-01-2020 01:58:17	Attrezzaggio	00:14:35	Mudança de Molde	BA010851383	ANCORINA EDEN LUX	20200004C902271-1-1		MOL0266	5	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	11-01-2020 02:12:52	Fermo	00:00:03	Micro paragens	BA010851383	ANCORINA EDEN LUX	20200004C902271-1-1		MOL0266	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	11-01-2020 02:12:55	Produzione	00:10:56		BA010851383	ANCORINA EDEN LUX	20200004C902271-1-1		MOL0266	27	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	11-01-2020 02:23:51	Fermo	00:00:27	Micro paragens	BA010851383	ANCORINA EDEN LUX	20200004C902271-1-1		MOL0266	0	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	11-01-2020 02:24:18	Produzione	00:08:10		BA010851383	ANCORINA EDEN LUX	20200004C902271-1-1		MOL0266	20	
MAQ. INJEÇÃO N.º40	11-01-2020 02:32:28	Fermo	00:02:55	Diagnóstico	BA010851383	ANCORINA EDEN LUX	20200004C902271-1-1		MOL0266	0	Ferreira Fabio

Anexo E – Dispositivos da Gaiola da MIP 115



Interior da Gaiola



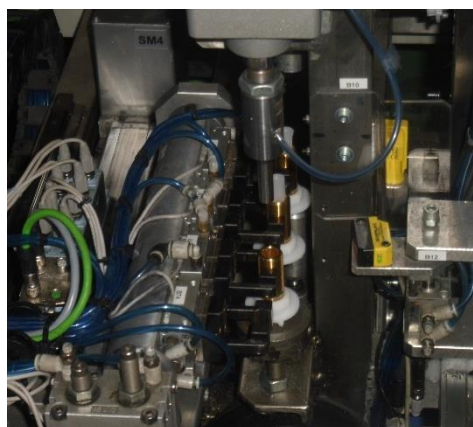
Parte de trás da MIP 115



Alimentador de Insertos



Aquecedor Indutivo



Sistema de Cravação



Estante de Arrefecimento

Anexo G – Standard da Mudança de Molde para o Operador



Standard Mudança de Molde

Tarefas Operador

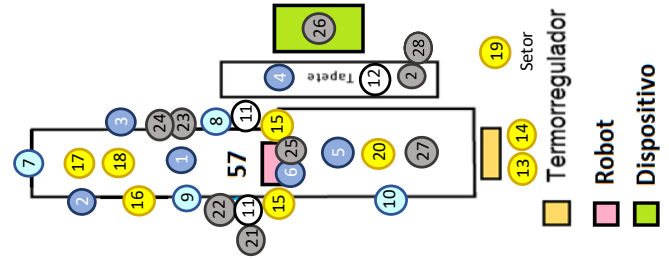
Pré-Mudança Molde		
1	Verifica se existe mudança Matéria Prima*	5 min
2	Leva Ferramenta e Pote Sopro Água para a Máquina	
3	Troca Pigmento*	
4	Limpa Parte Exterior Máquina	
Mudança Molde		
1	Sopra Águas (Circuito Águas deve estar Fechado)	5 min
2	Remove Peças do interior da Máquina	
3	Auxilia Técnico na Limpeza Molde	
4	Fixa Gancho da Ponte no Olhal do Molde	
5	Desliga Placa Óleo - Obrigatório ter a Bomba Desligada	
6	Desliga Placa Água (Termorregulador deve estar Desligado)	
7	Desliga Ficha Extração	5 min
8	Desaperta Calços Lado Extração	
9	Desaperta Calços Lado Injeção	
10	Retira Molde e Coloca-o no Chão	5 min
11	Insere Novo Molde na Máquina	
12	Fixa Calços Lado Injeção	5 min
13	Fixa Calços Lado Extração	
14	Remove Gancho e fixa-o no molde anterior	
15	Liga Placa Água	
16	Liga Placa Óleo	
17	Liga Ficha de Extração	
18	Liga Acessórios Pneumáticos	
19	Abre Circuito Águas - Verificar Movimento Borboletas	
20	Liga o termorregulador e Programa Temperatura	
Pós Mudança Molde		
1	Arruma Ferramenta e Pote de Água	3 min
2	Garante Limpeza Exterior Máquina mudada	
3	Arruma Molde	
4	Transporta Molde Próxima Mudança	
5	Coloca o Molde em Pré Aquecimento	
6	Deixa Ponte Alinhada com Molde em Máquina	
7	Retira Aviso de Produção	

