



Universidade de Aveiro
Ano 2022

**JOÃO RICARDO
CARLOS LAGES**

**IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM EM
MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO
AUTOMÁTICAS NA OLI – SISTEMAS SANITÁRIOS,
S.A.**



Universidade de Aveiro
Ano 2022

**JOÃO RICARDO
CARLOS LAGES**

**IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM EM
MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO
AUTOMÁTICAS NA OLI – SISTEMAS SANITÁRIOS,
S.A.**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial realizada sob a orientação científica do Mestre Miguel da Silva Oliveira, Professor Assistente Convidado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais, à Tatiana Marçal e ao meu avô David Fernandes Lages.

o júri

presidente

Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

vogais

Doutor Leonel Jorge Ribeiro Nunes
Investigador Auxiliar do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Mestre Miguel da Silva Oliveira
Assistente Convidado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à OLI – Sistemas Sanitários, S.A. por disponibilizar a oportunidade de realizar o meu estágio curricular nas suas instalações, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos engenheiros Sérgio Domingues e Henrique Bessa pela orientação e por todo o conhecimento partilhado ao longo do projeto de estágio.

A todos os colaboradores do departamento de injeção, com quem tive o prazer de colaborar.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, o Professor Miguel da Silva Oliveira, pela orientação, disponibilidade e apoio prestados.

Um agradecimento muito especial à minha família e amigos que me apoiaram e deram forças sempre que necessário.

Aos meu pais, por todos os sacrifícios que fizeram, por me oferecerem todas as condições necessárias ao longo do meu percurso e o apoio que necessitava.

À Tatiana Marçal, por acreditar em mim e por todo o apoio prestado nos bons e maus momentos. A sua ajuda foi crucial no sucesso deste projeto.

palavras-chave

Manutenção, *Total Productive Maintenance* (TPM), Gestão Visual, 5S, Máquina de Injeção de Plástico (MIP), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), Manutenção autónoma, *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR).

resumo

O presente projeto, desenvolvido na OLI – Sistemas Sanitários S.A., descreve o processo de implementação da metodologia TPM nas máquinas de injeção de plástico automáticas (MIP) e a aplicação de algumas melhorias no departamento de injeção com o auxílio de ferramentas *Lean*.

O projeto desenvolvido pretendeu alcançar os seguintes objetivos: o aumento da disponibilidade das MIP automáticas, a melhoria da gestão das atividades de manutenção e a melhoria da organização do departamento.

Para atingir os objetivos deste projeto, foi realizada uma revisão de literatura focada na metodologia TPM e na gestão da manutenção. Em simultâneo foi realizado um acompanhamento junto aos operadores e técnicos de injeção, no chão de fábrica, para compreender o processo de injeção, de mudança de moldes e quais os principais motivos de paragem das máquinas de injeção de plástico. Posteriormente, foram caracterizados os equipamentos existentes no departamento e retirados os indicadores produtivos das máquinas de injeção. De seguida, foram analisados os dados recolhidos com o intuito de identificar as avarias mais recorrentes e as máquinas de injeção mais penalizantes. Após isso, foram escolhidos os equipamentos para os quais foram criados/revistos os planos de manutenção autónoma (PMA). Seguidamente, foram avaliadas as rotinas dos operadores de injeção e ajustados os PMA de acordo com as prioridades e recursos da empresa.

Por fim, foi necessário formar os colaboradores e incentivar toda a empresa a colaborar com a metodologia TPM.

Além da TPM foram aplicadas melhorias no departamento recorrendo a ferramentas *Lean* como os 5S e a gestão visual.

Os resultados comprovaram que o número de OT e o MTBF são os indicadores mais fidedignos para avaliar o impacto dos PMA. Além disso, verificou-se uma melhoria no desempenho e disponibilidade dos equipamentos intervencionados.

Por fim, as ações de melhoria implementadas, permitiram criar um ambiente mais organizado e limpo na zona das matérias-primas e no resto dos setores do departamento de injeção.

keywords

Maintenance, Total Productive Maintenance (TPM), Visual Management, 5S, Plastic Molding Machine (PMM), Overall Equipment Efficiency (OEE), Autonomous Maintenance, Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR).

abstract

The present project developed at OLI – Sistemas Sanitários, S.A., describes the implementation process of the TPM methodology in automatic plastic injection machines and some improvements applied in the injection department, with the help of Lean tools.

The project developed aimed to increase the availability of automatic plastic injection machines, improve the management of maintenance activities and improve the organization of the department.

In order to achieve the objectives of this project, a literature review was carried out focused on the TPM methodology and maintenance management. At the same time, a follow-up was carried out with the operators and injection technicians, on the factory floor, to understand the injection process, the mold change process and the main reasons for the stoppage of the plastic injection machines. Subsequently, the existing equipment in the department was characterized and the productive indicators of equipment's were collected. Then, the collected data was analyzed in order to identify the most recurrent breakdowns and the most penalizing injection machines. After that, the injection machines were chosen for which the autonomous maintenance plans were created/reviewed. Then, the injection operator routines were evaluated and the plans were adjusted according to the company priorities and resources. Finally, it was necessary to train employees and encourage the entire company to collaborate with the TPM methodology.

In addition to TPM, improvements were implemented in the department using Lean tools such as 5S and visual management.

The results confirm that the number of OT and MTBF are the most reliable indicators to assess the impact of the autonomous maintenance plans. Additionally, there was an improvement in the availability and performance of the intervened equipment's.

Finally, the improvement actions implemented allowed the creation of a more organized and cleaner environment in the materials area and in the rest of the sectors of the injection department.

Índice

1	Introdução	6
1.1	Motivação e contextualização do projeto	6
1.2	Objetivos	7
1.3	Metodologia	7
1.4	Estrutura do relatório	8
2	Estado da arte	10
2.1	Manutenção Industrial	10
2.1.1	Evolução da função manutenção	10
2.1.2	Óticas da manutenção (reativa, preventiva e pró-ativa).....	11
2.1.3	Níveis de manutenção.....	13
2.2	<i>Lean Thinking</i>	13
2.2.1	5S (<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i>)	14
2.2.2	Gestão visual	14
2.3	<i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	15
2.3.1	Origem do conceito TPM.....	16
2.3.2	Objetivos da TPM.....	16
2.3.3	Pilares da TPM.....	17
2.3.4	Fases de implementação da TPM	19
2.3.5	Barreiras da implementação da TPM	20
2.4	Moldagem por injeção	21
2.5	<i>Key Performance Indicators (KPI)</i>	23
2.5.1	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	23
2.5.2	<i>Mean Time Between Failures (MTBF)</i>	25
2.5.3	<i>Mean Time To Repair (MTTR)</i>	26
3	Caso de estudo	27
3.1	Apresentação da empresa.....	27
3.2	Produtos OLI	28
3.3	Estrutura organizacional	29
3.4	Política de Sistema de Gestão Integrado (SGI)	30
3.5	Departamento de Injeção (DIN)	31
3.6	Processo produtivo	33
3.6.1	Processo Macro da OLI.....	33
3.6.2	Processo Micro do DIN	34
3.7	Função do departamento de manutenção na OLI	35
3.8	Sistema de gestão visual Andon.....	36
4	Resultados	37
4.1	Equipamentos do DIN.....	37
4.2	MIP críticas.....	38
4.2.1	<i>Software Stain</i>	38
4.2.2	Tipologia MIR.....	41
4.2.3	Tipologia Victor	42
4.2.4	Tipologia Toyo.....	45
4.3	Causas de avarias	46
4.3.1	Avarias da tipologia MIR	46
4.3.2	Avarias da tipologia Victor	48
4.3.3	Avarias da tipologia Toyo	49
4.4	Subconjuntos de avarias mais penalizantes	50

4.4.1	Ordens de Trabalho (OT)	51
4.4.2	<i>Software IFS</i>	52
4.5	Planos de Manutenção Autónoma (PMA)	56
4.5.1	Rotas dos PMA	59
4.5.2	Instruções de Trabalho (IT)	60
4.5.3	Formação dos operadores	60
4.6	Indicadores de desempenho.....	61
4.6.1	OEE (DIN).....	61
4.6.2	Evolução do número de OT.....	65
4.6.3	<i>Mean Time Between Failures</i> (MTBF) das MIP	66
4.6.4	<i>Mean Time to Repair</i> (MTTR) das MIP.....	68
5	Implementação da TPM	71
5.1	Alteração e criação dos PMA.....	71
5.2	Etapas de implementação	72
5.3	Melhorias aplicadas no DIN	73
5.3.1	Troca das etiquetas de identificação das mangueiras de aspiração de matéria-prima	73
5.3.2	Atualização dos quadros das linhas de aspiração	75
5.3.3	Limpeza da zona dos SAC e estufas.....	75
5.3.4	Alteração das etiquetas dos potes de pigmento	78
5.3.5	Aplicação dos 5S nos postos de limpeza	79
6	Conclusão	81
6.1	Considerações finais e limitações.....	81
6.2	Perspetivas de trabalho futuro	83
	Referências bibliográficas.....	85
	Anexos	89

Índice de figuras

Figura 1 - Metodologia do projeto	8
Figura 2 - Tipos de manutenção (Amaral, 2016)	11
Figura 3 - Pilares da TPM (adaptado de Jain et al. 2014)	19
Figura 4 - Principais componentes de uma MIP (Khosravani and Nasiri 2020)	22
Figura 5 - OEE e as seis grandes perdas (adaptado de Agustiadny and Cudney 2018)	25
Figura 6 - Constituição do grupo Silmar	27
Figura 7 - Vista aérea da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.	28
Figura 8 - Produtos da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.	29
Figura 9 - Organigrama da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.	30
Figura 10 - <i>Layout</i> do DIN	32
Figura 11 - Organigrama do DIN	33
Figura 12 - Macro processo da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.	34
Figura 13 - Sistema Andon da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.	36
Figura 14 - Tempo de funcionamento das MIP automáticas do DIN no ano de 2021	41
Figura 15 - Distribuição do tempo de funcionamento das MIR (%)	42
Figura 16 - Distribuição do tempo de funcionamento das MIR (valor absoluto)	42
Figura 17 - Distribuição do tempo de funcionamento das Victor (%)	43
Figura 18 - Distribuição do tempo de funcionamento das Victor (valor absoluto)	44
Figura 19 - MIP 115	44
Figura 20 - Distribuição do tempo de funcionamento das Toyo (%)	45
Figura 21 - Distribuição do tempo de funcionamento das Toyo (valor absoluto)	46
Figura 22 - Principais causas de paragem das MIP da tipologia MIR	47
Figura 23 - Principais causas de avaria das MIP da tipologia Victor	49
Figura 24 - Principais causas de avaria das MIP da tipologia Toyo	50
Figura 25 - Causas específicas de avarias das MIR	53
Figura 26 - Causas de avarias específicas das Victor	55
Figura 27 - Causas de avarias específicas das Toyo	56
Figura 28 - Diagrama de spaghetti do PMA simplificado da MIP 62	60
Figura 29 - OEE do DIN no ano de 2021/2022	62
Figura 30 - Evolução do OEE das MIP	63
Figura 31 - Evolução do número de OT das MIP	65
Figura 32 - MTBF das MIP	67
Figura 33 - MTTR das MIP	69
Figura 34 - SAC 2 linha 1 (antes)	74
Figura 35 - SAC 2 linha 1 (após)	74
Figura 36 - Quadro do SAC 1 linha 2 (antes)	75
Figura 37 - Quadro SAC 1 linha 2 (após)	75
Figura 38 - Zona SAC 2 (antes)	76
Figura 39 - Zona do SAC 2 (após)	76
Figura 40 - 5S na zona dos SAC (antes)	77
Figura 41 - 5S na zona dos SAC (após)	77
Figura 42 - Auditoria e registo de limpezas na zona dos SAC	78
Figura 43 - Etiqueta do pote de pigmento (antes)	78
Figura 44 - Etiquetas do pote de pigmento (após)	79
Figura 45 - Posto de limpeza (antes)	80
Figura 46 - Posto de limpeza (após)	80

Índice de Anexos

Anexo A - Tabela informativa das MIP do DIN	89
Anexo B - Exemplo de um conjunto de dados retirados do STAIN.....	90
Anexo C - Exemplo de um conjunto de dados retirados do IFS	91
Anexo D - PMA da MIP 62.....	92
Anexo E – Exemplo de um pictograma	93
Anexo F - Folha de registo de tarefas da MIP 62.....	94
Anexo G - PMA simplificado da MIP 62	95
Anexo H - Folha de registo do PMA simplificado da MIP 62	96
Anexo I - Instruções de trabalho do PMA simplificado da MIP 62	97
Anexo J - Diagrama de <i>Spaghetti</i> da MIP 62	101
Anexo K - Standard de mudança de moldes.....	102

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

5S - *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

CE - Chefe de Equipa

DIN - Departamento de Injeção

DPI - Departamento de Planeamento Industrial

ERP - *Enterprise Resource Planning*

FIC - Ficha de Inspeção em Curso

GFM - Guia de Funcionamento do Molde

IT - Instrução de Trabalho

KPI - *Key Performance Indicator*

MIP - Máquina de Injeção de Plástico

MTBF - *Mean Time Between Failures*

MTTR - *Mean Time to Repair*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

OT - Ordem de Trabalho

PDMM - Plano Diário de Mudança de Molde

PMA - Plano de Manutenção Autónoma

PMP - Plano de Manutenção Preventiva

RT - Responsável de Turno

SAC – Sistema de Aspiração Central

SGI - Sistema de Gestão Integrado

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

1 Introdução

1.1 Motivação e contextualização do projeto

O presente relatório tem como objetivo descrever o trabalho realizado no âmbito da unidade curricular de Dissertação/Projeto/Estágio pertencente ao plano curricular do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, na Universidade de Aveiro.

O projeto foi desenvolvido com base no trabalho realizado ao longo de 8 meses na OLI - Sistemas Sanitários, S.A., localizada na zona industrial de Esgueira, no distrito de Aveiro.

Foi, mais em concreto, no departamento de injeção (DIN) que o projeto decorreu. O DIN tem como principal atividade a produção de peças em plástico.

Para alcançar desempenhos de excelência, as empresas estão cada vez mais a apostar na melhoria da qualidade e da produtividade. Para isso é necessário examinar a eficácia das atividades de manutenção, que quando feitas de forma correta, estendem o prazo de vida dos equipamentos, melhoram a sua disponibilidade e garantem o seu correto funcionamento. Por outro lado, se as atividades de manutenção forem escassas ou realizadas incorretamente podem ocorrer graves falhas nos equipamentos, atrasando a produção e afetando o desempenho da empresa em diferentes níveis (Swanson 2001).

É possível verificar que equipamentos descalibrados ou em mau estado podem resultar num aumento dos níveis de sucata e na diminuição da qualidade do produto. Além disso os equipamentos serão substituídos com maior frequência pois o seu tempo de vida útil diminui (Swanson 2001).

Para que não ocorram perdas significantes na produção, é de extrema importância evitar paragens dos equipamentos e garantir a qualidade das peças produzidas. Perante este cenário surge a necessidade de aplicar a metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM) no DIN, assim como algumas ferramentas *Lean* de forma a combater o número de paragens não planeadas das máquinas e consequentemente promover um aumento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que poderá traduzir-se em ganhos substanciais para a empresa.

O trabalho realizado centra-se no acompanhamento e evolução da metodologia TPM, que apesar de já estar há alguns anos presente na empresa, os planos de manutenção autónoma estipulados para o DIN não estão a ser postos em prática e encontram-se desatualizados ou em falta para alguns equipamentos.

1.2 Objetivos

Existe um elevado número de máquinas no DIN e torna-se impossível para os operadores evitar que ocorram avarias e problemas em todas as máquinas, o que resulta em paragens, que irão afetar o valor do OEE do departamento. Perante esta situação, o projeto desenvolvido teve como principal objetivo aumentar a disponibilidade das máquinas de injeção de plástico (automáticas) através da implementação da metodologia TPM, focando mais concretamente no pilar da manutenção autónoma. Além disso, é pretendido realizar ações de melhorias através de ferramentas *Lean*, como é o caso dos 5S, de forma a melhorar a organização do departamento.

1.3 Metodologia

A primeira etapa no desenvolvimento do projeto passou por adquirir os conhecimentos necessários acerca do tema em análise, para isso foi feita uma revisão de literatura acerca da metodologia TPM e gestão da manutenção. Em simultâneo foi feito um acompanhamento junto aos operadores para entender o processo de injeção, como decorrem as mudanças de moldes das máquinas de injeção de plástico (MIP) e compreender alguns dos principais motivos de paragem dos equipamentos no departamento.

Na etapa seguinte foram caracterizados os diferentes tipos de MIP existentes no DIN, assim como o processo macro da empresa e o micro processo do DIN.

De seguida foi atualizado o layout do DIN onde constam as localizações das MIP e os setores a que pertencem.

Após isso, foram retirados indicadores produtivos das máquinas automáticas através do *software* STAIN e IFS, com o intuito de avaliar a situação inicial.

No passo seguinte foram analisados os dados retirados de forma a compreender quais as avarias mais recorrentes e quais os equipamentos mais penalizantes no departamento.

De seguida, foram escolhidas as máquinas onde intervir e avaliados os Planos de Manutenção Autónoma (PMA) existentes, que foram criados/revistos. Seguidamente foram avaliadas as rotinas dos colaboradores de forma a perceber as tarefas da TPM que podem ser integradas nas mesmas e foram ajustados os PMA de acordo com as prioridades e recursos da empresa.

Após isso foi feita uma limpeza inicial às máquinas e colocados os elementos de gestão visual (pictogramas) associados aos PMA.

Por fim, foi necessário formar os colaboradores e incentivar toda a empresa a colaborar com a metodologia TPM, garantindo que os PMA são cumpridos.

Além da TPM foram aplicadas ferramentas *Lean* em zonas que necessitavam de melhorias, como é o caso da zona de aspiração das matérias-primas, pois é essencial que a matéria-prima não falte ou falhe e que entre nas máquinas na melhor condição possível, para que a produção e todo o processo a jusante não sejam afetados.

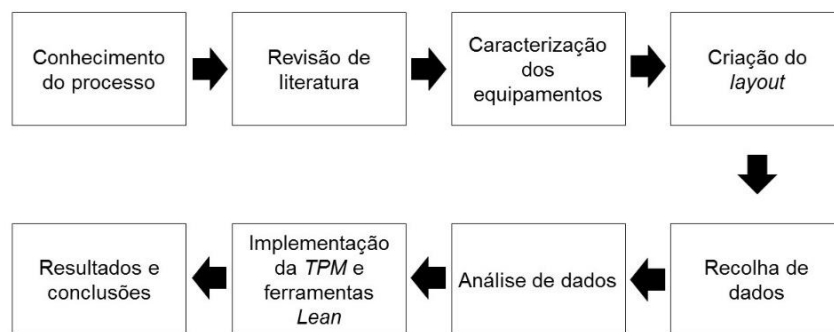


Figura 1 - Metodologia do projeto

1.4 Estrutura do relatório

O presente relatório encontra-se subdividido em 6 capítulos. No capítulo 1, é exposta a motivação e é feita uma breve contextualização da temática abordada,

de seguida são descritos os objetivos do projeto, a metodologia adotada e por fim a estrutura do relatório.

No capítulo 2 é realizada uma revisão de literatura abordando temáticas acerca da manutenção, *Lean thinking*, TPM, moldagem por injeção e *Key Performance Indicators* (KPI).

Seguidamente, no capítulo 3, é realizada uma descrição sobre a empresa, são caracterizados os diferentes produtos existentes, é descrito o macroprocesso da empresa e são detalhados pormenores do DIN (onde se foca o projeto).

Posteriormente, no capítulo 4, foram caracterizados os equipamentos no DIN, realizada uma análise para identificar as MIP críticas e analisadas as causas de avaria mais recorrentes, por fim foram elaborados os PMA e medido o impacto da sua implementação através de indicadores de desempenho.

De seguida, no capítulo 5, foi descrito o processo de implementação dos PMA e de outras melhorias implementadas no DIN.

Por último, no capítulo 6, foi realizada uma síntese do trabalho desenvolvido, retiradas as principais conclusões deste projeto e traçadas propostas para trabalho futuro.

2 Estado da arte

2.1 Manutenção Industrial

Os equipamentos industriais estão sujeitos a degradação ao longo do tempo devido à sua utilização e exposição ambiental. Em décadas anteriores, a manutenção dos equipamentos só era realizada quando ocorriam falhas nos equipamentos e era considerada uma função muito difícil de gerir dentro de uma empresa (de Jonge and Scarf 2020).

Segundo Ahmad and Kamaruddin (2012), o termo manutenção é definido como um conjunto de tarefas ou atividades realizadas para restaurar equipamentos, de forma a coloca-los nas condições exigidas durante o seu funcionamento.

Hoje em dia, a manutenção é vista como uma função essencial nas organizações, pois é possível aumentar a eficiência dos processos e a fiabilidade dos equipamentos, através de uma gestão eficaz das tarefas de manutenção, o que poderá gerar maiores lucros para as empresas (de Jonge and Scarf 2020; Waeyenbergh and Pintelon 2002).

2.1.1 Evolução da função manutenção

Em meados do século XX quando ocorria uma “avaria” significava a ocorrência de paragens dos equipamentos. Em muitos casos, os equipamentos não produziam nas melhores condições, com elevado desgaste de alguns componentes, velocidades reduzidas, o que afetava a qualidade dos seus produtos. Surgiu nessa altura o conceito de manutenção, contudo as reparações eram realizadas pelos próprios operadores devido à falta de organização nas empresas (Amaral 2016).

Na década de 1920, nos Estados Unidos da América (EUA) a atividade industrial intensificou-se, surgindo o conceito de produção em série na indústria automóvel, que desencadeou o planeamento da manutenção. Na Segunda Guerra Mundial, começaram a ser realizadas análises estatísticas às causas de

avarias e um planeamento mais eficaz das tarefas de manutenção. Estas medidas tornaram-se essenciais para manter os níveis de produção elevados (Amaral 2016).

O tratamento estatístico realizado conduziu ao aparecimento da Manutenção Preventiva Sistemática (MPS). Este tipo de manutenção baseia-se numa previsão do tempo de desgaste dos componentes e nos períodos em que devem ser substituídos. Contudo, este tipo de manutenção revelou algumas falhas, pois existiam alguns componentes que se encontravam em perfeitas condições e eram substituídos, gerando elevados custos para as empresas (Amaral 2016).

Nos anos 70 do século XX começou a dar-se bastante importância à segurança dos colaboradores e ao meio ambiente. A par com a evolução tecnológica, surgiram conceitos como a Manutenção Preventiva Condicionada (MPC), que consiste na avaliação do estado operacional dos equipamentos, a TPM e a *RCM (Reliability Centered Maintenance)*. A prática destes conceitos nas empresas permitiu diminuir os custos das manutenções e aumentar a sua eficiência (Amaral 2016; Jardine, Lin, and Banjevic 2006).

2.1.2 Óticas da manutenção (reativa, preventiva e pró-ativa)

Neste relatório, a classificação dos tipos de manutenção é baseada nas normas EN 13306:2010 (Anon 2010) e considera os tipos de manutenção presentes na figura 2.

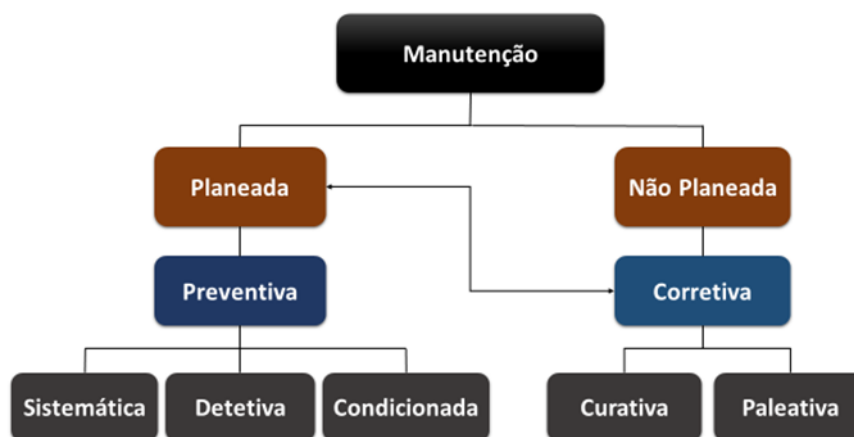


Figura 2 - Tipos de manutenção (Amaral, 2016)

2.1.2.1 Manutenção preventiva

Uma ação de manutenção preventiva ocorre antes do equipamento falhar e é baseada em critérios pré-definidos como a idade, tempo de uso ou em informação existente acerca das suas condições. Tem como objetivo reduzir falhas nos equipamentos ou serviços (Duffuaa and Raouf 2015; de Jonge and Scarf 2020).

A manutenção preventiva sistemática, é realizada de acordo com ciclos periódicos e revela ter um custo demasiado elevado para 92% dos equipamentos. Enquanto que a manutenção preventiva condicionada é efetuada de acordo com o estado de degradação dos equipamentos, ou seja só são trocados componentes quando começam a surgir anomalias, sendo por isso uma abordagem mais económica para as empresas (Poor, Basl, and Zenisek 2019).

Segundo Amaral (2016), existe ainda a manutenção detetiva, que consiste na análise e verificação do estado de alguns componentes, aos quais estão associadas falhas ocultas, que apesar de não terem um impacto direto nos processos podem ter consequências negativas para a empresa.

2.1.2.2 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é efetuada apenas quando os equipamentos param ou não funcionam, este tipo de manutenção era a mais utilizada até ao ano de 1945 e foi parcialmente utilizada nos anos 50. Apesar desta abordagem, inicialmente, apresentar poupanças na mão-de-obra e componentes alteradas através de atividades de manutenção, a longo prazo surgirão custos mais elevados, pois o tempo de vida útil dos equipamentos será mais curto e os seus componentes serão substituídos com maior frequência. Além disso, o custo da mão-de-obra também será mais elevado pois as intervenções serão mais extensas. Existem ainda custos adicionais se ocorrerem falhas em equipamentos importantes que necessitem de voltar rapidamente a produzir, pois é necessário aumentar o *stock* de peças suplentes para esses equipamentos (Bevilacqua and Braglia 2000; Poor et al. 2019).

Segundo (Amaral 2016), se a intervenção for definitiva é designada pelo termo “curativa” e caso seja provisória trata-se de uma intervenção “paliativa”.

2.1.3 Níveis de manutenção

Segundo as normas europeias EN 13306:2010 (Anon 2010), existem cinco níveis de prestação de manutenção, que estão categorizados por complexidade (aumentando de acordo com o seu nível):

- Manutenção de 1º nível – tarefas simples que podem ser realizadas por um colaborador com pouca formação, inclui por exemplo, tarefas de lubrificação, afinações e limpeza.

- Manutenção de 2º nível – ações simples de manutenção, mas que devem ser executadas por técnicos ou operadores qualificados, inclui por exemplo, inspeções ou substituição de elementos *standard*.

- Manutenção de 3º nível – ações complexas realizadas por técnicos especializados ou pela equipa de manutenção da empresa, inclui por exemplo a substituição ou reparação de componentes mecânicos.

