



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

Análise FMECA na Unidade de Produção de Torneiras na Roca S.A.

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em / to
fulfill the Master's Degree in Engenharia e Gestão Industrial

Autor / Author

Lígia Isabel Brás Clérigo Fernandes

Orientador

Professor Doutor José Luís Ferreira Martinho

Co-Orientador

Professor Doutor José Manuel Torres Farinha

Supervisor na empresa ROCA S.A CI Cantanhede

Vasco Anastácio Leitão Pombo



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Outubro de 2024

RESUMO

Face à conjuntura atual e à competitividade do mercado global é essencial garantir a fiabilidade de todos os ativos presentes na indústria, manter a estabilidade fabril e, por conseguinte, cumprir os objetivos propostos e com a qualidade do produto final exigida. Do sistema produtivo da Roca S.A Centro Industrial de Cantanhede, empresa estabelecida no setor fabril de produção de vários modelos de torneiras e no seio da qual foi desenvolvido este trabalho, fazem parte inúmeros sistemas dinâmicos, entre os quais se dá relevância, neste documento, aos equipamentos de dois setores produtivos críticos sendo eles a Fundição e o Mecanizado, face às inúmeras paragens associadas e à sua difícil previsão de falha. Para que isso aconteça é necessário conhecer os tipos de manutenção industrial existentes e os seus indicadores para aplicá-los.

O presente relatório descreve a implementação de uma análise de modos, efeitos e criticidade de falha (FMECA), metodologia a integrar nos planos de manutenção preventiva dos equipamentos de fundição e mecanizado, e através da qual se procedeu à identificação dos componentes críticos que constituem os equipamentos em estudo.

As paragens analisadas foram escolhidas com um tempo de paragem igual ou superior a 1 hora dos equipamentos denominados KWC's e Triflex's, e a recolha de dados foi realizada no software da empresa onde os dados extraídos foram agregados às tabelas da Fiabilidade, MTTR e MTBF referentes ao ano de 2023. Com a realização dos cálculos de MTTR, MTBF, taxa de falhas, a disponibilidade e fiabilidade, foram apurados os tempos de reparação, quanto tempo o equipamento leva para voltar a trabalhar e as percentagens da sua disponibilidade.

As Ações de Mitigação/Melhoria propostas no final do estudo focam-se em tecnologias de Manutenção Preditiva, que envolvem a monitorização dos Índices de Desempenho dos equipamentos, por forma a detetar possíveis alterações provocadas pela ocorrência de falhas com base nas tabelas FMECA realizadas. Embora existam situações que só podem ser resolvidas com novos investimentos, considera-se que a realização final deste estudo permitiu a identificação sistemática dos modos de falha, as suas respetivas causas e as correspondentes melhorias em determinadas situações.

Palavras-chave: Gestão de Manutenção, FMECA, Tipos de Manutenção, Indicadores de Desempenho, Melhoria Contínua

ABSTRACT

Given the current situation and the competitiveness of the global market, it is essential to guarantee the reliability of all the assets present in the industry, to maintain factory stability and, consequently, to fulfil the proposed objectives and the required final product quality. The production system of Roca S.A. Centro Industrial de Cantanhede, a company established in the manufacturing sector for the production of various models of taps and within which this work was carried out, includes numerous dynamic systems, among which this document focuses on the equipment of two critical production sectors, the Foundry and the Mechanised Plant, given the numerous stoppages associated with them and their difficult failure prediction. For this to happen, it is necessary to know the existing types of industrial maintenance and their indicators in order to apply them.

This report describes the implementation of a failure modes, effects and criticality analysis (FMECA), a methodology to be integrated into preventive maintenance plans for foundry and mechanised equipment, through which the critical components that make up the equipment under study were identified.

The stoppages analysed were those with a downtime of 1 hour or more of the equipment known as KWC's and Triflex's, and the data was collected using the company's software where the data extracted was added to the Reliability, MTTR and MTBF tables for the year 2023. By calculating the MTTR, MTBF, failure rate, availability and reliability, repair times were calculated, as well as how long it takes for the equipment to start working again and the availability percentages.

The Mitigation/Improvement Actions proposed at the end of the study focus on Predictive Maintenance technologies, which involve monitoring equipment Performance Indices in order to detect possible changes caused by the occurrence of faults based on the FMECA tables carried out. Although there are situations that can only be resolved with new investments, it is considered that the final realisation of this study has enabled the systematic identification of failure modes, their respective causes and the corresponding improvements in certain situations.

Keywords: Maintenance Management, FMECA, Types of Maintenance, Performance Indicators, Continuous Improvement

EPÍGRAFE

Nada é para sempre, dizemos, mas há momentos que parecem ficar suspensos,
pairando sobre o fluir inexorável do tempo.

José Saramago

AGRADECIMENTOS

Finalizo mais uma etapa académica, de bastante importância para mim – o Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Uma longa caminhada, pautada por inúmeros desafios, incertezas e alguns obstáculos. Este percurso só foi possível graças ao indispensável apoio, incentivo e esforço de algumas pessoas, a quem dedico este trabalho.

Aos Professores Doutor José Martinho e José Farinha, por toda a sua ajuda e orientação, pelo saber que me passou, pelas opiniões e críticas, pela total disponibilidade e por tudo o que foi sugerindo ao longo deste descritivo.

Ao Responsável de Manutenção da Roca S.A CI de Cantanhede, Vasco Pombo, por estar sempre presente, pronto para solucionar qualquer dúvida. A todos os elementos da Equipa da Manutenção pela disposição e vontade de me ensinar, principalmente à equipa do turno da manhã por todo o apoio, ajuda e vontade em me deixar participar na rotina deles.

À minha família, namorado e a todos os meus amigos, que não preciso de nomear, pois eles sabem quem são, por toda a ajuda e me incentivaram e motivaram a atingir o objetivo de completar esta etapa última do mestrado.

ÍNDICE

Resumo	i
Abstract	ii
Epígrafe	iii
Agradecimentos	iv
Índice	v
Índice de tabelas	vii
Índice de figuras	viii
Lista de abreviaturas e acrónimos	ix
Lista de símbolos	x
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos e Cronograma	1
1.3 Estrutura do Relatório	2
2 Apresentação da Empresa	3
2.1 História do Grupo ROCA	3
2.1.1 Missão, Visão e Valores	5
2.1.2 Sustentabilidade	6
2.2 ROCA Centro Industrial Cantanhede	8
2.2.1 Setores de Atividade	9
3 Introdução à Manutenção	19
3.1 Caracterização Geral	19
3.1.1 Definição de Manutenção	19
3.1.2 Importância da Manutenção	20
3.1.3 Tipos de Manutenção	22
3.1.4 Níveis de Intervenção da Manutenção	25

3.2	Indicadores de Desempenho	26
3.3	Custos da Manutenção	29
3.4	Metodologia FMECA	31
3.5	Sistemas de Informação de Apoio à Manutenção	36
3.5.1	Software SAP	36
4	Lean Manufacturing	39
4.1	Caracterização Geral	39
4.2	Melhoria Contínua na Manutenção	40
4.2.1	Metodologia Kaizen	40
4.2.2	Kaizen Diário	42
4.2.3	3M's: Muda, Mura e Muri	44
4.2.4	Metodologia 5S	46
4.2.5	Ciclo PDCA	47
5	Trabalho Desenvolvido	49
5.1	Organização do setor da Manutenção na Roca	49
5.2	Aplicação da Análise FMECA no Setor da Fundição e Mecanizado	54
5.2.1	Metodologia Utilizada	54
5.3	Setor Fundição	58
5.3.1	Caracterização do Equipamento e Processo	58
5.3.2	Indicadores de Desempenho da Fundição	59
5.3.3	Análise dos Modos de Falha e Identificação de Causas	63
5.3.4	Ações de Melhoria	69
5.4	Setor do Mecanizado	72
5.4.1	Caracterização dos Equipamentos	72
5.4.2	Indicadores de Desempenho do Mecanizado	73
5.4.3	Análise dos Modos de Falha e Identificação de Causas	78
5.4.4	Ações de Melhoria	81
6	Conclusão	83
	Referências bibliográficas	86
	Anexos	90
	Anexo A - Anexo A	91

ÍNDICE DE TABELAS

2.1	Cronologia Roca CI Cantanhede	9
3.1	Tabela dos Níveis de Severidade (Adaptada de [27]	33
3.2	Tabela Ocorrência (Adaptada de [27]	33
3.3	Tabela de detecção de falha (Adaptada de [27]	34
5.1	Tabela da Classificação do Grau de Risco	55
5.2	Tabela de Horas de Produção em 2023 da Fundição	56
5.3	Tabela de Horas de Produção em 2023 do Mecanizado	56
5.4	Tabela de Horas de Paragens das Linhas da Fundição	59
5.5	Tabela da Quantidade de Paragens das Linhas da Fundição	59
5.6	MTBF da Fundição (em horas)	60
5.7	MTTR da Fundição (em horas)	61
5.8	Disponibilidade da Fundição	63
5.9	Tabela das Avarias mais Recorrentes nas Linhas - Retirada do Excel da Fiabilidade	66
5.10	Tabela de Avarias e Identificação de Causas nas Linhas de Fundição . . .	67
5.11	Horas das Avarias do Mecanizado	73
5.12	Número de Avarias do Mecanizado	74
5.13	MTBF do Mecanizado (em horas)	74
5.14	MTTR do Mecanizado (em horas)	76
5.15	Disponibilidade do Mecanizado	77
5.16	Tabela das Avarias mais Recorrentes nas Linhas do Mecanizado	78
5.17	Tabela de Avarias e Identificação de Causas nas Linhas de Mecanizado .	79

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Roca no Mundo. Fonte [1]	3
2.2	Fundação We Are Water no mundo. [2]	4
2.3	Estratégias do Grupo Roca [3]	6
2.4	Três Principais Indicadores. [3]	6
2.5	Roadmap de Sustentabilidade. [3]	7
2.6	Roca Centro Industrial Cantanhede. Fonte Autora	8
2.7	Organigrama Roca CI Cantanhede	10
2.8	Processo de Fundição	11
2.9	Processo de Mecanização	12
2.10	Processo de Lixamento e Polimento	13
2.11	Processo de Cromagem	15
2.12	Robot Processo de Montagem	16
2.13	Cartucho Final	16
2.14	Processo de Montagem Final	17
3.1	Tipos de Manutenção (Adaptado de [7])	22
3.2	Curva da Banheira. Fonte [15]	25
3.3	Iceberg Manutenção (Adaptado de [5])	30
4.1	Níveis do <i>Kaizen</i> Diário. Fonte [43]	42
4.2	Muda, Mura e Muri (3M's). Fonte [45]	44
4.3	Ciclo da Metodologia 5S. Fonte [47]	47
4.4	Ciclo da Metodologia PDCA. Fonte [49]	47
5.1	Organização do Departamento Manutenção	50
5.2	Software SAP - Criar Nota de Avaria	51
5.3	Software SAP - Estrutura dos Avisos	52
5.4	Transação SAP - «IW38-Ordens de Manutenção»	53
5.5	Software SAP - Estrutura das Ordens	53
5.6	Software SAP - Estrutura dos Custos da Ordem	54
5.7	Transação SAP - «IW38-Ordens de Manutenção»	57
5.8	Equipamento da Fundição	58
5.9	MTBF da Fundição	61
5.10	MTTR da Fundição	62

5.11	Disponibilidade da Fundição	63
5.12	Listagem das Avarias da Fundição	64
5.13	Instrução de Trabalho para Resolução das Fugas	70
5.14	Instrução de Trabalho para Resolução das Fugas	71
5.15	Interior de uma Triflex	72
5.16	Interior de uma Triflex com 4 estações - Retirada do Manual da máquina da Witz and Frank	73
5.17	MTBF do Mecanizado	75
5.18	MTTR do Mecanizado	76
5.19	Disponibilidade do Mecanizado	77
5.20	Procedimento dos Níveis de Óleo	82

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
WAW	We Are Water
OT	Ordem de Trabalho
MTTR	Mean Time to Repair
MTBF	Mean Time Between Failures

LISTA DE SÍMBOLOS

kN Quilonewton

ε_{ax} Extensão axial (%)

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Um dos principais objetivos para muitas empresas é o aumento da produtividade, garantindo o lucro, a qualidade e a satisfação dos clientes. Para este efeito é necessário garantir a fiabilidade dos equipamentos e a segurança de pessoas e bens.

A manutenção é uma prática constante em todas as organizações, uma vez que, caso existam falhas ou defeitos nos equipamentos, o produto final não apresentará o mesmo padrão de qualidade que poderia oferecer caso estes se encontrassem a funcionar corretamente. De igual modo, uma manutenção eficaz permite aumentar a segurança dos equipamentos e dos seus operadores, melhorar a qualidade, aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção, evitando desperdícios.

Como tal, a gestão de manutenção deve ser encarada como um documento ou ferramenta moldável e elástica, de forma a se poder adaptar a todas as alterações que surgem. O aparecimento de softwares informáticos apresenta-se como uma mais-valia na resolução desta situação uma vez que permite o registo e processamento de grandes quantidades de dados fundamentais para as alterações necessárias à gestão, reduzindo-se assim o desperdício, a utilização de papel e a propagação de erros e a geração de informação útil para a tomada de decisão e o consequente aumento da eficiência.

1.2 Objetivos e Cronograma

O presente relatório de estágio curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial foi desenvolvido no Departamento de Manutenção do Grupo Roca S.A., sediado no Centro Industrial de Cantanhede.

Todos os dados recolhidos e analisados foram retirados do software utilizado pela empresa, SAP PM. A manutenção das avarias que foram alvo de estudo foram de carácter corretiva, pois decorreram sempre da necessidade de intervenção nos setores Fundição e Mecanizado. Diariamente, foram realizadas todas as manutenções preventivas planeadas aos equipamentos para minimizar as avarias que pudessem acontecer.

Os principais objetivos da realização deste estágio foram, essencialmente, auxiliar o processo de desenvolvimento de atividades relacionadas com o sistema de Gestão de Manutenção, sendo estes:

- Conhecer as rotinas e os trabalhos da manutenção através do sistema de informação e acompanhamento dos trabalhos feitos;
- Conhecer o processo produtivo da Roca no CI de Cantanhede, a constituição dos equipamentos e funcionamento;
- Analisar e alcançar os melhores resultados dos indicadores de desempenho da manutenção;
- Proceder a uma análise de criticidade dos equipamentos da Fundição e Mecanizado e demonstrar o resultado da aplicação da Metodologia FMECA.

Para além do trabalho que foi desenvolvido para o Relatório de Estágio, foram criados e desenvolvidos planos de manutenção no SAP PM de modo a saírem automaticamente nas datas previstas; foi preparada e planeada juntamente com o responsável de armazém e respetivos responsáveis de turno toda a paragem anual que é realizada no mês de Agosto, desde a compra dos matérias às intervenções de empresas externas.

1.3 Estrutura do Relatório

O presente relatório de estágio está dividido da seguinte forma:

O primeiro capítulo Introdução, compreende o enquadramento, os objetivos e cronograma e a estrutura do relatório.

No segundo capítulo, apresenta-se o Grupo Roca e a Empresa em estudo explicando-se o essencial do processo produtivo na fabricação de torneiras, para que o leitor adquira os conhecimentos básicos e necessários para perceber alguns conceitos desenvolvidos posteriormente.

No terceiro capítulo aborda-se a função da manutenção, englobando os tipos de manutenção existentes, as diferentes filosofias, alguns dos indicadores de manutenção, custos de manutenção, a metodologia que vai ser usada durante o estudo - Metodologia FMECA e por fim o software ERP que a empresa usa.

No quarto capítulo enquadram-se os fundamentos teóricos de toda a filosofia Lean Manufacturing, onde são abordados todos os tópicos relacionados com o Kaizen, metodologia que foi implementada na Roca.

O quinto capítulo dedica-se a explicar o trabalho desenvolvido no sentido da aplicação dos conceitos, demonstra-se a metodologia através da aplicação de estudo FMECA nos setores da Fundição e Mecanizado. É descrito o equipamento de cada setor e são apresentados e caracterizados os modos de falha considerados críticos. Neste capítulo efetua-se a FMECA, e apresentam-se os resultados.

Finalmente no capítulo seis são apresentadas as conclusões e apontadas algumas atividades relacionadas com a Manutenção que foram desenvolvidas.

2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

2.1 História do Grupo ROCA

A empresa familiar criada há mais de um século em Gavà, perto de Barcelona, é hoje uma preocupação global com presença em 170 mercados nos 5 continentes e uma referência mundial na criação de espaços de banhos, como podemos observar na figura 2.1.



Figura 2.1: Roca no Mundo. Fonte [1]

Fundada no ano de 1917, a *Compañia ROCA Radiadores, S.A.*, dedicou-se inicialmente à produção de radiadores de ferro fundido para o aquecimento, mas o rápido domínio e a decidida vontade de expansão, foram incentivos para a ampliação de gamas e a investigação de novos produtos. Passado mais de uma década, em 1929, entrou no setor dos espaços de banho com as primeiras banheiras de fundição e, em 1936 com o lançamento da louça sanitária, reforçando a posição da ROCA no mercado. Foi toda a grande ambição empresarial que levou a empresa a iniciar na década de 50 a fabricação de torneiras.

Com o gradual crescimento, nos anos 90, o Grupo ROCA levou a cabo a sua primeira fase de expansão internacional, baseada principalmente na abertura de filiais e na assinatura de acordos com empresas líderes nos seus mercados. Para além de Portugal e França, a presença comercial começou a expandir-se para o Reino Unido, Alemanha, Itália, Marrocos, Argentina, Brasil e China. [1]

O ponto de viragem para a internacionalização aconteceu com a aquisição do grupo suíço Keramik Holding Laufen, o quarto maior fabricante mundial de louça sanitária, mas foi em 2006 que o Grupo Roca alcançou a liderança mundial no setor.

O constante crescimento e querendo sempre ser um ponto de referência no mercado, o Grupo Roca criou o projeto Roca Gallery em 2010 como um ponto de encontro para incentivar o diálogo constante com a sociedade e com os profissionais com quem a empresa partilha a curiosidade e o interesse pelo setor da construção e pela inovação no espaço de banho. Esse objetivo foi expresso por meio de espaços físicos localizados em edifícios de destaque em cidades como Londres, Xangai, Pequim, Barcelona, Madrid e Lisboa e, em breve, São Paulo. Estes espaços, abertos ao público em geral, acolhem exposições, debates, apresentações e outros eventos que, a par da exposição das últimas novidades da Roca, transmitem a essência e os valores da marca. [1]

Em 2010 é fundada a *We Are Water Foundation*, uma organização sem fins lucrativos que pretende contribuir para a resolução de problemas decorrentes da falta de água e saneamento no mundo. A fundação é um pilar fundamental da política de sustentabilidade da Roca e foi fundada com o objetivo de contribuir para a resolução de problemas derivados da falta de água e saneamento do mundo, aumentar a consciencialização para a promoção de uma nova cultura da água que permite a gestão sustentável dos recursos hídricos e garantir o direito humano ao acesso destes. As áreas de atuação incluem intervenções no desenvolvimento de infraestruturas, educação, saúde e pesquisa nas áreas mais carentes do planeta, financiadas por doações. A *We Are Water Foundation* colabora atualmente em 93 projetos nos 38 países onde atua, ajudando mais de 3.702.924 pessoas, como podemos ver na figura 2.2. [2]

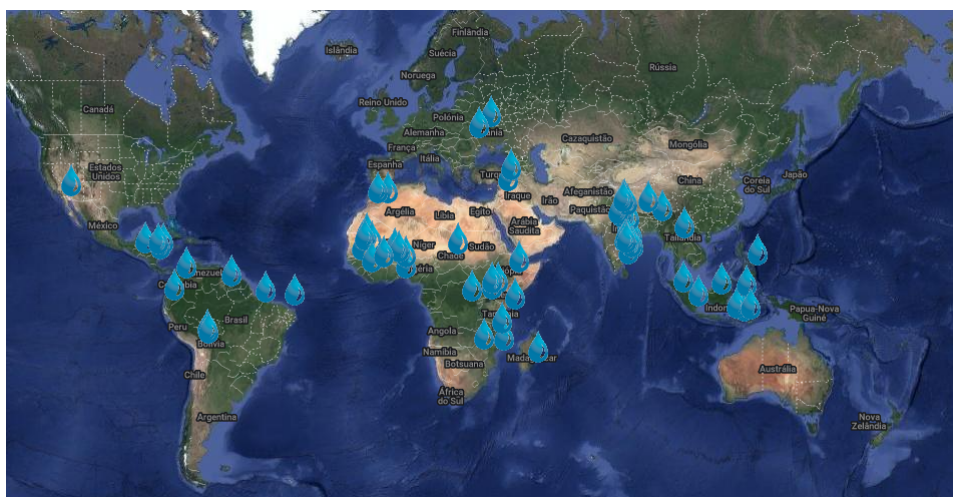


Figura 2.2: Fundação We Are Water no mundo. [2]

A centenária empresa é conhecida a nível mundial pelo seu elevado padrão de qualidade no desenvolvimento dos seus produtos e aposta num design vanguardista, no serviço ao cliente e na preocupação com o meio ambiente. Encontra-se, hoje, em 4 continentes (Europa, Ásia, América e África), mais de 170 países, abastecidos por 82 fábricas e cerca de 23 900 trabalhadores, liderando na produção de produtos para espaços de banho. [2]

No seguimento desta evolução empresarial, em 2021, o Grupo Roca adquire a empresa alemã Sanit, e uma participação maioritária do Grupo Royo, líder europeu na fabricação de móveis de banho.