Mudança
de Molde



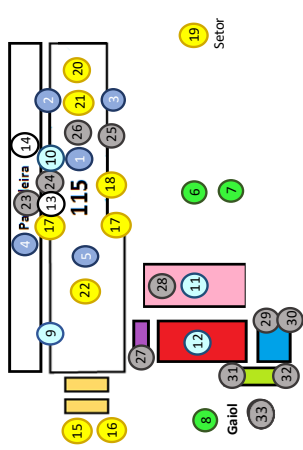
Anexo H – PMA da MIP 57

MANUTENÇÃO AUTÓNOMA MÁQUINA 57		EM CASO DE PARAGEM, O CHEFE DE EQUIPA PODE OPTAR POR REALIZAR ANTECIPADAMENTE ALGUMA DAS TAREFAS					
Nº	COMPONENTE	TAREFA	DURAÇÃO	TIPO	MATERIAL	FREQUÊNCIA	ESTADO DA MÁQUINA DE INIEÇÃO
1	Bico da Injeção	Verificar se o bico da máquina de injeção está a babar	5 s	🔍	-	Início Turno	Em Produção
2	Junto ao pigmentador	Verificar se a mangueira do pigmentador está no sítio correto	3 s	🔍	-	Início Turno	Em Produção
3	Quadro Eléctrico	Verificar se o quadro eléctrico está fechado	5 s	🔍	-	Início Turno	Em Produção
4	Tapete	Verificar peças presas no tapete	5 s	🔍	-	Início Turno	Em Produção
5	Junto ao prato móvel	Verificar barulhos nos joelhos da máquina	30 s	🔍	-	Início Turno	Em Produção
6	Mão do robot	Verificar fugas de ar na mão do robot	10 s	🔍	-	Início Turno	Em Produção
7	Motor	Verificar e trocar filtro do motor da máquina	SEMANAL (2 min) 3 s (1 min 30 s)	🔍	Filtros com cor correspondente	Semanal	PARADA
8	Rampa	Verificar e limpar rampa	15 s	🔍	Pano; Limpa vidros	Semanal	PARADA
9	Lado Operador (Junto aos termorreguladores)	Verificar borboletas de circulação de água	10 s	🔍	-	Semanal	Em Produção
10	Lado Operador	Verificar nível do óleo hidráulico	5 s	🔍	-	Semanal	Em Produção
11	Portas máquina (lado operador e técnico)	Limpar acrílicos	3 min	🔍	Pano + Limpa vidros	Mensal	PARADA
12	Tapete	Verificar se o tapete tem óleo	15 s	🔍	Pano; Desengordurante	Mensal	Em Produção
13	Termorregulador	Verificar fugas de água nas mangueiras do termorregulador	10 s	🔍	Pano; Esfregona	Antes da mudança	Em Produção
14	Termorregulador	Verificar barulhos no motor do termorregulador	10 s	🔍	-	Antes da mudança	Em Produção
15	Cilindro (Lado Operador e Técnico)	Verificar fugas de óleo nos cilindros	10 s	🔍	-	Antes da mudança	Em Produção
16	Pistola de ar	Verificar fugas de ar na pistola	10 s	🔍	-	Antes da mudança	Em Produção
17	Junto à Tremonha	Verificar se mangueiras de aspiração de matéria-prima estão corretas	15 s	🔍	Vassoura	Antes da mudança	Em Produção
18	Tremonha e pigmentador	Verificar e limpar filtros (magnético e do pó) na tremonha e pigmentador	5 min	🔍	Pano	Antes da mudança	PARADA
19	Sector	Verificar pote de água	5 s	🔍	-	Antes da mudança	Em Produção
20	Máquina	Verificar peças presas na máquina	1 min	🔍	-	Antes da mudança	PARADA
21	Molde	Verificar fugas de água e/ou óleo nas mangueiras do molde	20 s	🔍	-	Após Mudança	Em Produção
22	Máquina (Lado Operador)	Verificar fugas na placa de água e placa de óleo	10 s	🔍	-	Após Mudança	Em Produção
23	Manómetro de Pressão	Verificar manómetro de pressão se encontra no verde	5 s	🔍	-	Após Mudança	Em Produção
24	Caixa controladores	Verificar caixa controladores	15 s	🔍	-	Após Mudança	Em Produção
25	Robot	Verificar funcionamento do robot	30 s	🔍	-	Após Mudança	Em Produção
26	Dispositivo	Verificar funcionamento do dispositivo	15 s	🔍	-	Após Mudança	Em Produção
27	Zona da Tremonha, bico de injeção e chão	Limpar e arrumar periferia da máquina	2 min	🔍	Vassoura; Pano	Após Mudança	Em Produção
28	Máquina	Guardar a última injeção	30 s	🔍	Saco	Após Mudança	Em Produção