- Manutenção de 4º nível – ações que implicam conhecimentos de uma certa tecnologia ou técnica, é executada por técnicos especializados. Inclui, por exemplo, trabalhos importantes de manutenção preventiva.

- Manutenção de 5º nível – relacionada com trabalhos que implicam conhecimentos dos fabricantes de equipamentos ou de uma empresa especializada, podem ser executados por uma equipa de manutenção polivalente ou com recurso a subcontratação de serviços de outra empresa.

2.2 *Lean Thinking*

O *Lean thinking* surgiu nas fábricas japonesas, destacando-se na Toyota Motor Company, que adotou técnicas inovadoras devido à escassez de recursos e competição no ramo automóvel, como por exemplo: o sistema de produção *JIT* (*Just-In-Time*), o sistema de gestão visual *Kanban* (utilizando o método de produção *Pull*) e os 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) (Fullerton, Kennedy, and Widener 2014; Hines, Holwe, and Rich 2004).

O *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido pelo vice-presidente da Toyota Motor Company, Sr. Taiichi Ohno, fez uso desta abordagem de gestão *Lean*, focando-se em eliminar desperdícios e excessos nos fluxos dos produtos.

Estes são descritos em japonês como “muda” (desperdício em termos de tempo e esforço). Outra característica importante, é a valorização dos recursos humanos, onde os colaboradores devem assumir responsabilidades e fazer uso de todas as suas capacidades, enquanto exercem as suas funções (Hines et al. 2004; New 2007).

2.2.1 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*)

5S é uma técnica de gestão organizacional que tem como objetivo alcançar um ambiente de trabalho limpo, estável e eficiente. Pode ser posta em prática em vários locais como: casas, escolas, comunidades e zonas de trabalho (Gapp, Fisher, and Kobayashi 2008; Gavriluță, Nițu, and Gavriluță 2021).

O nome 5S deriva das seguintes palavras japonesas: *Seiri* (Utilização), *Seiton* (organização), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina). Esta técnica pode ser utilizada em paralelo com a TPM no desenvolvimento de um sistema de gestão integrado (Gapp et al. 2008; Singh, Rastogi, and Sharma 2014).

Com a implementação dos 5S é possível descobrir problemas ocultos, manter o local de trabalho mais limpo e seguro; reduzir a carga de trabalho e erros dos trabalhadores, através da simplificação dos processos; aumentar a produtividade e padrões de qualidade, através da formação dos trabalhadores.

O Sistema de Produção da Toyota fornece um bom exemplo prático da aplicação dos 5S (Gapp et al. 2008).

2.2.2 Gestão visual

A gestão visual é uma estratégia que utiliza sistemas sensoriais, de fácil compreensão. Tem como objetivo melhorar a interpretação dos processos, facilitar a comunicação, o controlo do trabalho no chão de fábrica e os fluxos de informação numa empresa (Tezel, Koskela, and Aziz 2018).

2.2.2.1 Sistema Andon

O Sistema Andon é um sistema de controlo visual que permite alertar a administração e os restantes colaboradores assim que é detetado um defeito ou

interrompida a produção. O aviso ocorre através de sinais luminosos ou sonoros com recurso a um monitor ou placa de luz. É utilizado de forma a controlar a produtividade ou falhas nos processos (Minh, Nguyen, and Cuong 2019; Sohal 1991).

2.2.2.2 Diagrama de *Spaghetti*

O diagrama de *Spaghetti* é um método utilizado para visualizar a movimentação de um objeto num determinado sistema, através de uma linha orientadora. O objeto móvel pode ser um trabalhador ou um produto. O sistema onde o objeto se move pode ser, por exemplo, a área de produção de uma fábrica ou uma oficina. O resultado final deste diagrama tem semelhanças a um fio de esparguete, daí o seu nome. Analisando um diagrama de *Spaghetti*, é possível identificar a distância associada a cada movimento, o número de movimentos, se existe sobreposição de movimentos e o tempo necessário para cada movimento (Senderská, Mareš, and Václav 2017).

Realizando uma análise mais detalhada, podemos identificar movimentos e áreas pouco eficientes e propor alterações no número de funcionários, no *layout* da área de trabalho ou realizar uma comparação com a situação inicial (Kanaganayagam, Muthuswamy, and Damodaran 2015; Senderská et al. 2017).

2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

No ambiente altamente competitivo de mercado em que nos encontramos, existe uma pressão cada vez maior por parte dos clientes e das empresas concorrentes, sendo por isso necessário constantes melhorias nos processos e desempenhos das empresas, para garantir a sua sobrevivência e lucratividade. Isto inclui o setor da manutenção de cada empresa. A manutenção produtiva total é uma ferramenta essencial para as empresas evoluírem nesse sentido e se afirmarem numa economia global, que exige constantes aumentos da produtividade e reduções de custos nos seus processos, sem comprometer a qualidade dos produtos e os prazos de entrega aos clientes (Jain, Bhatti, and Singh 2014).

A implementação da TPM permite aumentar o OEE da empresa, diminuir os tempos de inatividade dos equipamentos, diminuir os níveis de sucata e aumentar a produtividade dos colaboradores, através de ações de manutenção preventivas e preditivas planeadas e de técnicas que otimizam os processos de manutenção. Este conceito considera que equipamentos fiáveis são um dos principais fatores que contribui para o aumento do desempenho e lucratividade das empresas (Jain et al. 2014; Shah and Ward 2003; Tortorella et al. 2021).

2.3.1 Origem do conceito TPM

O conceito da TPM foi desenvolvido no Japão em 1971, com o objetivo de combater problemas que ocorrem no chão de fábrica. Foi introduzido por Seiichi Nakajima, vice-presidente do *Japanese Institute of Plant Engineers* (JIPE), como um sistema de manutenção que abrange toda a vida útil dos equipamentos, incluindo o planeamento, a produção e a manutenção. Promove uma relação sinérgica entre os departamentos nas empresas, sendo particularmente importante promovê-la entre a produção e a manutenção. A palavra “Total” tem três significados: eficácia total, sistema de manutenção total e participação total (Jain et al. 2014).

2.3.2 Objetivos da TPM

A TPM tem como objetivo aumentar a eficácia e disponibilidade dos equipamentos, para isso são concretizadas ações para manter os equipamentos nas condições ideais, reduzindo os custos de manutenção durante o seu ciclo de vida. Além disso pretende controlar e reduzir as variações existentes nos processos das organizações (Jain et al. 2014).

A TPM tem três objetivos principais: zero acidentes, zero defeitos e zero avarias. Para tal, são realizados esforços para manter os equipamentos nas melhores condições, evitando manutenções corretivas e não planeadas e assegurando a qualidade e a segurança durante todo o processo. Outro foco importante da TPM é inculcar aos operadores a responsabilidade pelas rotinas de manutenção dos equipamentos e a organização do seu espaço de trabalho, realizando tarefas de lubrificação, limpeza, ajustes e pequenas reparações, de

forma a libertar a equipa de manutenção para reparações mais complexas. Desta forma, a TPM promove a existência de uma relação próxima entre os operadores da produção e os técnicos de manutenção, assim como envolvimento de todos os colaboradores num ambiente de melhoria contínua (Jain et al. 2014).

2.3.3 Pilares da TPM

Segundo Jain et al. (2014) e (Agustiady and Cudney 2018), a TPM está dividida em oito pilares:

1) Melhorias focadas no equipamento – realizar, de forma constante, pequenas melhorias nos equipamentos para reduzir custos e perdas na produção, promovendo uma mentalidade de melhoria contínua.

2) Manutenção da qualidade – foco em desenvolver equipamentos que produzam sem defeitos e na redução das queixas dos clientes. Previne erros através de técnicas como as análises da causa raiz, reduzindo a reincidência de erros e custos.

3) Manutenção planeada - reduzir tempos de paragens não planeadas, através da análise de causas de avarias reais e da concretização das contramedidas necessárias na sua resolução. Por norma, este tipo de manutenção é realizada quando os equipamentos estão parados. Permite manter os equipamentos nas melhores condições possíveis, reduzindo os tempos de paragem por avaria. Além disso, através do planeamento realizado tendo em conta o desgaste de cada componente, é possível reduzir o *stock* de peças suplentes e garantir que estas são trocadas perto do final do seu tempo de vida útil.

4) Manutenção Autónoma – manter as condições essenciais dos equipamentos e do chão de fábrica, através da atribuição de tarefas de manutenção simples aos operadores e de organização dos seus postos de trabalho, como por exemplo: limpezas, inspeções visuais, lubrificações e pequenas afinações, libertando a equipa de manutenção para tarefas mais complexas. Permite ao operador, aumentar os seus conhecimentos acerca dos equipamentos e ter uma participação ativa na sua manutenção, agindo como se o

equipamento fosse sua propriedade. Desta forma, será mais fácil identificar problemas nos equipamentos e intervir rapidamente, antes que ocorram falhas graves.

5) Melhorias iniciais dos equipamentos – exige conhecimentos do equipamento e do processo. É utilizado para melhorar os projetos de novos equipamentos, aumentando a sua eficácia e segurança, evitando constrangimentos iniciais e custos adicionais na sua manutenção. Desta forma, torna a sua manutenção menos complexa e garante a robustez do equipamento, desde o momento da sua instalação.

6) Formação e treino – é importantíssimo formar e treinar os colaboradores da produção, manutenção e administração sobre a metodologia da TPM, para que os conceitos sejam aplicados de forma correta e consistentemente. Os operadores adquirem os conhecimentos teóricos e práticos para facilitar a identificação/resolução dos problemas mais recorrentes dos equipamentos. Os colaboradores da manutenção adquirem um maior conhecimento na resolução de avarias mais complexas. E a administração foca-se em formar e desenvolver as capacidades dos seus colaboradores.

7) Segurança, saúde e ambiente – alcançar zero acidentes de trabalho e eliminar os riscos para a saúde dos colaboradores, assim como reduzir ao máximo os impactos ambientais da empresa.

8) *Office* TPM - melhorar fluxos de informação, realizar recolhas e processamento de dados eficientes que apoiem a produção, automatizar processos administrativos da empresa e aumentar a eficiência geral dos colaboradores nos escritórios.

De realçar que os 5S desempenham um papel fundamental, sendo por isso a base necessária na implementação da TPM em toda a empresa.

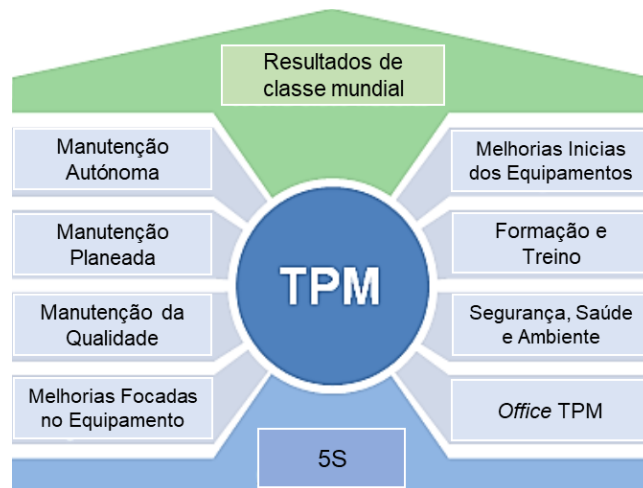


Figura 3 - Pilares da TPM (adaptado de Jain et al. 2014)

2.3.4 Fases de implementação da TPM

A TPM exige o envolvimento de todos os colaboradores na empresa, podemos considerar três fases na implementação da metodologia TPM. A fase de preparação, onde em primeiro lugar é tomada a decisão pela administração de introduzir a TPM, de seguida começa uma campanha de treino preliminar a todos os colaboradores, para introduzir o conceito e demonstrar todos benefícios associados à TPM. Posteriormente, é criada a estrutura necessária para desenvolver esta metodologia, ou seja, são criadas equipas e analisados os recursos necessários. Por fim, são estabelecidas as metas a alcançar e elaborados os planos fundamentais para os atingir. Na fase de implementação, ocorre o arranque dos planos e são elaborados sistemas para melhorar a eficácia e gestão dos equipamentos. Por último, na fase de desenvolvimento, é necessário criar formas de controlar e avaliar o impacto da metodologia aplicada, garantir a segurança e proteção ambiental e por fim extrapolar a metodologia para toda a empresa (Amaral 2016).

A manutenção autónoma é um dos pilares mais importantes da TPM pois contribui fortemente na redução de perdas significativas. Estima-se que 80% do tempo de inatividade não planeado dos equipamentos é provocado por problemas repetitivos, que podem ser resolvidos por um operador devidamente treinado/formado e que apenas 20% desses problemas, necessitam de assistência externa para serem resolvidos (Morales Méndez and Rodriguez 2017).

Segundo Amaral (2016), existem sete etapas necessárias para a aplicação do pilar da manutenção autónoma:

Etapa 1 – É necessário realizar uma limpeza inicial, onde todos os pontos de sujidade são eliminados. Além disso, são corrigidas irregularidades como: reapertos ou a concretização da lubrificação necessária nos equipamentos.

Etapa 2 – São eliminados problemas em locais de difícil acesso, promovendo medidas que facilitem tarefas como: a lubrificação ou limpeza dos equipamentos.

Etapa 3 – Criação de normas de limpeza e lubrificação para garantir a uniformização e redução do tempo de execução das tarefas, para que os equipamentos operem nas melhores condições.

Etapa 4 – Detetar e reparar pequenas falhas nos equipamentos com a ajuda dos conhecimentos e experiência dos operadores e técnicos.

Etapa 5 – Elaboração e execução de planos de manutenção autónoma com atividades programadas de verificação, inspeção e pequenas afinações.

Etapa 6 – Desenvolver normas de controlo e inspeção.

Etapa 7 – Consolidar metas e diretrizes da empresa e controlar todas as atividades desenvolvidas.

2.3.5 Barreiras da implementação da TPM

Segundo (Attri, Grover, and Dev 2014), existem cinco categorias de barreiras possíveis de encontrar na implementação da TPM:

1. Barreiras a nível comportamental – incluem a falta de compromisso da administração, a resistência dos colaboradores, a falta de visão, a falta de segurança no espaço de trabalho e a má coordenação entre a produção e manutenção.

2. Barreiras humanas e culturais – falta de motivação e coordenação, incapacidade para alterar a cultura enraizada, falta de vontade por parte dos colaboradores para alterar as suas rotinas, diminuição do poder de decisão dos operadores.

3. Barreiras estratégicas – planejamento deficiente a longo-prazo, definição inadequada ou vaga dos objetivos organizacionais e da metodologia TPM, falha ao não dar tempo suficiente para evolução do conceito, estruturas fracas de apoio às iniciativas de TPM.

4. Barreiras operacionais – falta de *standards* de operações, inexistência de um calendário para realizar as tarefas de manutenção preventiva, ambientes de trabalho pobres, uso incorreto de ferramentas ou execução incorreta de procedimentos, falhas de acompanhamento do progresso das ações da TPM.

5. Barreiras técnicas – falta de conhecimentos técnicos e equipas pouco qualificadas, falta de treino ou formação e ausência de sistemas informáticos para a gestão da manutenção.

2.4 Moldagem por injeção

Os produtos termoplásticos são indispensáveis no nosso quotidiano e a moldagem por injeção continua a ser o processo mais utilizado na sua produção, devido à sua elevada eficiência. Estima-se que mais de um terço de todos os materiais termoplásticos são fabricados através deste processo. A primeira máquina de moldagem por injeção de plástico foi desenvolvida pelos irmãos Hyatt em 1872 (Khosravani and Nasiri 2020).

O ciclo de injeção é constituído por quatro fases: a fase de enchimento, compactação, arrefecimento e extração. A qualidade final do produto depende de vários parâmetros como o tipo de matéria-prima, o *design* do molde e outros parâmetros específicos do processo como: a velocidade de injeção, temperatura do bico e do cilindro, tempo/pressão de retenção e tempo de arrefecimento. Contudo, utilizando este processo, podem ocorrer vários problemas no produto final como: bolhas de ar, manchas escuras, empenamento ou deformação, rebarbas, rachas, injeções incompletas e inconsistência na cor das peças injetadas (Khosravani and Nasiri 2020).

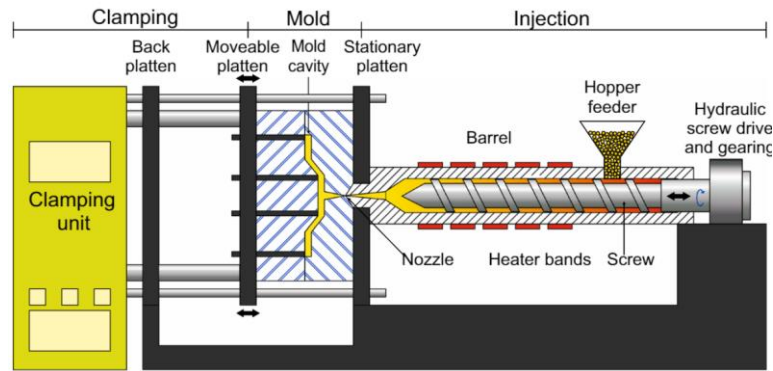


Figura 4 - Principais componentes de uma MIP (Khosravani and Nasiri 2020)

As máquinas de moldagem por injeção são constituídas por quatro componentes principais: a unidade de injeção, a unidade fixação do molde, a unidade de acionamento e a unidade de controlo. De uma forma geral, o processo de moldagem por injeção decorre da seguinte maneira: a unidade de injeção recebe a matéria-prima através da tremonha, de seguida o material aquece e funde devido às bandas de aquecimento e ao próprio movimento mecânico do parafuso, que gira e injeta o material a alta pressão nas cavidades do molde. Por fim, a unidade de fixação fecha o molde e mantém o material sob pressão até que a peça formada arrefeça e solidifique. A unidade de acionamento é responsável por fornecer a energia necessária aos componentes mecânicos da MIP e a unidade de controlo tem como função controlar os parâmetros do processo, por exemplo, o nível de óleo, a temperatura ao longo do cilindro (onde se encontra o parafuso) e a pressão exercida (Mianehrow and Abbasian 2017).

Portanto, segundo Mianehrow and Abbasian (2017), existem oito etapas num ciclo de injeção:

1. Fecho do molde;
2. Fixação;
3. Injeção;
4. Retenção;
5. Plastificação;
6. Arrefecimento;
7. Abertura do molde;
8. Extração da peça.

As etapas de fixação, injeção e plastificação são as que consomem mais energia durante o ciclo de injeção (Mianehrow and Abbasian 2017).

Podemos dividir as máquinas de injeção de plástico em três tipos: as hidráulicas, as elétricas e as híbridas. Será abordado com mais detalhe cada tipo de máquina no capítulo 4.1 do relatório.

2.5 Key Performance Indicators (KPI)

2.5.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O indicador OEE é utilizado para determinar a eficiência de uma máquina, linha produtiva, seção da fábrica ou até mesmo da totalidade da fábrica (Mianehrow and Abbasian 2017).

Permite medir a produtividade de uma forma simplificada, demonstrando a verdadeira percentagem de tempo produtivo. Ao criar recursos para medir o OEE e identificar as seis principais perdas associadas ao processo da empresa, é possível traçar um caminho de introdução à melhoria contínua (Agustiady and Cudney 2018).

2.5.1.1 Parâmetros do OEE

Segundo Thorat and Mahesha (2020) e Ahuja and Khamba (2008), existem três parâmetros considerados para o cálculo do OEE:

- Disponibilidade (*Availability – A*);
- Desempenho (*Performance – P*)
- Qualidade (*Quality – Q*)

O parâmetro disponibilidade (*A*) tem em consideração o tempo de inatividade dos equipamentos, inclui todos os eventos que interrompem a produção planeada por um período de tempo perceptível. Pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

- 1) $A = \text{Tempo de Operação Real} / \text{Tempo de Operação Teórico}.$

Também pode ser calculado tendo em conta o indicador *Mean Time Between Failures* (MTBF) e o *Mean Time To Repair* (MTTR), recorrendo à seguinte fórmula:

$$2) \quad A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}).$$

O parâmetro desempenho (*P*) considera todos os fatores que afetam a velocidade de produção. Pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$3) \quad P = \text{Tempo de Ciclo Nominal} / \text{Tempo de Ciclo Real}.$$

O parâmetro qualidade (*Q*) tem em conta todas as peças fabricadas com defeito ou que se encontrem fora dos padrões de qualidade estabelecidos. Pode ser calculado da seguinte forma:

$$4) \quad Q = \text{Total de Peças Boas} / \text{Total de Peças produzidas}.$$

Depois de calculados os três parâmetros (*A*, *P* e *Q*), é possível calcular o OEE, recorrendo à seguinte fórmula:

$$5) \quad \text{OEE} = (A \times P \times Q).$$

Segundo Thorat and Mahesha (2020), os valores do OEE podem ser categorizados da seguinte forma:

1. 100% de OEE reflete uma produção perfeita (muito difícil de alcançar) com produtos excelentes;
2. 85% de OEE serve como referência a nível mundial para o tipo de produção discreta;
3. 60% de OEE é um valor comum para o tipo de produção discreta, mas demonstra que ainda há bastante espaço para melhorias;
4. 40% de OEE é um valor obtido em algumas fábricas que iniciaram há pouco tempo a sua atividade. É um resultado baixo e que tem de ser melhorado rapidamente.

2.5.1.2 Seis grandes perdas

Segundo Chan et al. (2005) e Agustiady and Cudney (2018), medir o OEE é uma maneira eficaz de analisar a eficiência dos equipamentos. Na verdade este indicador mede as perdas associadas aos três parâmetros (*A*, *P* e *Q*), que podem ser divididas em seis categorias:

- Falhas e avarias nos equipamentos;
- *Setup* e afinações;
- Quebras de velocidade;
- Pequenas paragens;
- Arranque e perdas iniciais;
- Defeitos de qualidade e retrabalho.

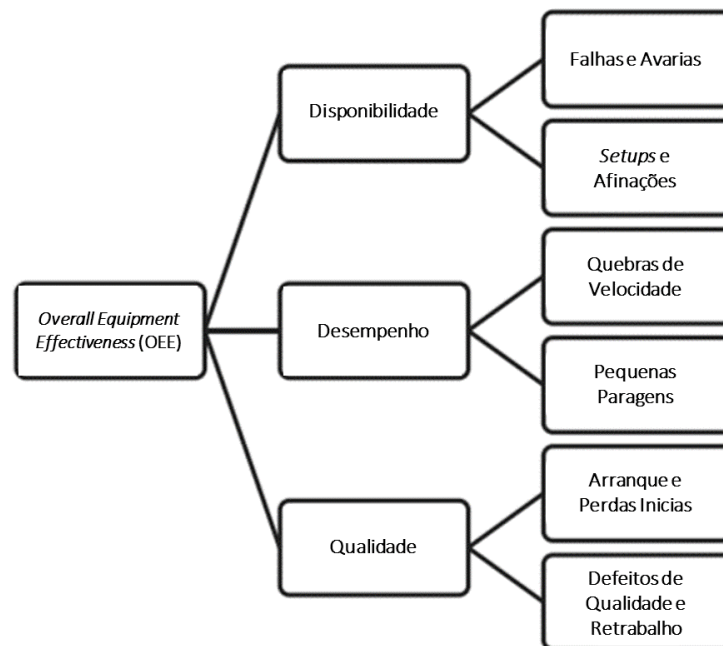


Figura 5 - OEE e as seis grandes perdas (adaptado de Agustiady and Cudney 2018)

2.5.2 Mean Time Between Failures (MTBF)

O MTBF significa média dos tempos entre avarias. É um indicador especialmente importante para o departamento de manutenção das empresas, pois permite medir a fiabilidade dos equipamentos e realizar análises a qualquer tarefa de manutenção ou reparação. Torna-se, desta forma, um indicador

essencial no processo de tomada de decisão das empresas (Borris 2006; Thorat and Mahesha 2020).

A sua fórmula de cálculo é a seguinte (Thorat and Mahesha 2020):

- $MTBF = (\text{Tempo Total de Operação}) / (\text{Número de Avarias})$.

2.5.3 Mean Time To Repair (MTTR)

O *MTTR (Mean Time To Repair)* significa média dos tempos de reparação. Tal como o MTBF é um indicador importante na área de manutenção das empresas, permite analisar as capacidades técnicas das equipas de manutenção, a complexidade das avarias que ocorrem e a disponibilidade de peças suplentes (Borris 2006; Thorat and Mahesha 2020).

A sua fórmula de cálculo é a seguinte (Thorat and Mahesha 2020):

- $MTTR = (\text{Tempo Total de Inatividade}) / (\text{Número de Avarias})$.

3 Caso de estudo

3.1 Apresentação da empresa

A OLI – Sistemas sanitários, S.A. foi fundada a 1 de março de 1954, em Aveiro. Começou como uma pequena empresa familiar que, ao longo do seu percurso de crescimento passou por áreas distintas de negócio.

Inicialmente dedicava-se à comercialização de artigos de fundição e artigos de rega para o setor da agricultura. No início dos anos 80, direcionou o foco para o setor de sistemas sanitários, criando a primeira unidade industrial dedicada à produção de autoclismos inovadores e sustentáveis.

Com um crescimento exponencial, em pouco mais de dez anos, levou a OLI a integrar no grupo Silmar, com sede em Itália. O Grupo atua em quatro setores: fundição de alumínio, aquecimento, metalização em plásticos e redes de esgotos e águas.

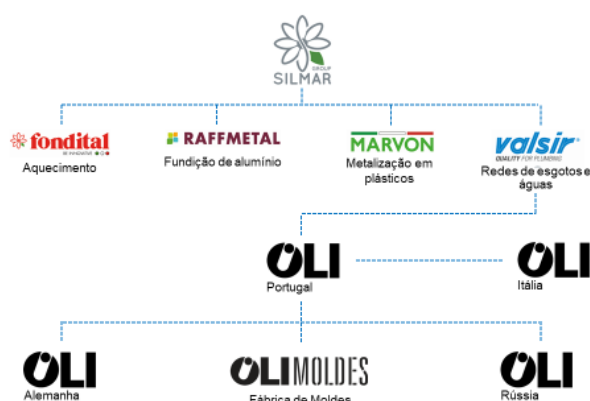


Figura 6 - Constituição do grupo Silmar

Outro marco importante para a empresa ocorreu em 2007 quando recorreu ao instituto *Kaizen* para implementar um sistema de melhoria contínua, resultando num aumento de 30% na produtividade.

A OLI – Sistemas sanitários, S.A. é a maior produtora de autoclismos da Europa do Sul, encontra-se presente em mais de oitenta países dos cinco

continentes e exporta cerca de 75% da sua produção. Opera de forma contínua 24h por dia, 7 dias por semana (Anon n.d.).



Figura 7 - Vista aérea da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.

3.2 Produtos OLI

A OLI tem como objetivo desenvolver novas soluções que tornem a casa de banho num lugar hidricamente eficiente, confortável e seguro. Os autoclismos interiores são os seus produtos principais, onde se destacam as torneiras de boia que asseguram o rápido e silencioso enchimento do autoclismo, as estruturas autoportantes que permitem ajustar a altura do sanitário e as placas de comando com design inovador.