O Grupo ROCA, disponibiliza aos seus clientes uma grande diversidade de louça sanitária adaptada a diferentes segmentos de mercado, bem como os mais sofisticados sistemas de hidromassagem, bases e cabines de duche, móveis de casa de banho, espelhos e apliques.

2.1.1 Missão, Visão e Valores

O Grupo Roca tem como missão fazer chegar à geração seguinte de colaboradores, clientes, fornecedores, acionistas e à comunidade, uma empresa que seja maior, mais forte e com rentabilidade sustentada. Tem como visão primária serem um grupo industrial líder, que apresenta as melhores soluções para a casa de banho, a milhões de pessoas em todo o mundo. Os valores da Roca incidem sobre ter um espírito empreendedor, através da liderança e dando o exemplo, assumindo estar sempre comprometido e atuar com profissionalismo em todas as suas vertentes.

O projeto empresarial do Grupo caracteriza-se por uma estratégia de longo prazo baseada no crescimento, que visa garantir um desenvolvimento de forma sustentável, atingindo a rentabilidade necessária para permanecer uma empresa independente, capaz de investir continuamente com os olhos do futuro graças à sua distribuição geográfica equilibrada com uma presença significativa em mercados maduros e economias emergentes. Esse equilíbrio permite reduzir o risco decorrente das incertezas económicas e aumentar as oportunidades de negócios. [1]

A estratégia do Grupo Roca é sustentada por seis pilares, conforme a figura 2.3, sendo eles:

1. **Crescimento:** desenvolvimento de soluções que agregam valor e melhoram a vida das pessoas como garantia de crescimento sustentável e viabilidade;
2. **Excelência operacional:** aplicação de metodologias e recursos que ajudam a construir uma organização mais ágil, produtiva e de rápida aprendizagem;
3. **Transformação digital:** digitalização e integração tecnológica para padronizar e agilizar processos, otimizar a cadeia de valor e gerar novos modelos de negócios;
4. **Inovação:** Envolvimento de toda a empresa em PD+Inovação e desenvolvimento simultâneo de um modelo empreendedor híbrido junto com empresas emergentes;
5. **Sustentabilidade:** a ambição de deixar as gerações futuras com uma sociedade e um planeta melhores coloca a sustentabilidade no centro de todas as atividades;
6. **Pessoas:** O departamento de gestão de talentos e a universidade corporativa do

grupo roca garantem que todos os funcionários continuem a crescer e a se desenvolver profissionalmente.



Figura 2.3: Estratégias do Grupo Roca [3]

2.1.2 Sustentabilidade

O Grupo Roca é uma empresa familiar com um firme compromisso com o desenvolvimento sustentável que tem sido endossado ao longo da sua história centenária, combinando tradição e know-how com paixão pela inovação e respeito pelo meio ambiente, tudo para antecipar as necessidades das pessoas e contribuir para o bem-estar da sociedade. Com a sustentabilidade na raiz de todas as suas atividades e com o objetivo de deixar um planeta melhor para as gerações futuras, o grupo familiar é líder mundial em seu setor. [1]

Para poderem atingir os seus objetivos e manterem-se leais aos seus princípios, o Grupo Roca estabeleceu e evoluiu com base em três principais indicadores conforme a Figura 2.3: [1]

1. **Pessoas**: para melhorar a vida das pessoas, o grupo promove o talento, a valorização da experiência e do cliente e o apoio a comunidades carentes;
2. **Planeta**: o compromisso com o desenvolvimento sustentável impulsiona o grupo a continuar trabalhar dia a dia para melhorar o impacto das suas operações no meio ambiente;
3. **Prosperidade**: como empresa familiar, o grupo roca visa que a geração de lucros impacte na qualidade do trabalho, na melhoria dos processos e na sociedade como um todo.



Figura 2.4: Três Principais Indicadores. [3]

O Grupo Roca estrutura o seu roadmap de sustentabilidade, como é possível ver na figura 2.5, em 8 linhas de trabalho que os englobam e servem de base para as principais iniciativas e projetos voltados para a consecução dos seus objetivos: [1]

1. **Descarbonização e Energia:** reduzir e otimizar o consumo de energia e as emissões de CO₂; melhorar o mix de consumo de energia aumentando as fontes de energia renovável;
2. **Materiais Sustentáveis e Circularidade:** reduzir e otimizar o consumo de água; minimizar a geração de resíduos e otimizar o seu tratamento; eliminar plásticos de uso único nas embalagens;
3. **Produtos Sustentáveis:** integrar princípios de eco-design no desenvolvimento de produtos e desenvolver soluções que promovam a circularidade;
4. **Desenvolvimento das pessoas:** promover a formação, qualificação, desenvolvimento dos colaboradores e proporcionar continuamente as melhores condições de saúde e segurança;
5. **Compromisso com a sociedade:** aumentar o impacto dos projetos e iniciativas da fundação WAW e desenvolver redes de colaboração com outras organizações e instituições;
6. **Cadeia de fornecimento sustentável:** envolver os fornecedores na estratégia de sustentabilidade do grupo e assegurar o cumprimento dos códigos de conduta social e ambiental partilhados pelos fornecedores;
7. **Logística sustentável:** otimizar a eficiência dos espaços de carga no transporte e minimizar o transporte otimizando rotas;
8. **Promoção de sustentabilidade:** informar e envolver todos os colaboradores na estratégia de sustentabilidade e comunicar o andamento das iniciativas do grupo e melhorar os sistemas e parâmetros de reporte.



Figura 2.5: Roadmap de Sustentabilidade. [3]

2.2 ROCA Centro Industrial Cantanhede

A Roca sediada no Centro Industrial de Cantanhede é uma empresa do Grupo Roca que se dedica exclusivamente ao fabrico dos mais variados modelos de torneiras. Inaugurada a 1 de Setembro de 1999, esta unidade fabril foi a primeira fora de território espanhol a ser considerada a melhor fábrica com o melhor equipamento e nível tecnológico na Europa, possuindo máquinas especializadas em todas as secções de produção. Esta empresa foi concebida com um alto nível tecnológico e de automatização para aumentar, de forma significativa, a capacidade de produção de torneiras misturadoras com mecanismos interiores cerâmicos do Grupo. Pretendeu-se, deste modo, conseguir abastecer a procura crescente deste tipo de produto nos mercados europeus e externos.



Figura 2.6: Roca Centro Industrial Cantanhede. Fonte Autora

Esta unidade fabril, conforme a Figura 2.6, é especializada no fabrico de torneiras mono comando cromadas de lavatório, bidé, banho duche, duche e cozinha, permitindo-lhe ser competitiva no mercado das torneiras e tornando a fábrica a melhor do ramo dentro do grupo Roca.

Ao longo do tempo, a fábrica tem vindo a sofrer alterações e remodelações para continuar a acompanhar o exigente mercado que presenciamos. De acordo com o Manual da Qualidade e Ambiente da ROCA S.A., foram destacados a evolução e principais marcos históricos relativos ao crescimento, conforme se pode ver na Tabela 2.1. [4]

Tabela 2.1: Cronologia Roca CI Cantanhede

Data	Alteração/Remodelação
1998	Foi fundada a Roca Torneiras, Lda
1999	Primeira expedição de torneiras produzidas na Roca Torneiras
2001	Montagem da 3ª linha de produção Certificação de torneiras AENOR(Norma Espanhola) e AFNOR(Norma Francesa)
2002	Obtenção da certificação do Sistema de Gestão de Qualidade ISO 9001:2000
2003	Ampliação da área fabril
2004	Montagem da 4ª linha de produção de torneiras
2005	Obtenção da certificação do Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho, de acordo com as OHSAS 18001:1999
2006	Obtenção da certificação do Sistema do Ambiente pela ISO 14001:2004 Início da produção do cartucho R33 e R37 para a produção de torneiras do grupo Roca
2007	Aquisição de máquinas CNC Montagem da 5ª linha de produção de torneiras Automação da linha de produção de cartuchos Ampliação da ETARI Construção de área de armazenamento de resíduos
2008	Sistema automático de aspiração e centrifugação de aparas Sala dos quadros elétricos fechada com climatização
2010	Instalação e Arranque do novo setor Limado e Polido
2012	Ampliação do Setor Limado e Polido
2016	Ampliação dos setores: Limado e Polido, Armazém, Controlo de Qualidade, Instalações Sociais e Laboratório da Cromagem
2019	Novo equipamento de abastecimento na área de cromagem Implementação de um novo software no armazém Implementação da Metodologia Kaizen nos diversos setores
2021	Implementação do Projeto Indústria 4.0 Projeto Sustentabilidade - Digitalização do Consumo de Energia
2022	Fusão da Roca Torneiras S.A e da Roca S.A

2.2.1 Setores de Atividade

A Roca CI Cantanhede, em 2023, conta com cerca de 230 colaboradores, distribuídos pelos vários departamentos, estruturas de apoio e estruturas de produção. Como estruturas produtivas estão: o setor Fundição e Mecanizado, o Limado e Polido/Recuperação Interna, a Cromagem, a Montagem de Cartuchos e a Montagem. E como estruturas de apoio estão: a Qualidade, a Logística, a Manutenção, os Moldes e Ferramentas e a Administração.

Como podemos observar na figura 2.7, temos o organigrama da fábrica de Cantanhede com a divisão geral das estruturas.

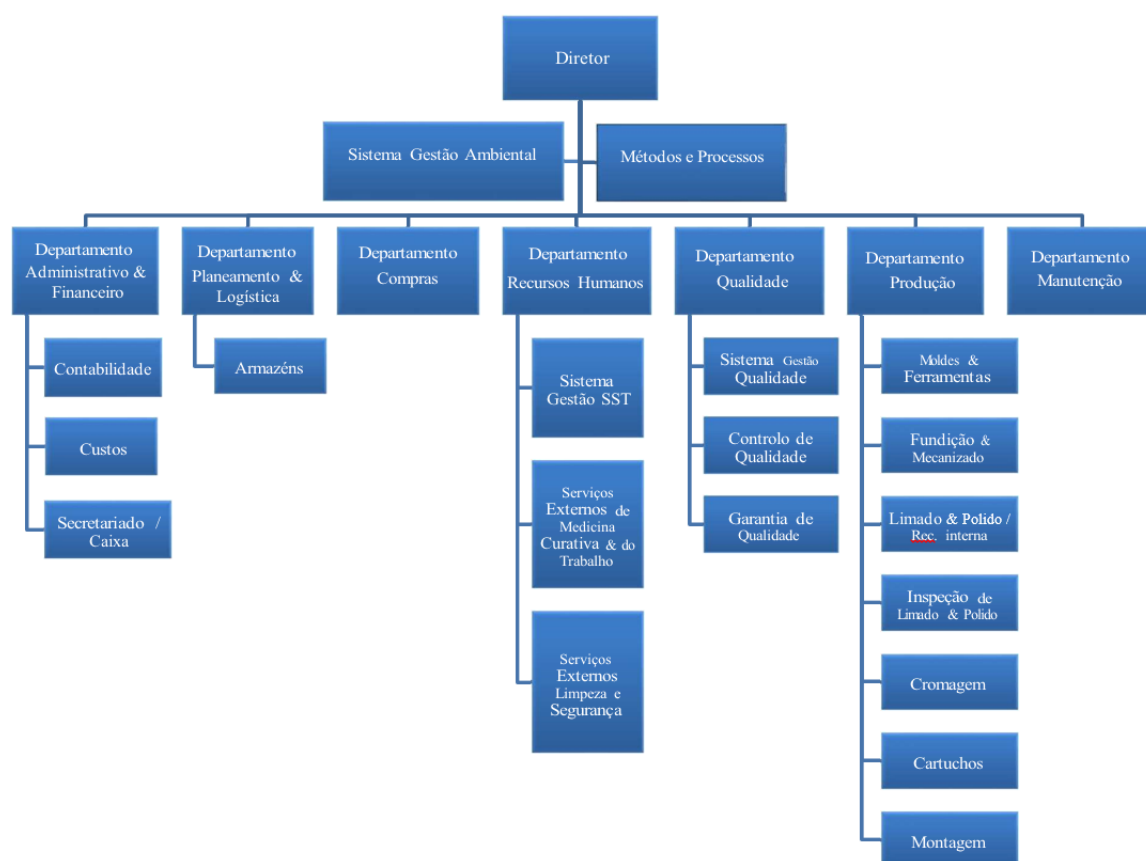


Figura 2.7: Organograma Roca CI Cantanhede

Estruturas Produtivas

A Roca CI Cantanhede tem o seu processo produtivo dividido em seis importantes etapas, sendo elas:

1. Fundição e Mecanizado:

O setor da Fundição e Mecanizado é a primeira e uma das mais importantes etapas para o processo produtivo, e encontra-se dividida entre: o processo de fabrico de machos de areia, designado macharia, pela injeção de latão no molde da torneira e pela mecanização do corpo.

A Macharia é o setor responsável pela fabricação de machos de areia, que é um componente feito em máquinas que fazem uma mistura de areia e de três componentes (resina, endurecedor e catalisador), formando o espaço oco da torneira. A mistura vai ser injetada dentro de um molde, que será envolvido pelas caixas de metal com o desenho da torneira a fabricar. As máquinas em questão vão cozer a uma temperatura entre os 250-270 °C e assim que tiverem atingido o ponto de cozedura, as placas de aquecimento da máquina vão afastar-se e as operadoras retiram o macho de areia, limpando os seus excessos de injeção (gitos de areia). Em seguida vão ser armazenados em caixas próprias onde vão curar durante 8

horas, de maneira a que o seu interior solidifique por completo. Depois de concluída, os machos são automaticamente transportados para a zona de Fundição, através de passadeiras.

No processo de fundição a baixa pressão, a matéria-prima utilizada é o latão, em forma de lingotes, composto aproximadamente por 60% de cobre e 40% de outros componentes. De seguida, os lingotes são fundidos a uma temperatura que supera o ponto de fusão da liga de latão utilizada ($1020^{\circ}\text{C}/1030^{\circ}\text{C}$), e este metal líquido é depois injetado em moldes de cobre berílio, utilizando o processo de baixa pressão, segundo as curvas de injeção pré-definidas, dando origem à torneira fundida. Na Figura 2.8 é possível ver todo o processo de fabrico desde o macho de areia até ao momento do corte da colada de latão.

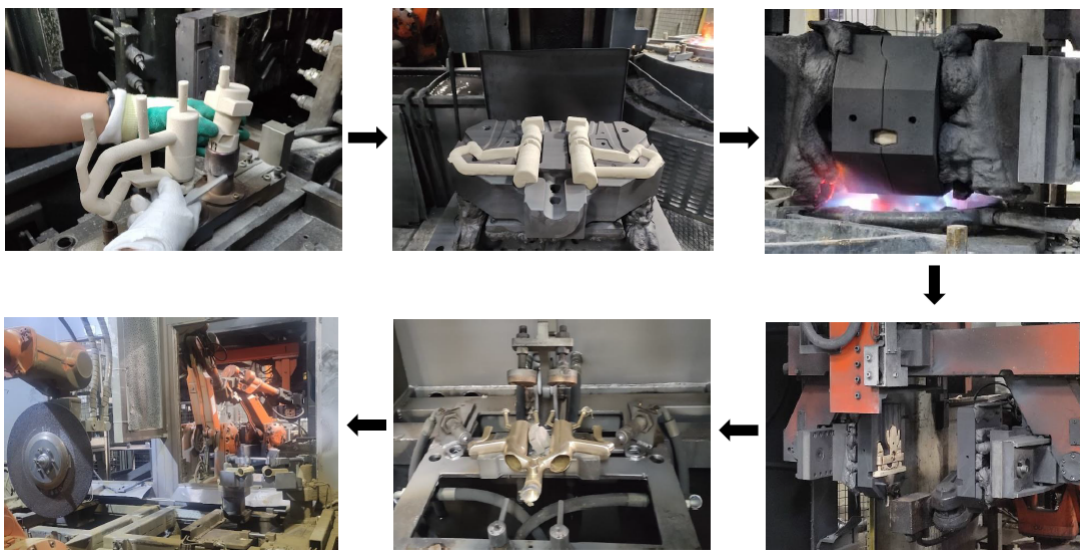


Figura 2.8: Processo de Fundição

O processo de fundição inicia-se com o aquecimento das placas dos moldes das torneiras que estão montadas nos manipuladores dos robots responsáveis pelos movimentos das coladas de latão, que em seguida são limpas as placas e mergulhadas no banho de grafite para permitir a desmoldação. As operárias, procedem então à alocação dos machos de areia na placa do molde, e é iniciado o ciclo de fundição automaticamente.

Depois do processo de injeção do latão, a peça é levada por um robot para um mergulho em água, promovendo o seu arrefecimento, seguindo depois para uma lavagem de jatos de água (a 100 bar) que permite a remoção da areia. Por fim, a peça é levada pelo robot para a secção de corte, onde é feita a divisão dos corpos, normalmente em dois, e retiradas as partes extra (gitos de latão). Posteriormente, os corpos são novamente transportados automaticamente em passadeiras passando do setor da fundição para o mecanizado.

Este processo consiste na mecanização do corpo, ou seja, na remoção do material

desnecessário e na realização de furações e roscas necessárias que permitirão a montagem dos componentes e o funcionamento adequado do produto final, a torneira. Nesta fase todo o processo é feito de forma automática, cabendo aos operadores colocar as peças já mecanizadas nas caixas próprias. A Figura 2.9, retrata o processo mencionado.

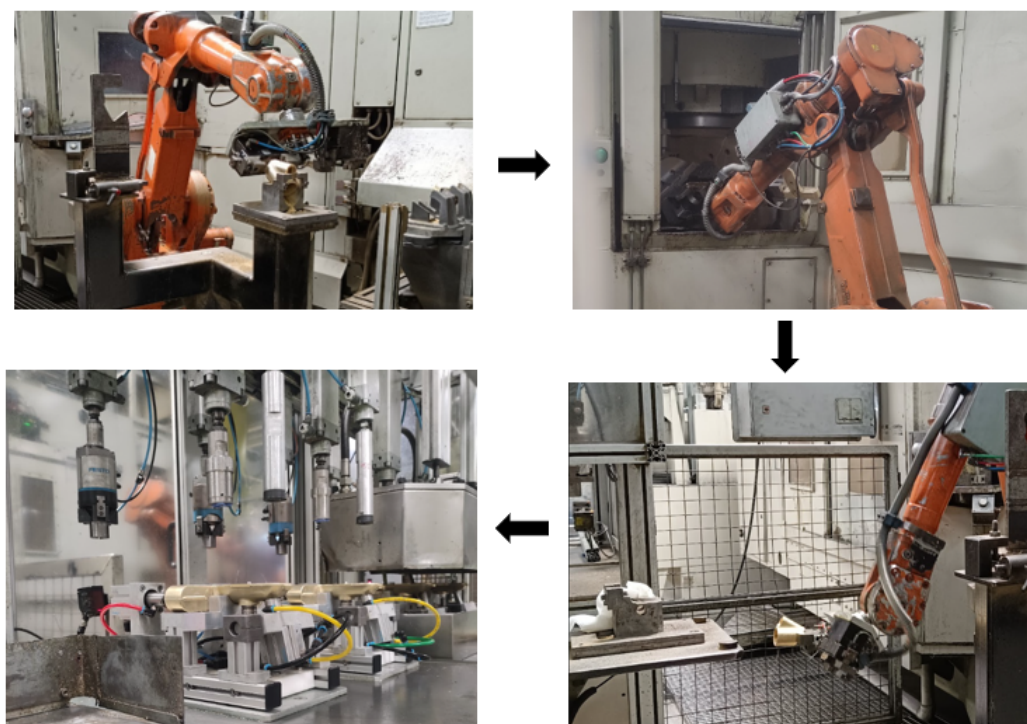


Figura 2.9: Processo de Mecanização

A mecanização das peças é realizada por uma máquina CNC (Computer Numerical Control) – Triflex – abastecida por um robot e com capacidade para 4 corpos em simultâneo, passando cada corpo por cada uma das estações (uma estação de carga e três de mecanização). Assim que o corpo percorre todas as estações, é retirada pelo robot e transportada para a etapa final. O corpo é depois sujeito a uma lavagem e a uma secagem, seguidas de dois testes de estanquicidade, o primeiro simulando torneira aberta e o segundo torneira fechada, de modo a encontrar possíveis fugas. Por fim, as peças são transportadas por um tapete rolante e deixadas numa das saídas, consoante o resultado dos testes de estanquicidade; na primeira saída ficam as peças para impregnar; na segunda as peças para soldar; na terceira peças com fugas e numa última saída as peças que não apresentaram problemas nas estações dedicadas aos testes de estanquicidade.