Anexo I – PMA da MIP 115

MANUTENÇÃO AUTÓNOMA MÁQUINA 115									
Nº	COMPONENTE	TAREFA	DURAÇÃO	TIPO	MATERIAL	FREQUÊNCIA	ESTADO DA MÁQUINA DE INJEÇÃO	INSTRUMENTAÇÃO	
								UTILIZADA	INSTRUMENTAÇÃO
1	Bico da Injeção	Verificar se o bico da máquina de injeção está a babar	5 s	⊕	-	Início Turno	Em Produção		
2	Junto ao pigmentador	Verificar se a mangueira do pigmentador está no sítio correto.	3 s	⊕	-	Início Turno	Em Produção		
3	Quadro Elétrico	Verificar se o quadro elétrico está fechado	5 s	⊕	-	Início Turno	Em Produção		
4	Passadeira	Verificar peças presas na passadeira	10 s	⊕	-	Início Turno	Em Produção		
5	Junto ao prato móvel	Verificar baulinhos nos joelhos da máquina	30 s	⊕	-	Início Turno	Em Produção		
6	Máquina	Limpeza geral da máquina	FIM DO TURNO (3 min 40 s)	⊕	Vassouras; Pano	Fin Turno	PARADA		
7	Máquina e Periferia	Recolha e identificação dos NCO's	1 min 30 s	⊕	-	Fin Turno	PARADA		
8	Globals Records	Verificar se as portas da galeia dos records estão fechadas	10 s	⊕	-	Fin Turno	Em Produção		
9	Lado Operador (Junto aos termorreguladores)	Verificar borboletas de circulação de água	10 s	⊕	-	Semanal	Em Produção		
10	Lado Operador	Verificar nível do óleo hidráulico	5 s	⊕	-	Semanal	Em Produção		
11	Robot	Verificar se os cabos do robot estão trelhados	15 s	⊕	-	Semanal	PARADA		
12	Alimentadores	Verificar se as calhas estão OK	15 s	⊕	-	Semanal	PARADA		
13	Portas máquina (lado operador e técnico)	Limpar acrílicos	3 min	⊕	Pano + Limpa vidros	Mensal	PARADA		
14	Passadeira	Verificar e limpar passadeira	15 s	⊕	Pano; Desengordurante	Mensal	PARADA		
15	Termorregulador	Verificar fugas de água nas mangueiras do termorregulador.	10 s	⊕	Pano; Estrepeira	Antes da mudança	Em Produção		
16	Termorregulador	Verificar baulinhos no motor do termorregulador	10 s	⊕	-	Antes da mudança	Em Produção		
17	Cilindro (Lado Operador e Técnico)	Verificar fugas de óleo nos cilindros	10 s	⊕	-	Antes da mudança	Em Produção		
18	Prato de ar	Verificar fuga de ar no prato	10 s	⊕	-	Antes da mudança	Em Produção		
19	Sector	Verificar pote de água	5 s	⊕	-	Antes da mudança	Em Produção		
20	Junto à Tremonha	Verificar se mangueiras de aspiração de matéria prima estão rotas	15 s	⊕	Vassoura	Antes da mudança	Em Produção		
21	Tremonha e pigmentador	Verificar e limpar filtros (magnético e do pó) na tremonha e pigmentador.	5 min	⊕	Pano	Antes da mudança	PARADA		
22	Máquina	Verificar peças presas na máquina	1 min	⊕	-	Antes da mudança	PARADA		
23	Molde	Verificar fugas de água e/ou óleo nas mangueiras do molde	20 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
24	Máquina (Lado Operador)	Verificar fugas na placa de água e placa de óleo	10 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
25	Cabo controladores	Verificar cabo controladores	15 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
26	Zona da tremonha, bico de injeção e galeia	Limpar e arrumar periferia da máquina	2 min	⊕	Vassouras; Pano	Após Mudança	Em Produção		
27	Aquecedor Indutivo	Verificar posição de resistência do indutor	5 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
28	Robot	Verificar se o robot não deixa cabos e records	15 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
29	Estante de Arrefecimento	Verificar se os records são cobrados na Estante de Arrefecimento	5 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
30	Estante de Arrefecimento	Verificar se a Estante de Arrefecimento anda	5 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
31	Sistema de Cração	Verificar casquilhos encravados	10 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
32	Sistema de Cração	Verificar funcionamento do sistema de cração	30 s	⊕	-	Após Mudança	Em Produção		
33	Máquina	Guardar a última injeção	30 s	⊕	Saco	Após Mudança	Em Produção		



■ Termorregulador
■ Robot
■ Aquecedor Indutivo
■ Alimentadores
■ Estante de Arrefecimento
■ Sistema de Cração

Anexo J – Instrução de Trabalho

IT.----- - INSTRUÇÃO DE TRABALHO Manutenção Autónoma V1 Tarefas Antes da Mudança de Molde

OLI

VERIFICAR FUGAS DE ÁGUA NAS MANGUEIRAS DO TERMORREGULADOR

12

Material:

-Pano/esponja

Tipo: 



Tarefas

- Verificar se existe água junto aos termorreguladores:

Caso exista água junto aos termorreguladores


- Limpar a água com o pano/esponja;
- Informar o chefe de equipa.

VERIFICAR BARULHOS NO MOTOR DO TERMORREGULADOR

13

Material:

- Não aplicável

Tipo: 



Tarefas

- Verificar se o motor dos termorreguladores estão a fazer algum barulho diferente do normal funcionamento.

Se sim:


- Informar o chefe de equipa.

VERIFICAR FUGAS DE ÓLEO NOS CICLINDROS

14

Material:

- Não aplicável

Tipo: 



Tarefas

- Verificar se os cilindros do prato móvel (lado operador e técnico) estão a pingar óleo

Se sim:

- Informar o chefe de equipa.

V1: 46, 53, 55, 56, 71, 72, 73, 74, 76, 81, 87, 88, 104