Em 1994, surgiu a invenção do sistema de dupla descarga do autoclismo, que permitiu diminuir até 50% o consumo de água, graças à opção de descarga com menor quantidade de água.

O sistema *Hydroboost* é outra prova de investimento na sustentabilidade, pois trata-se de um sistema que gera energia a partir da água que enche o autoclismo.

A pensar nas pessoas com mobilidade reduzida, idosos e crianças, foi criada a gama *EASY MOVE*, que permite um fácil ajuste da altura da sanita e do lavatório.

A OLI comercializa uma vasta categoria de produtos dos quais fazem parte: placas de comando, autoclismos falsos, módulos sanitários, autoclismos exteriores e interiores, mecanismos de descarga e estruturas.



Figura 8 - Produtos da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.

3.3 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 são criados os produtos, o Armazém da Zona Industrial de Aveiro (AZIA) e o pavilhão da OLIMOLDES. Encontra-se em construção um armazém inteligente que irá permitir armazenar 6200 paletes e cerca de 500 mil produtos embalados, quadruplicando a capacidade de armazenagem, o que irá resultar numa expedição mais rápida de produtos. Na figura 9 está representado o organigrama da empresa destacando-se a vermelho o Departamento de Injeção (DIN), local onde foi realizado o projeto de estágio.

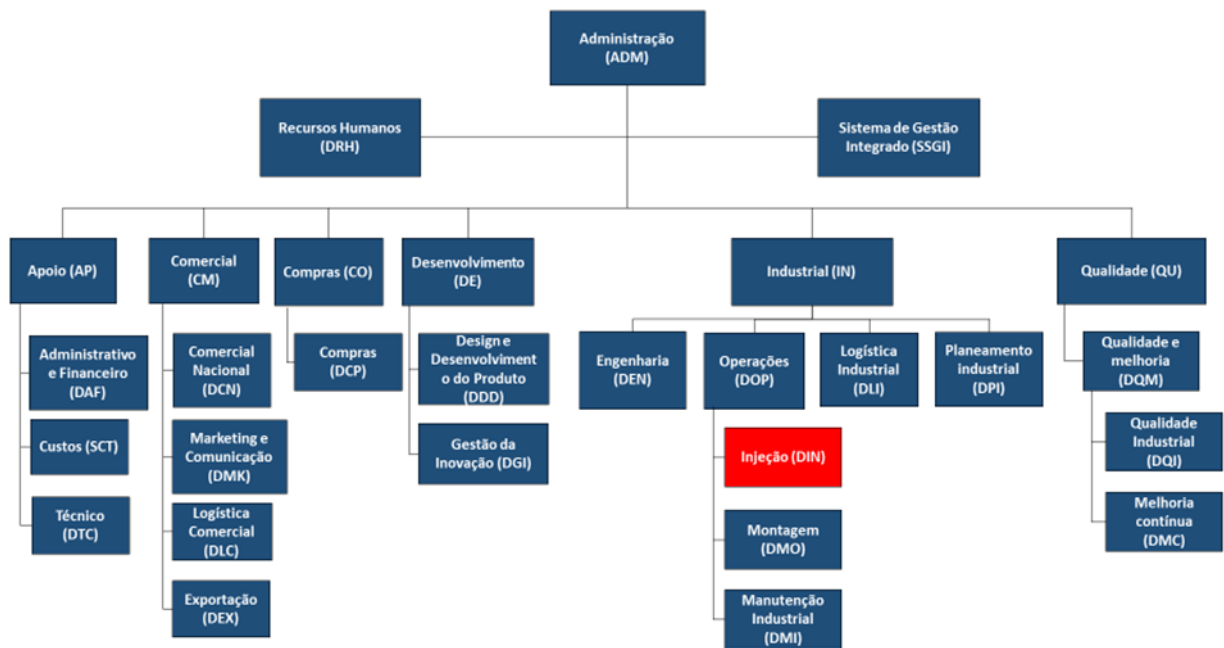


Figura 9 - Organograma da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.

3.4 Política de Sistema de Gestão Integrado (SGI)

1. Qualidade, Ambiente, Segurança e Saúde do Trabalho

A consistência e melhoria dos resultados na OLI refletem o comprometimento dos colaboradores na aplicação dos princípios de qualidade total, gestão de IDI (Investigação, Desenvolvimento e Inovação), preservação ambiental e melhoria contínua da saúde e segurança no trabalho.

A OLI abraça o compromisso de minimizar impactos ambientais relevantes, evitando o consumo de recursos desnecessários, prevenindo a poluição e apostando numa estratégia de gestão da manutenção com o objetivo de maximizar a eficiência energética dos seus equipamentos e reduzir tempos de inatividade.

2. Satisfação total do cliente

O trabalho diário concentra-se no planeamento de recursos e monitorização dos processos para apoiar as necessidades e expectativas dos clientes, para que o cliente fique totalmente satisfeito.

Os clientes e os fornecedores são parceiros com quem a OLI procura reforçar competências, capacidades, comunicação e conhecimento de forma a garantir a excelência e a melhoria contínua de produtos, serviços e processos de gestão.

3. Melhoria contínua e inovação

O processo de melhoria contínua é baseado na medição e monitorização a todos os níveis, na identificação de fatores chave, no desenvolvimento de ações para eliminação de perigos e redução de riscos, bem como proporcionar condições seguras e saudáveis de trabalho para todos os colaboradores.

Existem vários exemplos, em termos de inovação, na OLI como a gama *EASY MOVE*, que permite ao utilizador regular a altura da sanita ou lavatório com recurso a um painel de controlo. Além disso, a empresa é certificada na ISO 45001, que promove a segurança e a saúde dos seus colaboradores.

4. Cooperação

É promovida uma relação de proximidade entre clientes/fornecedores internos e existe em todo o processo o comprometimento de todos os colaboradores no cumprimento das obrigações de conformidade aplicáveis às atividades, produtos e serviços desenvolvidos.

3.5 Departamento de Injeção (DIN)

O DIN é composto por 75 máquinas de injeção de plástico automáticas e cerca de 1400 moldes. A zona de injeção está dividida em 5 setores representados no layout da figura 10.

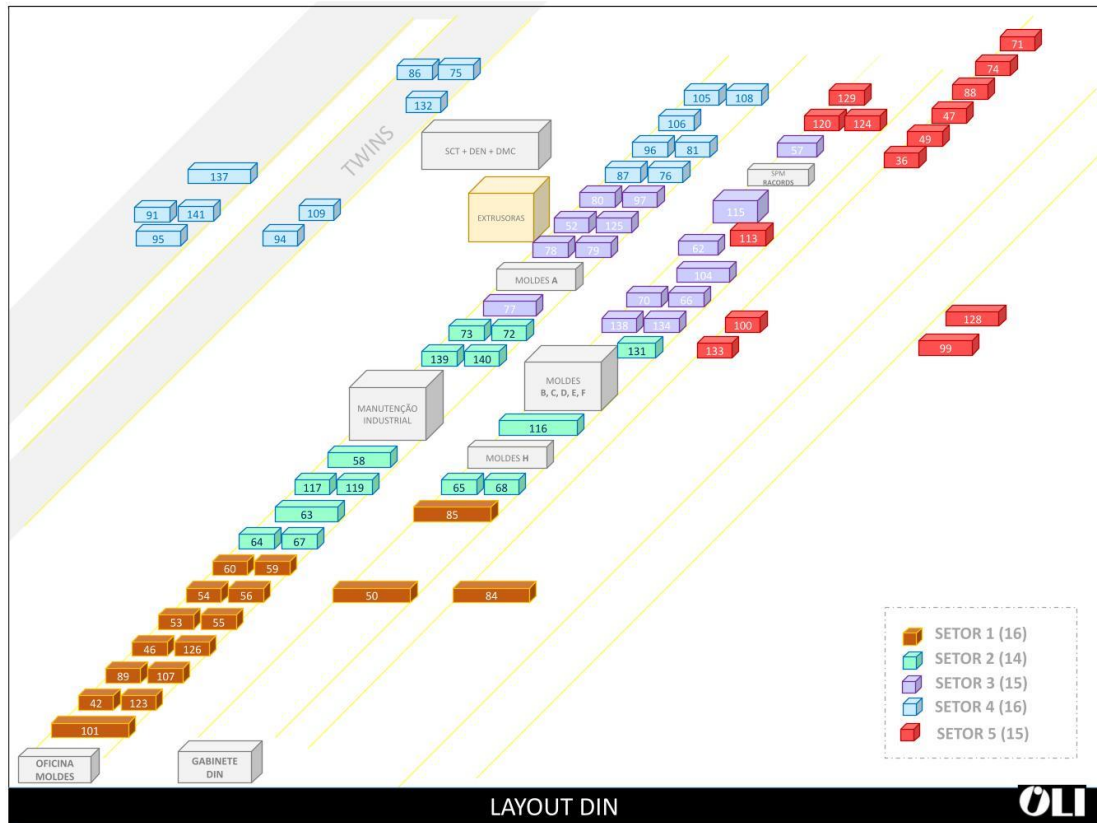


Figura 10 - Layout do DIN

Existem 4 equipas (A, B, C, D) que trabalham em turnos rotativos, sendo que cada equipa possui 1 chefe de equipa, 2 técnicos de injeção e 5 operadores (um por cada setor).

Existe ainda um responsável de turno (RT) em cada equipa, que controla várias zonas da fábrica, incluindo a zona de injeção.

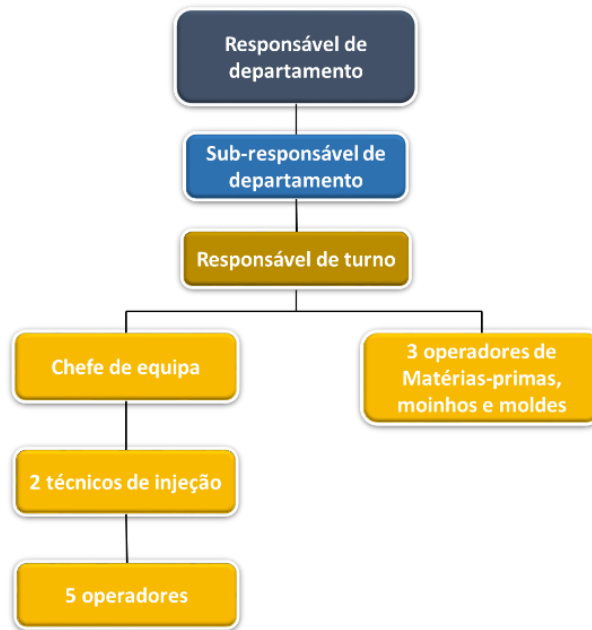


Figura 11 - Organograma do DIN

3.6 Processo produtivo

3.6.1 Processo Macro da OLI

Inicialmente o departamento comercial recebe encomendas dos clientes. De seguida tendo em conta as encomendas são criadas as OF (Ordens de Fabrico) por parte do planeamento. Além disso, é necessário realizar o aprovisionamento de todo o material essencial à produção, ou seja, matéria-prima no caso do DIN ou componentes para o DMO. Das matérias-primas necessárias destacam-se quatro tipos: O ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), o PP (Polipropileno), o PS (Poliestireno) e o POM (Polioximetileno).

O departamento de planeamento industrial (DPI) divide-se em duas partes, numa das partes é elaborado o plano para o DMO, para os quais são criadas OF. Na outra parte, é elaborado o plano diário de mudança de moldes (PDMM) para o DIN, neste caso o RT ou o engenheiro responsável fica encarregue de abrir as OF.

De seguida dá-se a produção (injeção) e montagem dos produtos. No departamento de montagem existem máquinas semiautomáticas, que produzem peças de grandes dimensões diretamente para as linhas.

Se existirem peças injetadas não conformes, estas são devidamente identificadas por tipo de material e enviadas para a zona dos moinhos, onde são trituradas, dando origem a material reciclado, que é de novo utilizado na injeção de peças ou vendido a outras empresas. Por fim os produtos são expedidos e entregues aos clientes.

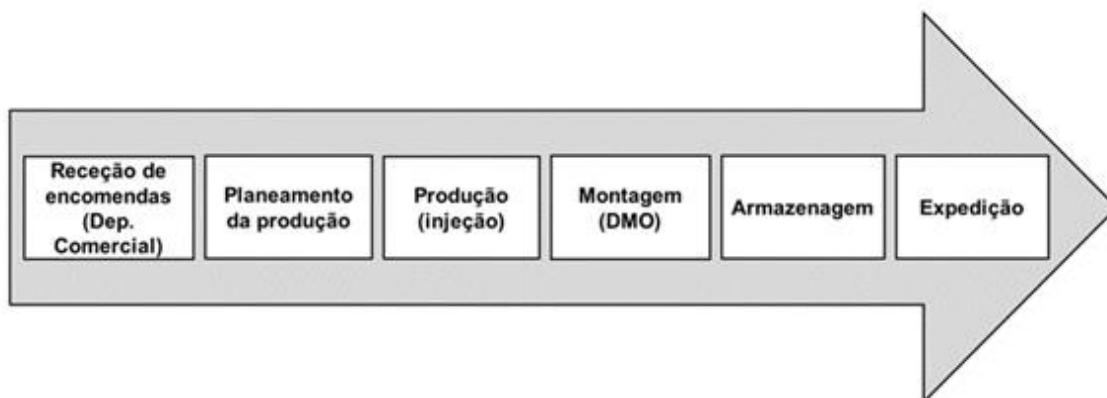


Figura 12 - Macro processo da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.

3.6.2 Processo Micro do DIN

Primeiramente é executado o PDMM enviado pelo Departamento de Planeamento Industrial (DPI). O responsável ou o sub-responsável do DIN entrega o plano aos técnicos de injeção, chefe de equipa, operadores e RT, durante ou após a reunião de *Daily Kaizen*, que ocorre no início de cada turno e tem a duração de 15 minutos.

O operador está encarregue de iniciar o plano de manutenção autónoma nas máquinas de injeção que lhe foram atribuídas, monitorizar as máquinas, colocar as peças injetadas em caixas azuis e abastecer as máquinas com mais caixas sempre que necessário, além disso tem de auxiliar o técnico de injeção na mudança de moldes.

O técnico de injeção é responsável pelas mudanças de moldes, logo necessita de analisar o plano de mudança de moldes assim como todas as revisões do plano que ocorrem ao longo do dia. Para executar a mudança, é necessário que esteja outro operador presente e a primeira etapa é ativar no STAIN a nova OF, de seguida o técnico roda a chave na consola da MIP e realiza a mudança do molde. Posteriormente, são inseridos na MIP os parâmetros

específicos para a peça a produzir, consultando o guia de funcionamento do molde (GFM). De seguida o técnico tem de verificar se as peças injetadas se encontram dentro dos padrões de qualidade estabelecidos e caso seja necessário, alterar a parametrização na máquina e simultaneamente no GFM.

De seguida, garantida a qualidade das peças, o técnico volta a rodar a chave da consola (que automaticamente comunica ao STAIN que a máquina está a produzir) e regista o número de peças não conformes produzidas.

Caso não seja possível atingir os padrões de qualidade, o técnico tem de parar a máquina e registar o motivo da paragem na consola da máquina ou acedendo ao STAIN no computador presente no chão de fábrica. Deve também comunicar ao chefe de equipa, que caso seja necessário, irá criar uma Ordem de Trabalho (OT) dirigida à manutenção.

3.7 Função do departamento de manutenção na OLI

A OLI realiza várias ações de manutenção nos seus equipamentos de modo a garantir o correto funcionamento e prolongar o seu tempo de vida útil.

No departamento de manutenção existe um responsável, cuja função é coordenar a equipa de técnicos de manutenção, que realizam manutenções corretivas e preventivas nas máquinas de injeção de plástico e noutros dispositivos. Existe ainda um responsável da oficina de moldes, cuja função é coordenar a equipa que realiza manutenções nos moldes e contactar a empresa OLI Moldes, caso seja necessária uma intervenção mais complexa.

No início do ano é elaborado um plano de manutenção preventiva (PMP) de acordo com as recomendações dos fabricantes e tendo em conta o número de OT em aberto para os equipamentos, que serve como critério para identificar as MIP mais críticas. O plano pode sofrer algumas alterações durante o ano tendo em conta a disponibilidade dos técnicos de manutenção. Por norma as intervenções são realizadas por dois técnicos simultaneamente para maximizar o número de tarefas efetuadas e diminuir o tempo em que os equipamentos se encontram parados. Algumas das tarefas são: eliminação de fugas de água e óleo; substituição de mangueiras ou outras peças degradadas; calibração de temperaturas; lubrificação e limpeza; pintura exterior dos equipamentos.

3.8 Sistema de gestão visual Andon

O sistema Andon na OLI permite identificar em tempo real o estado de cada MIP através de sinais luminosos e sonoros.

Cada MIP possui um conjunto de luzes associadas que pode alterar entre 4 cores: verde, vermelho, azul e amarelo; revelando o estado em que o equipamento se encontra.

Quando luz se encontra verde, a máquina está a produzir sem qualquer tipo de problema, quando está verde intermitente a máquina encontra-se a produzir, mas fora das tolerâncias de ciclo.

A luz vermelha significa que a MIP está parada, se estiver vermelha intermitente significa que a máquina entrou em alarme e é emitido simultaneamente um sinal sonoro.

Se a luz for azul significa que existem paragens por declarar no STAIN. Quando está azul intermitente é porque existe a necessidade de realizar o auto controlo dimensional, visual e funcional. Este controlo é realizado através da ficha de inspeção em curso (FIC). A luz azul intermitente é prioritária em relação à luz azul fixa.

Caso a luz seja amarela significa que o processo produtivo está parado para mudança de molde, posições, matéria-prima ou que estão a ser realizadas tarefas de limpeza nas MIP.



Figura 13 - Sistema Andon da OLI - Sistemas Sanitários, S.A.

4 Resultados

4.1 Equipamentos do DIN

A primeira fase deste projeto passou por realizar a caracterização de todos os equipamentos presentes no DIN. Existem dois grandes grupos de MIP: as automáticas e as semiautomáticas. No DIN, apenas existem máquinas automáticas, logo, o presente trabalho focou-se nesta tipologia de equipamento. Neste seguimento, foi criada uma tabela informativa da qual constam todas as MIP presentes no DIN. Nessa tabela (ver Anexo A), as MIP foram agrupadas por setor, sendo que, para cada máquina, são especificados a marca, o modelo e o recurso a algum tipo de *robot* ou dispositivo. As MIP automáticas contempladas neste projeto pertencem a oito marcas, designadamente, BMB, EUROINJ, ENGEL, MAICO, Sandretto, Victor, MIR e TOYO.

O passo seguinte consistiu em criar um novo layout do chão de fábrica do DIN, visto que o vigente se encontrava desatualizado (ver figura x). Foi também estabelecido a que setor pertencia cada uma das MIP, bem como o operário responsável por cada setor. Desta forma, tornou-se mais claro para os respetivos operários qual o conjunto de MIP que estes têm de controlar num dado momento o que, por sua vez, permitiu ultrapassar um dos problemas de eficiência identificados.

Numa fase seguinte, foi conduzida uma análise individual e mais detalhada de três das marcas utilizadas, a fim de explorar diferentes ângulos de um plano de manutenção e o impacto associado. Para este efeito, foram escolhidas as seguintes marcas: Victor, MIR e TOYO. As Victor e as MIR foram selecionadas por se tratarem da tipologia de máquinas em maior número, logo, com maior potencial de standardização do processo produtivo. Estão presentes no DIN vinte e duas MIP da marca Victor e vinte da marca MIR. Além disso, como as suas características, dentro de cada marca, são semelhantes, torna-se mais viável criar um plano de manutenção padronizado para cada uma destas marcas e analisar quais as MIP críticas através dos seus tempos de paragem e de produção. Da tipologia TOYO, existem dez unidades no DIN – uma quantidade significativamente menor do que de ambas as marcas anteriores. No entanto, a escolha destas últimas baseou-se no facto de serem totalmente elétricas, sendo

por isso interessante comparar este tipo de MIP, em termos de consumos elétricos e volume de tarefas de manutenção necessárias, com as MIR e as Victor (que se tratam de máquinas hidráulicas).

As MIP hidráulicas fazem uso de sistemas com bombas hidráulicas e válvulas de controlo para ajustar a pressão e o fluxo necessários durante o seu funcionamento. Permitem, assim, obter valores de torque elevados e são normalmente utilizadas quando é necessário imprimir cargas com uma potência elevada, em que a densidade de energia produzida chega a ser cinco vezes superior àquela que um motor elétrico consegue produzir (Zhang et al. 2017).

Por outro lado, as MIP elétricas utilizam apenas servomotores de alta velocidade, o que se traduz num consumo de energia mais reduzido e em tempos de ciclo mais curtos e com maior precisão. Contudo, a sua aplicação é limitada, devido à potência relativamente baixa que o servomotor consegue atingir, restringindo-se, portanto, a sua aplicação a máquinas de pequena ou média potência (Zhang et al. 2017).

Por questões ambientais e estratégicas, é importante para a empresa adquirir mais MIP elétricas e fazer o máximo de uso possível das existentes, uma vez que estas permitem alcançar as poupanças energéticas desejadas durante o processo de produção de peças.

4.2 MIP críticas

4.2.1 Software Stain

Para identificar as máquinas de injeção de plástico mais penalizantes, foram recolhidos dados a partir do MES (*Manufacturing Execution System*) da empresa - o *software* STAIN - e identificadas as MIP cujo tempo de paragem tem um peso mais significativo.

Este *software* permite visualizar o estado atual de cada máquina, exportar históricos da sua produtividade e identificar o artigo que foi produzido num determinado momento (incluindo informações referentes ao lote, código do molde, quantidade de peças produzidas e possíveis causas de paragem). Adicionalmente, o operador consegue, através do STAIN, declarar volumes de produção (enviando a devida notificação para a logística) e declarar peças não

conformes Este *software* permite ainda visualizar os três possíveis estados dos equipamentos, nomeadamente, *Produzione*, *Fermo* e *Attrezzaggio* (a produzir, parada e em limpeza, mudança de molde ou mudança de matéria-prima, respetivamente).

Para o estado *Fermo*, ou seja, na ocorrência de avarias ou paragens programadas nas MIP ou nos dispositivos, o STAIN agrupa as causas de paragem associadas nas quatro categorias listadas abaixo:

1. Paragens técnicas: avaria mecânica ou elétrica no molde, microparagem, avaria mecânica ou elétrica na máquina, reprogramação/afinação, avaria no *robot*, falta de caixas para contentorizar, peças injetadas não conformes, fuga de ar, água ou óleo e limpeza de máquina ou molde.

2. Paragens para Setup: mudança de molde ou posições, mudança de posições em máquina, mudança de matéria-prima, mudança de cor ou logótipo, programação do *robot*, alteração do datador em máquina.

3. Paragens organizacionais: falta de matéria-prima, sem produção planeada, falta de técnico ou operador de injeção, formação, ensaios, falta de energia, água, ar ou rede, manutenção preventiva, paragem para férias e feriados, alterações de layout, paragens para fim-de-semana, arranque após fim-de-semana, mudança de posições em oficina.

4. Por declarar.

As cinco causas de paragens mais recorrentes no DIN segundo a informação presente no STAIN são:

1. Sem produção planeada - ocorre quando já não é necessário produzir mais peças e a MIP fica inutilizada.

2. Avaria mecânica no molde - ocorre quando existe alguma avaria mecânica no molde, como por exemplo uma fuga de água nas mangueiras do molde ou uma avaria no injetor do molde.

3. Falta de técnico de injeção - ocorre quando não está disponível um técnico de injeção para efetuar a mudança de molde necessária resultando num período de espera.

4. Avaria mecânica na máquina – ocorre quando existe alguma avaria mecânica na MIP ou dispositivos, como por exemplo uma avaria no *robot* ou uma avaria mecânica no fuso da MIP.

5. Por declarar – ocorre quando o operador ou técnico de injeção não justificam, no *software*, a causa de paragem do equipamento.

O número de paragens “por declarar” foi reduzido para menos de 1% da totalidade das causas de paragem. É crucial que esta tipologia de paragens seja minimizada, para que os dados fornecidos pelo *software*, e análises consequentes, sejam suficientemente confiáveis. Só assim será assegurada uma base coerente capaz de gerar e suportar planos de ação corretivos fiéis à realidade da produção. É igualmente importante monitorizar o processo através de KPI relevantes que facilitem a sistematização do processo.

Para ajudar a colmatar este problema, foi realizado um controlo, através do STAIN, a cada duas horas (por mim e pelos RT, no seu respetivo horário), em que foram analisadas todas as paragens superiores a trinta minutos. Sempre que uma determinada paragem suscitasse alguma dúvida, a pessoa destacada deslocava-se até ao chão de fábrica, a fim de avaliar, junto do operador, a origem da paragem; no caso de esta ter sido mal classificada, era emitido um alerta para efetuar a respetiva correção.

No anexo B pode ser visualizado um exemplo de uma folha de dados recolhidos do STAIN.

Para a análise de dados realizada no âmbito dos três tópicos seguintes (4.2.2., 4.2.3. e 4.2.4.), foram excluídas as informações referentes ao estado de *Attrezzagio*, bem como as causas de paragem decorrentes dos moldes. As avarias nos moldes são uma das causas mais recorrentes e, neste caso, não revelam quais são as MIP mais críticas, pois o problema está associado ao molde e não às máquinas.

De forma a garantir a fiabilidade dos dados extraídos do STAIN, os dados analisados são correspondentes ao período de 15 de setembro de 2021 até 15 de novembro de 2021. Até agosto de 2021, inclusive, uma grande parte das

declarações de paragem foi dada como incorretas, sendo por isso impossível garantir a robustez da análise.

Na figura 14, é possível visualizar a distribuição do tempo de funcionamento das MIP existentes no DIN durante o ano de 2021, no qual as paragens das MIP representam uma percentagem significativa (26%) do tempo total. Um dos objetivos deste projeto é diminuir os tempos de paragem das MIP, aumentando a sua disponibilidade e, conseqüentemente, a sua rentabilidade.

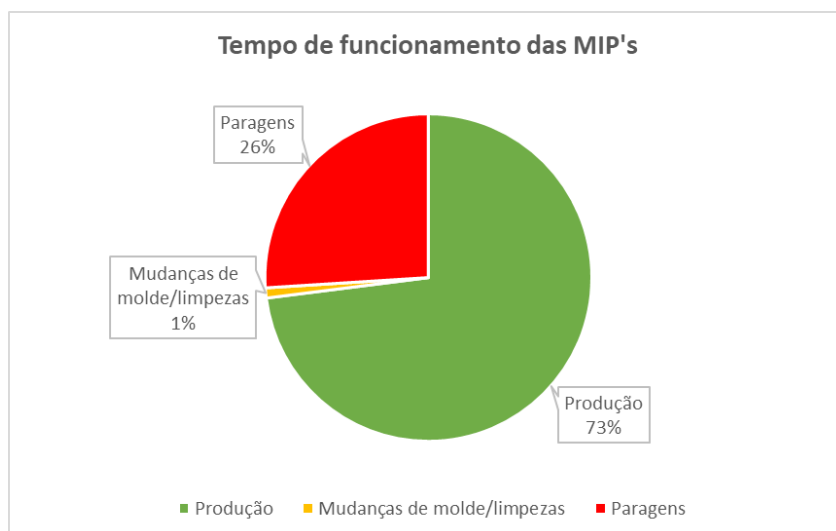


Figura 14 - Tempo de funcionamento das MIP automáticas do DIN no ano de 2021

4.2.2 Tipologia MIR

Como referido anteriormente, uma das marcas de MIP sobre a qual se debruça o corrente trabalho é a MIR, isto é, máquinas hidráulicas. Existem vinte unidades deste tipo no DIN. A fim de verificar quais as MIP mais críticas desta marca, estudaram-se os tempos de funcionamento e de paragem para cada um dos equipamentos.