Depois de passarem por esta fase, há uma inspeção visual das peças pelo controlo de qualidade, dando-se origem a aceitações ou rejeições do corpo ou do lote de corpos se as peças tiverem ou não conformes. São colocadas no armazém a aguardar a passagem para o departamento responsável por limar e polir.

2. Limado e Polido e RI

O setor do Limado e Polido é onde se inicia o tratamento da superfície do corpo, sendo uma das mais importantes tarefas nas quais os defeitos têm maior relevância. O início da jornada dá-se com o lixamento, ou seja, a remoção de material da superfície para eliminar resíduos, e posterior o polimento e o abrilhantamento que vão dar maior qualidade aos acabamentos, através do brilho dado ao corpo da torneira.

Este setor está dividido em três etapas: a primeira parte é o lixamento, processo automático/semiautomático que é utilizado para remover a "pele" exterior da torneira de modo a deixar preparada para ser polida. Inicia-se pela rebarbagem, seguida de lixamento grosso e termina com lixamento fino; a segunda é o polimento, processo automático/semiautomático que visa eliminar os riscos de lixamento e colocar as peças em condições de serem cromadas. Neste processo utilizam-se rodas de algodão e pasta de polimento adequadas ao processo e ao acabamentos desejados.

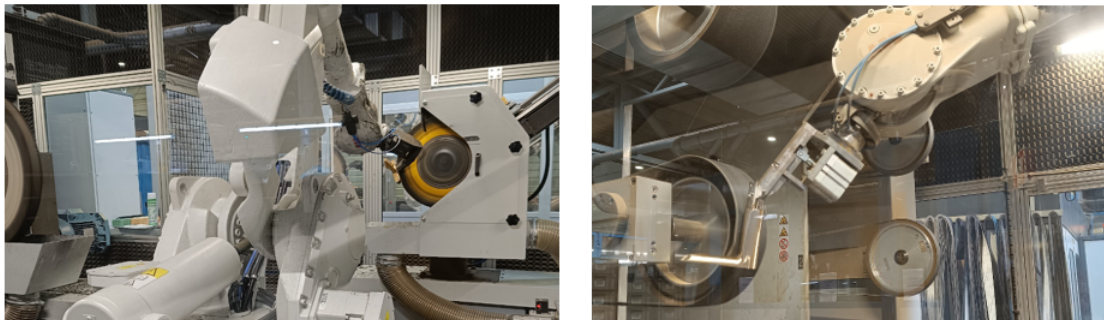


Figura 2.10: Processo de Lixamento e Polimento

O processo automático é auxiliado por robots articulados que permitem colocar o corpo da torneira em diversos ângulos e que fazem o seu lixamento ou polimento. A utilização de robots permite que o trabalho seja feito mais rapidamente do que se fosse efetuado por um operador. O lixamento manual é difícil, pelo que a solução mecanizada foi a opção seguida.

No lixamento e polimento automáticos as peças estão dispostas numa mesa, com um determinado número de posições, conforme o modelo a produzir, e são trabalhadas uma a uma com recurso a robots com braços articulados. O lixamento é feito através do método de cinta rotativa, de maneira a que sejam atingidos todos os contornos e superfícies pretendidas.

De referir que aquando do descarregamento das peças no robot, a peça é sujeita a um controlo visual por parte do(a) colaborador(a) de maneira a detetar defeitos maiores que, em caso de existirem, serão assinalados e as peças seguirão para lixamento manual. Após o lixamento segue-se o polimento e abrilhantamento

que, assim como o lixamento, pode ser feito de forma automática ou manual. Para além do trabalho elaborado neste setor, a empresa conta com o apoio de prestadores de serviços para a realização total de lixamento, polimento e lavagem de determinadas peças. Estes prestadores de serviços têm também a função de lavar a totalidade das peças que são limadas e polidas internamente.

Finalizado o processo de lixamento e polimento interno, as peças são totalmente verificadas pela secção de inspeção, que tem como função controlar a superfície das peças e o seu acabamento, antes de estas seguirem para os prestadores de serviços para serem lavadas, e regressarem à empresa para serem inspecionadas à sua chegada. Todas as outras peças que são enviadas para prestadores de serviços, para que todo o processo de limado e polido seja realizado, são também verificadas pela secção de inspeção antes de seguirem para a etapa seguinte do processo produtivo. As peças que apresentem irregularidades são devolvidas, quer as tratadas interna quer externamente. Se estas apresentarem irregularidades passíveis de recuperação, seguem para o polimento manual. Caso os defeitos sejam irrecuperáveis, seguem para a fundição onde serão derretidas e, assim, reaproveitadas.

3. Cromagem

O setor da Cromagem é responsável por preparar o corpo, através de banhos de limpeza, para que este possa receber os metais que lhe proporcionam um acabamento cromado, e pela sua cromagem. Este setor é responsável por cromar e descromar os corpos das torneiras com o auxílio de produtos químicos, o que leva a que existam controlos em toda a linha galvânica.

O setor é constituído por três zonas distintas: a zona de cargas e descargas, a zona de preparação que tem como objetivo preparar os corpos para os banhos de níquel e crómio, retirando-lhes previamente as impurezas que possam ter, recorrendo a banhos desengordurantes químicos intercalados com banhos de água; a zona de tratamento na qual os corpos são imersos em banhos que lhe conferem o aspeto brilhante e prateado/cromado desejado, sempre intervalados por banhos de lavagem. Na Figura 2.11, está representado um carro carregado com um bastidor de torneiras a passar pelas cubas de tratamento.



Figura 2.11: Processo de Cromagem

O primeiro banho, o de níquel, tem como objetivo transferi-lo para os corpos através de um processo de eletrólise/corrente elétrica, no qual os bastidores são o polo negativo e o banho o polo positivo. Este banho tem de estar em perfeitas condições para que o metal do banho seguinte consiga aderir. Findado o processo de niquelagem dos corpos, estes são sujeitos a lavagens e posteriormente a um banho de ativação crômica. De seguida são mergulhados num banho de crômio exavalente para que o metal resista à corrosão e, novamente, sujeitos a banhos de lavagem, de modo a seguirem para o próximo banho que tem como intuito neutralizar o crômio, ou seja, transformá-lo em crômio trivalente. Por último, são feitas as últimas lavagens e ainda a secagem dos corpos antes de serem transportados para a zona de descarga.

Existe ainda um outro banho, o de descromagem, que faz todo o processo inverso à cromagem. Os corpos que passam por este processo são posteriormente devolvidos ao setor do limado e polido para que possam ser retrabalhados. O rigor e a atenção dedicados a este setor permite que o grupo roca possa assegurar 5 anos de garantia ao nível do cromado.

4. Montagem de Cartuchos

Este setor tem como função garantir a montagem de um componente vital para qualquer torneira, o cartucho cerâmico que é vital para a torneira fazendo com que esta tenha um funcionamento correto (estanquicidade e caudal da água). Este setor conta com operadores de Máquina Semiautomática e Automática, executando tarefas de pré-montagem, montagem e embalamento de cartuchos.



Figura 2.12: Robot Processo de Montagem



Figura 2.13: Cartucho Final

5. Montagem

O setor da Montagem é o último processo produtivo, tendo como principal finalidade a montagem da torneira e no seu embalamento, assegurando o cumprimento das especificações do produto. É composto por 9 linhas de montagem, divididas por várias estações, que fazem a montagem dos cinco tipos de corpos – lavatório, bidé, cozinha e banho (banheira e duche).

Todos os componentes necessários à montagem e embalamento das torneiras são disponibilizados pelo armazém automático que, ao receber a ordem de referência a produzir, abastece os 10 postos que constituem cada linha de montagem. Cada linha de montagem é constituída por 3 Postos e 10 Estações. As tarefas destinadas aos postos de trabalho são feitas pelos colaboradores, ou seja, o visionamento do corpo para deteção de possíveis defeitos, colocação de flexíveis e parafuso de apoio. O visionamento do corpo é feito de forma a que a primeira zona a observar seja a frontal, que é a que o cliente vê diretamente, seguida das zonas laterais e, por fim, da parte de trás. Fazem ainda parte dos postos de trabalho a colocação dos componentes finais e o embalamento. Na última estação é feita uma gravação a laser, constituída pelo ano, semana e o país de origem, pela inscrição “Made in Portugal”.

No meio do processo automático, caso algum dos testes falhe, ou seja, algum dos dois testes ao cartucho ou algum dos dois testes de estanquidade, o suporte

onde estão inseridos todos os componentes não para em mais nenhuma estação, não sendo realizada mais nenhuma tarefa, com exceção da gravação. Ao chegar ao final do percurso automático, o colaborador é alertado para o erro detetado para que seja corrigido e que volte a entrar em linha. Na Figura 2.14, encontram-se os testes de cartucho e estanquicidade.



Figura 2.14: Processo de Montagem Final

Na parte do embalamento são colocadas dentro de cada caixa a torneira já montada, os respetivos acessórios para montagem pelo cliente final, a garantia do produto e o manual de instruções.

Estruturas de Apoio

Face aos setores produtivos temos as seguintes áreas de apoio, que suportam todo o processo produtivo

1. **Qualidade:** O Departamento de Qualidade é responsável pelo controlo de todo o material recebido e expedido, assim como de todo o WIP (Work in Process). O material recebido é sujeito a uma inspeção visual e funcional, através de ensaios e testes dimensionais. Por fim, faz-se o controlo de qualidade do produto acabado, onde é feita uma inspeção visual e funcional.
2. **Logística:** Este departamento é responsável pelo armazém onde são controlados os volumes de produção, stocks de matérias-primas e componentes, pelo Work-in-Progress¹⁰ (WIP), pelo planeamento mensal do que tem de ser fundido, limado e polido, e pelo planeamento diário do que tem de ser cromado e montado.
3. **Manutenção:** O Departamento de Manutenção tem como função garantir o cumprimento dos planos periódicos de manutenção dos equipamentos, de forma a garantir o seu bom funcionamento e maximizar o seu rendimento.
4. **Moldes e Ferramentas:** setor responsável pela fabricação, retificação e desenvolvimento de moldes e ferramentas para a Fundição e Mecanizado, assim como, pela produção de diversas peças necessárias ao funcionamento da empresa.

5. **Administração:** O Departamento Administrativo e Financeiro realiza todas as tarefas administrativas e engloba também os Departamentos de Compras e Recursos Humanos.

3 INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO

3.1 Caracterização Geral

A busca incessante de lucro pelas empresas, focada na análise de redução de custos e aumento de produção são cruciais para se manterem e ganharem novos mercados, pois a produtividade passa por diversas questões, como por exemplo: políticas de gestão da qualidade, análise do sistema de produção, set-ups de operação, manutenção de produção, entre outros fatores estratégicos. Deste modo o papel da manutenção mostra-se essencial para garantir a qualidade e a produtividade da empresa.

A manutenção deve ser encarada como uma função estratégica que visa obter os melhores resultados direcionada ao suporte da gestão e à solução dos problemas apresentados na produção, devendo ter em conta os objetivos da empresa. [5]

3.1.1 Definição de Manutenção

Ao longo do tempo, as práticas da manutenção têm sofrido inúmeras alterações tendo tornado cada vez mais complexa a sua área de intervenção. Isto levou a uma nova percepção por parte das organizações, que deixaram de a considerar como um dispêndio que só acarreta custos adicionais para passarem a aceitá-la como um mecanismo determinante para a sua eficiência económica e operacional. A evolução das práticas da manutenção torna-se, portanto, cada vez mais necessária, de forma a acompanhar os avanços das técnicas e das tecnologias do setor industrial. [6]

O termo “Manutenção” teve origem no latim *manus tenere*, que se define por “manter o que se tem em mãos”. Apesar desta definição não diferir muito das designações da atualidade, foi necessário criar uma uniformização em termos concetuais para facilitar o seu entendimento a nível internacional. Neste sentido, foi criada a norma NP EN 13306, a qual define Manutenção como uma “combinação de todas ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado que possa desempenhar a função requerida”. [7]

A manutenção é um conjunto de todas as ações destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas ou instalações, sendo feitas as intervenções nas oportunidades e com alcances certos, de forma a que não avariem ou baixem de rendimento e, caso isso aconteça, sejam repostas ao seu estado de funcionalidade da forma mais breve possível a um custo otimizado. [5]

A função da manutenção é constituída por uma componente de gestão e por uma técnica, sendo que as proporções referentes a estas componentes devem variar consoante a dimensão da empresa. Ou seja, quanto maior a dimensão da empresa, maior deve ser a sua componente de gestão, isto porque uma empresa pequena e com poucos recursos tem uma necessidade de manutenção menor, mas à medida que cresce a manutenção acresce um maior número de recursos e consequentemente uma necessidade crescente. [7]

Para além disto, é necessário reter que a manutenção deve não só ser eficiente como também tornar-se eficaz, ou seja, não basta reparar o equipamento ou instalá-lo rápido, mas conseguir também garantir que o equipamento esteja disponível para as operações necessárias, evitando falhas e reduzindo custos e riscos de paragens não planeadas.

Deste modo, podemos dizer que a manutenção engloba toda e qualquer ação que altere o sistema de manter as condições operacionais ou em caso de falha de voltarem às condições iniciais. A manutenção tem evoluindo e tem procurado novos modos de pensar e atuar, técnicos e administrativos, de forma a corresponder às exigências do mercado e assim poder colmatar as limitações nos sistemas de gestão. [8]

3.1.2 Importância da Manutenção

No mundo complexo dos dias de hoje é essencial que uma organização seja capaz de oferecer um produto ou serviço de forma eficiente, sendo para tal necessário equilibrar custos associados ao processo de fabrico e realizar a entrega o mais rapidamente possível. Para que esse objetivo seja atingido a flexibilização das organizações é determinante para lidarem adequadamente com a evolução do mercado. [9]

A manutenção industrial assume cada vez mais uma função estratégica nas empresas, uma vez que feita regularmente, permite o bom funcionamento da planta industrial. Além disso, garante condições de trabalho mais seguras para todos os colaboradores, que por sua vez, devem ter a clareza dos impactos que a manutenção (ou a falta dela) podem causar.

A manutenção é uma área crítica e de extrema importância uma vez que para qualquer indústria produzir e gerar lucro necessita que a produção flua e se reduzam ao máximo os equipamentos com falhas. Assim, primeiramente associa-se a manutenção à disponibilidade dos equipamentos para produzir de acordo com o previsto. Neste sentido, a manutenção trabalha também para o aumento da qualidade, flexibilidade e eficácia de recursos, contribuindo para a estratégia e competitividade da empresa.

Este acompanhamento é importante, principalmente, porque evita paragens não programadas na produção em função de imprevistos, evitando grandes prejuízos que uma indústria costuma ter quando as suas operações são suspensas, ainda que por pouco tempo. Além disso, uma rotina bem planeada de manutenção prolonga a vida útil dos

equipamentos e garante o melhor funcionamento dos recursos técnicos da indústria.

Segundo a perspetiva de Pinto [9], a importância da área da manutenção mostra-se de acordo com três pilares:

1. **Nível Económico:** é o pilar mais direto e deve-se ao facto de depender da manutenção atingir o rendimento máximo dos investimentos feitos nos equipamentos, trabalhando para prolongar a sua vida útil e serem o mais eficiente possível.
2. **Nível Legal:** este nível deve-se à necessidade de prevenir situações de carácter inseguro, que possam ser considerados potenciais riscos de acidentes, assim como, evitar o incomodo do ruído, fumo, cheiros e poluição.
3. **Nível Social:** este pilar defende a adoção de medidas de manutenção adequadas a preservação da imagem da empresa.

É importante também referir que os objetivos da manutenção devem estar alinhados com os objetivos globais da empresa, já que ambos se relacionam com a rendibilidade do processo produtivo, volume, qualidade e custo associado. E, apesar da manutenção contribuir para a disponibilidade e desempenho dos equipamentos, constitui custo para a empresa. Igualmente, deve-se encontrar o ponto de equilíbrio entre o benefício e o custo que maximize o contributo da manutenção para o desempenho produtivo da empresa.

O conjunto das ações destinadas a encontrar e a situar o nível da manutenção neste ponto de equilíbrio constitui a gestão da manutenção. Uma boa gestão da manutenção cria um conjunto de expectativas que podem e devem ser utilizadas em dois sentidos: primeiro, para convencer o nível superior de gestão da empresa a investir na manutenção; segundo, para ajudar a estabelecer metas e objetivos práticos em resultado do esforço na manutenção [5]:

1. Menores custos diretos devido à maior produtividade do trabalho planeado e ao menor custo em evitar avarias em vez de repará-las;
2. Menor stock em peças de reserva onde se procura ter-se só aquilo de que se vai necessitar e encomendar quando necessário;
3. Economia de energia resultante do melhor rendimento dos equipamentos;
4. Enriquecimento da empresa através do conhecimento acumulado ao longo dos anos;
5. Intangíveis devido a menores quebras de produção, na qualidade, nos prazos de entrega, entre outros.

Assim, a manutenção é um fator indissociável da qualidade cujo controlo se situa cada vez mais, a montante do produto final, isto é, ao nível do equipamento que o produz. [10]

3.1.3 Tipos de Manutenção

A manutenção pode ser implementada com base em várias tipologias, sendo que cada tipo depende dos comportamentos e especificidades técnicas de cada equipamento, ou seja, a política de manutenção dos equipamentos divide-se em duas grandes áreas: a Manutenção Planeada e a Manutenção não Planeada, como é possível ver na figura 3.1. [5]

Numa visão mais recente, e tendo em consideração a necessidade premente de normalização em todas as áreas de atividade, os tipos de manutenção foram descritos na Norma NP EN 13306, e esta categoriza-os primariamente em Manutenção Preventiva e Manutenção Corretiva. A primeira é associada à Manutenção de Melhoria, e constitui a Manutenção Planeada que se destina a evitar as avarias dos bens que podem afetar a sua disponibilidade e, consequentemente, o rendimento da organização. Por outro lado, a Manutenção Corretiva, que constitui a Manutenção Não Planeada, é realizada apenas após ser detetada uma avaria, de modo a repor o bem para que possa desempenhar a função requerida. [7]

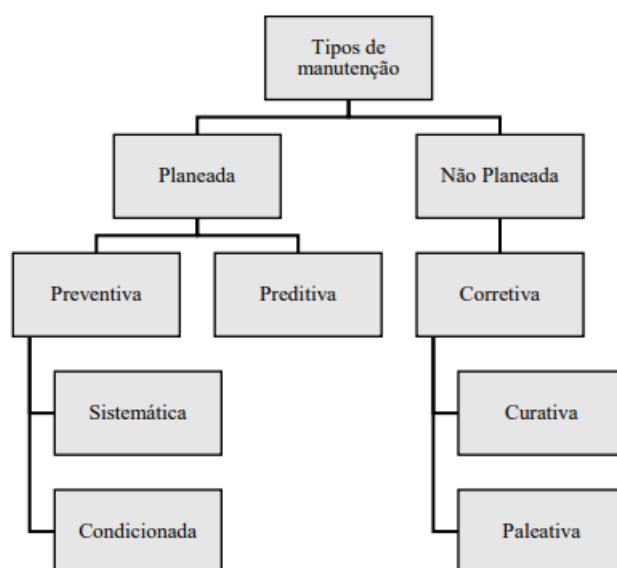


Figura 3.1: Tipos de Manutenção (Adaptado de [7])

Seguidamente apresenta-se, de forma detalhada, cada um dos tipos de manutenção. Começando pela Manutenção não Planeada temos a Manutenção Corretiva, com as suas subdivisões (Curativa e Paliativa) e em seguida temos a Manutenção Planeada onde temos o grupo da Manutenção Preventiva (Sistemática e Condicionada) e a Manutenção Preditiva.

1. **Manutenção Corretiva:** A manutenção corretiva, também chamada de manutenção curativa, é a manutenção mais básica e mais antiga. Consiste em realizar manutenções em caso de avaria ou quando o equipamento funciona menos do que

o esperado. É uma manutenção não planeada, que consiste na restauração do dispositivo ou sistema avariado, que inclui a reparação ou substituição de componentes ou peças que provocam a resolução do problema e restabelecimento do seu estado de funcionamento.

A Manutenção Corretiva, segundo a NP 13306 [7], assume a função de manutenção não planeada, que consiste na reposição do bem em causa a um nível capaz de cumprir a sua função, após ter sofrido uma avaria ou dano. Ou seja, é uma ação diante de uma manifestação indesejável, pois representa a resposta a determinado acontecimento. [11]

Neste tipo de manutenção, não se tenta evitar o dano, deixa-se ocorrer a degradação do elemento e, após isso, efetua-se a correção da(s) anomalia(s).