Analisando a figura 15, é possível constatar que as três máquinas mais críticas da tipologia mencionada são a 62, a 77 e a 124, dado o facto de apresentarem uma maior percentagem de tempo de paragem, face ao tempo de produção. Os mesmos dados foram analisados em valor absoluto (cujos resultados podem ser comparados na figura 16) para evitar escolher, como foco deste trabalho, uma máquina com impacto pouco relevante na produção. Os

planos de manutenção autónoma referidos no tópico 4.5. foram desenvolvidos para cada uma das máquinas identificadas e, embora com base comum, foram personalizados para os diferentes equipamentos, considerando o facto de cada máquina poder implicar ou não o uso de algum dispositivo adicional ou *robot*.

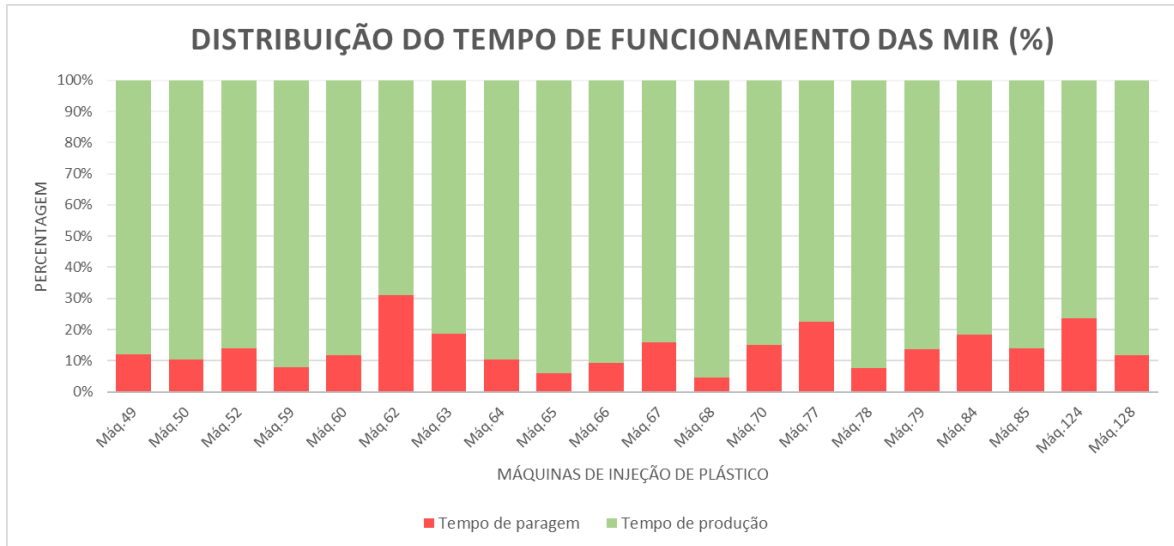


Figura 15 - Distribuição do tempo de funcionamento das MIR (%)

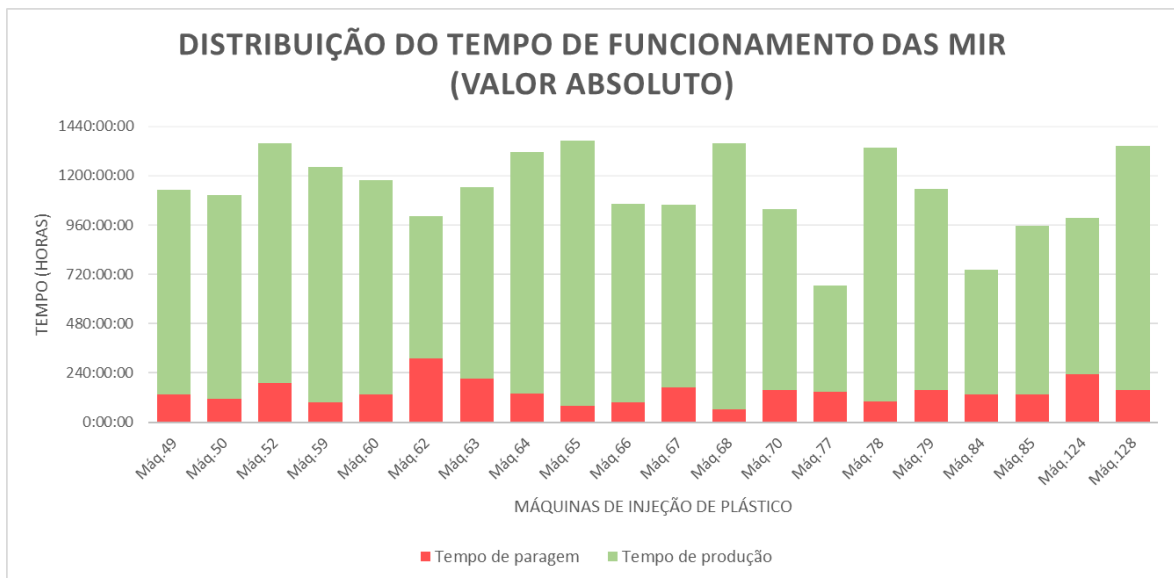


Figura 16 - Distribuição do tempo de funcionamento das MIR (valor absoluto)

4.2.3 Tipologia Victor

À semelhança das MIR, também as MIP da marca Victor são hidráulicas. Para estas, foi igualmente realizado o estudo referente à distribuição do tempo de

funcionamento de cada máquina. Seguindo um raciocínio equivalente ao anterior, é possível concluir, através do gráfico representado pela Figura 17, que as máquinas 104, 115, 75 e 86 são as mais críticas desta marca. No entanto, como se pode observar pela Figura 18, o tempo de produção da MIP 86 foi demasiado reduzido, visto tratar-se de uma máquina pouco utilizada e localizada fora da rota habitual dos operadores. Consequentemente, considerou-se que esta máquina não preenchia os requisitos de elegibilidade para o estudo em curso, tendo sido apenas seleccionadas as máquinas 104, 115 e 75.

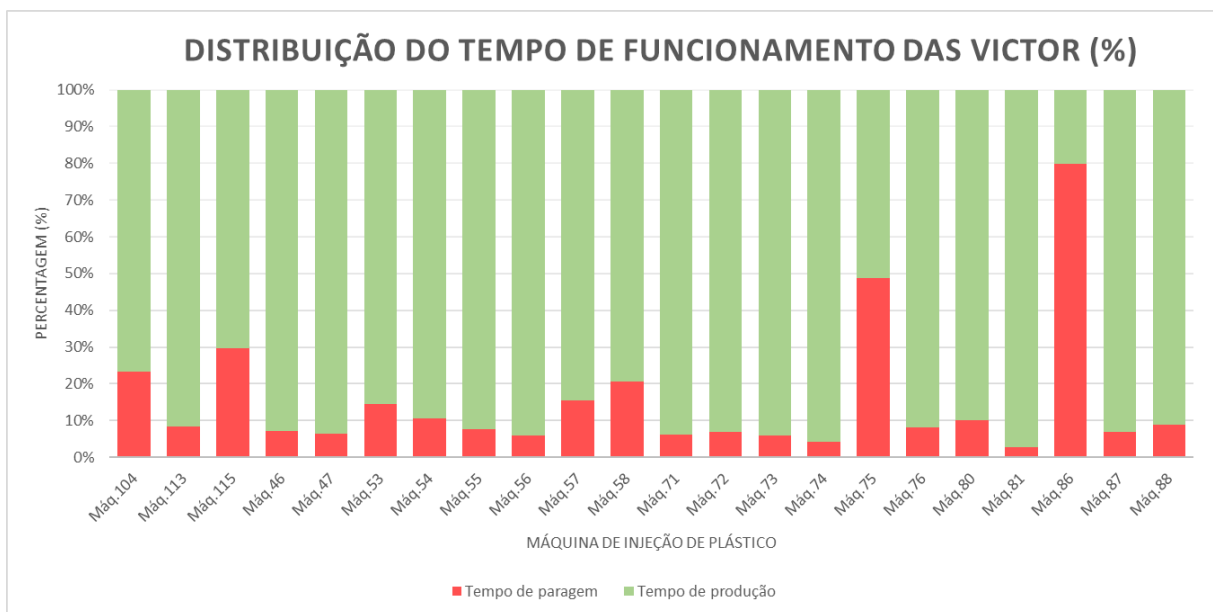


Figura 17 - Distribuição do tempo de funcionamento das Victor (%)

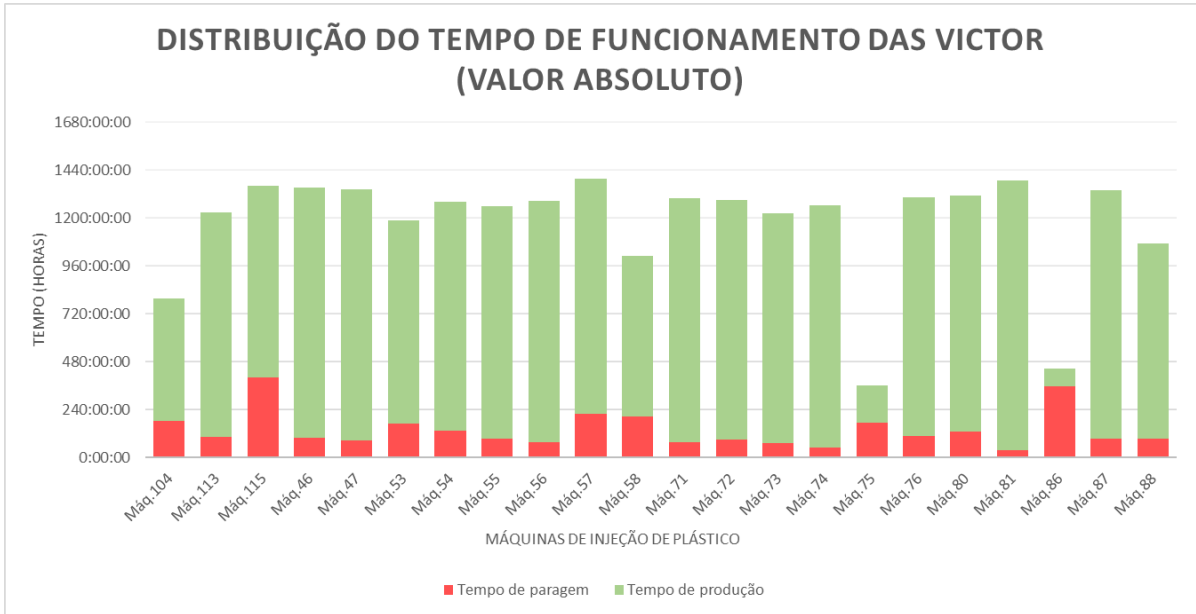


Figura 18 - Distribuição do tempo de funcionamento das Victor (valor absoluto)

A MIP 115 é uma das máquinas do DIN com mais avarias, devido à quantidade de dispositivos utilizados durante o seu funcionamento, cuja quantidade e complexidade aumentam o número de falhas e provocam mais paragens na MIP. Esta máquina possui um braço robótico, um alimentador de insertos, um aquecedor indutivo, um sistema de cravação de casquilhos, uma estante de arrefecimento, um tapete rolante e um sistema de visão artificial.

É importante elaborar um PMA que esteja alinhado com as especificidades deste equipamento. Contudo, dado o elevado número de pessoas que acompanha a máquina diariamente, não foi considerada prioritária para este projeto a aplicação de um PMA personalizado para esta MIP.



Figura 19 - MIP 115

4.2.4 Tipologia Toyo

Por fim, as Toyo, como mencionado anteriormente, são máquinas totalmente elétricas - um investimento estratégico da empresa que visa a diminuição dos consumos energéticos. Embora o seu modo de funcionamento seja diferente do das restantes tipologias, o método explorado anteriormente neste relatório é igualmente aplicável.

Assim sendo, ao analisar os gráficos da Figura 20, é possível concluir que as três MIP mais críticas da marca Toyo são a 117, a 132 e a 133 e, através da Figura 21, verifica-se que todas as máquinas referidas apresentam um tempo de produção suficiente para legitimar a escolha das mesmas como foco do resto do estudo.

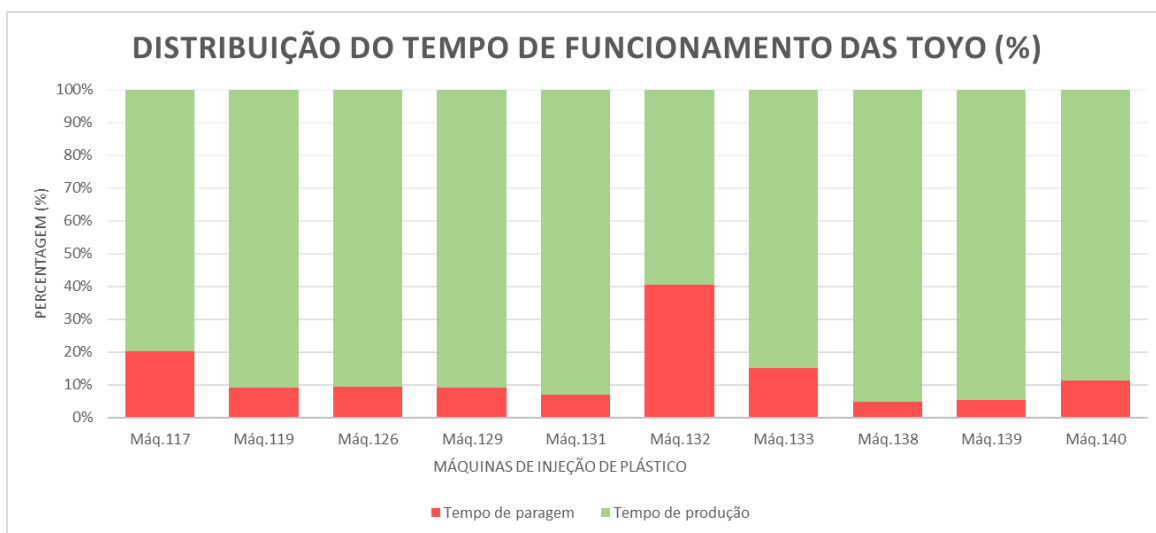


Figura 20 - Distribuição do tempo de funcionamento das Toyo (%)

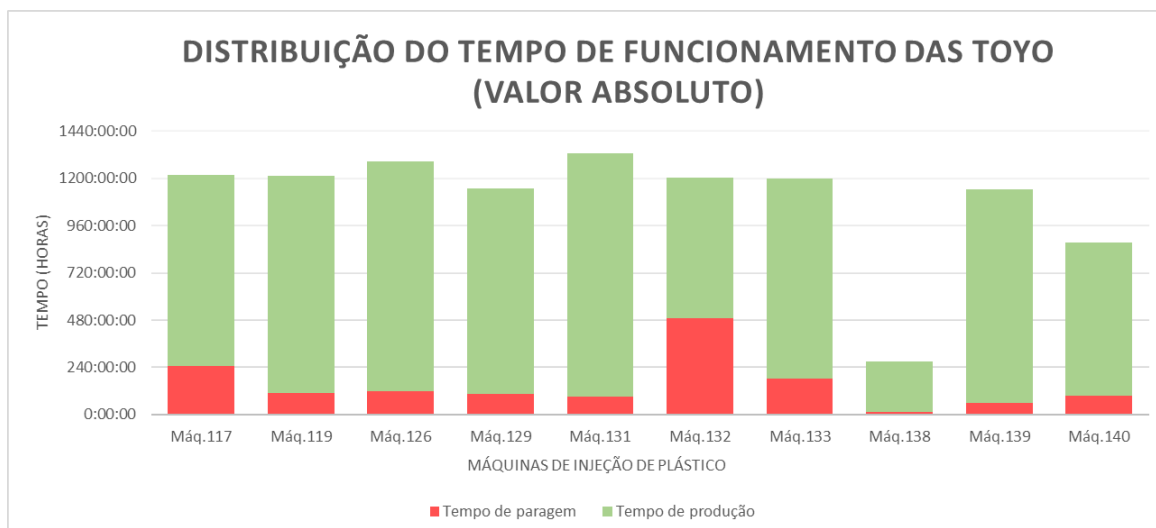


Figura 21 - Distribuição do tempo de funcionamento das Toyo (valor absoluto)

4.3 Causas de avarias

Antes de elaborar os PMA para cada uma das MIP críticas identificadas, foi necessário perceber quais as principais causas de paragem dos equipamentos selecionados. Para isso, foi novamente retirada informação do *software* STAIN, o que, neste caso, abrangeu todos os tipos de avarias, incluindo aquelas associadas aos moldes. As avarias foram organizadas, de acordo com a sua ocorrência, em Diagramas de Pareto. Este tipo de representação gráfica permite não só analisar as causas principais de um evento - neste caso, tempo de paragem de máquina - mas também estimar o impacto das potenciais ações corretivas através da percentagem cumulativa representada por uma linha curva crescente.

4.3.1 Avarias da tipologia MIR

Analisando a figura 22, verifica-se que a maioria do tempo de paragem das MIP ocorre devido a avarias na própria máquina, correspondendo a 42,10% do tempo total de paragem. Em segundo lugar, destacam-se as avarias no molde que, em conjunto com a causa principal, perfazem 73,57% do tempo total de paragem.

Seguem-se as avarias por falta de operador ou técnico de injeção, que ocorrem sempre que estes não estão disponíveis para realizar a mudança de molde planeada. A avaria “matéria-prima”, por sua vez, denomina o tempo de paragem associado a falta de material na tremonha. Este tipo de avaria pode estar relacionado com o rompimento de uma das mangueiras responsáveis pela chegada de matéria-prima à MIP ou com a própria qualidade do material, isto é, se este se encontrar contaminado ou não for bem estufado. A última causa mencionada é mais frequente aquando da utilização de material reciclado.

As causas menos impactantes consistem em avarias do *robot*, fugas (de água, ar ou óleo), falta de caixas azuis (onde são colocadas as peças injetadas) e por fim, as paragens por declarar, que correspondem a 0,02% do tempo total de paragem. Como explicado previamente, é imperativo que as causas de paragem “por declarar” sejam mínimas ou inexistentes, de forma a garantir a robustez dos dados analisados e a fiabilidade do plano de manutenção associado.

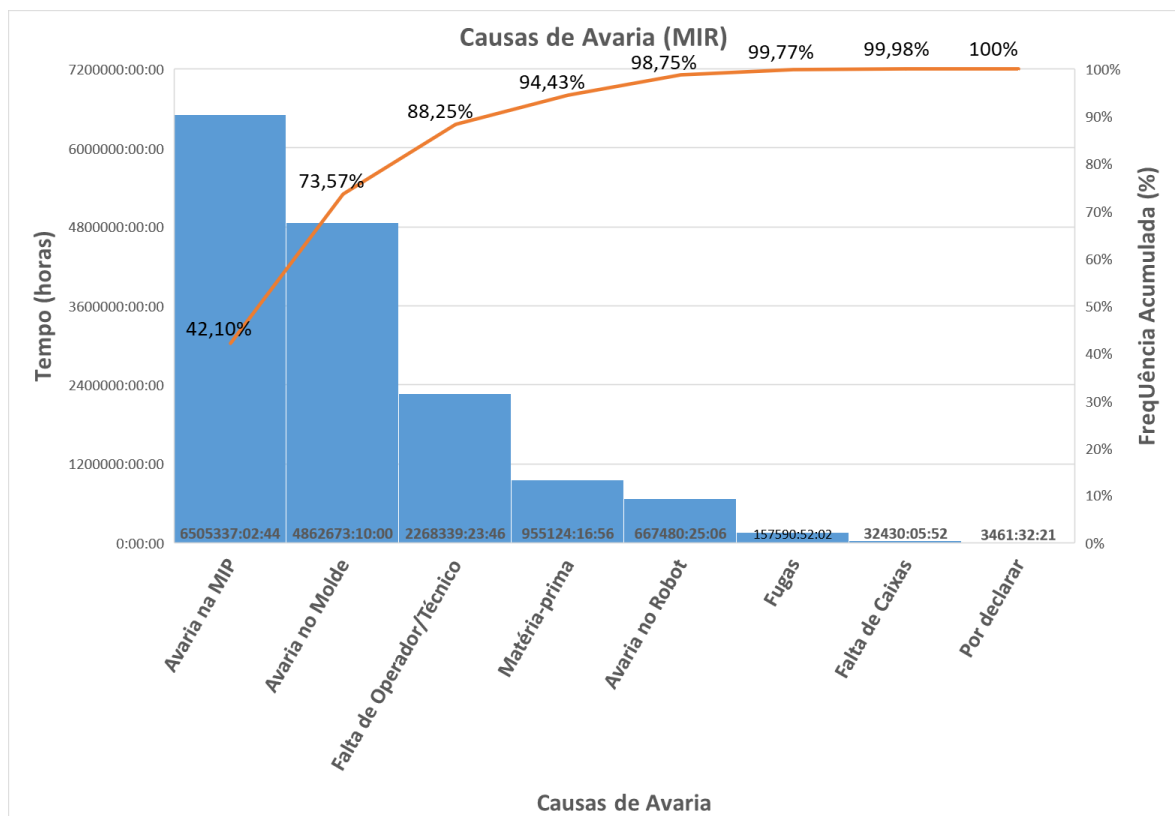


Figura 22 - Principais causas de paragem das MIP da tipologia MIR

4.3.2 Avarias da tipologia Victor

Segundo a figura 23, as duas principais causas de paragem das MIP da tipologia Victor ocorrem devido a avarias no molde e na MIP, perfazendo, no conjunto, 80,22% do tempo de paragem total. Verifica-se, portanto, a “Regra 80/20”, que afirma que cerca de 80% das falhas são resultado de cerca de 20% das causas. Neste caso, poderia dizer-se que a causa principal de avarias tem origem nos moldes. No entanto, dada a variabilidade esperada em qualquer estudo estatístico, o período e número de equipamentos relativamente reduzidos sobre o qual incidiu o presente trabalho e a variação associada ao próprio registo temporal no *software* STAIN, considera-se que tanto as avarias associadas ao molde como à máquina têm um impacto equivalente no tempo de paragem destas MIP.

Juntamente com as avarias associadas à falta de operador/técnico de injeção e a avarias do *robot*, obtém-se praticamente a totalidade das falhas (98,08%), uma vez que as restantes categorias não têm uma representação significativa.

Tipicamente, torna-se mais fácil controlar um processo quando este segue um padrão semelhante ao observado para esta tipologia, uma vez que é necessária uma menor quantidade de ações corretivas para obter o mesmo impacto na produção.

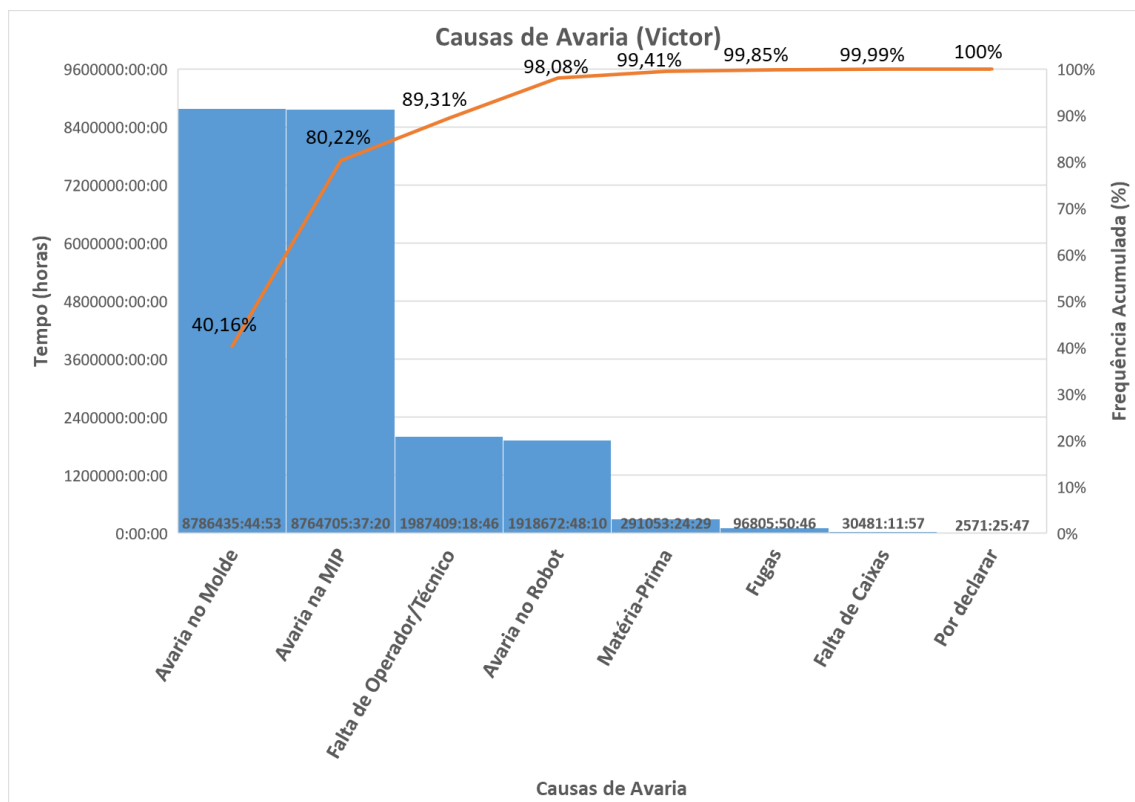


Figura 23 - Principais causas de avaria das MIP da tipologia Victor

4.3.3 Avarias da tipologia Toyo

Analisando a figura 24 e comparando os seus resultados com os das restantes tipologias, verifica-se que o conjunto de falhas mais penalizantes se mantém praticamente inalterado, salvo variações entre determinados pares de falhas, independentemente da tipologia de MIP.

Destacam-se, para este caso, as duas principais causas de paragem, nomeadamente, as avarias na máquina e nos moldes. Estas duas causas, em conjunto, perfazem um total de 80,42% do tempo de paragem das MIP Toyo, muito semelhante ao observado para a tipologia Victor.