É a manutenção que exige o menor custo, até que seja necessária uma intervenção. Porém, quando feito, resulta em custos mais elevados, pois uma interrupção no processo produtivo pode significar a necessidade dos técnicos solicitarem mais horas de trabalho para resolver o problema o mais rápido possível. Isto também leva à redução da vida útil da máquina e exige a disponibilidade de um grande número de peças de reposição em caso de avaria. [12]

Na Manutenção Corretiva podem definir-se dois tipos de atuações:

- (a) **Manutenção Paliativa:** São reparações efetuadas provisoriamente (de forma a "desenrascar").
- (b) **Manutenção Curativa:** São reparações efetuadas definitivamente (reparar).

Em ambas as execuções é de grande importância o arquivo do histórico de intervenções.

Independentemente do tipo de operação realizada, o desenvolvimento de uma operação de manutenção corretiva pode ser dividido nas seguintes etapas:

- Detecção de uma falha
- Registo da ocorrência
- Preparação da operação de reparação
- Realizar a operação de reparação
- Testar o equipamento

2. **Manutenção Preventiva:** A manutenção preventiva é a manutenção produtiva, realizada antes das avarias, para agir antecipadamente para evitar avarias e as suas consequências. Desta forma, segundo a NP 13306 [7], a manutenção preventiva é “efetuada em intervalos de tempo pré determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou degradação do funcionamento de um bem”. [7]

A manutenção preventiva é um dos elementos mais importantes de um plano de manutenção e é geralmente a atividade que envolve a maior alocação de recursos.

Os tipos de Manutenção Preventiva, segundo a Norma 13306:2007, [7] podem definir-se da seguinte forma:

- (a) **Manutenção Sistemática:** Manutenção de carácter preventivo, efetuada em intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com um determinado número de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do equipamento/ativo.
- (b) **Manutenção Condicionada:** Manutenção preventiva baseada no monitorização da operação do ativo e/ou parâmetros importantes desta operação, integrando as ações resultantes. A manutenção baseada em condições também pode ser chamada de manutenção preditiva quando tem o significado de previsão e pode prever quando o ativo irá falhar.

A Manutenção Preventiva é constituída por um conjunto de operações como:

- Inspeção
- Limpeza e lubrificação
- Calibração
- Substituição periódica de componentes degradados
- Testes ao equipamento

3. **Manutenção Preditiva:** A manutenção preditiva é a ação realizada com base na modificação de parâmetros de estado ou de desempenho, cuja monitorização segue uma base sistemática. A manutenção preditiva também é conhecida como manutenção baseada em condições ou manutenção baseada em condições de equipamentos. Baseia-se na tentativa de determinar o estado futuro de um dispositivo ou sistema, através dos dados recolhidos ao longo do tempo por instrumentos específicos, controlando e analisando a evolução das variáveis dos equipamentos. [13]

As principais funções da engenharia de manutenção são a recolha e processamento sistemático de dados para apoiar as análises de manutenção, bem como propor melhorias no processo de execução de gestão e manutenção e melhorar o desempenho de operação e instalação de equipamentos. Dentre os tipos de manutenção, a preditiva destaca-se pela capacidade de antecipar as falhas. [13]

Do ponto de vista da manutenção, alguns equipamentos são considerados não reparáveis e outros são reparáveis. Para os equipamentos reparáveis, a principal medida de fiabilidade é o tempo médio entre falhas, comumente conhecido como MTBF (Mean Time Between Failures).

Segundo Pinto [9], o padrão de avaria de um determinado componente ou equipamento está associado à frequência com que as avarias ocorrem ao longo do seu período de funcionamento.

O padrão de falhas de equipamentos pode ser modulado com base na tradicional curva da banheira ou curva de mortalidade, caracterizada por um período com alta incidência de falhas conhecido como mortalidade infantil, seguido de um período constante ou crescente denominado de vida útil e que termina com um período de crescente da probabilidade de falha chamada de período de desgaste. [14]

Através da análise da Figura 3.2, o equipamento cujo índice de falhas segue o modelo da curva da banheira é caracterizado por um alto índice de falhas durante o período inicial de operação do equipamento, Fase de Início de Vida. Este evento está relacionado, na maioria dos casos, com erros de projeto, falhas de montagem, incorporação de equipamentos defeituosos, defeitos do controle de qualidade, entre outros.

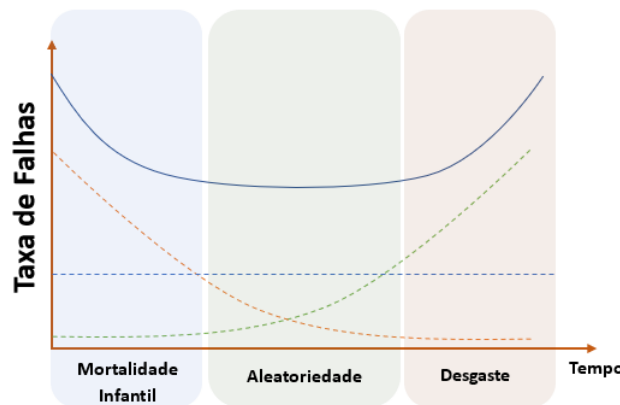


Figura 3.2: Curva da Banheira. Fonte [15]

Com o tempo, a taxa de falha diminui até atingir um valor constante. Nesse período denominado, Vida Útil, o principal mecanismo de falha é a sobrecarga a que o equipamento está submetido. Portanto, nesta fase, a ocorrência de danos ao equipamento é afetada pela forma como a manutenção preventiva é implementada.

À medida que a vida útil do dispositivo aumenta, chega um ponto em que o principal mecanismo de falha apresentado pelo sistema é o desgaste, conhecida como a fase de envelhecimento. Portanto, os mecanismos que geram desgaste (fadiga, corrosão, etc.) levam a um aumento significativo na taxa de falhas do equipamento. Nesta fase são possíveis duas soluções: substituir o dispositivo ou reabilitá-lo, através da Manutenção de Melhoria, aumentando assim a sua vida útil e a sua disponibilidade. [9]

3.1.4 Níveis de Intervenção da Manutenção

De acordo com a norma AFNOR FD X 60-000, os trabalhos de Manutenção dividem-se em cinco níveis distintos, dependendo não só das tarefas a executar, mas também, das

competências e qualificação por quem as executa, que são os seguintes [16]:

1. **Nível 1:** Representa simples afinações previstas pelo construtor através de elementos acessíveis sem desmontagem ou abertura do equipamento, apenas com substituição de elementos consumíveis, facilmente acessíveis (fusíveis, avisos luminosos, etc.). Estes tipos de trabalhos são realizados pelos operadores da máquina ou equipamento;
2. **Nível 2:** Corresponde a pequenas reparações simples de elementos previstos em operações de Manutenção Preventiva, tais como lubrificação periódica ou controlo do funcionamento do equipamento. Trabalhos realizados normalmente por técnicos habilitados de qualificação média;
3. **Nível 3:** Consiste na realização de trabalhos de diagnóstico, localização e reparação de avarias de acordo com as operações de rotina da Manutenção Preventiva, tais como calibração de instrumentos de medida e controlo, amostragem de fluídos, etc. Este tipo de intervenção técnica deve ser realizado por um técnico especializado;
4. **Nível 4:** Compreende todos os trabalhos importantes de Manutenção Corretiva ou Preventiva com a isenção de renovação e reconstrução dos equipamentos (realizado por uma intervenção técnica). Inclui também a afinação dos instrumentos de controlo e medida e a participação de outros organismos responsáveis no controlo e inspeção do plano de Manutenção. Sendo os responsáveis por este tipo de trabalhos equipas com enquadramento técnico muito especializado;
5. **Nível 5:** Diz respeito à renovação, reconstrução ou execução de reparações importantes de máquinas ou equipamentos, realizada numa oficina central ou por subcontratação. Trabalhos realizados com a responsabilidade de equipas altamente especializadas ou pelo fabricante do equipamento.

3.2 Indicadores de Desempenho

De acordo com a norma NP EN 15341 [17], os Indicadores de Desempenho, traduzidos de Key Performance Indicators (KPI), são criados com o objetivo de apoiar a gestão, com o objetivo de alcançar a excelência na manutenção. A norma define que o desempenho da manutenção é o resultado do uso eficiente de recursos para manter a condição de um ativo ou equipamento a fim de desempenhar a função exigida. [17]

Os Indicadores de Desempenho são ferramentas de gestão utilizadas para medir a eficácia e eficiência de uma organização na execução de um determinado processo. A sua função é apurar o nível das realizações da organização para se comparar com os objetivos estabelecidos e perceber o desvio, quando existe.

Para garantir este processo de monitorização de desempenho é necessário que os indi-

cadores estabelecidos sejam claros, objetivos e levem ao acordo de todos os intervenientes.

Os indicadores que serão descritos na presente relatório de estágio, são alguns dos indicadores que são de extrema importância para o planeamento da Gestão da Manutenção, nomeadamente os conceitos de Tempo Médio de Reparação, Tempo Médio entre Falhas, Tempo Médio de Espera, Disponibilidade e Taxa de Avarias.

MTTR - Mean Time to Repair

O indicador MTTR, em português Tempo Médio de Reparação, corresponde ao tempo médio utilizado para proceder à reparação de um equipamento e calcula-se dividindo o somatório dos tempos de reparação num determinado período pelo número de avarias ocorridas nesse mesmo período.

$$MTTR = \frac{\text{Total de Horas de Manutenção}}{\text{Número Total de Reparações}} \quad (3.1)$$

MTBF - Mean Time Between Failures

O indicador MTBF corresponde ao tempo médio entre falhas, ou seja, o tempo decorrido entre duas avarias consecutivas (fim da última falha e início da próxima), entre o tempo que o equipamento devia estar a produzir. É um indicador claro para perceber se o equipamento está dentro dos parâmetros estabelecidos ou não.

A métrica é usada para acompanhar a disponibilidade e a fiabilidade de um equipamento. Quanto maior o tempo entre falhas, mais fiável é o sistema. O objetivo para a maioria das empresas é manter o MTBF o mais alto possível.

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de Trabalho} - \text{Tempo Total de Avaria}}{\text{Número de Avarias}} \quad (3.2)$$

MWT - Mean Waiting Time

O Indicador MWT - Mean Waiting Time é um acrónimo utilizado para contabilizar o tempo de resposta de uma equipa de manutenção a uma avaria. Calcula-se através da divisão do somatório dos tempos de espera num dado período de tempo pelo total de avarias ocorridas nesse mesmo período.

Disponibilidade

A disponibilidade de um equipamento corresponde à percentagem de tempo em que o equipamento está em condições de executar uma determinada tarefa em um dado instante ou durante um intervalo de tempo. Calcula-se através da divisão entre o MTBF e o somatório do MTBF com o MTTR e o MWT.

$$DISP = \left(\frac{MBTF}{MTBF + MTTR} \right) * 100 \quad (3.3)$$

Taxa de Avarias

Uma avaria ocorre quando há uma interrupção ou alteração do equipamento na produção do bem para o qual foi criado. Ao avaliar a frequência com que ocorrem avarias nos equipamentos, ao longo do seu tempo de produção, é possível ter um padrão de avaria. O indicador Taxa de Avarias calcula-se dividindo o número de avarias pelo tempo total de funcionamento (no caso de um equipamento).

$$TaxadeAvarias = \frac{\text{Número de Avarias}}{\text{Tempo Total de Funcionamento}} \quad (3.4)$$

Os KPIs, pela sua natureza concreta e objetiva, permitem, através da aplicação da fórmula correspondente, a expressão do processo na sua forma numérica. Portanto, são extremamente úteis para atingir os seguintes objetivos: [18]:

1. Avaliar o estado do processo;
2. Avaliar o desempenho;
3. Comparar o desempenho;
4. Identificar pontos fortes e fraquezas;
5. Definir objetivos;
6. Planear estratégias e ações;
7. Informar e motivar os elementos da organização;
8. Controlar progresso e mudanças ao longo do tempo.

Os indicadores de desempenho de manutenção, como todos os indicadores de desempenho, são geralmente utilizados para verificar a eficácia e/ou eficiência de um determinado processo numa organização. Já o desempenho da manutenção é o resultado da utilização de recursos para preservar uma ferramenta funcional ou restaurá-la para cumprir sua função de acordo com diversos fatores, como: taxa de utilização, idade, medidas preventivas, melhoria. ações, metodologia organizacional e modos de operação. [18].

Se utilizados adequadamente, estes indicadores de desempenho deverão indicar oportunidades de melhoria nas organizações. Ou seja, devem ser utilizados para verificar os pontos fracos de um processo para que analisando mais profundamente possamos criar uma solução de otimização. [19].

Conclui-se, portanto, que os indicadores de desempenho de manutenção, tal como qualquer indicador de desempenho, têm como principal função o controlo de condição

e a otimização de um processo.

3.3 Custos da Manutenção

As atividades relacionadas com a Manutenção têm um peso significativo no orçamento anual das empresas. O aumento das exigências relativas à otimização de custos e disponibilidade dos equipamentos leva a que as empresas procurem cada vez mais um equilíbrio entre os constrangimentos orçamentais e a qualidade dos serviços prestados pelo equipamento [20].

A manutenção praticada numa empresa constitui um centro de custos e não uma fonte de receita. Contudo, se a mesma não existir as consequências que daí possam advir influenciarão negativamente a empresa ao nível económico, social e legal. Uma das teorias mais utilizadas, na forma de abordar os custos inerentes à manutenção é a Teoria do Iceberg dos Custos de Manutenção, situação ilustrada na Figura 3.3.

Cabral [5] identifica os principais custos de manutenção:

1. Custos diretos: que abrangem os custos de mão de obra, material e serviços externos;
2. Custos de perda de produção, associados aos custos de paragem de produção provocados pela falta de material ou equipamentos, devido a avarias ou manutenções preventivas;
3. Custos de degradação, associados aos custos de degradação dos ativos em função de práticas incorretas de manutenção, gerando produtos defeituosos que diminuem a produtividade.

Os custos de manutenção dependem também de muitos fatores, nomeadamente do estado do equipamento, da experiência e formação do operador, da política de manutenção da instalação e das especificações do equipamento.

Além dos custos mencionados acima, há também os custos de segurança e ambientais causados pela quebra dos equipamentos. Estes custos, além de serem difíceis de calcular, podem colocar em risco a imagem da empresa no mercado e na sociedade onde atua. [5]

Analisando o valor do custo de manutenção, é possível verificar que os custos diretos da função de manutenção são apenas a ponta do iceberg dos custos de manutenção, representando apenas um quarto dos custos totais associados à função de manutenção. [5]

Comparativamente aos custos diretos, à medida que aumenta o nível de manutenção, ou seja, aumenta o número de intervenções de manutenção realizadas nos equipamentos, o custo de manutenção aumenta, mas se o nível de manutenção diminui os custos

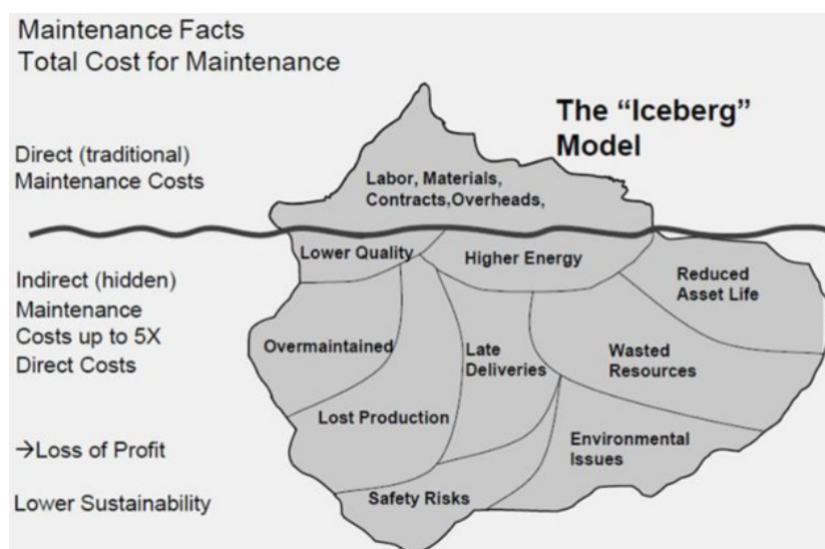


Figura 3.3: Iceberg Manutenção (Adaptado de [5])

de avarias aumentam.

Reconhece-se que numa política de manutenção adequada é necessário equilibrar os custos de manutenção com os custos relacionados com a avaria, para atingir um nível que minimize os custos totais da Função Manutenção.

O setor de manutenção é uma área que representa um custo intrínseco para a empresa, mas essencial para os resultados globais da mesma. Os métodos tradicionais de avaliação de custos permitem determinar facilmente os custos diretos da manutenção, o que não acontece para a estimativa dos custos indiretos. [21]

A manutenção é um elemento determinístico no ciclo de vida de um equipamento, durante o qual este deve ser mantido de forma satisfatória para desempenhar de forma eficaz os seus requisitos. O custo de manutenção dos equipamentos muitas vezes varia entre duas a vinte vezes o custo de aquisição.

O custo de manutenção é definido como os custos que incluem as perdas de oportunidades devido à não-operacionalidade em tempo de atividade, mas também perdas na taxa de produção ou na qualidade dos produtos devido ao funcionamento deficiente de equipamentos. [22]

Uma boa gestão da manutenção permitirá estabelecer metas e objetivos práticos em resultado do esforço colocado na manutenção, visando:

1. A diminuição dos custos diretos devido à maior produtividade do trabalho planeado e ao menor custo em prevenir avarias em vez de repará-las;
2. A diminuição do stock em peças de reserva, onde se procura ter só o que se vai precisar e encomendar quando necessário;
3. A poupança de energia, resultante de uma melhor eficiência dos equipamentos;

4. Os ganhos intangíveis devido a menores paragens de produção, aumentando a disponibilidade do bem.

3.4 Metodologia FMECA

A análise FMEA, sigla para Failure Modes, Effects and Criticality Analysis, é um método estruturado de análise de falhas que permite identificar as causas e efeitos associados às falhas, bem como atribuir um grau de criticidade. Essa adição da análise e quantificação da criticidade de cada modo de falha é o que torna a análise FMECA um complemento à análise FMEA, onde são identificadas apenas as causas das falhas do equipamento e seus efeitos no seu desempenho e segurança, sem preocupação com sua classificação quantitativa. [23]

A FMECA determina, através da análise do modo de falha (FMEA), o efeito de cada falha e identifica os pontos de falha que são cruciais. Também classificam cada falha de acordo com a criticidade do efeito de falha e a sua probabilidade de ocorrência.

O FMECA é o resultado de duas etapas:

1. Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA)
2. Análise de Criticidade (AC)

Os modos de falha representam as diversas formas pelas quais um equipamento pode apresentar falhas, isto é, incapacidade para realizar as funções ou tarefas esperadas e para as quais foi projetado. É importante salvaguardar que os modos de falha não são, por isso, as causas de falha, mas a maneira pelas quais estas ocorrem. Estes modos de falha podem ser de um cariz variado tendendo, no entanto, a ser sobretudo mecânicos, deformações, desgaste ou corrosão; modos de falha do ponto de vista elétrico, são também comuns.

O resultado do FMEA é um melhor reconhecimento e compreensão dos pontos críticos de um sistema (modos de falha), que atua como uma base de dados para criar um modelo de fiabilidade e auxilia no processo de seleção das atividades de manutenção para mitigar/eliminar esses modos de falha. Outro resultado é que a definição das tarefas de manutenção baseia-se no conhecimento das falhas dos equipamentos e suas causas, com o objetivo de identificar ações de manutenção que possam prevenir, eliminar ou identificar o início de uma falha, tornando o FMEA/FMECA vital no processo de fiabilidade do sistema. [24]

As diferentes versões do FMECA possuem um fluxo de aplicação semelhante entre elas, onde para realizar um FMECA o primeiro passo é proceder com a realização de um FMEA que segue uma estrutura básica definida com seis etapas fundamentais [25]:

1. Análise e hierarquização do sistema;

2. Definição das funções/requisitos de cada componente/equipamento do sistema;
3. Identificação dos potenciais modos de rutura associados a cada função de cada componente;
4. Identificação das potenciais causas;
5. Descrição dos efeitos diretos, nas demais componentes e no sistema;
6. Identificação das medidas disponíveis para a deteção das causas ou dos modos de rotura e para o controlo dos seus efeitos;

Para uma FMECA, desenvolvem-se as seguintes fases adicionais:

1. Estimar a severidade do modo de falha em estudo (S);
2. Estimar a probabilidade de ocorrência do modo de falha (O);
3. Estimar a probabilidade de deteção do modo de falha (D);
4. Análise de criticidade (SxO) e o cálculo do NPR (SxOxD).