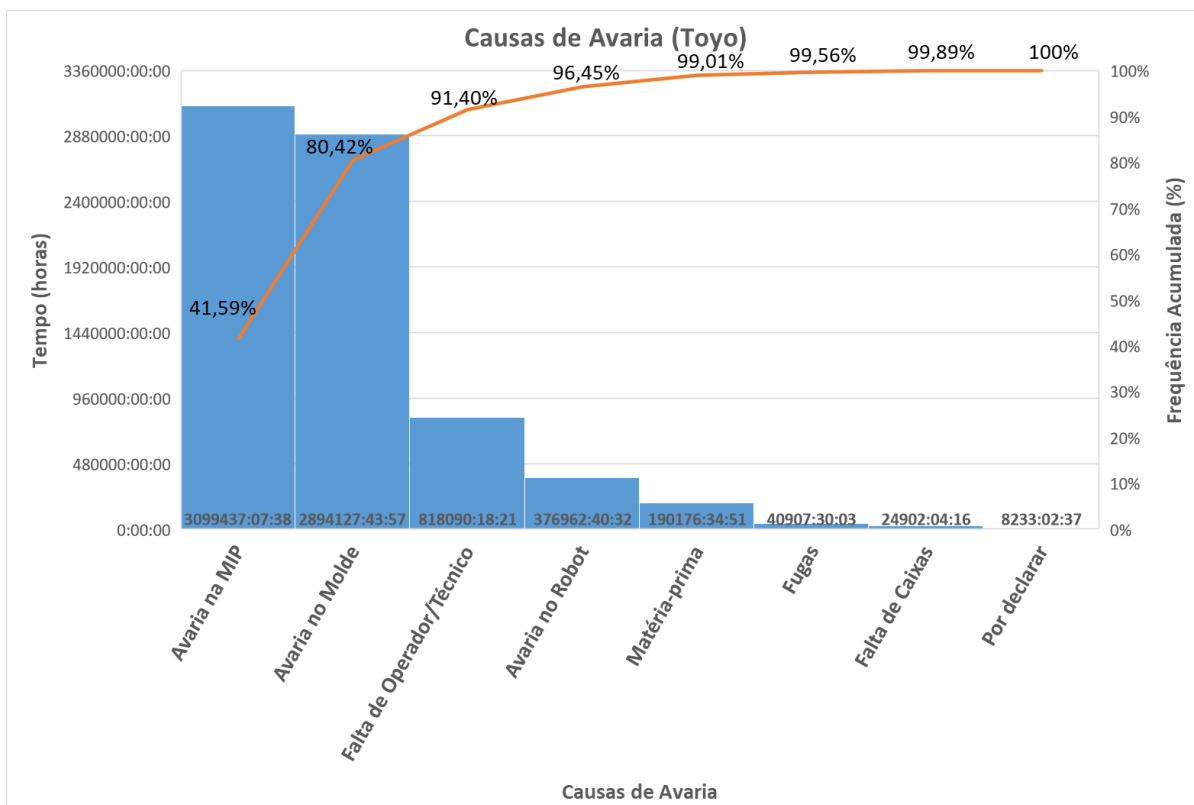


Figura 24 - Principais causas de avaria das MIP da tipologia Toyo

4.4 Subconjuntos de avarias mais penalizantes

Para entender de forma mais completa as causas das avarias identificadas em 4.3, foi retirado o histórico de ordens de trabalho, OT, referente ao período de 1 de janeiro de 2020 a 1 de janeiro de 2022, através do software IFS. Neste caso, os dados recolhidos abrangeram um período mais extenso, a fim de abarcar a maior diversidade possível de avarias e compará-las em termos de ocorrência.

Foi utilizado um *software* distinto para esta fase do estudo, visto que o nível de detalhe da informação providenciada pelo STAIN era insuficiente para o efeito pretendido, como por exemplo, para determinar o local exato do equipamento onde ocorreu a avaria. A informação recolhida nesta fase foi particularmente pertinente para a elaboração dos PMA.

É de realçar que os resultados obtidos através do IFS diferem significativamente do que foi apresentado no ponto 4.3. Acontece que o STAIN permite recolher menos tipos de falhas, mas de qualquer nível de severidade (por exemplo, podem consistir apenas em ajustes realizados pelo operador sem que

seja necessária uma paragem prolongada da MIP). Em contrapartida, o IFS reconhece uma gama mais alargada de avarias, mas abrange somente eventos que impliquem intervenção por parte da equipa de manutenção. Por esta razão, as análises feitas em 4.3 e 4.4 podem considerar-se complementares, mas não diretamente comparáveis.

4.4.1 Ordens de Trabalho (OT)

É gerada uma OT sempre que algum equipamento apresenta uma avaria que o técnico de injeção ou chefe de equipa não consigam solucionar no momento. O respetivo registo é efetuado no *software* IFS pelo chefe de equipa (CE), pelo RT ou por algum dos engenheiros responsáveis. Uma OT é composta por informações que descrevam não só a falha inicial, mas também as ações de despiste realizadas até à data (o que é particularmente útil para manutenções prolongadas, tratadas em turnos e/ou por técnicos diferentes). Estes dados consistem, nomeadamente, na descrição da avaria, no local onde esta ocorreu e no tipo de manutenção efetuada.

A equipa de manutenção é responsável por solucionar a causa da avaria, bem como, após a sua resolução, encerrar a OT associada no *software* IFS. Para tal, é registado o nome de quem realizou a intervenção, a causa da avaria e a descrição da solução aplicada. É possível, através deste registo, calcular o tempo total de paragem do equipamento por tipologia de falha.

Ao CE, em particular, é atribuída a resolução de problemas reportados pelo operador e pelo técnico de injeção. Caso se verifique um problema no molde, a respetiva OT é reencaminhada para a Oficina de Moldes (OFM). Por outro lado, se esta estiver relacionada com a MIP ou os seus dispositivos, a OT é remetida para a Oficina de Manutenção.

Já ao RT, cabe o ónus de gerar Ordens de Fabrico (OF) no IFS e no STAIN, além de as imprimir e distribuir pelos setores, juntamente com as Fichas de Validação de Arranque (FVA) e as Fichas de Inspeção em Curso (FIC). Adicionalmente, o RT está encarregue de criar e enviar um relatório de final de turno, no qual inclua informações relevantes sobre cada um dos setores a que está alocado.

4.4.2 Software IFS

O IFS é o *Enterprise Resource Planning* (ERP) da empresa e permite realizar tarefas de diversas naturezas, tais como localizar lotes de matéria-prima, criar OT e aceder ao respetivo histórico. No anexo C, é possível visualizar um exemplo de um conjunto de dados retirados do *software* IFS, nomeadamente, um histórico de ordens de trabalho.

A informação recolhida a partir deste *software* foi complementada pelo conhecimento empírico de operadores mais experientes da fábrica, os quais tiveram um contacto mais direto com os eventos registados no histórico de OT cuja descrição não era inteiramente esclarecedora. Estes mesmos operadores contribuíram ainda para a compreensão das avarias mais recorrentes e da resolução associada – quer reativa quer preventiva.

No seguimento da análise das OT, foram consideradas avarias relacionadas com MIP, moldes e dispositivos. Destas, descartaram-se as avarias que não forneciam informação suficientemente detalhada, como por exemplo “máquina bloqueou”, “máquina não liga” ou “máquina não abre”. Além disso, foram igualmente excluídas as OT referentes a mudanças de posições ou qualquer alteração de ferramentas, uma vez que estas não descrevem falhas de equipamento. As restantes falhas, consideradas válidas para o estudo em causa, são analisadas de seguida para cada tipologia.

Através da figura 25, é possível concluir que, para a tipologia MIR, as avarias de maior impacto na produção dizem respeito a *robots*, fugas de óleo e problemas relacionados com a lubrificação da MIP e com o bico de injeção. De notar que as avarias “matacão” e “centramento” também estão associadas ao bico de injeção. O “matacão” ocorre quando o bico não está devidamente centrado no ponto de contacto com o molde, o que faz com que o plástico, uma vez derretido, não seja totalmente injetado para o interior das cavidades. Na eventualidade desta falha, é necessário parar a máquina, realizar uma limpeza no cilindro de injeção e averiguar a origem do problema. Podem ainda ocorrer problemas derivados da oscilação de temperatura no bico, os quais estão tipicamente

relacionados com a resistência no cilindro de injeção ou com a própria sonda que mede a temperatura do bico.

Contudo, o número de avarias nos *robots* destaca-se claramente sobre as restantes causas. Analisando este grupo de falhas em mais pormenor e cruzando a análise resultante com o contributo dos operadores, identificaram-se quatro causas mais significativas, designadamente, fugas de ar na mão do *robot*, pinças que não abrem, colisões da mão do *robot* e empeno da mão do *robot*.

Verificaram-se, também, numerosas falhas referentes a lubrificação e a fugas de óleo nas MIP. Por exemplo, no caso da tipologia MIR, existe um pote para onde a máquina descarrega o excesso de óleo e a água que foi utilizada para arrefecer o molde, sendo que essa mistura não é reutilizável. No entanto, já aconteceu o operador voltar a colocar essa mistura no reservatório de lubrificação da MIP, o que pode provocar danos graves no equipamento. Este é um exemplo de falha que, apesar da baixa ocorrência, possui um nível de severidade suficientemente elevado para que seja alvo de uma ação preventiva, especialmente num ambiente em que a perda de colaboradores, e consequente substituição por pessoas menos experientes, potencia a sua recorrência.

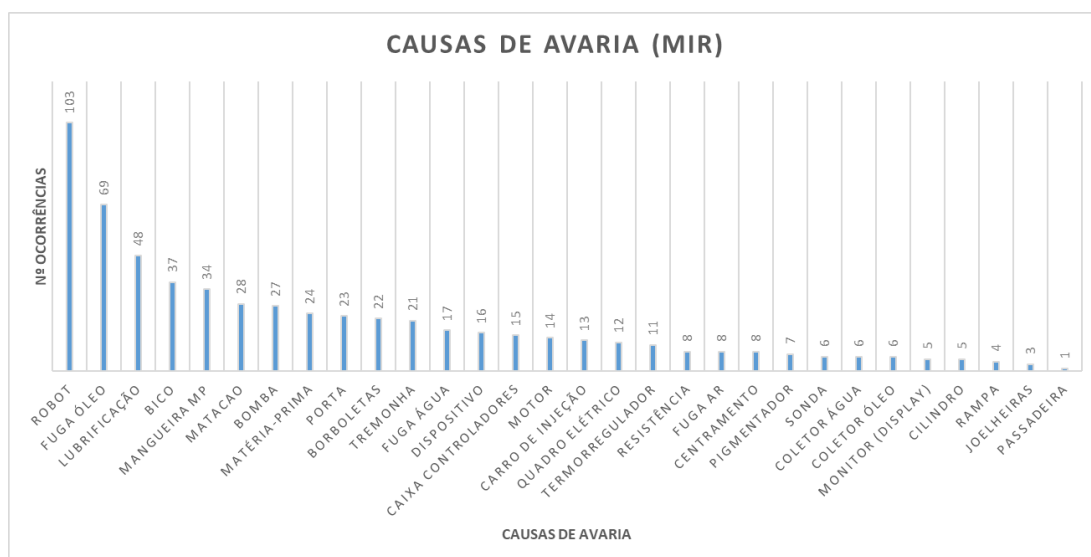


Figura 25 - Causas específicas de avarias das MIR

À semelhança do que sucede com as MIP da marca MIR, também para a marca Victor se destacam as avarias nos *robots*, problemas na lubrificação e fugas de óleo, como se pode verificar pela figura 26.

Além das causas referidas, é pertinente analisar duas falhas que estão interligadas, nomeadamente, “fuga de água” e “borboletas”. O sistema de borboleta consiste numa hélice onde circula água quente e fria proveniente do termorregulador (cuja função é regular a temperatura no molde). Caso não seja assegurado que este componente está limpo e a rodar de acordo com o funcionamento esperado, podem ocorrer fugas de água ou fazer com que o líquido não circule no molde e, conseqüentemente, fazer com que sejam produzidas peças com defeito.

Foi também registada uma quantidade significativa de complicações nos dispositivos das MIP, por exemplo, nos tapetes que transportam as peças injetadas e que fazem a seleção entre gitos e peças finais. Os gitos são partes de material injetado que solidificam nos canais do molde, mas não fazem parte da peça final e, por isso, são direcionados para a reciclagem. Esta falha pode advir de outros dispositivos, como sistemas de cravação, os quais permitem criar peças de plástico com porcas integradas.

No caso das mangueiras de matéria-prima (“mangueira MP”), os problemas estão, tipicamente, relacionados com mangueiras rotas e contaminações ou estufagem ineficiente da própria matéria-prima.

Ao contrário das máquinas MIR, as Victor não possuem pote de óleo para descargas de óleo e água, sendo apenas necessário verificar o nível de óleo hidráulico.

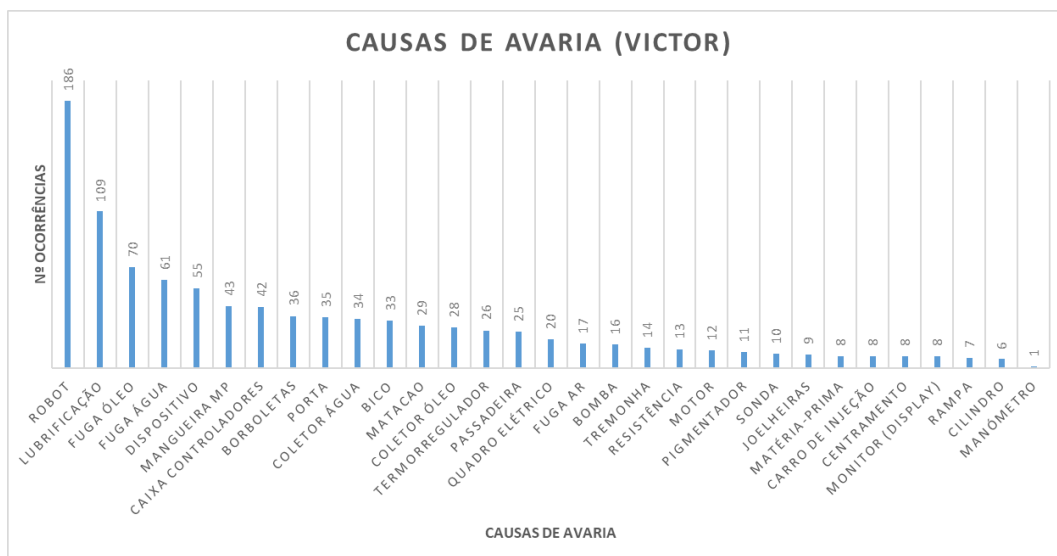


Figura 26 - Causas de avarias específicas das Victor

Por fim, através da figura 27, referente às avarias da tipologia Toyo, é possível concluir que, tal como nas restantes tipologias, a causa predominante de avarias está relacionada com os *robots*. Com menos impacto, mas ainda com implicações relevantes, destacam-se os dispositivos associados às MIP e a lubrificação.

As máquinas Toyo são totalmente elétricas. Tratam-se, por isso, de equipamentos mais “limpos”, pois dificilmente ocorrem fugas de óleo. Ainda assim, continua a ser necessário óleo para o equipamento realizar alguns movimentos mecânicos e evitar o desgaste dos seus componentes e, como tal, esta tipologia possui uma centralina, onde se encontram o motor e o depósito de óleo hidráulico.

Como as máquinas Toyo são mais recentes, ainda não foram detetadas, por exemplo, avarias nos joelhos das MIP. Todavia, isto não implica que uma inspeção nessa zona do equipamento seja dispensada.

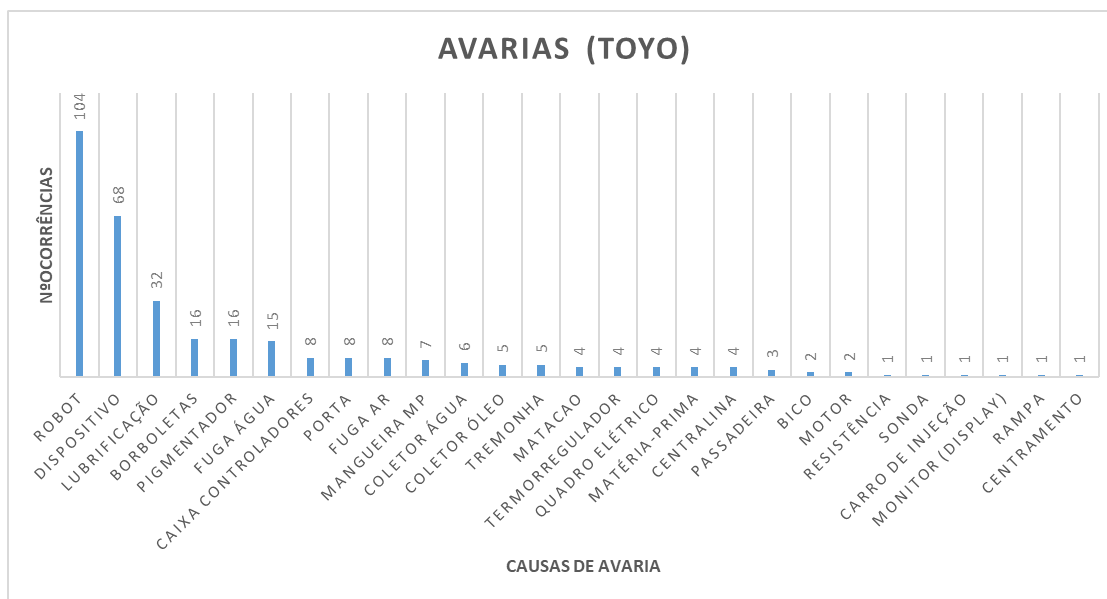


Figura 27 - Causas de avarias específicas das Toyo

4.5 Planos de Manutenção Autónoma (PMA)

Após a identificação das MIP mais penalizantes e das causas de avaria mais recorrentes para as três tipologias, procedeu-se à elaboração dos planos de manutenção autónoma (PMA). Embora os PMA desenvolvidos se baseiem, essencialmente, nas avarias previamente identificadas, estes podem conter também algumas tarefas que, não estando ligadas a falhas particularmente críticas, são recomendadas pelo fornecedor do equipamento. É o caso dos manómetros (componentes que medem a pressão exercida pelas MIP ao fechar o molde), para os quais o fabricante sugere que se confirme que os valores de pressão se encontram no intervalo recomendado ao longo do processo de injeção.

Estes planos são constituídos por tarefas de verificação, limpeza e lubrificação e pequenas intervenções, desde que suficientemente simples e de curta duração, o que as torna passíveis de serem realizadas pelo operador. Estes tipos de tarefas podem acontecer em cinco instâncias (representadas no PMA por diferentes cores): início do turno, semanalmente, mensalmente, antes e após a mudança de molde.

Como ações de início do turno, foram escolhidas tarefas às quais, por diversas razões, está inerente uma maior regularidade, como por exemplo, pelo

facto de se referirem a características facilmente variáveis ao longo do processo, a equipamentos com elevada incidência de avarias ou até a ações que, com impacto mínimo na rotina do operador, permitem obter melhorias significativas no controlo do processo. São exemplos destas ações a verificação do bico de injeção e de fugas de ar na mão do *robot* (uma das principais causas de paragem nas MIP).

Para as tarefas semanais, foram consideradas tarefas que implicam ações preventivas com resultados mais duradouros, como verificar e trocar o filtro do motor da MIP (evitando assim a acumulação de poeiras na ventoinha e, conseqüentemente, o sobreaquecimento do motor). Além das tarefas já existentes, foram introduzidas novas ações com esta periodicidade, designadamente, verificar a circulação de água nas borboletas e, no caso da tipologia MIR, verificar e substituir o pote de óleo.

Independentemente do PMA, foi apenas selecionada uma tarefa mensal - a limpeza e verificação do estado dos acrílicos. Trata-se de um defeito com progressão a longo prazo e que não está tão intrinsecamente ligado à origem das falhas no equipamento. Ainda assim, tem impacto na facilidade e rapidez com que as avarias são detetadas e corrigidas (para MIP cujos acrílicos estejam demasiado sujos, torna-se difícil para o operador visualizar o interior da máquina, além de poder afetar a mudança de molde durante o alinhamento do mesmo dentro da MIP). Caso o acrílico esteja demasiado degradado, o operador deve notificar o CE para que seja aberta uma OT destinada à manutenção e seja efetuada a substituição da(s) placa(s).

As tarefas que antecedem e se seguem à mudança de molde consistem, maioritariamente, em ações de inspeção focadas nos componentes em que o operador intervenciona durante a própria mudança de molde. Na eventualidade de alguma falha, o procedimento estabelece que seja feito o reporte ao CE ou resolução por parte do operador, se estiver dentro das suas capacidades. A escolha destas tarefas foi realizada com base na análise do Standard de Mudança de Molde (ver anexo K), do acompanhamento *in loco* de algumas mudanças de molde e da análise das causas de avarias mais recorrentes. Por exemplo, durante a pré-mudança de molde, o operador deve fazer a troca de

matéria-prima ou de pigmento, caso seja necessário, por isso faz sentido verificar se existe alguma mangueira de matéria-prima rota, o que, por sua vez, representa um problema recorrente nas OT. Já após a mudança de molde, fará mais sentido outro tipo de tarefas, como verificar a existência de fugas na placa de água e óleo ou nas mangueiras do molde, uma vez que, durante a alteração do molde, o operador está encarregue de desligar e voltar a ligar as placas referidas.

A fim de garantir a exequibilidade dos PMA, foi medida a duração de cada tarefa através do acompanhamento do operador em situação real. Quando é necessário intervir no equipamento, o tempo necessário para o operador desempenhar as suas tarefas aumenta (informação expressa entre parêntesis no PMA). Por exemplo, a tarefa que consiste em verificar se a mangueira do pigmentador está no sítio correto demora quatro segundos, a provar-se a conformidade do equipamento. No entanto, caso seja necessário intervir num potencial desvio, colocando a mangueira na posição correta, a duração da tarefa aumenta para um total de oito segundos. Tendo em conta as contagens efetuadas, foi possível calcular a duração mínima (caso o operador apenas necessite de fazer verificações) e máxima (caso o operador tenha de intervir em todas as ocasiões) de todo o procedimento.

Os quatro tipos de tarefas contemplados num PMA - verificação, limpeza, lubrificação e intervenção - são distinguidos através de quatro símbolos (Ver anexo D).

Adicionalmente, constam do plano os materiais necessários para cada tarefa e o estado em que a máquina se deve encontrar - parada ou em produção - aquando da realização da tarefa.

Idealmente, estas tarefas são realizadas pelos operadores, uma vez que são eles que despendem mais tempo junto aos equipamentos, permitindo assim acelerar a deteção das anomalias.

Além da recolha e respetiva análise de dados, foi imperativo desenvolver os PMA em colaboração com operadores, técnicos de injeção e de manutenção, chefes de equipa e responsáveis de turno, para que estes pudessem contribuir no que concerne a avarias e falhas mais frequentes, a fim de fazer a triagem de todas as tarefas consideradas, identificando as ações de manutenção autónoma

prioritárias. Tendo em conta as prioridades da empresa e os recursos disponíveis, principalmente devido à carga horária elevada dos operadores, foi necessário simplificar os PMA iniciais e aferir o impacto da implementação destes planos. Neste seguimento, foi reduzido o número de tarefas e/ou a sua frequência. Os planos foram ainda divididos em duas fases, para o caso de o operador não dispor de tempo suficiente para realizar todas as tarefas de forma contínua (Ver anexo G).

Como forma de controlo da execução dos PMA, foi desenvolvida uma folha de registo para ambos os PMA (iniciais e simplificados) onde constam as tarefas a ser executadas. O operador deve registar se realizou a tarefa nos espaços em branco tendo em consideração a frequência das tarefas. No anexo F é possível visualizar a folha de registo para o PMA inicial e no anexo H para o PMA simplificado.

4.5.1 Rotas dos PMA

As rotas de cada PMA foram definidas de forma a otimizar a sequência de tarefas, reduzindo deslocações desnecessárias do operador em torno da MIP. Na figura 28 está representado o Diagrama de *Spaghetti* de um dos PMA simplificados (ver anexo J) que foram desenvolvidos (neste caso, para a MIP 62).

Como referido no ponto anterior, o PMA foi dividido em duas rotas complementares, como medida de contingência a aplicar sempre que o operador não tenha tempo de realizar as dez tarefas de seguida. As primeiras cinco ações previstas no plano estão representadas na sequência a azul-escuro e as restantes na rota assinalada a azul-claro.

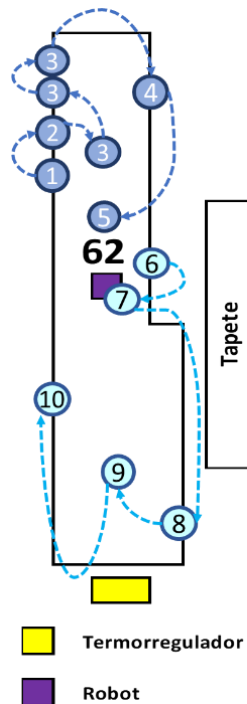


Figura 28 - Diagrama de spaghetti do PMA simplificado da MIP 62

4.5.2 Instruções de Trabalho (IT)

Para auxiliar o operador na realização e compreensão das tarefas dos PMA, foram criadas instruções de trabalho (IT), as quais se traduzem numa explicação detalhada do procedimento associado a cada tarefa. Visa-se, assim, uniformizar a realização das tarefas de manutenção autónoma através de uma ferramenta passível de ser usada tanto para formação como para consulta diária, e que está disponível para o operador no local do equipamento. No anexo I, é possível visualizar as IT criadas para a execução do PMA simplificado da MIP 62.

Cada IT descreve o tipo de tarefa a que se refere, o material necessário para efetuar a manutenção e a explicação sequencial do procedimento relativo às diferentes tarefas.

4.5.3 Formação dos operadores

Aquando da implementação de novos PMA, há um risco associado à qualidade de execução das novas tarefas e ao respeito da periodicidade das mesmas.

Como tal, durante as duas semanas que sucederam ao desenvolvimento dos planos de manutenção, todas as ações previstas foram executadas com o operador, incluindo o registo das tarefas realizadas. Embora tenham sido esclarecidas várias dúvidas durante este período de formação, os operadores foram encorajados a consultar as IT sempre que necessário, as quais foram estrategicamente colocadas nas MIP ou local circundante.

4.6 Indicadores de desempenho

4.6.1 OEE (DIN)

De forma a avaliar o impacto da implementação da TPM e obter uma perspetiva genérica da eficiência dos equipamentos, recolheram-se, a partir do STAIN, valores de OEE respeitantes aos anos de 2021 e 2022. Em 2021, a sua média foi de 83%, tendo atingido um valor máximo de 90% em abril. Contudo, tal como já referido anteriormente neste relatório, o período anterior a agosto de 2021 foi caracterizado por uma elevada quantidade de avarias mal classificadas ou cuja descrição não foi sequer registada. Por conseguinte, o respetivo valor de OEE não é inteiramente fiável. Recentemente, tem sido feito um esforço no sentido de formar os operadores e uniformizar o registo deste tipo de dados.

É possível concluir, através da figura 29, que o mês de agosto marcou o início de um período de melhoria contínua baseada em informação mais fidedigna do que a registada até à data. O valor de OEE notoriamente mais baixo em agosto é resultado do período de paragem da fábrica, após o qual se verifica uma maior quantidade de avarias durante o arranque dos equipamentos.