Posteriormente, a introdução dos critérios de criticidade na análise a qual se deu a designação de FMECA, permitiu a definição dos modos de falha prioritários, quer por serem aqueles que acarretam consequências mais adversas, quer por serem aqueles que ocorrem com maior frequência, ou ainda, por exemplo, por serem os modos de falha que apresentam níveis de resolução mais dispendiosos e demorados. Ao permitirem ações de mitigação de falhas, tanto a análise FMEA como a análise FMECA, permitem obter maior Fiabilidade e Segurança nos equipamentos. [26]

Esta classificação de criticidade de falha num equipamento ou máquina pode ser feita através de três importantes indicadores. As duas primeiras classificações associadas à criticidade da falha são a severidade da falha e a frequência de ocorrência.

A severidade da ocorrência de uma falha está relacionada com as consequências e aos possíveis efeitos que ela causa, portanto é uma avaliação do impacto do efeito do modo de falha no funcionamento do equipamento analisado. Nesta avaliação, deve ser considerada a gravidade do efeito na operação subsequente, no produto final e no cliente. A classificação dos efeitos de gravidade deve ter em conta vários fatores, nomeadamente: potenciais efeitos no utilizador e no ambiente envolvente, no funcionamento do sistema ou processo, no cumprimento dos requisitos contratuais estabelecidos pelo cliente e nos requisitos regulamentares ou de garantia. [27] .

É atribuída uma classificação de gravidade ao efeito de falha, que constitui o chamado Índice de Severidade (S). É usada uma escala de 1 a 10, em que a classificação de 1 corresponde a uma gravidade nula ou impercetível e a classificação de 10 reflete a pior possibilidade ao nível de consequências, em que a segurança do utilizador pode estar em risco, conforme a Tabela 3.1.

Por sua vez, a frequência de ocorrência relaciona-se com a quantidade de vezes em

Tabela 3.1: Tabela dos Níveis de Severidade (Adaptada de [27])

Classificação	Critério
1	Efeito não detetável
2 à 3	Severidade Baixa: provoca leve perturbação na produção
4 à 6	Severidade Moderada: perturbação com perda de desempenho perceptível
7 à 8	Severidade Alta: perturbação alta com perda de desempenho quase total
9 à 10	Severidade Muito Alta: potencial risco de segurança e problemas de não conformidade

que a falha ocorre. Para determinar a probabilidade do aparecimento dos modos de falha, sobre as taxas de falha, deve-se obter dados de ensaios da duração da vida do componente, taxas de falhas disponíveis em bases de dados, falhas ocorridas durante a exploração / funcionamento do sistema e falhas em dispositivos semelhantes. Uma vez estimada a probabilidade de ocorrência, a FMECA deve indicar o período de tempo para o qual essa estimativa é feita. Normalmente é o período de garantia, ou a duração de vida predeterminada para este dispositivo ou produto.

Geralmente, a cotação vai de 1 a 10, sendo que 1 corresponde a uma probabilidade muito remota da falha acontecer e 10 a uma ocorrência muito frequente da falha conforme a Tabela 3.2. [27].

Tabela 3.2: Tabela Ocorrência (Adaptada de [27])

Classificação	Critério
1	Probabilidade Remota de Falhar
2	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5 anos
3	Pouco Frequente: 1 vez a cada 2 anos
4	Frequência Baixa: 1 vez por ano
5	Frequência ocasional: 1 vez por semestre
6	Frequência moderada: 1 vez por mês
7	Frequente: 1 vez por semana
8	Frequência elevada: algumas vezes por semana
9	Frequência muito elevada: 1 vez ao dia
10	Frequência máxima: várias vezes ao dia

O terceiro grau que se pode ainda atribuir às falhas é o seu índice de detetabilidade. A detetabilidade de uma falha foca-se no grau de probabilidade de esta ser identificada antes de ocorrer e acarretar consequências mais gravosas para o sistema ou equipamento. A tabela de classificação é feita numa escala de 1 (probabilidade muito remota) a 10 (muito alta probabilidade). Este número está classificado de ordem inversa aos restantes números de gravidade e de ocorrência: quanto mais elevado é o número de deteção, menos provável é a deteção (Tabela 3.3) [25].

Tabela 3.3: Tabela de deteção de falha (Adaptada de [27])

Classificação	Critério
1	Deteção quase certa do modo de falha
2	Probabilidade muito alta de detetar o modo de falha
3	Alta probabilidade de detetar o modo de falha
4	Moderadamente alta probabilidade de detetar o modo de falha
5	Moderada probabilidade de detetar o modo de falha
6	Baixa probabilidade de detetar o modo de falha
7	Probabilidade muito baixa de detetar o modo de falha
8	Probabilidade remota de detetar o modo de falha
9	Probabilidade muito remota de detetar o modo de falha
10	Não é possível de detetar o modo de falha

Atribuídos os valores em cada uma das três escalas: Severidade, Frequência e Detetabilidade, é feito o cálculo do Critério de Risco (RPN, Risk Priority Number) para cada falha. O cálculo do RPN baseia-se na multiplicação dos três valores atribuídos em cada escala, como mostra a equação.

$$NPR = (S) * (O) * (D) \quad (3.5)$$

Portanto, os modos de falha com valores de RPN mais elevados serão os mais críticos e aqueles para onde deverão ser direccionados os maiores esforços de mitigação e prevenção. Graças ao cálculo e análise do RPN e dos índices obtidos, é possível quantificar a amplitude relativa de cada falha e realizar um planeamento e priorização das ações a serem desenvolvidas para reduzir ou minimizar os efeitos que podem causar algumas avarias. [28].

O próximo passo será desenvolver um plano de resposta aos riscos com a implementação de ações corretivas que podem resultar em diversas formas de ação em questão. [25] :

1. redução ou eliminação da probabilidade de falha através da substituição;
2. redução ou eliminação da probabilidade de falha através da deteção (com uma lista de verificação e ordenação ou priorização de causas de falhas a evitar);
3. redução do impacto da falha (através de ações previstas ou de melhoria para o efeito durante um modo de falha).

Vantagens e Desvantagens do Método

O principal objetivo de uma análise FMECA é melhorar a qualidade, fiabilidade e segurança dos ativos/equipamentos que operamos. No entanto, o próprio processo de realização de um FMECA apresenta diversas vantagens [29]:

1. Desenvolver um método de trabalho com a probabilidade de ser bem sucedido,

seguro e confiável;

2. Avaliar os modos e mecanismos de falha e o seu impacto, de forma a ordená-los de acordo com a gravidade e probabilidade de ocorrer. Esta lista de prioridades aumenta a eficácia do seu plano de manutenção;
3. Identificar os pontos de falha e verificar a integridade do sistema, cuja segurança não deve ser comprometida, ainda que para o garantir seja necessário introduzir novos modos e medidas de segurança;
4. Testar o efeito de mudanças e ajustes nos procedimentos adotados e no design do equipamento (testar se diminui a probabilidade de falha);
5. Resolução mais rápida de falhas, uma vez que os modos de falha e as respectivas causas estão descritos;
6. Definir critérios para testes e verificações que devem ser incluídos no plano de manutenção preventiva, com base nos modos de avaria descritos.

Por outro lado, há algumas fraquezas na análise FMECA, sendo elas [29]:

1. Não é adequada para sistemas em que podem ocorrer falhas simultaneamente, pois não mostra a causalidade nem a co-relação entre diversas falhas;
2. Os três fatores (grau de severidade/ índice de ocorrência/ probabilidade de deteção de falhas) têm o mesmo peso para o cálculo de risco e, sob essa perspetiva, é uma análise demasiado simplista;
3. É um processo moroso e que envolve muitos profissionais, pois depende diretamente da expertise da sua equipa para enumerar os diversos modos de falha;
4. Precisa de atualização constante, já que o conhecimento sobre o equipamento vai aumentando com a experiência e o uso; pode vir a descobrir modos de falha inesperados que não teve em consideração na análise inicial.

Caso não detete um potencial modo de falha, vai subestimar o índice de risco de um determinado equipamento. Por outro lado, muita informação pode causar problemas e desperdiçar recursos.

Uma limitação deste método é a dificuldade de modelar e analisar erros do sistema. Na verdade, a perda de desempenho de componentes individuais pode não levar à falha do sistema e não produzirá quaisquer resultados visíveis, porque é compensada pelo desempenho de outra parte do sistema.

Este método examina apenas os modos de falha associados a cada componente, sem considerar os efeitos dos modos de falha nos diferentes tipos de sistema. Portanto, alguns modos de falha podem ser negligenciados. Outra fraqueza associada à FMECA é a dificuldade em avaliar o fator tempo. [29]

3.5 Sistemas de Informação de Apoio à Manutenção

Um sistema de informação (SI) é um sistema de pessoas, processos e equipamentos que recolhe, processa, armazena e fornece dados para fins específicos. Como qualquer outro sistema, um sistema de informação possui entradas (dados) e saídas (relatórios, dados estatísticos). O SI processa a entrada e produz saídas que estão disponíveis para o utilizador final ou outros sistemas. Muitas vezes é incluído um mecanismo de feedback que controla o processo. [30]

A sua utilização traz muitos benefícios, como a otimização do processo de tomada de decisão e a eliminação de atividades redundantes, e também permite aceder à informação, compreendê-la e responder de forma rápida e eficiente. Contudo, apenas a utilização de um SI não torna uma empresa verdadeiramente integrada e exige custos elevados que não justificam a relação custo/benefício.

3.5.1 Software SAP

O nome são as iniciais do nome original da empresa em alemão: Systemanalyse Programmentwicklung, que significa Desenvolvimento de Programas de Análise de Sistemas. Atualmente, o nome corporativo legal da empresa é SAP SE — SE significa sociedades Europaea, uma empresa pública registada de acordo com a legislação empresarial da União Europeia. [31]

SAP é um sistema de aplicação e produtos em processamento de dados. Foi fundada em 1972 por cinco engenheiros da IBM (Hasso Platter) e outros quatro membros que sabiam como criar um pacote de software padrão para correr no mainframe IBM. A SAP surgiu no meio de uma revolução industrial conhecida como reengenharia de processos de negócios na América. [31]

A empresa SAP é uma das maiores empresas de software empresarial do mundo. Possui uma ampla gama de softwares de gestão, com os quais oferece soluções exclusivas para cada cliente. Ajuda empresas e organizações de todos os tamanhos e setores a gerir os seus negócios de forma eficiente, a se adaptarem continuamente e a crescerem de forma sustentável. Com aplicações padrão, soluções industriais, plataformas e tecnologias, qualquer processo de negócio pode ser mapeado e projetado.

O software recolhe e processa dados em uma única plataforma, desde a compra de matéria-prima até à produção e satisfação do cliente. As soluções SAP podem ser instaladas localmente ("on premissa") nas instalações do cliente ou usadas na nuvem e ajudam as empresas a analisar e projetar toda a cadeia de valor. As soluções SAP também podem ser usadas para gerar previsões, como quando um carro precisará de ser reparado ou como a receita crescerá na próxima semana. [31]

Além disso, a SAP ajuda os clientes a conectar perfeitamente dados operacionais sobre

atividades de negócios com dados experimentais sobre fatores emocionais, como a experiência de compra e o feedback do cliente. Isso permite que as empresas entendam e respondam aos seus clientes.

O sistema pretende abranger toda a empresa, dividido em secções que correspondem a uma área específica e incluem informação sobre uma atividade específica.

SAP na Manutenção

A ferramenta de software entra em ação nesses aspetos da manutenção para auxiliar na execução dos planos de manutenção. A ferramenta visa planejar conforme definido, nos termos definidos pelo utilizador, evitando assim erros ou falhas no planeamento de manutenções preventivas e preditivas. A utilização da ferramenta é simples, pois é de autoaprendizagem, ou seja, o próprio sistema solicita as indicações necessárias que o utilizador deseja fornecer.

Podemos verificar as várias áreas existentes no SAP que se traduzem nos seguintes módulos [31]:

- SAP MM - Material Management (Gestão de Materiais);
- SAP WM - Warehouse Management (Armazenamento);
- SAP SD - Sales and Distribution (Vendas e Distribuição);
- SAP FI - Financial Accounting (Contabilidade Financeira);
- SAP PP - Production Planning and Control (Planeamento da Produção);
- SAP PS - Project System (Projetos);
- SAP QM- Quality Management (Administração de Qualidade);
- SAP PM - Plant Maintenance (Planeamento da Manutenção);
- SAP HR- Human Resources (Recursos Humanos).

Segundo Almeida [32], a SAP oferece, tanto na área de produção como na manutenção, muitas alternativas enriquecidas em termos de dados mestre de produção, e a correta identificação e análise dos dados mestre permite uma análise detalhada e aprofundada do processo.

Assim sendo, são identificados três dados que são fundamentais, sendo eles:

1. Rotinas de trabalho;
2. Centros de trabalho: Na produção, os centros de trabalho correspondem a estações de trabalho designadas com máquinas nas linhas de produção. Nos centros de trabalho existem diversas áreas definidas relacionadas ao planeamento da produção e seus custos. O tipo de capacidade do centro de trabalho é visível, ou seja, se o centro de trabalho é uma máquina, um trabalhador ou uma linha de produ-

ção;

3. Gestão de materiais: Murray [33] afirma que a gestão de materiais é uma parte importante de todas as operações e fluxos de gestão, pelo que a criação de ativos numa organização é caracterizada por um elevado nível de exatidão e precisão. Materiais não avaliados geram stock mas não gerem valor (são reconhecidos como custo no momento da compra e não no consumo) .

SAP-PM é um módulo do SAP, que é responsável por apoiar o planeamento, processamento e execução de todas as atividades de manutenção. São elas: instalações técnicas, que podem ser alvo de ações do PM, como locais de instalação e equipamentos; os trabalhos de manutenção, que podem ser corretivos, preventivos, de melhoria ou investimento, e através das diversas operações são realizados e confirmados; recursos, o que significa que tudo o que será incluído nas execução das tarefas, como o centro de trabalho responsável, as ferramentas e materiais necessários; e o histórico de manutenção e análise, que permite ver e monitorizar tudo como, por exemplo: as interrupções, avarias e trabalhos realizados para controlar todos os custos associados para qualquer objeto técnico.

O controlo das intervenções de manutenção no SAP-PM é realizado através de ordens de manutenção criadas a partir das solicitações de intervenção (notas/notificações) por parte da produção ou até mesmo pela manutenção.

Este módulo encontra-se estruturado da seguinte forma:

1. Local de Instalação - Consiste na unidade organizacional que estrutura o objeto de manutenção de uma empresa de acordo com critérios de espaço, técnicos ou funcionais;
2. Equipamentos - Representa o equipamento da empresa numa perspetiva de manutenção. O equipamento está associado ao local de instalação. Um local de instalação pode ter um ou vários equipamentos;
3. Material - É o nível mais baixo da estrutura e tal como o próprio nome indica, representa o material que constitui o equipamento ou conjunto de manutenção. Por esse motivo, pode encontrar-se associados a cada um deles. Os materiais são os elementos suscetíveis de serem requisitados para se efetuar a manutenção de um conjunto de manutenção ou de um equipamento, dependendo a qual se encontra associado.

4 LEAN MANUFACTURING

4.1 Caracterização Geral

A origem do termo Lean Manufacturing (ou Lean Production) vem do Toyota Production System (TPS) e foi utilizado devido à necessidade de criar uma alternativa ao modelo de produção em massa de Henry Ford. Esta filosofia tem um novo nome porque comparada com a produção em massa exige menos trabalho, menos espaço, menos tempo e menos investimento na produção. [34]

A filosofia “Lean” é um método que promove a eficiência e a eliminação de desperdícios, ao mesmo tempo que se concentra na compreensão das necessidades do cliente. Devido a esta ideia, esta técnica tem sido utilizada por muitas empresas para orientar o seu pensamento e os seus esforços para melhorar o seu desempenho. Mostra como o “Lean” não se limita a um tipo ou tamanho de empresa, mas a todos os tipos, tamanhos e indústrias que tentam aumentar a sua competitividade, desempenho e produtos nos mercados locais e internacionais.

É geralmente aceite que o conceito “Lean” teve origem após a Segunda Guerra Mundial com a marca Toyota. Não podemos negar ou ignorar este facto, mas é claro que os princípios fundamentais e o propósito desta ideia/filosofia ocorreram antes da fundação da empresa em 1937. [35]

Após a Segunda Guerra Mundial, quando a economia do Japão entrou em colapso, a Toyota identificou 7 tipos de desperdício e adotou uma estratégia para eliminá-los. Esse conceito de eliminação de desperdícios tornou-se a base do sistema de produção da Toyota, que foi trazido para o Ocidente sob o nome de Lean Manufacturing.

O foco no combate às ineficiências, à automação, à produção descontrolada, à falta de padrões de qualidade e à superprodução criaram ferramentas e conceitos que são discutidos em todas as organizações do nosso tempo, seja uma consultoria ou uma equipa interna ou externa de melhoria contínua. [35]

Para ir ao encontro destas necessidades, as empresas nos dias de hoje devem operar com a máxima flexibilidade, e com os menores custos associados. Só desta forma se pode tornar uma empresa competitiva. Podemos afirmar que a chave para o sucesso é a otimização/redução dos custos – A chave do sucesso é “Ser LEAN”.

João P. Pinto [36] define o pensamento Lean, como “... uma abordagem inovadora às práticas de gestão, orientando a sua ação para a eliminação gradual das fontes de des-

perdício, através de abordagens e procedimentos simples, procurando a perfeição dos processos, sustentada numa atitude de permanente insatisfação e de melhoria contínua, e fazendo do tempo uma arma competitiva".

Ao eliminar desperdícios, também serão eliminados custos, caso não seja possível fazer um trabalho produtivo na organização. O pensamento lean exige que sejam feitas mudanças que agreguem valor ao produto ou serviço e elimine outras que não agregam valor. [36]

Por definição, desperdício é tudo aquilo que não agrega valor nem altera o produto final. Quando consideramos a relação entre custos de produção e valor, essas atividades não ajudam a aumentar. O lixo é visível porque afeta o fluxo da produção.

Uma boa produção significa acertar à primeira vez, sempre e com eficiência, produzindo a quantidade necessária com o mínimo de recursos, ou seja, trabalhar sem desperdiçar. Alcançar esse nível de qualidade resulta na satisfação do cliente e em altos lucros. [34]

4.2 Melhoria Contínua na Manutenção

A melhoria contínua é uma metodologia na qual as pessoas, sabedoras dos processos e conscientes das constantes necessidades de mudar, trabalham em conjunto com o objetivo de melhorar o desempenho dos processos, aproximar o desempenho aos valores de referência e responder às necessidades dos clientes.

As ferramentas do Lean Manufacturing têm vindo a ser alvo de implementação num número cada vez maior de empresas, embora algumas delas não atribuam as denominações habituais. Estas são adaptadas às necessidades das empresas, não sendo seguidos, por norma, os procedimentos estabelecidos para aplicação. Entende-se que com a implementação de um maior número de ferramentas, as empresas tendem a melhorar tanto a nível de desempenho como na satisfação dos colaboradores, sendo um dependente do outro.

4.2.1 Metodologia Kaizen

A metodologia *Kaizen* é de origem japonesa e envolve dois conceitos, o *Kai*, que significa mudança, e o *zen* que significa melhor, ou seja, mudar para melhor. Esta filosofia baseia-se no conceito de melhoria contínua e pretende, de forma constante, procurar e eliminar o desperdício através de soluções de baixo custo. Assim, esta filosofia tem como objetivo o desenvolvimento das capacidades criativas das pessoas que estão mais próximas dos processos, os colaboradores, de maneira a tornar estes processos mais eficazes e eficientes. [37] [38]

O método *Kaizen* exige que os funcionários recolham medidas adequadas para melho-

rar o seu desempenho, registrando e analisando os dados. Existem dois conceitos importantes neste método de agregação de valor e desperdício. Segundo o *Kaizen*, valor agregado é algo que agrega valor a um produto ou serviço, ou o valor que os clientes recebem em troca do preço. Os resíduos são as atividades realizadas pela empresa que não agregam valor aos produtos ou serviços. Nas empresas existe apenas uma pequena percentagem de atividades que acrescentam valor, a maioria das quais são desperdícios, e devem ser eliminadas, para que os colaboradores se dediquem a atividades que realmente criem valor. [39]

Segundo Guimarães e Ishisaki [40] um dos primeiros passos para aplicar a metodologia *Kaizen* é a empresa reconhecer que há problemas que precisam ser resolvidos nos seus processos, sejam eles relacionados à produção ou ao tempo de espera. Então, deve-se avaliar qual a melhor forma de reduzir o problema, sem que seja algo caro ou muito complexo. É de grande importância que os funcionários cada vez mais se conscientizem de que podem fazer melhor o seu trabalho, para facilitar a implementação, principalmente em atividades que visem a melhoria contínua.