Figura 29 - OEE do DIN no ano de 2021/2022

Está estipulado, para o DIN, um objetivo de 90% para o valor de OEE. No entanto, trata-se de uma meta ambiciosa que visa não só assegurar a qualidade do processo, mas também manter um nível de exigência tal que justifique constantes ações de melhoria. De acordo com o que foi referido no capítulo 2.5.1.1, considera-se que 85% é um valor de OEE satisfatório e, apesar de este ainda não ter sido atingido desde agosto de 2021, a respetiva tendência crescente permite prever que esse valor possa ser alcançado ainda durante o ano de 2022. O valor máximo de OEE atingido durante o período considerado fiável foi de 83,5%, em março de 2022.

4.6.1.1 OEE das MIP

Inicialmente, foram desenvolvidos nove PMA – para cada uma das três MIP mais críticas das três tipologias (ou marcas). Verificou-se, no entanto, que estes planos eram demasiado extensos para se tornarem exequíveis em ambiente real de produção. Assim sendo, foi escolhida uma máquina de cada tipologia como objeto de estudo do respetivo PMA simplificado. Adicionalmente, foi selecionada uma MIP que, não se tratando de uma MIP crítica, não havia sido considerada até este ponto – a MIP 53. A escolha referida baseou-se no facto de esta ficar localizada no Setor 1, ao qual estava alocado um operador com as

qualidades necessárias para testar a implementação de um novo procedimento como o PMA. Por conseguinte, esta fase do projeto consistiu no desenvolvimento de um total de quatro planos de manutenção autónoma simplificados, nomeadamente, para as máquinas 62 (MIR), 53 e 104 (Victor) e 133 (Toyo).

Para os equipamentos referidos acima, foi analisado o valor de OEE mensal entre março e maio, uma vez que os PMA para as MIP mencionadas foram implementados no dia 15 de março de 2022.

A figura 30 revela que, para o período mencionado, todas as máquinas sofreram uma redução de OEE, exceto a 133.

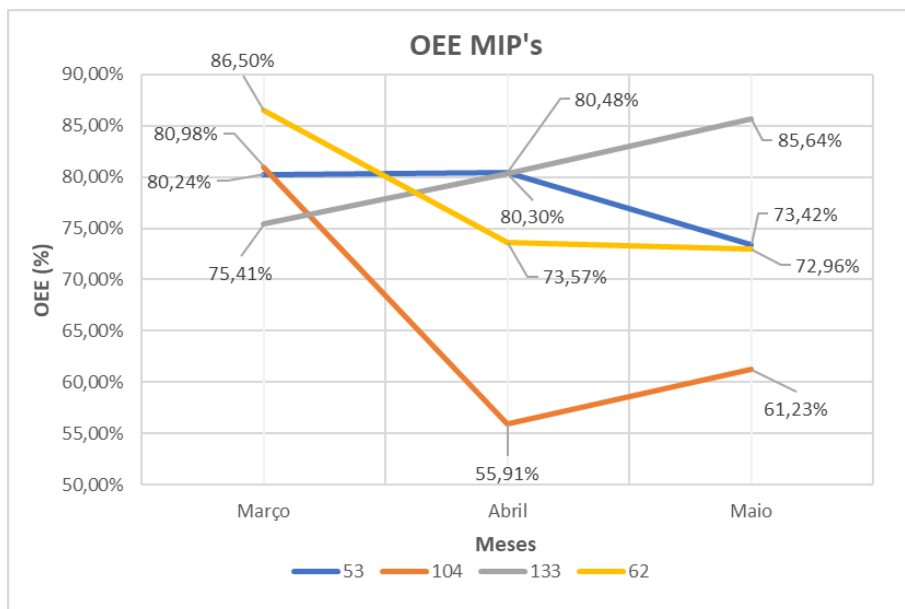


Figura 30 - Evolução do OEE das MIP

No caso da MIP 53, registou-se uma redução do valor de OEE de 6,8%. Através dos registos da produção, é possível verificar que, durante o mês de maio, esta máquina foi sujeita a diversos períodos de paragem “sem produção planeada”, bem como uma ação de manutenção preventiva que implicou a paragem total do equipamento, o que, por sua vez, implica um maior número e maior complexidade de arranques. Como já foi referido, estas são fases de ajuste em que o desempenho da máquina não está otimizado e a produção não é contínua, provocando uma redução no valor de OEE.

A MIP 104 foi aquela para a qual se assistiu a um decréscimo mais acentuado do valor de OEE, superior a 19%. Embora a média de maio represente uma evolução positiva em relação a abril, ambos os meses foram caracterizados por avarias mecânicas - tanto na máquina como no molde – a uma escala significativamente maior do que para o mês de março. Em média, estes dois meses apresentaram uma duração de paragens equivalente a cerca de 80% do tempo efetivo de produção (contrastando com o mês de março, para o qual o estado *Fermo* representou cerca de 16% do estado *Produzione*). A estas circunstâncias acrescenta-se o facto de, durante abril e maio, o tempo de resolução das avarias ter sido prolongado, devido à falta de operadores, isto é, o tempo de paragem da MIP não corresponde, na realidade, à duração da intervenção. Ainda assim, esta foi registada como uma das principais causas de paragem do equipamento, ao contrário do que acontece habitualmente, prejudicando o OEE referente aos dois últimos meses contemplados no gráfico.

Numa tendência semelhante, a MIP 62 registou um declínio no valor de OEE de 13% entre março e maio, o que, ainda que não seja a redução mais acentuada no total das quatro máquinas analisadas, coloca o OEE deste equipamento abaixo do objetivo mínimo (85%). Após consulta dos registos de produção, verificou-se uma situação muito semelhante à descrita para a máquina 104, o que permite concluir que, dada a curta duração do período analisado, os resultados são demasiado suscetíveis ao impacto de avarias que não se encontram relacionadas com a robustez do plano de manutenção, independentemente da tipologia do equipamento.

Por fim, a MIP 133 foi a única cujo valor de OEE aumentou, atingindo, em maio, o objetivo de 85%. Durante o período considerado, assistiu-se a sucessivas reduções do tempo de paragem para intervenções da equipa de manutenção, especialmente para o modo de falha dominante entre março e maio nesta máquina – avarias mecânicas no molde – sem que nenhuma outra causa se evidenciasse neste trimestre. Todavia, não se pode deduzir que esta seja uma consequência direta da implementação dos PMA porque, como se verificou para as restantes MIP, existe uma ampla gama de eventos que, não estando

relacionados com manutenção autónoma, influenciam significativamente o valor de OEE.

Conclui-se, portanto, que o valor de OEE não é o indicador mais adequado para avaliar o impacto da implementação dos PMA, tendo em conta a sua complexidade de variáveis, o que se traduz numa vasta lista de causas e efeitos interconectados respeitantes à disponibilidade, desempenho e qualidade da produção de uma determinada máquina, ainda que a ocorrência destes eventos não possa ser manipulada através de manutenção autónoma.

4.6.2 Evolução do número de OT

Para o período homólogo, foi também recolhido o número de OT geradas mensalmente para cada MIP (ver figura 31), através do *software* STAIN. Uma vez que as OT representam paragens mais prolongadas de manutenção reativa, uma diminuição neste indicador implica que a manutenção preventiva, contemplada nos PMA, tem a capacidade de impactar a produção de forma positiva, ao manter os equipamentos em condições que minimizem o seu desgaste.

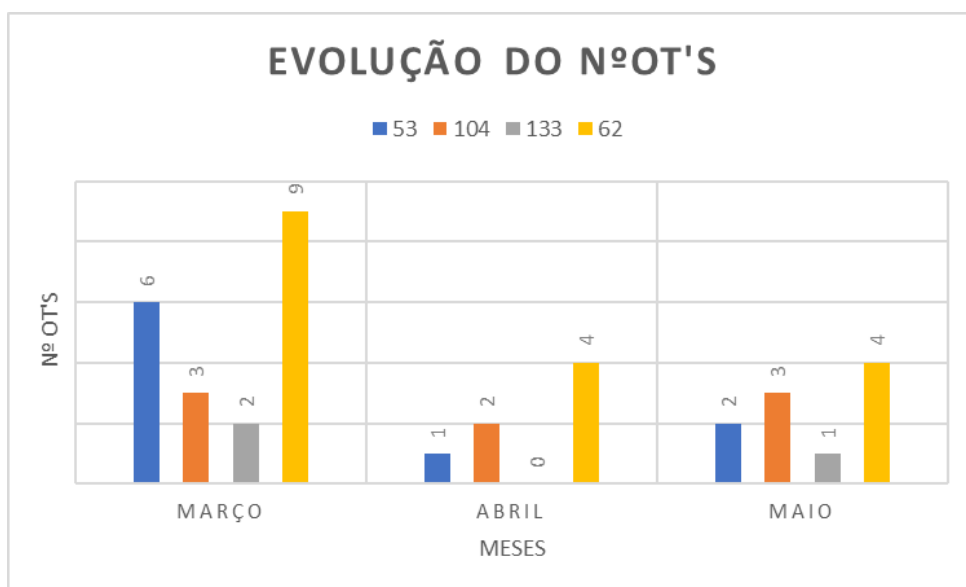


Figura 31 - Evolução do número de OT das MIP

No cômputo geral, o número de OT diminuiu, sendo que, em média, se assistiu a uma redução de cerca de 43% entre os meses de março e maio, para

as quatro máquinas analisadas. Desde que foram aplicados os PMA, todas as MIP assistiram a um decréscimo deste indicador, à exceção da MIP 104, para a qual não se verificaram alterações significativas.

Tendo como referência o mês de março, a MIP 53 foi a que registou a maior das reduções observadas – 83,3% em abril e 66,7% em maio. Tipicamente, ainda que todas as máquinas de um grupo sejam sujeitas ao mesmo tipo e à mesma frequência de manutenção, cada máquina apresenta um nível mínimo de falhas associadas ao próprio equipamento, o qual é dificilmente controlável através de ações externas incrementais. Serve este princípio estatístico para justificar a possibilidade de este progresso se dever ao facto de a MIP 53 ser a única das quatro máquinas que não foi considerada crítica através das análises anteriores, ou seja, pode assumir-se que não está inerente ao equipamento uma elevada quantidade de avarias de origem desconhecida e, como tal, é mais fácil controlar o processo através de tarefas de manutenção autónoma.

Entre as máquinas que haviam sido consideradas mais penalizantes, a MIP 62 destacou-se positivamente, dada a redução do número de OT em 55,6%, tanto em abril como em maio. Ainda assim, este equipamento continua a registar mais avarias do que os restantes analisados nesta fase do trabalho, o que pode traduzir-se numa futura ação de melhoria a desenvolver pelo DIN, por exemplo, através da metodologia *Kaizen* a qual se foca, essencialmente, na redução de desperdício e custos e no aumento de produtividade.

4.6.3 *Mean Time Between Failures (MTBF)* das MIP

A fim de medir o impacto dos PMA implementados, foi também calculado o *Mean Time Between Failures (MTBF)* de cada uma das quatro máquinas para os meses de março, abril e maio, através dos dados obtidos pelo *software* IFS. Era esperado que este indicador apresentasse uma tendência contrária à das OT, uma vez que, geralmente, quanto menos avarias ocorrerem, maior será o intervalo entre elas

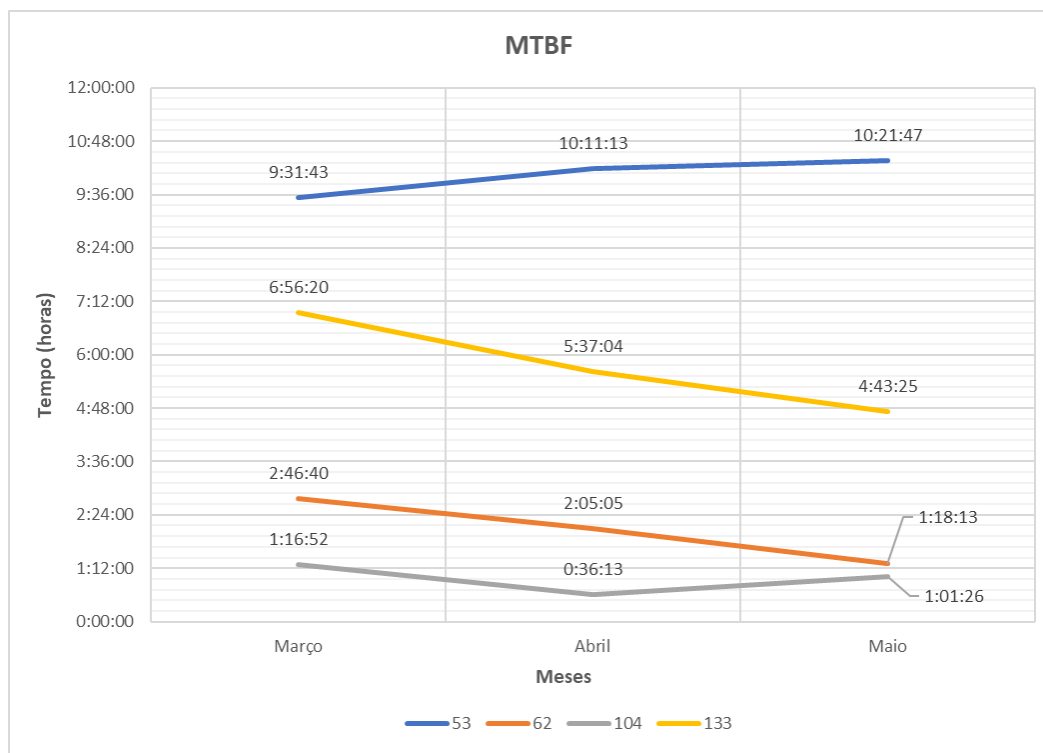


Figura 32 - MTBF das MIP

Pode observar-se, por comparação direta entre a figura 31 e a figura 32, que estes indicadores não têm uma correspondência total para todas as MIP analisadas. Por exemplo, não se verifica consonância no que concerne às máquinas 62 e 133, uma vez que nem todas as falhas implicam que seja criada uma ordem de trabalho, logo, o tipo de avarias determina, em parte, o grau de concordância entre a evolução do número de OT e do MTBF.

Ainda assim, ambos os indicadores, embora obtidos a partir de programas diferentes, evidenciam o comportamento relativamente constante da MIP 104 e, acima de tudo, o facto da melhoria mais significativa se ter verificado na MIP 53 (ao contrário do que tinha sido indicado pela análise do valor de OEE).

Com mais provas que corroborem a teoria exposta na secção anterior, pode afirmar-se que o desempenho da máquina 53 é, de facto, mais passível de ser aperfeiçoado através das tarefas de manutenção constantes do respetivo PMA. Adicionalmente, verifica-se que a presença de um operador capaz junto do equipamento é um fator determinante na rapidez com que se observa tal melhoria, o que deve ser tido em conta aquando da formação de novos operadores.

Para a MIP 104, o mês de abril apresenta um valor de MTBF mais baixo que os restantes, visto que, neste período, uma elevada percentagem do total de peças produzidas foi dedicada ao modelo “HASTE UB3R”, o qual está associado a um aumento no número de paragens de equipamento. Neste caso particular, a MIP possui uma bancada sequenciadora, um dispositivo cujo objetivo é posicionar caixas de forma contínua na extremidade do tapete rolante, onde as peças recém-injetadas são armazenadas sequencialmente. Como as hastes são peças compridas, este modelo provoca encravamentos na bancada e, conseqüentemente, paragens frequentes da máquina, o que se traduz num detrimento do valor do MTBF. A resolução da avaria é relativamente simples, sendo que consiste em fazer *reset* da bancada antes de retomar a produção. No entanto, ainda que de resolução rápida, esta avaria continua a impactar o tempo de ciclo real.

4.6.4 Mean Time to Repair (MTTR) das MIP

Por fim, foi calculado o indicador denominado *Mean Time to Repair* (MTTR) para cada uma das quatro MIP contempladas nesta fase. Neste seguimento, foram consideradas as OT abertas desde o dia 1 de março de 2022 até ao dia 31 de maio de 2022.

Após cruzar os resultados apresentados na figura 33 com os registos da produção para o mesmo período, não foi encontrada nenhuma relação suficientemente fiel e robusta, tendo-se observado, em vez disso, um desvio entre os dados registados e a situação real, desvio esse que é explicado em maior detalhe abaixo.

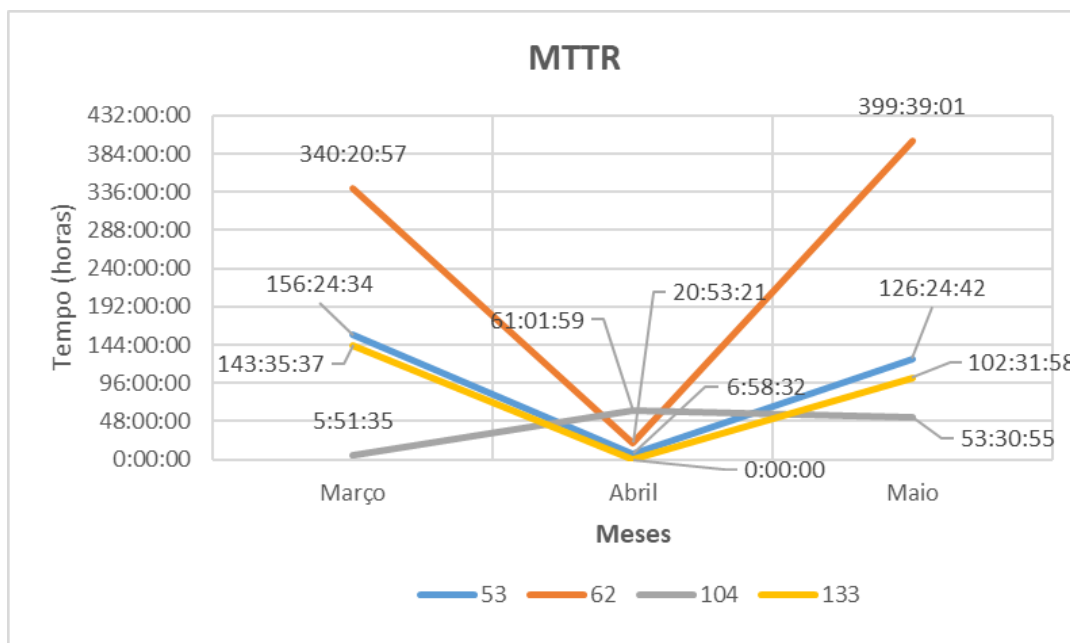


Figura 33 - MTTR das MIP

Em teoria, este seria um dos indicadores mais relevantes para a análise pretendida, uma vez que providencia informação acerca da severidade de cada avaria. No entanto, de momento, é possível obter apenas uma estimativa do valor real deste indicador, visto que o método usado para o calcular consiste na diferença entre a hora de encerramento e de abertura da OT respetiva. Acontece que a hora de abertura mencionada nem sempre corresponde à hora em que o técnico está disponível para fazer a intervenção no equipamento, logo a duração da avaria é, amiúde, superior ao valor real do MTTR. Assim sendo, esta discrepância é, por vezes, mais facilmente correlacionável com a gestão de recursos humanos do que com o tipo de avarias registadas num determinado momento.

Mesmo enquanto o sistema não permite o registo da hora de início da intervenção, esta análise poderia, potencialmente, beneficiar de um período de observação mais alargado.

Através da interpretação destes resultados, é possível assumir que, com as ferramentas atuais, o valor de MTBF em conjunto com o número de OT registadas conferem uma maior fiabilidade à análise do impacto da implementação da TPM. Ainda assim, o ideal seria proceder a um estudo mais prolongado – de, pelo menos, um ano – a fim de perceber o verdadeiro efeito das ações implementadas

e minimizar o impacto de eventos pontuais e/ou sazonais, quer estes estejam relacionados com o equipamento quer com as equipas alocadas a cada máquina ou setor.

5 Implementação da TPM

5.1 Alteração e criação dos PMA

Com base na análise descrita no ponto 4 – referente às MIP críticas e respectivas causas de avarias – foram elaborados, implementados e revistos os PMA correspondentes a cada equipamento. Uma vez que, no período abrangido pelo atual projeto, não seria exequível desenvolver planos de manutenção para todas as máquinas do DIN, optou-se pela criação de um total de nove PMA (focados nas três MIP mais críticas de cada tipologia), designadamente:

- MIR: MIP 62, MIP 77 e MIP 124;
- Victor: MIP 75, MIP 104 e MIP 115;
- Toyo: MIP 117, MIP 132 e MIP 133.

No Anexo D, encontra-se um exemplo de um dos PMA elaborados (neste caso, para a MIP 62).

Por força de sucessivas melhorias no âmbito do método de Lean Manufacturing, a rotina habitual de um operador já tem uma duração muito próxima do tempo total de que o operador dispõe para suportar a produção. Consequentemente, a adição de tarefas às suas funções pode facilmente traduzir-se num aumento do tempo de ciclo.

Por esta razão, a introdução de um plano de manutenção autónoma dirigido ao operador tem de ser analisada do ponto de vista de funcionalidade, bem como de praticabilidade. Acontece que, no decorrer desta avaliação, se verificou que os nove PMA desenvolvidos inicialmente eram demasiado extensos para se proceder à sua implementação e, por isso, foram escolhidas três das máquinas críticas (uma por tipologia) para as quais foram elaborados PMA simplificados, sendo estas as MIP 62, 104 e 133, respetivamente MIR, Victor e Toyo.

Adicionalmente, foi selecionada uma quarta máquina – 53 (Victor) – que, embora não tenha sido considerada crítica, estava atribuída a um operador

particularmente eficaz e adaptável, de um setor diferente das restantes, tornando-se assim um ponto de referência para as MIP críticas analisadas.

Concluídos os quatro PMA simplificados, o passo seguinte consistiu em afixar os pictogramas devidos (ver Anexo E) nas MIP escolhidas, a fim de facilitar a identificação visual dos locais correspondentes a cada tarefa. Além disso, foi destacado um local junto à MIP, com a denominação “Manutenção Autónoma”, onde se encontram agora o PMA, a respetiva folha de registo (ver anexo H) e as IT.

5.2 Etapas de implementação

No DIN, existem quatro equipas (A, B, C e D) que trabalham em turnos rotativos. A cada uma dessas equipas foi atribuída uma máquina por analisar, tendo sido selecionados os operadores com mais conhecimentos e maior abertura para testar a execução dos respetivos PMA simplificados.

Numa primeira fase, foi destacado um só operador por equipa para desempenhar esta tarefa semanalmente. Desta forma, o operador teve a disponibilidade necessária para realizar todas as tarefas do PMA e foi envolvido neste processo com uma mentalidade *Lean*, assumindo a responsabilidade de manter a MIP nas melhores condições e compreendendo a importância de incorporar as tarefas de manutenção autónoma na sua rotina.

Nas duas primeiras semanas, os operadores receberam formação e foram acompanhados durante a execução das tarefas propostas pelo PMA, para garantir que estas eram desempenhadas corretamente. Como ferramenta de controlo, foi utilizada a folha de registo colocada junto à MIP.

Inicialmente, observou-se alguma resistência por parte dos operadores face à implementação dos PMA, apresentando como justificação a complexidade das tarefas e a falta de tempo para as executar com a frequência suposta. No entanto, com o avançar da experiência e a familiarização com a nova sequência de tarefas, estes operadores foram persuadidos, o que, por sua vez, os torna precursores numa potencial expansão deste tipo de manutenção para as restantes máquinas. Já nesta fase, foram encontrados, reportados e resolvidos certos tipos de falhas que, numa situação normal, não seriam sequer detetados,

como por exemplo, fugas de água e óleo. Em particular para a MIP 62, por exemplo, o pote de óleo passou a ser substituído com mais frequência, evitando que transbordasse e sujasse o chão da zona circundante.

Após avaliar o impacto das ações implementadas (foco do capítulo 4), o passo seguinte consistiria em estender esses planos às restantes MIP, já englobando e formando todas as equipas de operadores. Contudo, deve ser avaliado com as chefias se seria viável aplicar os PMA iniciais (mais complexos) ou, caso não exista disponibilidade por parte dos operadores, manter o plano simplificado para o resto das MIP.

Uma solução alternativa, para que a aplicação seja feita gradualmente, poderá passar pela aplicação dos PMA simplificados em todas as MIP e, passado um período de adaptação em que os operadores se sintam familiarizados com as tarefas e com a filosofia TPM, poderiam ser implementados os PMA iniciais (mais complexos). Nesse caso, será necessário estudar uma forma de aumentar a disponibilidade dos operadores e realizar ações de formação mais elaboradas para a concretização e consolidação da prática destes planos.

5.3 Melhorias aplicadas no DIN

Com o intuito de melhorar a organização e a limpeza de alguns locais do DIN, como a zona das matérias-primas, foram desenroladas ações de melhoria que permitiram ao operador identificar as matérias-primas de forma mais eficaz e ter um ambiente mais limpo, evitando a contaminação de alguns materiais. Além disso foi iniciado um plano para renovação e aumento das estações de limpeza alocadas a cada setor do DIN.

5.3.1 Troca das etiquetas de identificação das mangueiras de aspiração de matéria-prima

Encontravam-se muitas mangueiras na zona das matérias-primas com etiquetas danificadas, outras escritas a caneta (em papel e coladas com fita-cola) e algumas das mangueiras não possuíam qualquer informação, como se pode visualizar na figura 34. Deste modo, foi realizada a alteração de todas as etiquetas das mangueiras presentes nos Sistemas de Aspiração Centrais (SAC)

1, 2 e 3, cuja função é aspirar as matérias-primas existentes nos silos e nos “Big Bags” e fazê-las chegar à tremonha de cada MIP, através de tubagens.

Esta ação permitiu ao operador identificar a mangueira correta mais facilmente quando realiza a troca de matéria-prima da MIP. Além disso as etiquetas foram atualizadas com a cor correta, que corresponde ao setor a que pertencem.

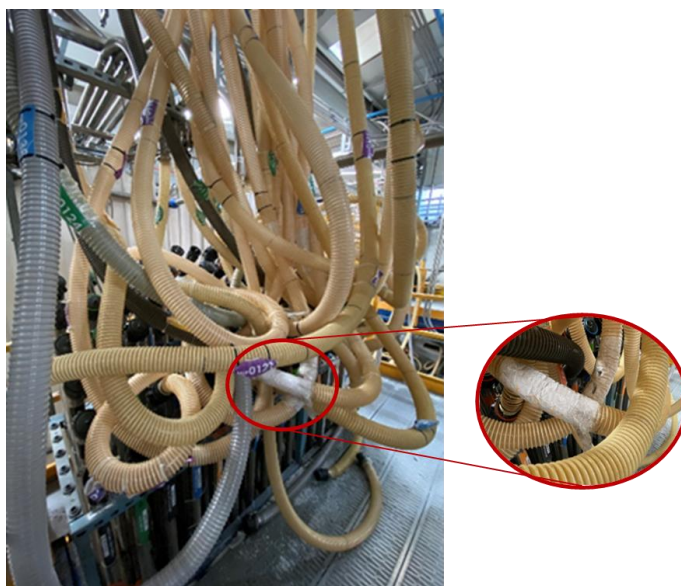


Figura 34 - SAC 2 linha 1 (antes)



Figura 35 - SAC 2 linha 1 (após)

5.3.2 Atualização dos quadros das linhas de aspiração

Além das etiquetas nas mangueiras, foram atualizados os quadros do SAC 1 (linha 1 e 2), SAC 2 e SAC 3, que permitem ao operador visualizar um “mapa” da localização das mangueiras e identificar a que setor pertencem. Foi necessário corrigir a posição e cores de algumas das mangueiras, como se pode visualizar nas figuras 36 e 37.