As empresas que desejam implementar a metodologia *Kaizen* devem analisar nos seus processos quais as suas atividades que agregam valor ao cliente, e avançar nas atividades que não agregam valor, pois esta é uma área de melhoria para eliminar desperdícios, já que é preciso eliminar atividades desnecessárias nos processos. No entanto, a metodologia *Kaizen* também visa reestruturar a cultura da empresa, visando melhorar a satisfação dos próprios funcionários. [40]

O *Kaizen* é coautor nos processos de melhoria contínua não só dos gestores, mas de todos os envolvidos na empresa, é um programa simples para otimizar os processos produtivos e ajudar a atingir os objetivos da organização. Sempre há espaço e oportunidades para melhorias, algo que todos os colaboradores devem estar atentos e procurar sempre o melhor atendimento e a melhor qualidade. [41]

Massaki Imai aponta para a existência de dez mandamentos que devem ser seguidos na Metodologia *Kaizen* [42]:

1. O desperdício deve ser eliminado;
2. Devem ser feitas melhorias contínuas;
3. Todos os colaboradores devem estar envolvidos;
4. Apoiar estratégias “baratas”, pois são as melhores, e o aumento da produtividade pode acontecer sem a necessidade de grandes investimentos;
5. É aplicada em qualquer lugar ou cultura;
6. Direciona a sua atenção para onde é criado valor, o “chão de fábrica”;
7. Faz uso de uma gestão visual de maneira a que os desperdícios e os problemas sejam visíveis aos olhos de todos;

8. Orienta-se para os processos;
9. Sendo o esforço principal de melhoria o das pessoas, elas devem ser a prioridade;
10. A aprendizagem deve ter como lema, aprender fazendo.

Algumas das principais ferramentas e metodologias aplicadas aos processos de manutenção serão a seguir listadas e posteriormente definidas.

4.2.2 Kaizen Diário

O *Kaizen* Diário é uma metodologia implementada em equipas que visa mudar a mentalidade para criar rotinas que lhes permitam realizar atividades de melhoria no seu dia a dia. Esta metodologia faz parte de um modelo de mudança organizacional denominado *Kaizen Change Management* e desenvolvido *Kaizen Institute Consulting Group*. [43]

Este modelo inclui três segmentos de intervenção: *Kaizen* Diário, *Kaizen* Projeto e *Kaizen* de Apoio. Enquanto o *Kaizen* Diário visa desenvolver equipas, o *Kaizen* Projeto visa implementar melhorias maiores por meio de equipas de projeto que procuram identificar mais problemas existentes e a encontrar soluções para resolvê-los. Para isso, o *Kaizen* Projeto pode utilizar ferramentas como a resolução 3C ou o método A3, que permitem acompanhar a implementação de um projeto de melhoria como solução para um problema. O *Kaizen* Suporte fornece as ferramentas necessárias para implementar ações *Kaizen* para garantir que a gestão esteja envolvida num processo de melhoria contínua. [43]

O *Kaizen* Diário é dividido em quatro níveis de maturidade: organização da equipa, organização da área de trabalho, padronização e melhoria de processos, conforme ilustrado na Figura 4.1.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Organização das Equipas - Quadros - Reuniões - KPIs	Organização do Posto de Trabalho - Ferramenta 5S	Normalização - Criação e treino de normas	Melhoria de Processos - Ferramenta 3C - Ciclo PDCA

Figura 4.1: Níveis do *Kaizen* Diário. Fonte [43]

1. Nível 1: Organização das equipas

No primeiro nível do *Kaizen* Diário, os colaboradores são organizados em equipas, cada uma das quais deve ter um líder de equipa que a oriente para a melhoria contínua. Para cada equipa é formado um comité de equipa, definidos indicadores de desempenho e definida uma agenda de reuniões. Com o desenvolvimento

destes elementos pela equipa, trata-se essencialmente de promover o espírito de equipa, de garantir que todos os colaboradores conhecem, sabem calcular e discutir os indicadores de desempenho para melhoria, e que a alocação de recursos é feita com cuidado, de forma a eliminar desperdício. [44]

2. Nível 2: Organização da área de trabalho

O segundo nível é a organização da área de trabalho, pois é muito importante que o local de trabalho esteja limpo, arrumado e possua apenas os recursos/materiais necessários para a realização da(s) tarefa(s), pois os comportamentos são diretamente influenciados pelo ambiente. Com a implementação deste nível, pretende-se aumentar a organização e motivação dos colaboradores e, consequentemente, aumentar a produtividade e o desempenho global da empresa.

A metodologia aplicada a este nível chama-se 5S, que visa organizar e uniformizar os locais de trabalho através da criação de um ambiente limpo e arrumado, que permite a redução do tempo de procura e o acesso imediato aos materiais e dados necessários.

3. Nível 3: Normalização

A padronização do trabalho consiste em adotar as melhores práticas para que os processos e resultados se tornem consistentes. Por isso, são criados padrões de operações e processos para que possam ser realizados da mesma forma por uma ou mais pessoas. Uma norma deve ser simples, objetiva, eficaz e constituir a forma mais segura de realizar uma tarefa. [42]

Existem muitos tipos de tarefas que podem ser padronizadas, mas deve-se dar prioridade aquelas que resultam em maior variabilidade nos resultados, como tarefas que poucos funcionários sabem fazer ou tarefas executadas de forma diferente por mais de um funcionário.

Dentre os diversos tipos de padrões existentes, destaca-se o OPL (One Point Lesson), que é uma descrição passo a passo, o mais visual possível com títulos simples e concisos da tarefa a ser executada. Um padrão de execução explica, por meio de macro etapas, como a tarefa é executada. Para garantir que os colaboradores cumpram os padrões estabelecidos, estes devem ser colocados em prática e está sujeito a melhorias para alcançar as melhores práticas para a tarefa.

4. Nível 4: Melhoria dos processos

O nível final do *Kaizen* Diário é melhorar o processo resolvendo os problemas encontrados por cada equipa. Portanto, o ciclo PDCA está incluído nesta etapa porque permite analisar se determinada melhoria implementada na tentativa de resolver um problema foi bem-sucedida ou não. [44]

Existe também a ferramenta 3C utilizada para solucionar problemas, composta

por três etapas. A primeira fase começa com a descrição do problema (caso), depois é identificada a causa do problema e por fim são planeadas as contra medidas, que definem os responsáveis e os prazos para solucionar o problema descrito. Após aplicar as três fases citadas acima, verificamos se o problema é resolvido com os resultados obtidos.

Este último nível do *Kaizen* Diário deverá ser implementado em equipas em que os três primeiros níveis estejam bem estabelecidos, ou seja, em equipas mais maduras.

Portanto, com a metodologia *Kaizen* Diário, todos os colaboradores são envolvidos na criação de uma cultura de melhoria contínua, são desenvolvidos padrões para que as equipas trabalhem de forma consistente e são criados mecanismos para resolver problemas rapidamente.

4.2.3 3M's: Muda, Mura e Muri

Muda, Mura e Muri (3M's), representados na Figura 4.2, são termos em japonês utilizados no setor industrial como tipos de desperdícios que podem acontecer em uma empresa. Eles estão diretamente ligados ao Sistema Toyota de produção e à Metodologia Lean Manufacturing.

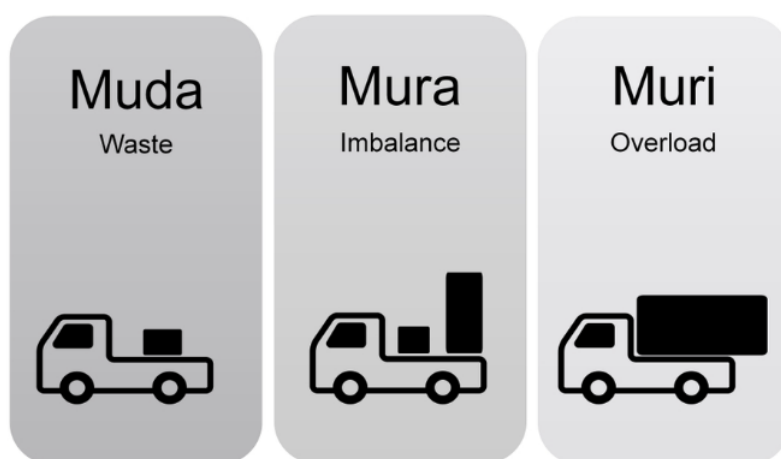


Figura 4.2: Muda, Mura e Muri (3M's). Fonte [45]

Todos os negócios tem desperdícios, e o objetivo do *Kaizen* é a melhoria continua, por isso é fundamental conhecer os principais pontos de desperdícios para poder mitigá-los ou mesmo eliminá-los.

1. Muda

O termo Muda quer dizer qualquer tipo de atividade que gere desperdício, não seja produtiva ou ainda que não agregue valor. No meio industrial, o Muda é usado quando a empresa utiliza recursos e isso não retorna para a empresa, ou

seja, não agrega valor diretamente para o cliente.

De acordo com a filosofia da "Lean Manufacturing", os sete principais desperdícios na indústria são [46]:

- (a) Defeitos: Quando a sua indústria produz um produto com defeito ele claramente é um desperdício. A sua empresa terá que refazê-lo ou gastar materiais para consertar o defeito.
- (b) Produção excessiva: A produção excessiva, ou seja, quando a fábrica produz mais do que precisa, acaba gerando o desperdício do excesso de produtos acabados no stock.
- (c) Processos em excesso: Este desperdício da produção acontece quando a indústria tem um processamento excessivo na fabricação de um produto.
- (d) Stock: Quando a indústria possui um excesso de insumos e matéria-prima acaba gerando desperdícios que impactam diretamente o resultado do negócio.
- (e) Tempos de espera: Quando máquinas ou funcionários estão parados esperando por algo, como matéria-prima, manutenção, autorizações etc, a sua fábrica está com um desperdício da produção.
- (f) Movimentação desnecessária: Quando há uma movimentação desnecessária no chão de fábrica. Ou seja, os seus colaboradores precisam ficar andando de um lado para o outro ou se abaixando e levantando para resolver as suas tarefas.
- (g) Transporte: Parecido com o desperdício anterior, este acontece quando há um transporte desnecessário de recursos da sua fábrica.

2. Mura

o Mura e ele é um termo que significa irregularidade e inconsistência. No ambiente industrial é usado para representar as irregularidades nos processos da fábrica que não são causados por seus clientes, mas sim pela sua própria empresa.

Ele representa um desbalanceamento tanto de pessoas quanto de máquinas e pode ocorrer em praticamente toda a empresa. Um exemplo seria quando uma empresa tem um excesso de trabalho em um período e uma queda brusca em outro.

O Mura normalmente acontece quando:

As atividades da empresa não são distribuídas de forma proporcional, ou seja, cada operador e máquina não recebem a quantidade ideal de tarefas;

A programação das atividades não é balanceado, ou seja, existem períodos de

muito trabalho e outros de ociosidade.

Para mitigar ou até eliminar o Mura, o ideal é que a sua indústria utilize conceitos como o Just in Time, onde a sua fábrica trabalha de forma puxada pelos seus clientes.

3. Muri

o termo Muri que significa algo como excesso/irracionalidade. No ambiente industrial é usado para representar quando acontecem sobrecargas tanto em colaboradores quanto em máquinas devido aos desperdícios anteriores.

O Muri acontece quando os seus colaboradores ou máquinas estão trabalhando além de seus limites e isso acaba comprometendo a segurança e também a qualidade de toda a operação.

Para mitigar ou evitar o Muri, o ideal é que a sua empresa padronize processos e assim a sua equipa trabalhará de forma organizada. Com isso será possível identificar gargalos e pontos de melhoria para evitar a sobrecarga de setores.

4.2.4 Metodologia 5S

O cinco S (5S) é uma metodologia desenvolvida no Japão, baseada em cinco etapas, em que cada etapa funciona como pré-requisito para a próxima etapa. Pinto [36] considera esta metodologia uma das mais simples e eficazes, afirmando que a sua implementação requer apenas bom senso.

De acordo com o *Kaizen Institute* e Pinto [36] os 5S são definidos da seguinte forma:

1. *Seiri*: Sentido de Organização - Separar o que é necessário no posto de trabalho, do que é desnecessário;
2. *Seiton*: Sentido de Arrumação - Arrumar o material necessário num local de fácil acesso e devidamente identificado;
3. *Seiso*: Sentido de Limpeza - Limpar o posto de trabalho frequentemente, de forma a facilitar a identificação de defeitos;
4. *Seiketsu*: Sentido de Padronização - Rever frequentemente os três primeiros S e criar padrões para manter o posto de trabalho limpo e ordenado;
5. *Shitsuke*: Sentido de Autodisciplina - Manter regras para seguir os padrões definidos e melhorar continuamente a cada dia.

O 5S destinam-se à organização dos locais de trabalho, de forma segura e eficiente e cria uma base sólida, sobre a qual as organizações se baseiam nos processos de melhoria contínua. [43]

O departamento de manutenção é considerado como o candidato ideal para a implementação dos 5S, pois é um local acedido pelos colaboradores, onde há partilha de



Figura 4.3: Ciclo da Metodologia 5S. Fonte [47]

ferramentas e fácil acumulação de material desnecessário. [48]

4.2.5 Ciclo PDCA

Esta metodologia deve ser implementada com foco no trabalho em equipa, sendo que as grandes conquistas resultam dos pequenos contributos de cada pessoa e não do esforço de apenas uma. Cada passo dado na direção da melhoria contínua é apoiado por um ciclo de melhoria contínua em que a última etapa se encontra novamente com a primeira, o ciclo PDCA (Plan – Do – Check - Act).



Figura 4.4: Ciclo da Metodologia PDCA. Fonte [49]

O ciclo PDCA é composto por quatro etapas sendo elas [50]

1. Planear (Plan) – Identificar e Analisar o problema. Nesta etapa são identificadas propostas de melhoria de acordo com as prioridades definidas. Devem definir-se objetivos e métodos para os alcançar, formulando uma teoria e estabelecendo métricas de sucesso, e desenvolvendo um plano de ação.

2. Executar (Do) – Desenvolver soluções e plano de implementação. Esta fase consiste na implementação do plano de ação, na seleção e na documentação de informação. Devem recolher-se dados para análise na próxima fase. Para que esta fase seja bem-sucedida é fundamental recorrer-se à formação das atividades por executar, ou seja, esta etapa representa o “local” onde se motivam os trabalhadores a atuar como uma equipa, de modo a atingir os desafios propostos.
3. Verificar (Check) – Avaliar os resultados. Nesta fase são implementadas as medidas planeadas e analisados os seus resultados, comparando os dados antigos e os novos dados, fazendo uma conclusão das melhorias e dos objetivos alcançados.
4. Atuar (Act) – Utilizar o feedback para melhorar e replanear. Por fim, são desenvolvidos métodos de modo a implementar as melhorias alcançadas. Após a análise dos resultados obtidos, atua-se sobre o processo, realizando ações corretivas para as falhas encontradas durante o processo. Após a realização da correção, deve repetir-se o ciclo.

5 TRABALHO DESENVOLVIDO

A importância de uma avaria é determinada, não tanto pelas suas próprias características, mas mais pelas suas consequências por exemplo, uma máquina que desempenha uma função essencial num determinado processo produtivo terá como consequência a interrupção desse processo. A mesma avaria numa máquina idêntica, mas que desempenha uma função secundária, não terá a mesma importância na ótica da manutenção.

As avarias podem ser detetadas de duas maneiras: a primeira opção e a mais frequente em chão de fábrica é pelo operador ou utilizador do equipamento e a segunda opção é pelo técnico de manutenção no decurso de uma operação de manutenção planeada. Em qualquer dos casos é importante organizar o processo de resposta à participação da avaria de modo a dar a máxima resolução e posterior reparação com o mais eficiente aproveitamento dos recursos do departamento da manutenção.

O tratamento geral das participações de avaria pode ser esquematizado da seguinte forma:

1. Receção da participação da avaria
2. Atribuição de prioridade à reparação
3. Emissão da ordem de reparação
4. Diagnóstico da avaria
5. Registo histórico de avarias
6. Processamento de custos

5.1 Organização do setor da Manutenção na Roca

O departamento da Manutenção é constituído por 17 pessoas no total, uma pessoa responsável pela gestão de topo, outra responsável pela gestão a um nível inferior e participa em trabalhos administrativos, uma outra que é responsável pelo armazém do material de manutenção e consumíveis e 14 dos quais 2 são responsáveis de turno que trabalham exclusivamente no terreno, como podemos observar na Figura 5.1.

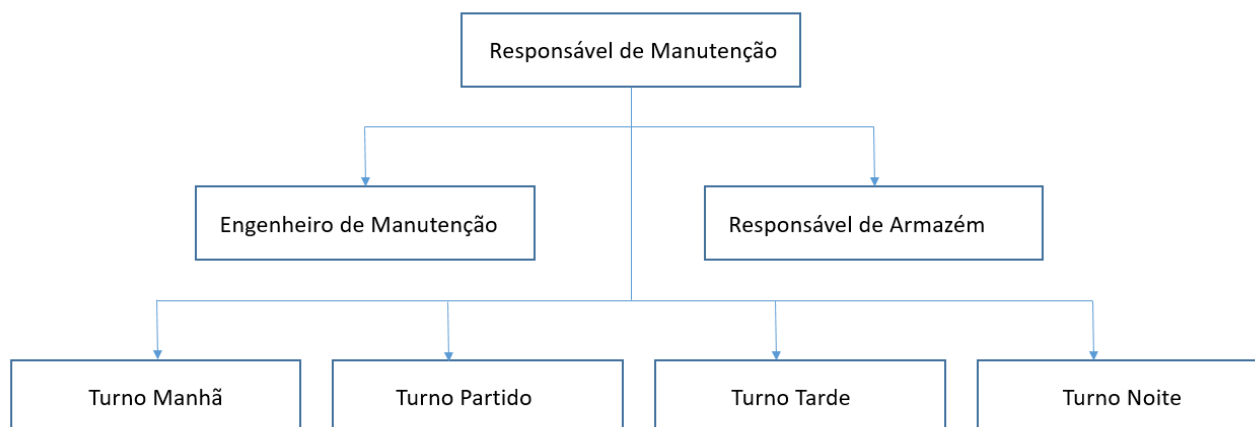


Figura 5.1: Organização do Departamento Manutenção

Existem três tipos de atividades que fazem parte do dia a dia da Manutenção, sendo elas: as respostas às situações de avarias nos equipamentos feitas pelo turno da manhã e tarde; a execução das ações/tarefas de manutenção preventiva previstas diária e semanalmente executadas pelo turno da noite e, por fim as intervenções em elementos não produtivos, trabalhos especiais (obras de melhoria, industrializações de linhas, Indústria 4.0, etc) feita pelo turno partido.

A gestão e organização da Manutenção durante o processo produtivo que começa com o turno da manhã às 05:30h faz-se entre os responsáveis de turno de cada setor onde estes, através dos pedidos SAP e telefónicos fazem os pedidos de avaria. Este turno termina às 14h e inicia-se o turno da tarde até às 22:30h. Após o término do processo produtivo e colocarem as máquinas em stand-by, inicia-se o turno da noite das 22h até às 06:30h da manhã onde realizam todas as diárias nas linhas de Fundição e Mecanizado, garantindo assim a manutenção e preservação dos equipamentos. Ambos os responsáveis de turno são autónomos e para além do registo SAP, todos os dias ao fim do passagem de turno escrevem um email com todas as situações que se passaram durante o dia de trabalho, juntamente com o tempo de paragem.

O responsável de armazém é responsável por 4 armazéns verticais onde está guardado todo o material necessário para as intervenções corretivas e preventivas sendo gerido através de stocks mínimos e máximos. Para além desta gestão ainda é responsável por garantir que todos os materiais e matérias primas chegam aos setores, através do registo das reservas de material feitas no SAP.

Começando pelos processos de gestão e controlo das operações da manutenção, os processos de manutenção desenrolam-se principalmente em torno das avarias.

O registo das avarias na Roca é feito no software utilizado, o SAP PM, e quando um turno inicia o seu trabalho há uma passagem das avarias que estão a acontecer no momento, onde informalmente descrevem o que está a acontecer e o que já foi feito. Estas avarias são, na maioria das vezes, transmitidas por contato direto entre os responsáveis

de produção com os responsáveis de turno ou técnicos de manutenção, mas é sempre feito o pedido no SAP para o registo da avaria, de horas de reparação, dos técnicos e, caso seja necessário material este seja debitado ou caso não exista em armazém seja comprado. Deste modo garantimos a construção de um histórico de avarias relativamente aos equipamentos, mas também permite no futuro ver qual foi o material que foi gasto caso volte a acontecer.

A Figura 5.2 mostra o menu do software SAP que a produção usa para abrir/gerar as notas de avaria, através da transação "IW21 - Criar Nota PM" escolhendo o tipo de nota, "Z2 - ROCA Corrective Mt" que é do tipo corretivo.