Figura 36 - Quadro do SAC 1 linha 2 (antes)

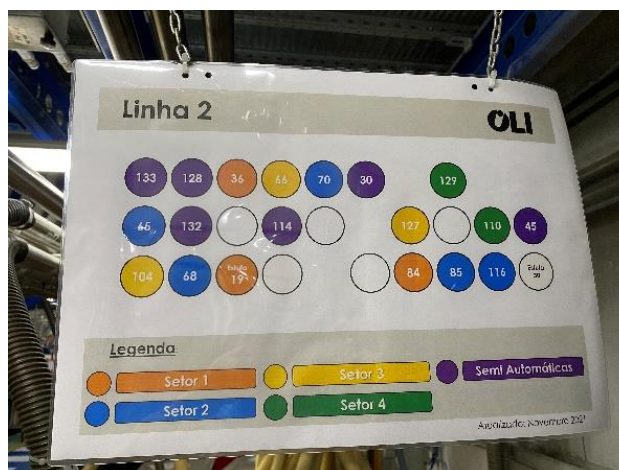


Figura 37 - Quadro SAC 1 linha 2 (após)

5.3.3 Limpeza da zona dos SAC e estufas

Foram também alteradas todas as etiquetas de identificação das matérias-primas nos pianos (onde é feita a ligação das mangueiras às tubagens), que pertencem aos SAC. Através das figuras 38 e 39 é possível visualizar o antes e o

após desta ação. Algumas das etiquetas existentes continham descrições erradas e outras eram inexistentes, suscitando dúvidas no material que estava a ser aspirado.



Figura 38 - Zona SAC 2 (antes)



Figura 39 - Zona do SAC 2 (após)

Além disso foram criadas normas de limpeza periódicas para a zona dos SAC, que são realizadas pelo operador das matérias-primas semanalmente, utilizando o sistema de aspiração interno da zona dos moinhos. Esta ação irá evitar situações como a da figura 40, onde o acesso às escadas estava limitado por causa de sacos de matéria-prima utilizados nos ensaios e outros materiais. Na figura 41, é possível visualizar que os materiais foram armazenados num local adequado.

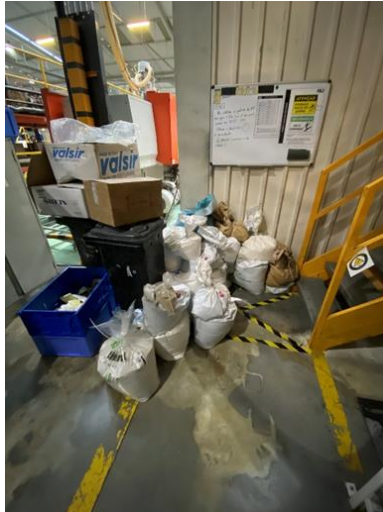


Figura 40 - 5S na zona dos SAC (antes)



Figura 41 - 5S na zona dos SAC (após)

Foram afixadas no quadro, junto aos SAC, duas folhas (ver figura 42). Uma folha de registo, onde os operadores registam quando efetuaram a limpeza e uma folha de auditoria, onde o CE verifica se as limpezas foram executadas.

Foi ainda sugerido, uma vez por mês, que um dos operadores das matérias-primas, retira-se todas as mangueiras dos pianos e voltasse a colocá-las na boca correta, evitando que as mangueiras se entrelaçassem e facilita-se a sua identificação.

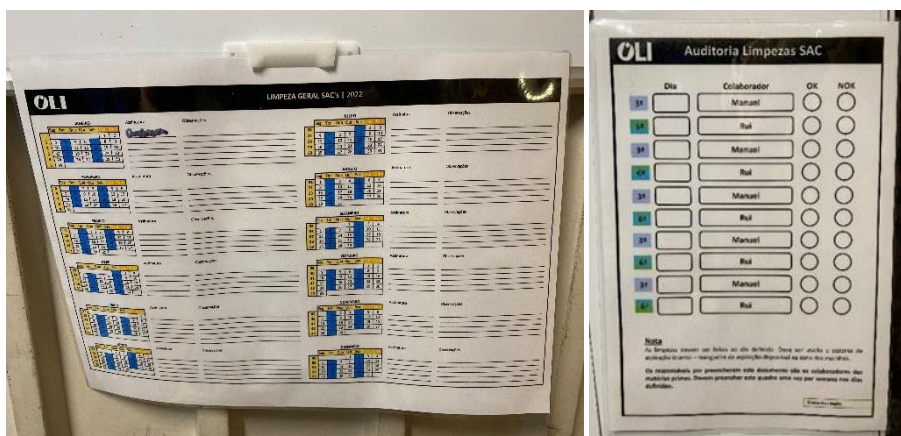


Figura 42 - Auditoria e registo de limpezas na zona dos SAC

5.3.4 Alteração das etiquetas dos potes de pigmento

Foram criadas novas etiquetas para os potes de pigmento, na figura 43 podemos observar o pote com a etiqueta antiga e na figura 44 o pote com as novas etiquetas.

Alguns potes encontravam-se sem etiqueta e outros com uma descrição vaga. Desta forma, foi criada uma nova etiqueta para cada pote, com a mesma descrição do *software* IFS e com a cor correspondente a cada pigmento, facilitando a sua identificação.

Além disso, foi adicionado a cada etiqueta, um código de barras referente ao respetivo código do pigmento no IFS, para que o operador não necessite de redigir o código do produto e apenas faça a picagem com a pistola. Esta ação torna-se particularmente útil durante o inventário.

Por fim, foram colocadas duas etiquetas adicionais, uma na traseira do pote e outra em cima (mais pequena) como exemplificado na figura 44.



Figura 43 - Etiqueta do pote de pigmento (antes)



Figura 44 - Etiquetas do pote de pigmento (após)

5.3.5 Aplicação dos 5S nos postos de limpeza

Os postos de limpeza encontravam-se desorganizados e os seus materiais em mau estado ou em falta, como se pode verificar na figura 45. Os materiais existentes nos postos são: vassoura, esfregona, pá, mopa de franjas, desengordurante, balde, entre outros.

É importante manter os postos de limpeza limpos e organizados para que o operador não perca tempo à procura dos materiais de limpeza necessários e para que seja promovido um ambiente limpo e organizado. Algumas tarefas dos PMA englobam a limpeza das MIP, caso os postos de limpeza se encontrem sujos e desorganizados, pode suscitar o mesmo tipo de compromisso com as MIP ou até englobar o resto do setor.

Foram renovados alguns dos postos de limpeza existentes, como é possível ver nas figuras 45 e 46. Contudo, necessitam de ser criados mais postos de limpeza. O ideal seria a criação de um posto por setor, para que não falte material e não ocorram deslocações desnecessárias. Por fim, seria uma mais valia destacar um operador, por setor, que se torne responsável pela organização e limpeza do posto destinado ao seu setor. Caso não seja possível, essa tarefa

poderá ser atribuída ao RT, adicionando-a às auditorias 5S efetuadas no departamento.



Figura 45 - Posto de limpeza (antes)



Figura 46 - Posto de limpeza (após)

6 Conclusão

6.1 Considerações finais e limitações

Como parte integrante do sistema de gestão industrial *Lean Manufacturing*, a metodologia TPM é uma abordagem à manutenção que tem como objetivo um processo produtivo caracterizado por zero defeitos, zero avarias ou falta de eficiência e zero acidentes. Para que isso aconteça, é necessário promover práticas que garantam a preservação e, conseqüentemente, o bom funcionamento de todos os equipamentos, bem como uma política de melhoria contínua, onde a qualidade dos componentes fabricados e a segurança dos colaboradores sejam prioridade.

A implementação deste método implica ações de capacitação dos colaboradores, sendo que todas as funções envolvidas no processo produtivo devem estar alinhadas com os princípios da TPM, se a empresa assim o pretender. Além da formação, é igualmente crucial que haja uma relação de complementaridade, responsabilidade proativa e incentivo mútuo entre as equipas de produção, manutenção e engenharia para que os obstáculos à segurança, qualidade e eficiência do processo sejam mitigados da forma mais permanente possível.

Na OLI, já se encontra em vigor esta filosofia, tendo sido estabelecidas três metas, nomeadamente: zero acidentes de trabalho, quantidade de peças não conformes inferior a 0,5% e valor de OEE igual ou superior a 90%.

O corrente projeto incidiu, mais especificamente, sobre o pilar da manutenção autónoma, que consiste num conjunto de tarefas relativamente simples integradas na rotina do operador – PMA – que visa reduzir a duração e complexidade de paragens não planeadas (e, conseqüentemente, aumentar a produtividade) dos vários equipamentos no chão de fábrica. No caso particular do Departamento de Injeção, DIN, da OLI, estes planos foram desenvolvidos, de forma personalizada, para máquinas de injeção de plástico (MIP).

Idealmente, os PMA são executados pelos operadores, uma vez que são estes que mantêm um contacto mais próximo com os equipamentos, logo, conseguem avaliar de forma mais expedita e precisa o estado de funcionamento das diferentes máquinas e o impacto de pequenos ajustes no processo. Esta atribuição permite ainda uma atenuação da carga imposta sobre a equipa de manutenção que, desta forma, tem mais condições para garantir que as tarefas de manutenção de maior complexidade são executadas com vista numa resolução duradoura e preventiva.

Numa primeira fase do projeto, foram identificadas as três MIP mais críticas de cada tipologia (MIR, Victor e Toyo), através da análise das causas de avaria mais penalizantes. Nesta etapa, foi possível concluir que a tipologia do equipamento não está necessariamente relacionada com falhas específicas, independentemente de se tratar de uma máquina hidráulica (MIR e Victor) ou elétrica (Toyo). Foram, então, selecionados os nove equipamentos mais críticos, designadamente, MIP 62, 77 e 124 (MIR), MIP 75, 104 e 115 (Victor) e MIP 117, 132 e 133 (Toyo), para os quais foi desenvolvido um PMA customizado.

Após análise detalhada da rotina dos operadores, concluiu-se que os PMA desenvolvidos inicialmente representavam uma carga horária que não se coadunava com as tarefas inerentes ao processo produtivo. Como tal, foi criado um PMA simplificado para uma máquina de cada tipologia. Simultaneamente, foi adicionado um quarto PMA simplificado, dirigido à MIP 53, a qual foi selecionada, não devido ao facto de se tratar de um equipamento crítico, mas sim devido à elevada qualidade do operador, na tentativa de obter uma implementação que fosse o mais independente possível de fatores externos ao PMA.

A eficácia dos referidos planos de manutenção autónoma foi avaliada, para o período compreendido entre março de 2022 e maio de 2022, através de quatro indicadores, nomeadamente, o valor de OEE, a quantidade de OT, o valor de MTBF e o valor de MTTR. Comparando a evolução temporal destes indicadores com os eventos registados pelos *softwares* STAIN e IFS, foi concluído que, tendo em conta as ferramentas vigentes, a forma mais fidedigna de avaliar o impacto dos PMA é uma concatenação dos indicadores OT e MTBF. Quanto aos restantes, considerou-se que o OEE não é um indicador adequado para este tipo

de avaliação, ao contrário do MTTR que tem esse potencial, uma vez garantido um método de recolha de dados mais apropriado (registando a duração efetiva da manutenção em detrimento do uso da duração entre a data de abertura e fecho das OT do equipamento). Para o período considerado nesta fase do trabalho, verificou-se, como esperado, uma melhoria no desempenho e disponibilidade dos quatro equipamentos para os quais o PMA foi implementado.

Numa última fase do projeto, foi analisado o estado da linha de produção (incluindo os cinco setores de MIP e a zona de matérias-primas), de acordo com a metodologia de auditorias 5S. Neste seguimento, não só houve um esforço focado na limpeza, organização e catalogação dos equipamentos e espaço circundante, como também foi garantido que estas ações se traduziam numa melhoria do processo, particularmente, de redução do tempo de paragem. Esta padronização e controlo permitem ao operador realizar as suas tarefas de forma mais rápida e intuitiva, minimizar erros decorrentes de distrações, facilitar a formação de novos operadores e, como já referido, aumentar a produtividade das máquinas. Uma das ações mais relevantes nesta etapa consistiu na renovação de dois postos de limpeza. Embora fosse nosso objetivo criar cinco postos – um por setor – tal não foi possível dentro do prazo abrangido pelo presente projeto, devido ao atraso na chegada dos materiais necessários. Ainda assim, os dois postos finalizados servirão de referência para a expansão desta medida aos restantes setores do DIN.

No cômputo geral, este estágio proporcionou a aquisição de conhecimentos teóricos e práticos transversais à generalidade dos processos industriais, obviamente acompanhados de particularidades do fabrico de componentes plásticos. Com igual relevância, destaco a sensibilização crescente para o cariz dinâmico e a pressão intrínseca de qualquer processo fabril e para a importância do trabalho colaborativo entre as diferentes funções dentro da empresa.

6.2 Perspetivas de trabalho futuro

Tendo por base os resultados apresentados neste relatório, sugere-se que, futuramente, seja dada continuidade à avaliação dos PMA já desenvolvidos e que esta medida seja alargada às restantes MIP do DIN. Além disso, numa nota mais

subjetiva, dever-se-á continuar a investir na sensibilização dos colaboradores para os princípios da metodologia TPM e a promover um ambiente de trabalho que fomente a motivação e o compromisso das pessoas envolvidas.

Os pontos de melhoria listados abaixo dizem não só respeito à manutenção, mas também ao funcionamento do próprio departamento:

- Expandir os PMA (versão simplificada) ao resto das MIP no DIN;
- Rever a rotina diária dos operadores, estudando a possibilidade de implementar a versão mais detalhada dos PMA;
- Implementar uma forma de calcular automaticamente, no STAIN, o valor de MTBF das MIP, de forma individual ou coletiva;
- Desenvolver uma ferramenta de cálculo mais fiável para o valor de MTTR no IFS (criando, por exemplo, um campo obrigatório onde os técnicos de manutenção possam registar a duração da intervenção sempre que fecham uma OT ou, alternativamente, um método de acesso ao sistema através de login do técnico, minimizando a margem de erro e fornecendo mais informação acerca do tempo médio de paragem sem técnico disponível, o que, por sua vez, auxilia a tarefa de gestão da equipa de manutenção);
- Desenvolver um método de análise mais rigoroso para os moldes críticos (sugere-se que, ao contrário do que é praticado, a quantidade de OT não seja o único indicador analisado, mas sim que se considere também o tipo de avarias, a duração da reparação e o MTTR quando o ponto acima estiver assegurado);
- Expandir a rede de postos de limpeza aos restantes setores e elaborar um plano de controlo destes mesmos postos (sugere-se a atribuição de um operador por turno responsável por cada posto de limpeza ou a adição deste controlo na auditoria 5S realizada pelo RT);
- Manter os quadros e etiquetas das MIP e da matéria-prima atualizados. Elaborar um plano de TPM para a zona das matérias-primas e dos moinhos (cuja deterioração tem impacto na qualidade de secagem do material, presença de contaminações no processo de injeção e fiabilidade dos stocks registados).

Referências bibliográficas

- Agustiady, Tina Kanti, and Elizabeth A. Cudney. 2018. "Total Productive Maintenance." *Https://Doi.Org/10.1080/14783363.2018.1438843* 1–8.
- Ahmad, Rosmaini, and Shahrul Kamaruddin. 2012. "An Overview of Time-Based and Condition-Based Maintenance in Industrial Application." *Computers and Industrial Engineering* 63(1):135–49.
- Ahuja, I. P. S., and J. S. Khamba. 2008. "Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions." *International Journal of Quality and Reliability Management* 25(7):709–56.
- Amaral, Fernando. 2016. *Gestão Da Manutenção Na Indústria*.
- Anon. 2010. *Maintenance-Maintenance Terminology*. Bruxelas.
- Anon. n.d. "OLI – Sistemas Sanitários, S.A. ." Retrieved June 17, 2022 (<https://www.oli-world.com/pt/empresa/a-oli/>).
- Attri, Rajesh, Sandeep Grover, and Nikhil Dev. 2014. "A Graph Theoretic Approach to Evaluate the Intensity of Barriers in the Implementation of Total Productive Maintenance (TPM)." *International Journal of Production Research* 52(10):3032–51.
- Bevilacqua, M., and M. Braglia. 2000. "The Analytic Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection." *Reliability Engineering & System Safety* 70(1):71–83.
- Borris, Steve. 2006. *Total Productive Maintenance*. New York: McGraw-Hill.
- Chan, F. T. S., H. C. W. Lau, R. W. L. Ip, H. K. Chan, and S. Kong. 2005. "Implementation of Total Productive Maintenance: A Case Study." *International Journal of Production Economics* 95(1):71–94.

- Duffuaa, Salih O., and A. Raouf. 2015. "Planning and Control of Maintenance Systems: Modelling and Analysis." *Planning and Control of Maintenance Systems: Modelling and Analysis* 1–348.
- Fullerton, Rosemary R., Frances A. Kennedy, and Sally K. Widener. 2014. "Lean Manufacturing and Firm Performance: The Incremental Contribution of Lean Management Accounting Practices." *Journal of Operations Management* 32(7–8):414–28.
- Gapp, Rod, Ron Fisher, and Kaoru Kobayashi. 2008. "Implementing 5S within a Japanese Context: An Integrated Management System."
- Gavriliuță, Ana Cornelia, Eduard Laurențiu Nițu, and Constantin Alin Gavriliuță. 2021. "Algorithm to Use Some Specific Lean Manufacturing Methods: Application in an Industrial Production Process." *Processes* 2021, Vol. 9, Page 641 9(4):641.
- Hines, Peter, Matthias Holwe, and Nick Rich. 2004. "Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking." *International Journal of Operations and Production Management* 24(10):994–1011.
- Jain, Abhishek, Rajbir Bhatti, and Harwinder Singh. 2014. "Total Productive Maintenance (TPM) Implementation Practice: A Literature Review and Directions." *International Journal of Lean Six Sigma* 5(3):293–323.
- Jardine, Andrew K. S., Daming Lin, and Dragan Banjevic. 2006. "A Review on Machinery Diagnostics and Prognostics Implementing Condition-Based Maintenance." *Mechanical Systems and Signal Processing* 20(7):1483–1510.
- de Jonge, Bram, and Philip A. Scarf. 2020. "A Review on Maintenance Optimization." *European Journal of Operational Research* 285(3):805–24.
- Kanaganayagam, Kaneesa, Shanthi Muthuswamy, and Purushothaman Damodaran. 2015. "Lean Methodologies to Improve Assembly Line Efficiency: An Industrial Application." *International Journal of Industrial and Systems Engineering* 20(1):104–16.

- Khosravani, Mohammad Reza, and Sara Nasiri. 2020. "Injection Molding Manufacturing Process: Review of Case-Based Reasoning Applications." *Journal of Intelligent Manufacturing* 31(4):847–64.
- Mianehrow, Hanieh, and Ali Abbasian. 2017. "Energy Monitoring of Plastic Injection Molding Process Running with Hydraulic Injection Molding Machines." *Journal of Cleaner Production* 148:804–10.
- Minh, Nguyen Dat, Nguyen Danh Nguyen, and Phan Kien Cuong. 2019. "Applying Lean Tools and Principles to Reduce Cost of Waste Management: An Empirical Research in Vietnam." *Management and Production Engineering Review* 10(1):37–49.
- Morales Méndez, Jonathan David, and Ramon Silva Rodriguez. 2017. "Total Productive Maintenance (TPM) as a Tool for Improving Productivity: A Case Study of Application in the Bottleneck of an Auto-Parts Machining Line." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 92(1–4):1013–26.
- New, S. J. 2007. "Celebrating the Enigma: The Continuing Puzzle of the Toyota Production System." *International Journal of Production Research* 45(16):3545–54.
- Poor, P., J. Basl, and D. Zenisek. 2019. "Predictive Maintenance 4.0 as next Evolution Step in Industrial Maintenance Development." *Proceedings - IEEE International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering, SCSE 2019* 245–53.
- Senderská, Katarína, Albert Mareš, and Štefan Václav. 2017. "Spaghetti Diagram Application for Workers' Movement Analysis." *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering* 79(1):139–50.
- Shah, Rachna, and Peter T. Ward. 2003. "Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance." *Journal of Operations Management* 21(2):129–49.
- Singh, Jagtar, Vikas Rastogi, and Richa Sharma. 2014. "Implementation of 5S Practices:

A Review." *Uncertain Supply Chain Management* 2(3):155–62.

Sohal, Amrik S. 1991. "Individual Involvement and Intervention in Quality Improvement Programmes: Using the Andon System." *International Journal of Quality & Reliability Management* 8(2).

Swanson, Laura. 2001. "Linking Maintenance Strategies to Performance." *International Journal of Production Economics* 70(3):237–44.

Tezel, Algan, Lauri Koskela, and Zeeshan Aziz. 2018. "Lean Thinking in the Highways Construction Sector: Motivation, Implementation and Barriers." *Production Planning and Control* 29(3):247–69.

Thorat, Rohan, and G. T. Mahesha. 2020. "Improvement in Productivity through TPM Implementation." *Materials Today: Proceedings* 24:1508–17.

Tortorella, Guilherme Luz, Flavio S. Fogliatto, Paulo A. Cauchick-Miguel, Sherah Kurnia, and Daniel Jurburg. 2021. "Integration of Industry 4.0 Technologies into Total Productive Maintenance Practices." *International Journal of Production Economics* 240.

Waeyenbergh, Geert, and Liliane Pintelon. 2002. "A Framework for Maintenance Concept Development." *International Journal of Production Economics* 77(3):299–313.

Zhang, Hongjuan, Lu Ren, Yan Gao, and Baoquan Jin. 2017. "A Comprehensive Study of Energy Conservation in Electric-Hydraulic Injection-Molding Equipment." *Energies* 10(11).

Anexos

Anexo A - Tabela informativa das MIP do DIN

MIP	Setor	Marca	Modelo	Robot	Dispositivos
101	1	Maico	TEK-S 320	Sim	Sim
42		Sandretto	6GV50TON	Não	Não
123		EUROINJ	D210	Sim	Não
89		Sandretto	SERIE SETTE 40	Não	Não
107		Engel	ES 500/110 HL	Não	Não
46		Victor	VS-50	Não	Não
126		Toyo	SI-50-6	Não	Não
53		Victor	VS-50	Não	Não
55		Victor	VS-80	Não	Não
54		Victor	VS-50	Sim	Não
56		Victor	VS-80	Não	Não
60		MIR	MPO 35	Não	Não
59		MIR	MPO 35	Não	Não
84		MIR	RMP280	Não	Não
50		MIR	RMP280	Sim	Não
85		MIR	RMP200	Sim	Não
67	2	MIR	RMP60/95	Não	Não
64		MIR	RMP80	Sim	Não
63		MIR	RMP140	Sim	Não
117		Toyo	SI-130-6	Sim	Não
119		Toyo	SI-80-6	Sim	Não
65		MIR	RMP80	Sim	Não
68		MIR	RMP60/95	Não	Não
58		Victor	VR-350H	Sim	Não
140		Toyo	SI 80-6s	Não	Não
139		Toyo	SI 80-6s	Não	Não
116		BMB	MC 150 MC2	Não	Não
73		Victor	VS-100	Não	Não
72		Victor	VS-100	Não	Não
131	Toyo	SI-100-6	Sim	Não	
77	3	MIR	RMP200	Não	Não
138		Toyo	SI-50-6s	Não	Não
134		Engel	ES 330/90 HL	Não	Não
70		MIR	RMP100	Não	Não
66		MIR	RMP100	Não	Não
78		MIR	RMP60/95	Não	Não
79		MIR	RMP140	Não	Não
52		MIR	RMP65	Não	Não
125		Sandretto	SERIE9 - 1650KN165	Sim	Sim
104		Victor	VS-250	Não	Não
62		MIR	RMP280	Sim	Não
80	Victor	VS-50	Sim	Não	
97	Sandretto	SERIE9 - 650HP165	Não	Não	
115	Victor	VS-100MES	Sim	Sim	
57	Victor	VS-130	Sim	Não	
87	4	Victor	VS-100	Não	Não
76		Victor	VS-50	Não	Não
96		Sandretto	SERIE OTTO 85T	Não	Não
81		Victor	VS-100	Não	Não
106		Engel	ES 200/45 HL	Não	Não
105		Engel	ES 500/110 HL	Não	Não
108		Engel	ES 200/45 HL - Victory	Não	Não
95		Sandretto	HP220	Não	Não
91		Maico	Saving 180	Não	Não
141		Sandretto	M40	Não	Não
94		Sandretto	HP100	Não	Não
109		Engel		Não	Não
137		BMB	KW28Pv2200	Não	Não
132		Toyo	SI-100-6	Não	Não
86	Victor	VS-100	Não	Não	
75	Victor	VS-100	Não	Não	
133	5	Toyo	SI-80-6	Não	Não
100		Maico	TEM 240	Não	Não
99		Maico	380T	Sim	Não
128		MIR	450T	Sim	Não
113		Victor	VS-100	Sim	Sim
120		Sandretto	SERIE 60T	Sim	Não
124		MIR	RMP60/95	Não	Não
36		Sandretto	6GVT170TON	Não	Não
129		Toyo	SI-180-6	Sim	Sim
49		MIR	RMP140	Não	Não
47		Victor	VS-130	Sim	Não
88	Victor	VS-100	Não	Não	
74	Victor	VS-100	Não	Não	
71	Victor	VS-100	Não	Não	

N° máquinas	Victor	Toyo	MIR	Total
75	22	10	20	52

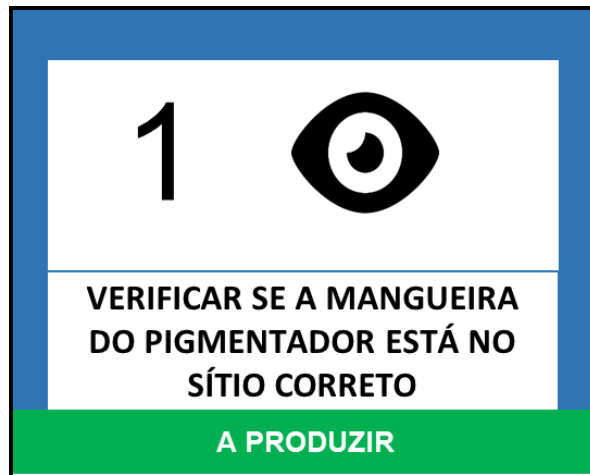
Anexo B - Exemplo de um conjunto de dados retirados do STAIN

Site	Seção	Máquina	Data/ agora início	Estado Máquina	Duração	Causa de paragem	Artigo	Descr. Artigo	Lote	Ordem de produção	Código Molde	Qde produto	Ud m prod	Qde Hora	Cont age m	Cód E execut or com and.	Descr. Executor comando
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	15/09/2021 00:00:00	Produzione	14:37:55		BA060850240	BOIA TORN UNI F	202100049057	154569-1-1	MOL0119	3616 UN	0 UN	120 CP	83		Sousa Luis
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	15/09/2021 15:39:38	Fermo	0:09:16	Falta de MP/componente	BA060850240	BOIA TORN UNI F	202100049057	154569-1-1	MOL0119	0 UN	0 UN	120 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	15/09/2021 16:12:03	Fermo	0:00:17	NAO_USAR_MICROParagem	BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	6300 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	15/09/2021 16:12:20	Produzione	11:33:27		BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	20 UN	0 UN	132.7434 CP	0		Rodriguez Wilmer
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 03:45:47	Fermo	0:04:25	Pecas Injetadas não conformes	BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	20 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 03:50:12	Produzione	0:02:41		BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	4 UN	0 UN	132.7434 CP	0		Chefe Equipa Injeção
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 08:27:07	Fermo	0:28:20	Falta de Operador de Injeção	BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	0 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 08:55:27	Produzione	0:00:54		BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	0 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 08:56:21	Fermo	0:00:15	NAO_USAR_MICROParagem	BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	0 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 08:56:36	Produzione	0:09:01		BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	76 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 09:05:37	Fermo	0:00:25	NAO_USAR_MICROParagem	BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	0 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 09:06:02	Produzione	5:25:48		BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	2832 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 14:31:50	Fermo	0:01:43	Falta de MP/componente	BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	0 UN	0 UN	132.7434 CP	142		Lopez José
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	16/09/2021 14:33:33	Produzione	26:40:44		BA50000166161	TUB AZOR V5 L174	202100049057	154585-1-1	MOL1004	14108 UN	0 UN	132.7434 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	17/09/2021 18:06:47	Produzione	18:53:20		BA50000157018	TUB AZOR V5 L124	202100049057	155231-1-1	MOL1004	10228 UN	0 UN	138.8889 CP	0		Sousa Luis
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	18/09/2021 13:00:07	Fermo	1:06:28	Falta de Operador de Injeção	BA50000157018	TUB AZOR V5 L124	202100049057	155231-1-1	MOL1004	0 UN	0 UN	138.8889 CP	83		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	18/09/2021 14:06:35	Produzione	0:08:01		BA50000157018	TUB AZOR V5 L124	202100049057	155231-1-1	MOL1004	68 UN	0 UN	138.8889 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	18/09/2021 14:14:36	Fermo	0:40:03	Falta de MP/componente	BA50000157018	TUB AZOR V5 L124	202100049057	155231-1-1	MOL1004	0 UN	0 UN	138.8889 CP	83		Sousa Luis
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	18/09/2021 14:54:39	Produzione	1:11:05		BA50000157018	TUB AZOR V5 L124	202100049057	155231-1-1	MOL1004	636 UN	0 UN	138.8889 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	19/09/2021 05:15:37	Fermo	0:00:01	NAO_USAR_MICROParagem	BA060850242	TANQUE UNI F	202100049058	155294-1-1	MOL0044	0 UN	0 UN	120 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	19/09/2021 05:17:08	Fermo	0:00:01	NAO_USAR_MICROParagem	BA060850242	TANQUE UNI F	202100049058	155294-1-1	MOL0044	0 UN	0 UN	120 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	19/09/2021 05:17:09	Produzione	0:57:59		BA060850242	TANQUE UNI F	202100049058	155294-1-1	MOL0044	226 UN	0 UN	120 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	19/09/2021 06:15:43	Produzione	0:28:57		BA060850242	TANQUE UNI F	202100049058	155294-1-1	MOL0044	112 UN	0 UN	120 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	19/09/2021 07:10:10	Produzione	0:21:54		BA060850242	TANQUE UNI F	202100049058	155294-1-1	MOL0044	84 UN	0 UN	120 CP	0		
OLI	AUTOMÁTICAS	MAQ.INJECCAO N. 949	19/09/2021 07:32:04	Fermo	8:13:43	Falta de Operador de Injeção	BA060850242	TANQUE UNI F	202100049058	155294-1-1	MOL0044	0 UN	0 UN	120 CP	83		Sousa Luis

Anexo C - Exemplo de um conjunto de dados retirados do IFS

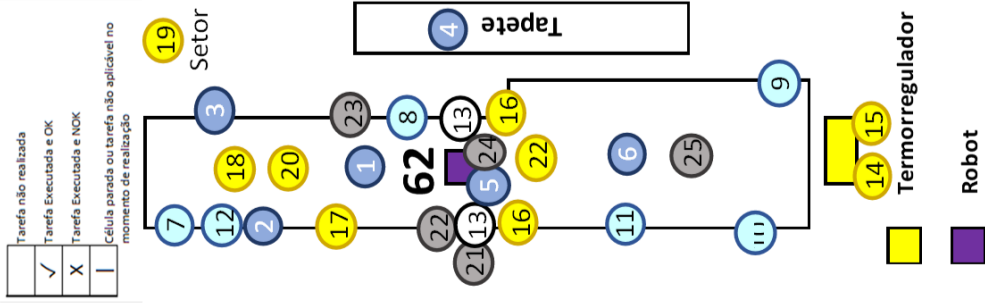
WO N°	Object ID	Priority	Directive	Work Details	Actual Finish	Actual Start	Reported E	Work L	Status
84769	MIP0040	1	máquina pára durante o fecho do molde		24/01/2020 08:45	17/01/2020 14:40	MRFERREIRA	JMLOPES	Finished
85452	MIP0040	1	Máquina para com molde aberto, não injeta-vários alarmes	Não se verificou anomalia na maq	25/01/2020 19:03	25/01/2020 12:24	AFRIBEIRO	JMLOPES	Finished
84245	MIP0040	1	máquina para apos fazer extração	2x e sensor do molde radial em cima	10/01/2020 16:23	10/01/2020 16:23	MRFERREIRA	FALOPES	Finished
85231	MIP0040	1	máquina pára durante fecho do molde	Parametrizar o fecho	23/01/2020 15:56	23/01/2020 09:54	MRFERREIRA	JMLOPES	Finished
85843	MIP0040	1	amilha do fuso nao veda		31/01/2020 17:31	31/01/2020 13:29	JJGASPAR	AALVES	Finished
86354	MIP0040	1	Alarme de temperatura de óleo (MIP40)	limpeza de carta de entradas analogicas	07/02/2020 01:00	07/02/2020 01:00	RSTABUADA	MASILVA	Finished
86608	MIP0040	1	zona B da camara nao atinge temperatura pretendida		11/03/2020 13:08	11/03/2020 08:21	MRFERREIRA	JMLOPES	Finished
86950	MIP0040	1	maquina pára quando molde fecha		20/02/2020 10:03	14/02/2020 08:58	MRFERREIRA	JMLOPES	Finished
87193	MIP0040	1	Temparturas óleo Descontroladas	verificar circuito da água e parametros da maquina reparação de circuito de comando analogico	20/02/2020 01:53	18/02/2020 07:18	JJFRADE	LMSOARE	Finished
87209	MIP0040	1	temperatura de oleo descontrolada		19/02/2020 15:16	18/02/2020 10:06	MRFERREIRA	JMLOPES	Finished
87229	MIP0040	1	colocar termoregulador com alteração da bomba	colocar termoregulador , com o molde 1033 esta a passar 11,5 litros com o termor a extração é de fins de curso e fica limitado pelo curso mecanico do molde (tem um extrator mais curto)	18/02/2020 14:17	18/02/2020 10:06	FALOPES	FALOPES	Finished
88747	MIP0040	1	Máquina não respeita valores de extração		12/03/2020 14:30	12/03/2020 14:30	JJFRADE	FALOPES	Finished
88791	MIP0040	2	tubo de recolha de materia prima danificado	reparação do tubo de recolha do pigmento	13/03/2020 04:13	13/03/2020 04:13	MRFERREIRA	LMSOARE	Finished
91219	MIP0040	1	MIP não faz extração	colocar extração a trabalhar	27/04/2020 07:47	27/04/2020 07:47	LCSOUSA	FALOPES	Finished
80693	MIP0040	1	maquina 40 com temperaturas baixas		26/03/2020 17:21	26/03/2020 17:21	PJCARDOSO		Finished
80315	MIP0040	1	geral da agua fria com fuga de agua		26/03/2020 17:22	26/03/2020 17:22	JJGASPAR		Finished
86205	MIP0040	1	avaliar centramento do bico - ver jito com Patrick		26/03/2020 17:23	26/03/2020 17:23	LCSOUSA		Finished
88953	MIP0040	1	borboleta não roda da água quente	Troca de termoregulador verificar o funcionamento datermopar sonda estava ok com o callbrador	16/03/2020 18:08	16/03/2020 18:07	EJOLIVEIRA	MASILVA	Finished
106394	MIP0040	1	temperatura do oleo esta sempre a zero		28/01/2021 18:31	27/01/2021 21:27	JJGASPAR	AALVES	Finished
106395	MIP0040	1	maquina 40 anilha nao esta a vedar		28/01/2021 18:33	28/01/2021 18:33	PJCARDOSO	AALVES	Finished
105857	MIP0040	1	alarme de oleo , entra em alarme a cada 300 ciclos mip40	foi testado o funcionamento de lubrificação estava OK	28/01/2021 18:28	28/01/2021 18:28	ABALMEIDA	AALVES	Finished
107135	MIP0040	1	carro de injeção não funciona	tirar defeito de filtro de olio	10/02/2021 07:36	10/02/2021 07:36	LCSOUSA	FALOPES	Finished
107217	MIP0040	1	maquina 40 bloqueada no grupo de inje:ao	porta mal fechada	10/02/2021 13:48	10/02/2021 13:48	PJCARDOSO	FALOPES	Finished
92339	MIP0040	2	maquina 40 bomba faz muito barulho	trocar os rolamentos do motor	25/06/2020 14:03	25/05/2020 14:42	PJCARDOSO	JMLOPES	Finished

Anexo E – Exemplo de um pictograma

















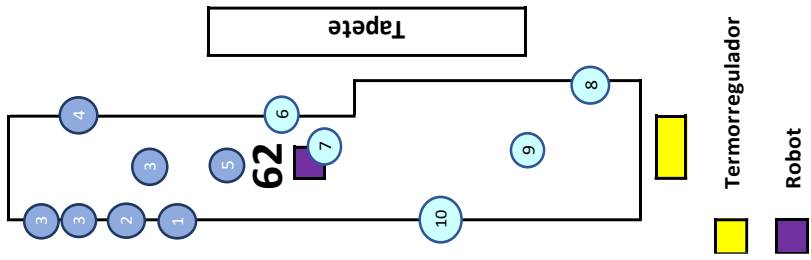
Anexo F - Folha de registo de tarefas da MIP 62

MANUTENÇÃO AUTÓNOMA MÁQUINA 62																					
Mês:	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	S	D	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	S	D	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	S	D
Nº TAREFA	INÍCIO DO TURNO (MIN.: 1 min. 14s.; MAX.: 1 min. 28 s.)																				
1	Verificar se mangueria do pigmentador está no sítio correto.																				
2	Verificar se o bico da máquina está a babar.																				
3	Verificar quadro eléctrico está fechado.																				
4	Verificar peças presas no tapete.																				
5	Verificar barulhos nas joleiras.																				
6	Verificar fugas de ar na mão do robot.																				
SEMANAL (Mín: 1 min. 20 s.; MAX: 12 min. 25 s.)																					
7	Verificar e trocar filtro do motor da máquina.																				
8	Verificar e limpar rampa.																				
9	Verificar e substituir pote do óleo.																				
10	Verificar bombolas de circulação de água.																				
11	Verificar e acrescentar óleo de lubrificação.																				
12	Verificar nível do óleo hidráulico.																				
MENSAL (3 min.)																					
13	Limpar acrílicos.																				
ANTES DA MUDANÇA DE MOLDE (2 min)																					
14	Verificar fugas de água nas manguerias do termorregulador.																				
15	Verificar barulhos no motor do termorregulador.																				
16	Verificar fugas de óleo no cilindro.																				
17	Verificar fugas de ar na pistola.																				
18	Verificar se manguerias de aspiração de MP estão boas.																				
19	Verificar pote de água.																				
20	Verificar peças presas na máquina.																				
APÓS A MUDANÇA DE MOLDE (3 min 25 s)																					
21	Verificar fugas de água e/ou óleo nas manguerias do molde.																				
22	Verificar fugas na placa de água e placa de óleo.																				
23	Verificar caixa controladores.																				
24	Verificar funcionamento do robot.																				
25	Limpar e arrumar periféricos da máquina.																				



Anexo G - PMA simplificado da MIP 62

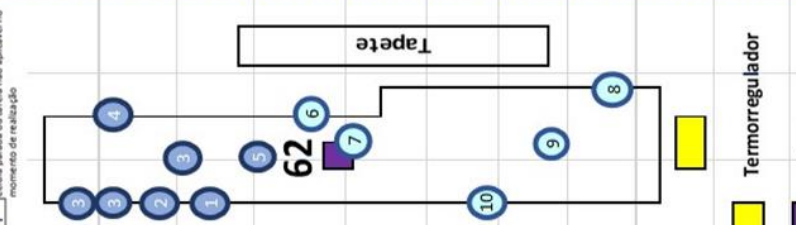
MANUTENÇÃO AUTÓNOMA MÁQUINA 62									
		 INSPECIONAR  LUBRIFICAR  LIMPAR  INTERVENIONAR		EM CASO DE PARAGEM, O CHEFE DE EQUIPA PODE OPTAR POR REALIZAR ANTECIPADAMENTE ALGUMAS TAREFAS					
Nº	COMPONENTE	TAREFA	DURAÇÃO	TIPO	MATERIAL	FREQUÊNCIA	ESTADO DA MÁQUINA DE INJEÇÃO		
SEMANAL (MÍN: 2 min 19 s; MÁX: 13 min 33 s)									
1	Junto ao motor	Verificar nível do óleo hidráulico	5 s		-	Semanal	Em Produção		
2	Quadro Elétrico	Verificar se o quadro elétrico está fechado e desobstruir o seu acesso	5 s (10 s)		-	Semanal	Em Produção		
3	Motor (x3)	Verificar e trocar filtro do motor da máquina	5 s (2 min 20 s)		Filtros com cor correspondente	Semanal	PARADA		
4	Junto ao pigmentador	Verificar se a mangueira do pigmentador está no sítio correto	4 s (8 s)		-	Semanal	Em Produção		
5	Bico da Injeção	Verificar se o bico da máquina de injeção está a babar	10 s		-	Semanal	Em Produção		
6	Rampa	Verificar e limpar rampa	50 s		Pano; Limpa vidros	Semanal	PARADA		
7	Mão do robot	Verificar fugas de ar na mão do robot	10 s		-	Semanal	Em Produção		
8	Pote de óleo	Verificar e substituir pote do óleo	5 s (4 min)		Pote novo	Semanal	PARADA		
9	Junto ao prato móvel	Verificar barulhos nos joelhos da máquina	40 s		-	Semanal	Em Produção		
10	Lado Operador	Verificar e acrescentar óleo de lubrificação	5 s (5 min)		Óleo 320; Pano	Semanal	Em Produção		



Anexo H - Folha de registo do PMA simplificado da MIP 62

MANUTENÇÃO AUTÓNOMA MÁQUINA 62				
Mês:	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana
N.º TAREFA	SEMANAL (MÍN: 2 min 19 s; MÁX: 13 min 33 s)			
1. Verificar nível do óleo hidráulico				
2. Verificar se o quadro elétrico está fechado e desobstruir o seu acesso				
3. Verificar e trocar filtro do motor da máquina				
4. Verificar se a mangueira do pigmentador está no sítio correto				
5. Verificar se o bico da máquina de injeção está a babar				
6. Verificar e limpar rampa				
7. Verificar fugas de ar na mão do robot				
8. Verificar e substituir pote do óleo				
9. Verificar barulhos nos joelhos da máquina				
10. Verificar e acrescentar óleo de lubrificação				
Realizado por:				

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



IT.----- - INSTRUÇÃO DE TRABALHO Manutenção Autônoma MIP 0062 Tarefas de Início de Turno



VERIFICAR NÍVEL DO ÓLEO HIDRÁULICO

Material:

- Não Aplicável

Tipo:

Tarefas

- Deslocar-se para junto do mostrador de nível de óleo hidráulico e verificar o nível.

Caso o nível de óleo esteja fora do intervalo a verde:

- Informar o chefe de equipa.



1

VERIFICAR SE O QUADRO ELÉTRICO ESTÁ FECHADO

Material:

- Não aplicável

Tipo:

Tarefas

- Olhar para o quadro elétrico e verificar se está fechado;

Caso esteja a babar:

- Informar o chefe de equipa.



2

VERIFICAR E TROCAR FILTRO DO MOTOR

Material:

-- Filtro com cor correspondente

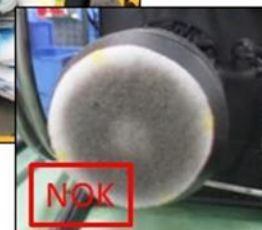
Tipo:

Tarefas

- Verificar se o filtro do motor se encontra sujo

Caso seja necessário trocar:

- Retirar filtro sujo e colocar filtro limpo
- Colocar filtro sujo no local apropriado (junto à oficina de manutenção).



3

Elaborado:

Aprovado:

Data:

IT.----- - INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Manutenção Autônoma MIP 0062

Tarefas de Início de Turno

OLI

VERIFICAR SE A MANGUEIRA DO PIGMENTADOR ESTÁ NO SÍTIO CORRETO

4

Material:

- Não aplicável

Tipo:  

Tarefas

- Olhar para a mangueira do pigmentador e verificar se está colocada no sítio correspondente



Caso não esteja:


- Colocar mangueira no local apropriado.

VERIFICAR SE O BICO DA MÁQUINA DE INJEÇÃO ESTÁ A BABAR

5

Material:

- Não aplicável

Tipo: 

Tarefas

- Olhar para o bico da máquina e verificar se está a babar;

Caso esteja a babar:

- Informar o chefe de equipa.



LIMPAR RAMPA DE SAÍDA DE PEÇAS

6

Material:

- Pano
- Limpa vidros

Tipo:  

Tarefas

- Limpar rampa de saída de peças com o auxílio de um pano/esponja e detergente próprio.



IT.----- - INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Manutenção Autónoma MIP 0062

Tarefas Semanais



VERIFICAR SE EXISTEM FUGAS DE AR NA MÃO DO ROBOT

7

Material:

- Não aplicável

Tipo:

Tarefas

- Deslocar-se para junto da mão do robot;
- Ouvir atentamente e perceber se existem fugas de ar na mão do robot;

Caso existam fugas de ar na mão do robot:

- Informar o chefe de equipa.



VERIFICAR E SUBSTITUIR O POTE DO ÓLEO

8

Material:

- Pote novo

Tipo:

Tarefas

- Verificar o nível do óleo.
- Se o nível do óleo estiver acima do valor: esvaziar o pote no local adequado e voltar a coloca-lo na máquina.



VERIFICAR BARULHOS NOS JOELHOS DA MÁQUINA

9

Material:

- Não aplicável

Tipo:

Tarefas

- Verificar se os joelhos da máquina estão a fazer algum barulho diferente do normal funcionamento.

Se sim:

- Informar o chefe de equipa.



IT.----- - INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Manutenção Autônoma MIP0062

Tarefas Semanais



VERIFICAR E ACRESCENTAR ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO

10

Material:
- Óleo 320
- Pano

Tipo:  

Tarefas:

1 – Verificar o nível do óleo;

Caso o óleo esteja num nível perto ao nível mínimo, informar o chefe de equipa. Quando ele informar que se deve executar esta tarefa:

2-Ir à oficina buscar o carro do óleo “XP320”;

3-Abrir a tampa do reservatório do óleo da máquina;

4-Colocar a boca do tubo do óleo do tanque (preto) no reservatório do óleo da máquina;

5-Abrir a torneira do óleo do tanque;

6-Colocar a pistola de ar comprimido no tubo do ar (azul);

7-Abrir a torneira do ar;

8-Acionar a pistola de ar comprimido e esperar até que encha até um pouco antes do máximo do reservatório;

9-Retira a mangueira do ar comprimido;

10-Fecha a torneira do ar;

11-Fecha a torneira do óleo;

12-Deixa escorrer até parar de escorrer ou até atingir o nível máximo do reservatório (deitar fora quando atingir o máximo);

13-Limpa reservatório da máquina e boca do tubo do óleo do tanque;

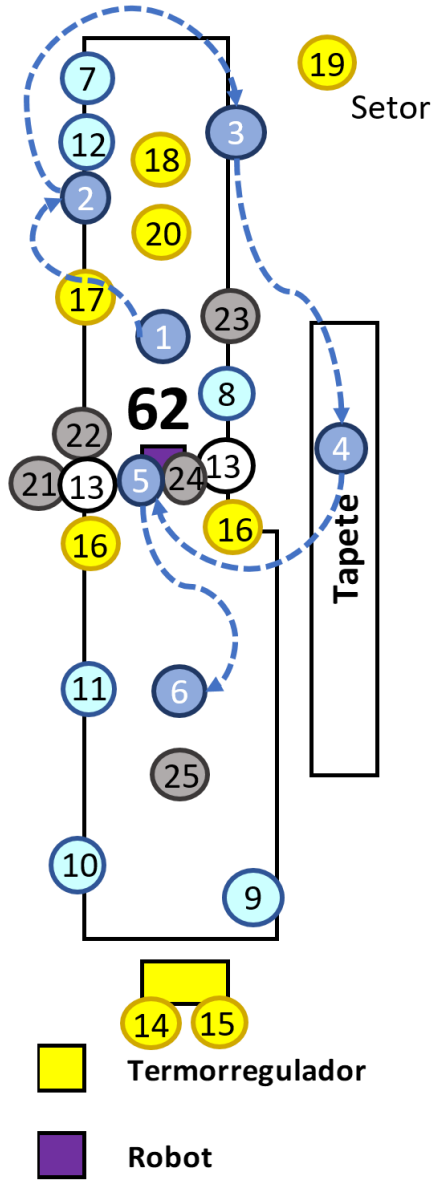
14-Devolve o carro do óleo à oficina;



FECHADO

ABERTO

Anexo J - Diagrama de *Spaghetti* da MIP 62



Anexo K - Standard de mudança de moldes

OPERADOR DE INIEÇÃO		TÉCNICO DE INIEÇÃO	
<p>Pre Mudança Molde</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verifica se existe mudança Matéria Prima 2. Leva Ferramenta e Peça Sopro Água para a Máquina 3. Troca Pigmento* 4. Troca Matéria Prima* 5. Limpas Parte Exterior Máquina 		<p>Pre Mudança Molde</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recolhe CF, PIC e F.V.A. do Sequenciador 2. Leva Mão Robot para Máquina (GFM) 3. Anula operador nas lixeiras de preparação, se necessário 4. Limpas Parte Exterior Máquina 5. Desliga Parâmetros 	
<p>Procedimento Troca Pigmento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fecha Guilhotina Tubo Pigmento 2. Remove Tubo Pigmento 3. Desacoplar Parafuso do Pigmentador 4. Ligar Aspirador Pigmento 5. Sopro Pigmentador 6. Troca Pigmento 7. Verificar Nível com nívelador 8. Acoplar Parafuso do Pigmentador 9. Instalar novo Tubo Pigmento 10. Abre Guilhotina Tubo Pigmento 		<p>MUDANÇA DE MOLDE</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Roda a Chave 2. Pressa a máquina a modo Manual à refira aviso de produção 3. Abre Porta Lado Torção 4. Remove Peças do interior da Máquina 5. Anula Técnico na Limpeza Molde 6. Desliga F.V.A. - Comprimido na Bomba Desligada 7. Desliga F.V.A. - Compressor (se estiver Desligado) 8. Coloca Barra Travesseiro 9. Desaperta Calços Lado Extração 10. Abre o Prato para desacoplar a ligação da extração 11. Desaperta Tranco 12. Desaperta Calços Lado Injeção 13. Limpas as faces do molde e da máquina 14. Verifica o estado do bico e do sistema de injeção 15. Retira Material para Saco Pigmento 16. Retira Material para Saco Pigmento (STAN) 17. Troca Mão Robot 18. Abre Círculo Água - Verificar Movimento Borboletas 19. Liga o Ventilador e Programar Temperatura 20. Liga F.V.A. - Comprimido na Bomba Desligada 21. Liga F.V.A. - Compressor (se estiver Desligado) 22. Liga F.V.A. - Compressor (se estiver Desligado) 23. Fecha Porta Lado Torção 24. Remove Barra Travesseiro 25. Carrega Programa e confirma parâmetros GFM 26. Verifica Sinais Rádios 27. Abre o Molde e Enxaca Movimentos 28. Limpas excesso de gordura das faces do molde 29. Anula cota alta pressão e sensor de consenso injeção e extração 30. Troca bico e filtro 31. Purga MP e afina parâmetros 32. Verifica o funcionamento do sistema de injeção 33. Roda chave 2 vezes 34. Abre cota de sistema de alimentação 35. Verifica Conformidade Peças 36. Roda a Chave 	
<p>Procedimento Troca MP</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verifica se existe mudança de MP (STAN VS Pisco Molde) 2. Identifica linha aspiração da máquina no SAC 3. Retira Mangueira Aspiração Matéria Prima 4. Coloca Amonimento na Linha 5. Desliga Aspiração da Máquina no Quadro do SAC 6. Coloca Imã Identificativo na Máquina em mudança 7. Recua Tremola 8. Retira Material para Saco Pigmento 		<p>Tempo de Setup de Retirada de Molde (inicia com o rodar de chave e termina quando se ativa nova produção no computador/tablet)</p> <p>Tempo de Setup de Colocação de Molde (inicia quando se ativa nova produção no computador/tablet e termina com o rodar de chave)</p> <p>Tempo de Setup de 1ª peça boa</p>	
<p>Procedimento Troca MP</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Abaixa Tremola 10. Sopro Tremola e Filtro Tremola 11. Retira Material para Saco Pigmento 12. Identifica Saco em Contador Pisco 13. Coloca Saco em Contador Pisco 14. Liga Mangueira Aspiração Matéria Prima no novo material 15. Liga Aspiração da Máquina no Quadro do SAC 16. Remove Imã do Quadro do SAC 		<p>Pos Mudança Molde</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Declara no STAN os NC's de Avanço 3. Verifica no STAN o Tempo Entre Setup e 1ª Peça Boa (SEU) 4. Verifica o funcionamento do circuito de água 5. Preenche F.V.A e coloca no posto de qualidade 6. Retira Posto de Qualidade Peças Produção Anterior e F.V.A 7. Peças: Contador NC's e F.V.A. Quando Mudanças 8. Aruma Purgas 	