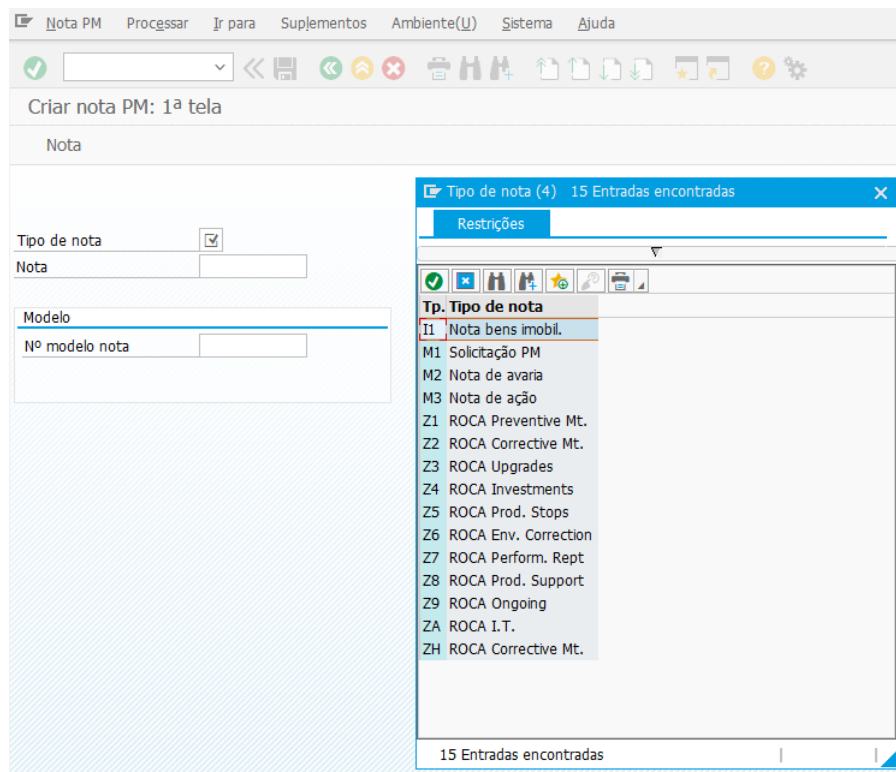


Figura 5.2: Software SAP - Criar Nota de Avaria

Depois de selecionar avança-se para o seguinte passo, onde temos o espaço da descrição com um comprimento de 40 caracteres todos os outros campos são pré-preenchidos, limitando portanto a explicação e clareza do problema, como podemos ver na figura 5.3.

Nota PM Processar Ir para Suplementos Ambiente(U) Sistema Ajuda

Criar nota PM: ROCA Corrective Mt.

Nota 000000000001 Z2

Status da nota MSPN PTOK

Ordem

Nota Itens Medidas Atividades

Objeto de referência

Loc. instalação ☒

Equipamento

Conjunto

Situação

Codificação

Descrição

Txt.descr.situação

Dadas-base

Início desejado 15.06.2023 16:50:48 Prioridade ☒

Concl.desejada 00:00:00 Parada ☐

Responsabilidades

Grp.plnj.PM ☒ /

CenTrab.respon. /

Notificador ☒ Data da nota 15.06.2023 16:50:48

Dados da avaria

InícioAvar 15.06.2023 16:50:48 Parada ☐

Fim avaria 00:00:00 Dur.parada H

Figura 5.3: Software SAP - Estrutura dos Avisos

Depois da Produção ter feito o telefonema a avisar o responsável de turno da manutenção e de ter feito o pedido no SAP, o responsável de turno ou o engenheiro de manutenção passa esse aviso para uma ordem de trabalho (OT) para poder dar continuidade à resolução da avaria.

No SAP, através da transação "IW28 - Modificar Notas", vai ser criada uma ordem de manutenção corretiva como podemos ver na figura 5.3, onde vai ser atribuído um centro de trabalho ("FTR-IELE" ou "FTR-IMEC") ou seja, vai ser um técnico elétrico ou mecânico. Também é necessário preencher o espaço "TipoAtvMnt" consoante o tipo de ordem, que por norma é "Z02 - Manutenção Corretiva" e o espaço "ChvContr - Seleção Chave de Controlo" com a opção "ZPMH - Plant Maintenance - Internal".

Depois de o aviso ter sido gerado através da transação "IW38 - Modificar ordens PM", como é possível ver na Figura 5.4, é possível ver todas as ordens geradas e iniciar o carregamento de material gasto na avaria e as horas dos técnicos de manutenção. Esta transação permite ainda verificar todos os custos associados à avaria, como é possível ver nas Figuras 5.5 e 5.6.

Análise FMECA na Unidade de Produção de Torneiras na Roca S.A.

InicioBase	Ordem	CenTrabRes	Tp.	StatUsuar.	CustTotRe.	Texto breve	DenomLocInstalação	Local de instalação	Criado por	Status do sistema	Data entr.
18.01.2023	22288344	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	74,13	TUBO ROTO DO MANIPULADOR 1	KWC 1 FORNO	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-FRN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	18.01.2023
23.01.2023	22288727	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	100,69	TUBO ROTO DO MANIPULADOR 1	KWC 5 FORNO	R-TO-P1-FN-FUN-L05-KWC-FRN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	23.01.2023
27.01.2023	22289200	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	164,49	Fuga de oleo no manipulador 2	KWC 4 FORNO	R-TO-P1-FN-FUN-L04-KWC-FRN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	27.01.2023
31.01.2023	22289352	FTR-IELE	ZPM2	FIN	41,57	Manipulador descau dentro da cabine	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-002	FERLIG02	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	31.01.2023
03.02.2023	22289822	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	112,91	Fuga de ÓLEO no manipulador 2	KWC 3 FORNO	R-TO-P1-FN-FUN-L03-KWC-FRN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	03.02.2023
06.02.2023	22289959	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	25,00	Manipulador descau dentro da cabine	KWC 1 MANIPULADOR	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	06.02.2023
07.02.2023	22289974	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	200,89	O manipulador 2 não esta a subir	KWC 1 FORNO	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-FRN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	07.02.2023
	22290063	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	204,15	manipulador 1 não abre	MANIPULADOR 1	R-TO-P1-FN-FUN-L03-KWC-MAN-001	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	07.02.2023
17.02.2023	22291018	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	225,26	cilindro partido no manipulador 2	KWC 1 MANIPULADOR	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	17.02.2023
	22291019	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	88,05	Fuga de óleo manipulador 1	MANIPULADOR 1	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-001	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	17.02.2023
03.03.2023	22292072	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	50,06	Manipulador bateu nas portas da cabine	MANIPULADOR 1	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-001	FERLIG02	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	03.03.2023
06.03.2023	22292204	FTR-IELE	ZPM2	FIN	479,43	Folga do manipulador do lado fixo	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L03-KWC-MAN-002	FERLIG02	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	06.03.2023
07.03.2023	22292293	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	31,25	Fuga de oleo no manipulador 2	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-002	FERLIG02	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	07.03.2023
10.03.2023	22292603	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	62,50	Manipulador a fechar muito devagar	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L04-KWC-MAN-002	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	10.03.2023
	22292623	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	75,00	O manipulador não sobe	KWC 1 MANIPULADOR	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	10.03.2023
30.03.2023	22294003	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	100,00	O manipulador 2 nao esta a sair da cabin	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L04-KWC-MAN-002	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	30.03.2023
05.04.2023	22294582	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	37,50	Afinar o manipulador 2	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-002	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	05.04.2023
06.04.2023	22294668	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	53,08	Afinar o manipulador 2	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L04-KWC-MAN-002	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	06.04.2023
13.04.2023	22295025	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	609,17	Manipulador nao fecha	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-002	FERLIG02	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	13.04.2023
19.04.2023	22295455	FTR-IELE	ZPM2	FIN	25,00	Para ao tirar a colada do manipulador1	KWC 4 ROBOT	R-TO-P1-FN-FUN-L04-KWC-RBT	FERLIG02	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	19.04.2023
21.04.2023	22295744	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	125,23	manipulador 1 não funde	KWC 1 FORNO	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-FRN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	21.04.2023
	22295745	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	113,36	MANIPULADOR1 NÃO GIRA	MANIPULADOR 1	R-TO-P1-FN-FUN-L03-KWC-MAN-001	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	21.04.2023
24.04.2023	22295842	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	100,37	Rotula partida do manipulador 2	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L02-KWC-MAN-002	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	24.04.2023
02.05.2023	22296397	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	187,50	Manipulador 1 não esta para a cabine	KWC 1 MANIPULADOR	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	02.05.2023
04.05.2023	22296630	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	13,75	Fuga de oleo manipulador 2	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-002	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	04.05.2023
09.05.2023	22296926	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	50,00	parte fixa manipulador não faz imersão	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-002	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	09.05.2023
	22296933	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	50,00	Manipulador1 não esta molhar no grafite	KWC 1 MANIPULADOR	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	09.05.2023
10.05.2023	22296987	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	112,50	Manipulador descau na cabine	MANIPULADOR 2	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-002	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	10.05.2023
	22297029	FTR-IMEC	ZPM2	FIN	36,06	O sensor do manipulador2 nao da sinal	KWC 4 FORNO	R-TO-P1-FN-FUN-L04-KWC-FRN	CNVWMAN01	ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ	10.05.2023

Figura 5.4: Transação SAP - «IW38-Ordens de Manutenção»

Modificar Ordem Manutenção Correctiva 22297956: cabeçalho central

Ordem: **ZPM2** 2297956 Fuga de oleo

Fuga de oleo

KWC1 M1 mergulho fixo e movel com fuga de óleo pelos reguladores amortecimento. Foram reapetados. **Paragem 15m

Stat.sist. ENCE CNPA CAPC MOME MatC NOLQ FIN

DdsCabeç. Operações Componentes Custos Parceiro Objetos Dados adic.

Responsáveis

Gr.planej. Z82 / PT05 Torneiras Maint. Nota 2242988

CenTrabRes FTR-IMEC / PT05 Torneiras Manteni... Custos 0,00 EUR

Funcion.res. TipoAtvMnt 202 Manutenção Co... CondInst Endereço

Datas

InícioBase 22.05.2023 Prioridade 1-Very high

Fim-base 22.05.2023 Revisão

Objeto de referência

LocInstal. R-TO-P1-FN-FUN-L01 MANIPULADOR 1

Equipam.

Conjunto

1ª operação

Operação Fuga de oleo ChCál Calcular duração

CtrlTr/Ctro FTR-IMEC / PT05 ChvContr ZPMH Tp.ativ. MI001

Trb.empr. 0 H Número 0 Dur.Oper. 0 H

Nº pessoal 0

Figura 5.5: Software SAP - Estrutura das Ordens

Ordem Manutenção Correctiva 22297956 modificar: síntese de custos

Ordem: ZFM2 297956 Fuga de óleo

Fuga de óleo

KWC1 M1 mergulho fixo e movel com fuga de óleo pelos reguladores amortecimento. Foram reapertados. **Paragem 15m

Stat.sist. ENCE CNPA CAPC HOME MatC NOLQ FIN

DdsCabeç. Operações Componentes Custos Parceiro Objetos Dados adic. Localiz.

Custs.estimados 0,00 EUR Vals.em moeda obj. EUR Vals.em moeda ACC EUR

Relat.plan./real Relat.orçam./comprom.

Síntese Custos Quantidades Índices

Grupo/Denomin.	CstsEstim.	Csts.plan.	Csts.reais	M.
Custos	0,00	2,35	46,10 E...	
Artigos Armazém	0,00	2,35	2,35 E...	
Mão de obra Interna	0,00	0,00	43,75 E...	

Figura 5.6: Software SAP - Estrutura dos Custos da Ordem

5.2 Aplicação da Análise FMECA no Setor da Fundição e Mecanizado

O Setor da Fundição e Mecanizado é um sistema crítico, seja pela idade dos equipamentos, encontrando-se alguns já descontinuados, seja pelas paragens de produção que provoca. O objetivo da aplicação deste estudo no setor tem como objetivo otimizar o processo de identificação e melhoria na resolução das avarias que aparecem, melhorando assim o rendimento de produção da fábrica.

5.2.1 Metodologia Utilizada

Para o desenvolvimento deste estudo é vital a documentação e a monitorização de todo o processo e o objetivo inicial desta etapa é classificar as máquinas e os sistemas da planta, identificando os sistemas críticos, que ao apresentarem uma falha terão um impacto maior sobre a organização, definindo qual política e técnica de manutenção apropriada para cada sistema.

Nesse passo da aplicação é necessária uma recolha de dados sobre o sistema e o equipamento em análise, utilizando as bases do processo aliadas às averiguações da equipa de manutenção e operação, como os dados históricos das falhas, a análise das falhas anteriores, os documentos técnicos e os procedimentos operacionais disponíveis.

Após definir quais as falhas do equipamento na perspetiva do utilizador e também do técnico de manutenção, realiza-se a identificação do modo de falha da mesma, ou seja, de que maneira ela pode ocorrer ou apresentar-se, associando-o sempre ao evento ou

fenómeno responsável pela mudança do estado normal para o seu estado anormal.

Deve identificar-se e descrever o porquê do componente apresentar o modo de falha, identificando todas as possíveis causas para ocorrência do mesmo, classificando e entendendo o mecanismo de como se apresentam ao longo da vida operacional do componente. São exemplos disso as seguintes causas: mecânicas, elétricas, humanas, estruturais, etc.

Uma das grandes dificuldades no início da elaboração da FMECA consistiu na identificação dos modos de falha potenciais, respectivas causas e os seus efeitos, principalmente no setor do Mecanizado. Simultaneamente surgiu outra dificuldade, que é a de como pontuar cada uma delas para o cálculo do risco.

Para a pontuação da coluna severidade dos efeitos de falha, recorreu-se a uma recolha de informação junto do Responsável da Manutenção, visto não haver nenhum método específico para auxiliar esta tarefa. Os índices de ocorrência e deteção também foram definidos através da informação partilhada pelo Responsável, contando apenas com recurso a dados técnicos e alguns planos de manutenção, não sendo possível ter acesso a um histórico de avarias do mesmo, competente para o efeito.

Por último, a classificação do grau de risco representado na Tabela 5.1, cujo objetivo é categorizar o NPR de modo a obter uma informação de quais os modos de falha que requerem maior atenção e a realização posterior de ações de melhoria de forma a diminuir o risco associado a cada uma das falhas.

Tabela 5.1: Tabela da Classificação do Grau de Risco

Grau de Risco		Grau de Urgência
$GR \geq 140$	Risco Elevado	Requer ação imediata
$60 \leq GR < 140$	Risco Moderado	Devem ser tomadas ações logo que possível
$GR < 60$	Risco Baixo	Devem ser tomadas ações preventivas/melhoria

A recolha de dados e a tabela de classificação do grau de risco e urgência foi feita numa primeira reunião com o responsável de manutenção, onde foram definidos os equipamentos para realizar o estudo, visto serem os equipamentos onde mais intervenções se realizam e porque é um primeiro passo do processo produtivo da elaboração de uma torneira, o que torna crucial manter estes setores o mais disponíveis possível de forma a não atrasar todo o processo produtivo.

O estudo de caso envolve a exploração de falhas relatadas no histórico de manutenção no setor de Fundição e Mecanização. O objetivo é aplicar a metodologia FMECA, após identificar os sistemas e subsistemas críticos, indicar os modos de falha relevantes, classificar a probabilidade de ocorrência, a gravidade das consequências de cada modo de falha e determinar o RPN.

Em seguida foi feito um levantamento de todas as avarias no software SAP, software esse que é usado pela produção para emitir os avisos de manutenção. E para sustenta-

ção dessas avarias foi feito ainda o levantamento dessas mesmas avarias e outras que não tem pedido SAP nos e-mails de passagem de turno que os dois responsáveis de turno fazem diariamente.

Para além das avarias foi necessário extrair do ficheiro Excel denominado "Fiabilidade" que é preenchido diariamente pela manutenção onde se encontram as horas de produção diária, as paragens dos equipamentos e os respetivos indicadores MTBF, MTTR e Disponibilidade.

Como podemos observar nas Tabelas 5.2 e 5.3, para o ano de 2023 temos os seguintes tempos de produção diária em horas para os equipamentos em estudo: 5 Linhas de Fundição e 5 Linhas de Mecanização.

Tabela 5.2: Tabela de Horas de Produção em 2023 da Fundição

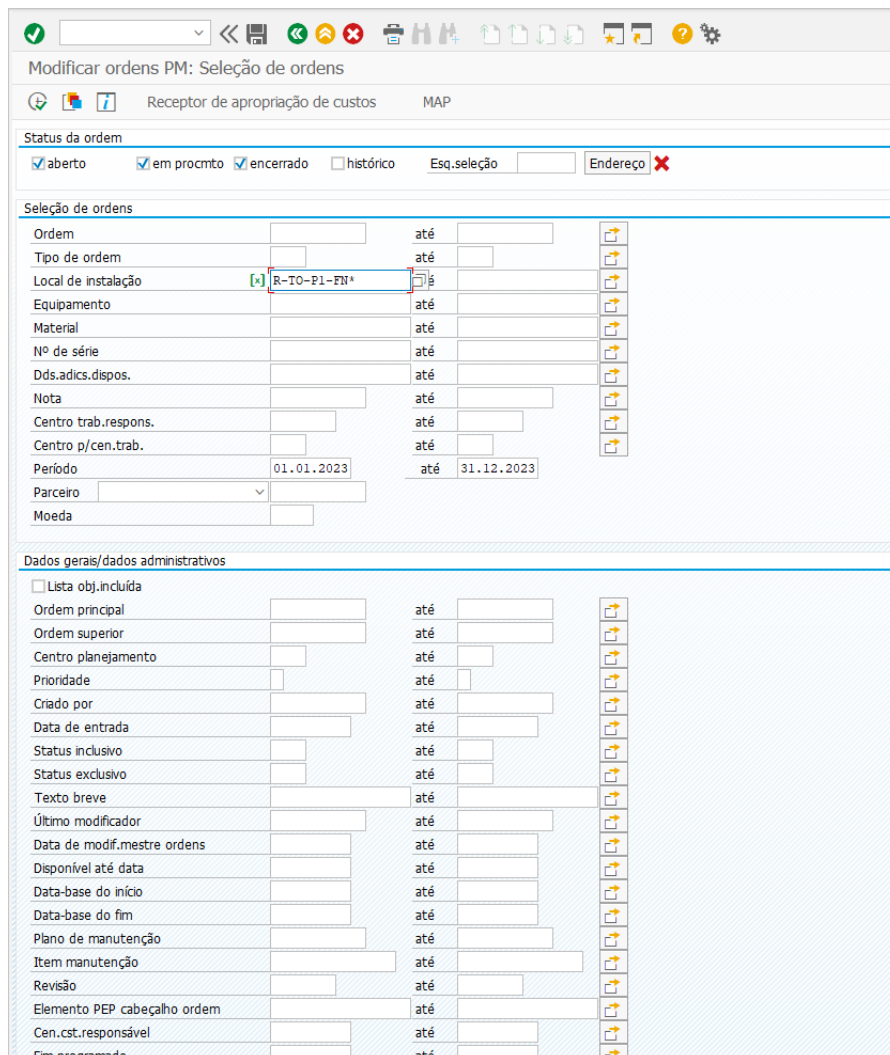
Mês	Fundição 1	Fundição 2	Fundição 3	Fundição 4	Fundição 5	Total
Jan	304	0	338	338	320	1300
Fev	304	288	304	304	304	1504
Mar	396,5	397,5	400	400	400	1994
Abr	272	272	272	272	272	1360
Mai	304	304	304	304	352	1568
Jun	224	260	268,5	320	320	1392,5
Jul	320	336	336	336	336	1664
Ago	32	32	144	131	69,5	408,5
Set	168	168	336	336	320	1328
Out	168	168	336	336	336	1344
Nov	168	168	336	8	336	1016
Dez	44	72	144	0	144	404
Total	2704,5	2465,5	3518,5	3085	3509,5	15283

Tabela 5.3: Tabela de Horas de Produção em 2023 do Mecanizado

Mês	Mecanizado 1	Mecanizado 2	Mecanizado 3	Mecanizado 4	Mecanizado 5	Total
Jan	304	0	338	338	336	1316
Fev	304	288	304	304	304	1504
Mar	396,5	397,5	400	400	400	1994
Abr	272	272	272	272	272	1360
Mai	304	304	304	304	352	1568
Jun	224	264	256,5	320	320	1384,5
Jul	320	320	336	336	336	1648
Ago	32	32	144	131	69,5	408,5
Set	168	120	336	336	320	1280
Out	168	168	336	336	366	1344
Nov	168	168	336	8	33	1016
Dez	72	72	144	0	144	432
Total	2732,5	2405,5	3506,5	3085	3525,5	15255

O arranque de fábrica aconteceu no dia 02/01/2023, onde inicialmente arrancaram as linhas 1, 3, 4 e 5 para proceder às trocas de modelo que iriam ser produzidas atendendo às encomendas e, em paralelo iniciar a produção de machos para os modelos e se poderem testar as linhas. A linha 2 só arrancou em fevereiro, pois as produções que acontecem nesta linha não tinham até a datas pedidos de encomenda e ter um linha ligada sem produção gera custos energéticos e de mão de obra desnecessários, numa fase em que o mercado se encontrava instável.

A base de dados de avarias foi retirada do software SAP, através da transação "IW38-Ordens de Manutenção" e com o preenchimento dos níveis de informação como se pode ver na Figura 5.7.



Modificar ordens PM: Seleção de ordens

Receptor de apropriação de custos MAP

Status da ordem

☒ aberto ☒ em procmt ☒ encerrado ☐ histórico Esq.seleção Endereço ✖

Seleção de ordens

Ordem		até		
Tipo de ordem		até		
Local de instalação	R-TO-P1-FM*			
Equipamento		até		
Material		até		
Nº de série		até		
Dds.adics.dispos.		até		
Nota		até		
Centro trab.respons.		até		
Centro p/cen.trab.		até		
Período	01.01.2023	até	31.12.2023	
Parceiro				
Moeda				

Dados gerais/dados administrativos

☐ Lista obj.incluída

Ordem principal		até		
Ordem superior		até		
Centro planeamento		até		
Prioridade		até		
Criado por		até		
Data de entrada		até		
Status inclusivo		até		
Status exclusivo		até		
Texto breve		até		
Último modificador		até		
Data de modif.mestre ordens		até		
Disponível até data		até		
Data-base do início		até		
Data-base do fim		até		
Plano de manutenção		até		
Item manutenção		até		
Revisão		até		
Elemento PEP cabeçalho ordem		até		
Cen.cst.responsável		até		
Fin.programada		até		

Figura 5.7: Transação SAP - «IW38-Ordens de Manutenção»

5.3 Setor Fundição

5.3.1 Caracterização do Equipamento e Processo

O processo de fundição que existe na Roca CI de Cantanhede é o processo de fundição por baixa pressão que utiliza moldações, designadas por coquilhas, que são enchidas com metal líquido (latão) a baixa pressão e com velocidades reduzidas, produzindo peças com excelente qualidade e ótimas propriedades mecânicas.

As máquinas de fundição sob pressão que se encontram na fábrica caracterizam-se pela capacidade da máquina utilizar dois manipuladores rotativos independentes, permitindo a produção simultânea de duas ou quatro peças fundidas por manipulador dependendo do molde da coquilha e do modelo que está a ser produzido na linha.

O equipamento em estudo, o conjunto KWC como está ilustrado na figura 5.8, é constituído por um conjunto de dois manipuladores que operam entre o forno de fundição e o grupo de lavagem, em que os manipuladores efetuam movimentos na vertical e na horizontal, abertura e fecho de coquilhas que são operados por um grupo hidráulico, trabalhando em cooperação com um robot que retira as coladas das coquilhas para o grupo de lavagem. Nos manipuladores temos as coquilhas que contém o molde da torneira a ser fundida.

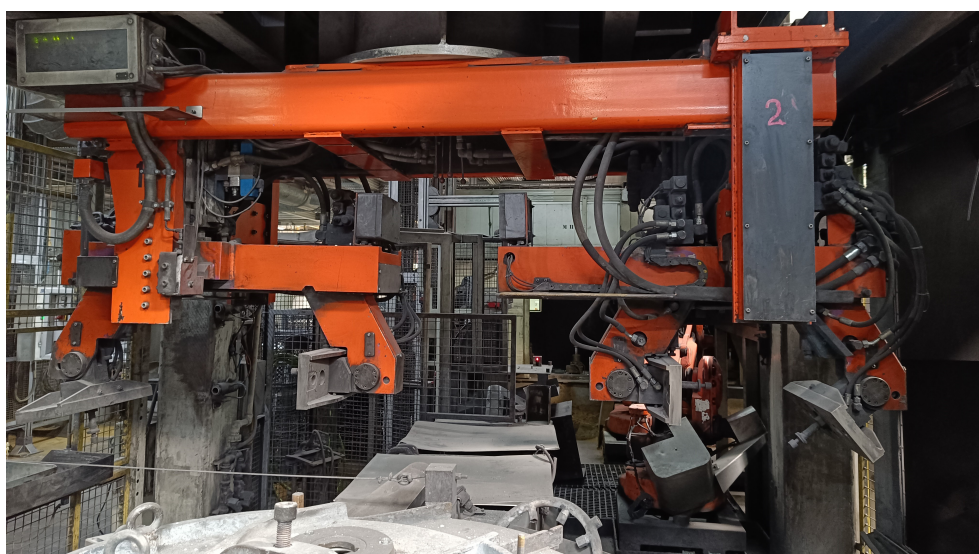


Figura 5.8: Equipamento da Fundição

As avarias do conjunto KWC que são registadas no SAP do conjunto KWC são críticas, porque este equipamento trabalha a altas temperaturas e pressões, o que torna necessário a resolução rápida por questões de segurança; os seus manipuladores e acessórios têm um elevado desgaste devido à quantidade de rotações e outros movimentos que faz num dia de trabalho; e ter a linha de fundição parada por uma avaria no primeiro passo do processo produtivo gera um impacto económico negativo e atrasa todo o processo, levando assim ao atraso das encomendas e ao não cumprimento do plano de

planeamento dos restantes setores que são afetados pela falta de peças.

5.3.2 Indicadores de Desempenho da Fundição

Tendo em conta os dados relativos à manutenção da empresa torna-se necessário, diária e mensalmente, tratar esses dados e perceber o impacto que causam no processo produtivo.

Para o ano de 2023, com 226 dias úteis de trabalho, através da tabela de Excel da Fiabilidade, foi possível retirar os valores de horas das paragens do equipamento de fundição por linha e as suas paragens totais, como podemos observar nas Tabela 5.4 e Tabela 5.5.

Tabela 5.4: Tabela de Horas de Paragens das Linhas da Fundição

Mês	Fundição 1	Fundição 2	Fundição 3	Fundição 4	Fundição 5	Total
Jan	2,75	0	1	3,25	2	9
Fev	2,5	2,5	6,25	26,83	5,75	43,83
Mar	10,58	1,41	3,49	0,75	5,91	22,14
Abr	17,56	2,66	4,41	0,91	1,75	27,29
Mai	14,57	3,25	0,49	3,41	2,5	24,22
Jun	10,07	1,75	2,25	3	2,25	19,32
Jul	1,83	1,75	5,06	4,5	0	13,14
Ago	0	0,25	0	0,25	0,5	1
Set	6,82	1,5	10,5	13,32	1,73	33,87
Out	3,74	1,75	2,81	2,07	0,66	11,03
Nov	6,06	3,25	2,66	0	5,16	17,13
Dez	28,25	4	1,91	0	2,15	36,31
Total	104,73	24,07	40,83	58,29	30,36	258,28

Tabela 5.5: Tabela da Quantidade de Paragens das Linhas da Fundição

Mês	Fundição 1	Fundição 2	Fundição 3	Fundição 4	Fundição 5	Total
Jan	7	0	1	3	3	14
Fev	3	4	4	4	4	19
Mar	15	5	3	2	8	33
Abr	16	2	4	3	2	27
Mai	16	7	2	5	3	33
Jun	14	3	4	2	3	26
Jul	5	3	10	6	0	24
Ago	0	1	0	1	1	3
Set	12	1	6	9	7	35
Out	5	3	7	4	2	21
Nov	4	4	3	0	2	13
Dez	9	1	3	0	6	19
Total	106	34	47	39	41	267

Com os dados reportados pelo Setor da Manutenção é feito o tratamento das falhas e o controlo da frequência das avarias nas 5 linhas de Fundição. Para obter esses resultados utilizamos o MTBF (Mean Time Between Failures), que permite verificar o tempo médio durante o qual ocorre uma falha na linha de fundição. Essa medição de tempo é calculada pela fórmula 3.2, na qual o tempo total de falhas ocorridas é retirado do tempo de produção e dividido pelo número de avarias existentes durante este mês.

Tabela 5.6: MTBF da Fundição (em horas)

Mês	Fundição 1	Fundição 2	Fundição 3	Fundição 4	Fundição 5	Total
Jan	43,0	0,0	337,0	111,6	106,0	92,2
Fev	100,5	71,4	74,4	69,3	74,6	76,9
Mar	25,7	79,2	132,2	199,6	49,3	59,8
Abr	15,9	134,7	66,9	90,4	135,1	49,4
Mai	18,1	43,0	151,8	60,1	116,5	46,8
Jun	15,3	86,1	66,6	158,5	105,9	52,8
Jul	63,6	111,4	33,1	55,3	0,0	68,8
Ago	0,0	31,8	0,0	130,8	69,0	135,8
Set	13,4	166,5	54,3	35,9	45,5	37,0
Out	32,9	55,4	47,6	83,5	167,7	63,5
Nov	40,5	41,2	111,1	0	165,4	76,8
Dez	1,8	68,0	47,4	0,0	23,6	19,4
Total	24,5	71,8	74,0	77,6	84,9	56,3

Observa-se na Tabela 5.6 e no gráfico da figura 5.9 que o MTBF não tem um valor constante. Enquanto que nos meses de janeiro e agosto, o valor foi de 92,2 e 135,8 horas, sendo este o melhor resultado mensal no período analisado, são ambos meses de arranque da fábrica onde os equipamentos sofrem algumas reparações extras. O tempo médio entre falhas foi de 56,3 horas.

Este grande desvio padrão indica que as linhas de fundição ainda têm um comportamento heterogêneo de MTBF, o que indica a necessidade de se estratificar os meses com pior desempenho para saber quais os fatores existentes nestes meses que produziram estes resultados.

Análise FMECA na Unidade de Produção de Torneiras na Roca S.A.

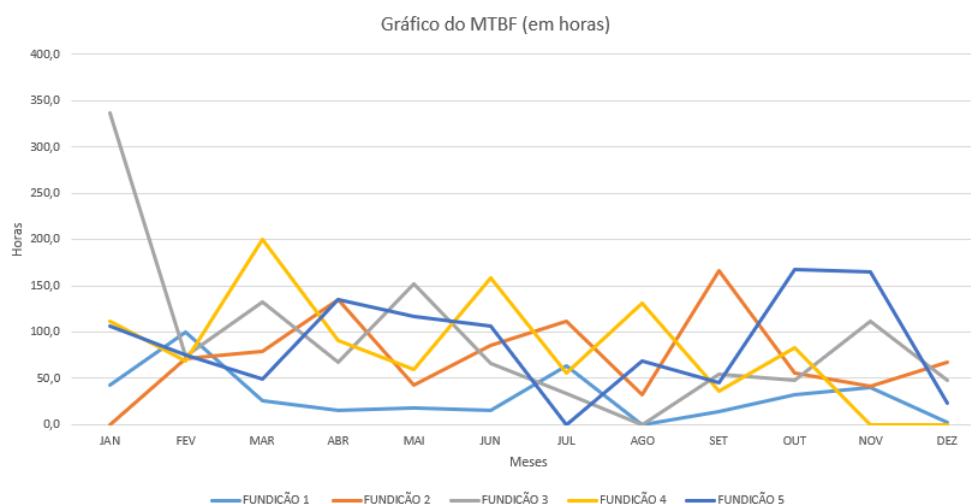


Figura 5.9: MTBF da Fundição

Como podemos observar na Tabela 5.6, a linha de fundição 3 é a linha com o MTBF mais elevado relativamente às outras, o que indica que o número de intervenções corretivas é mais pequeno e, conseqüentemente é a linha que teve mais horas disponíveis como podemos observar na Tabela 5.2, pois as situações críticas que teve foram em setembro e outubro. Em contrapartida a linha que tem o MTBF mais baixo é a linha de Fundição 1, que é a primeira linha de fundição instalada e que mais idade tem sendo assim normal as inúmeras avarias recorrentes, além de que durante o mês de Março a Junho o valor das paragens mensais é superior a 10h. Estes valores estão representados na Tabela 5.4.

Sabendo que existem estas paragens na linha devido a avarias, necessitam conhecer o tempo médio que a manutenção demora a resolver o problema e, nesse sentido, calculamos o MTTR (Mean Time To Repair) que é o tempo médio de resolução da avaria, como podemos observar na Tabela 5.7.

Tabela 5.7: MTTR da Fundição (em horas)

Mês	Fundição 1	Fundição 2	Fundição 3	Fundição 4	Fundição 5	Total
Jan	0,39	0,00	1,00	1,08	0,67	0,64
Fev	0,83	0,63	1,56	6,71	1,44	2,31
Mar	0,71	0,28	1,16	0,38	0,74	0,67
Abr	1,10	1,33	1,10	0,30	0,88	1,01
Mai	0,91	0,46	0,25	0,68	0,83	0,73
Jun	0,72	0,58	0,56	1,50	0,75	0,74
Jul	0,37	0,58	0,51	0,75	0,00	0,55
Ago	0,00	0,25	0,00	0,25	0,50	0,33
Set	0,57	1,50	1,75	1,48	0,25	0,97
Out	0,75	0,58	0,40	0,52	0,33	0,53
Nov	1,52	0,81	0,89	0,00	2,58	1,32
Dez	3,14	4,00	0,64	0,00	0,36	1,91
Total	0,99	0,71	0,87	1,49	0,74	0,97

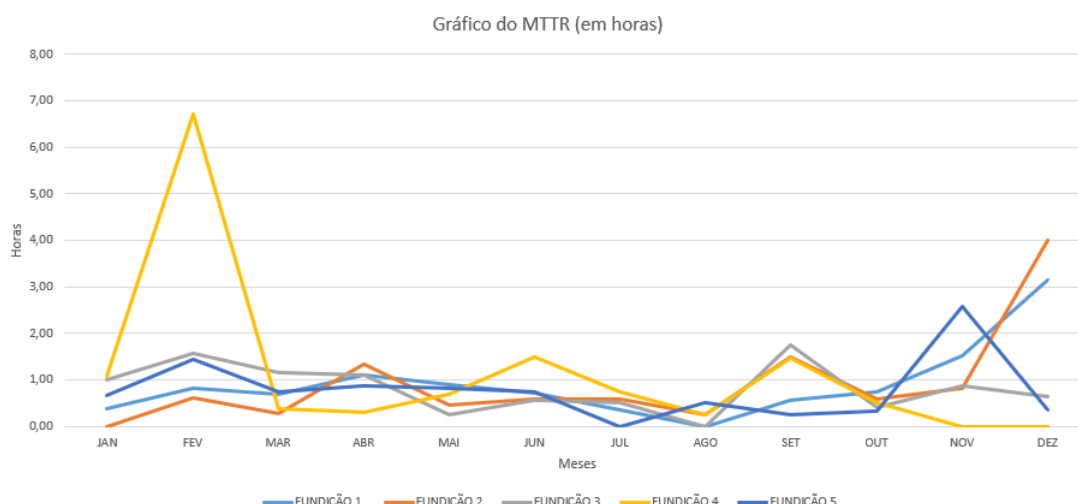


Figura 5.10: MTTR da Fundição

O MTTR representa o somatório do tempo de reparação dos equipamentos a cada falha, implicando diretamente no tempo total de equipamento parado. Nos dados apresentados na Tabela 5.7 e no gráfico da figura 5.10, exclui-se o tempo necessário para manutenções corretivas planeadas e preventivas, pois elas são programadas. Ou seja, a média do MTTR das 5 linhas de fundição é de 0,97 horas, sendo o pior mês o de fevereiro. Existem diversas hipóteses para explicar o MTTR, uma delas é a ocorrência de falhas catastróficas nos equipamentos, que causaram muito tempo para serem reparadas.

Este indicador é usado para analisar a eficiência dos trabalhos das equipas de manutenção corretiva e é de concluir através da tabela que a linha de Fundição 3 foi a que mais tempo necessitou para restabelecer o seu funcionamento. Já a linha de Fundição 2 foi a linha com o menor MTTR o que leva a concluir que as reparações corretivas foram estabilizando mas de notar que esta foi uma das linhas que trabalhou menos. Esta linha também foi a última a arrancar o que fez com que produzisse menos comparativamente às outras.

Relacionando os valores da média do MTBF e do MTTR, concluímos que a cada 56,3 horas temos uma avaria no setor da Fundição com a duração de 0,97 horas.

Tendo estes dados que nos caracterizam o tempo médio entre avarias e o tempo médio de reparação das mesmas conseguimos obter a disponibilidade das linhas de fundição. Como a disponibilidade física dos equipamentos depende do MTBF e do MTTR, esta passa a ser o principal objetivo da manutenção.

Na Tabela 5.8 e com a ajuda visual do gráfico da figura 5.11, observa-se que a disponibilidade não é estável, mas o valor é sempre acima de 95 %. O mês de dezembro ficou com 91,01 %, o pior valor do período analisado.

Tabela 5.8: Disponibilidade da Fundição

MÊS	Fundição 1	Fundição 2	Fundição 3	Fundição 4	Fundição 5	Total
Jan	99,10	0,00	99,70	99,04	99,38	99,31
Fev	99,18	99,13	97,94	91,17	98,11	97,09
Mar	97,33	99,65	99,13	99,81	98,52	98,89
Abr	93,54	99,02	98,38	99,67	99,36	97,99
Mai	95,21	98,93	99,84	98,88	99,29	98,46
Jun	95,50	99,33	99,16	99,06	99,30	98,61
Jul	99,43	99,48	98,49	98,66	0,00	99,21
Ago	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Set	95,94	99,11	96,88	96,04	99,46	97,45
Out	97,77	98,96	99,16	99,38	99,80	99,18
Nov	96,39	98,07	99,21	0,00	98,46	98,31
Dez	35,80	94,44	98,67	0,00	98,51	91,01
Total	96,13	99,02	98,84	98,11	99,13	98,31

O mês de janeiro, por sua vez, apresentou uma disponibilidade de 99,31%, o melhor valor de 2023 na fundição. Esta variação confirma a relação entre disponibilidade e MTBF, uma vez que as falhas são inesperadas. Porém, outro fator que pode afetar diretamente esta disponibilidade é o MTTR, pois, se as falhas demoram muito tempo para serem reparadas ou eliminadas, a disponibilidade do equipamento fica muito comprometida.

A média da disponibilidade das linhas de fundição da manutenção é de 98,82 %, ou seja a disponibilidade é alta.

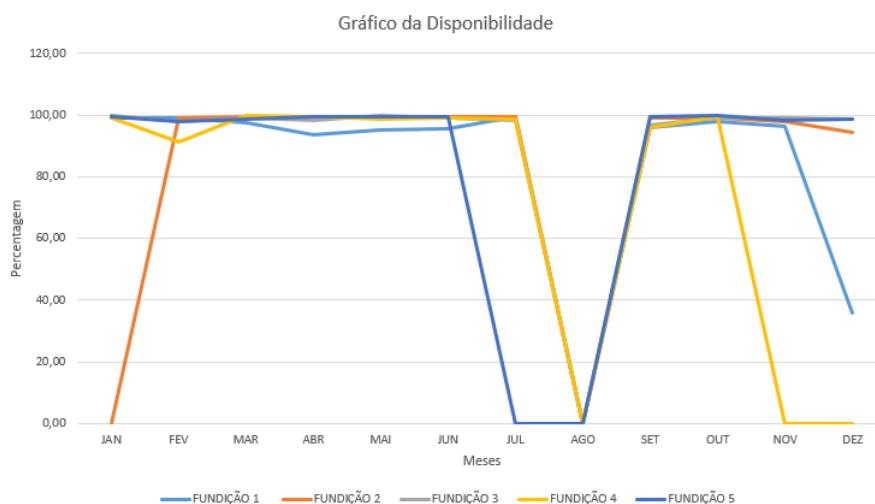


Figura 5.11: Disponibilidade da Fundição

5.3.3 Análise dos Modos de Falha e Identificação de Causas

No âmbito deste trabalho foi realizada uma avaliação de riscos ao Equipamento KWC recorrendo à metodologia de análise dos modos de falha e seus efeitos (FMECA). O

objetivo pretendido é obter uma informação clara de quais os modos de falha que requerem maior atenção e de que forma os Indicadores de Desempenho podem ajudar a minimizar estas situações que prejudicam o normal funcionamento do processo produtivo.

Foram então selecionados na localização do SAP, o conjunto KWC para as cinco linhas de fundição, conforme é possível ver na Figura 5.12, uma vez que são todas iguais diferindo apenas o ano de instalação, e depois exportado para uma tabela Excel. As avarias foram ordenadas por linhas de fundição (linha 1 à linha 5) para depois verificar as que eram mais recorrentes e as que tinham maiores tempos de paragens associadas.

Data da nota	Nota	Ordem	CenTrabRes	Descrição	Denominação do loc. instalação	Notificador	Criado por	StatUsuár.	Local de instalação
14.12.2023	2256979	22312598		No fim de fundir a sair latão pelo tubo	KWC 1 FORNO	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-FRN
06.02.2023	2234638	22289959		Manipulador descaiu dentro da cabine	KWC 1 MANIPULADOR	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN
17.02.2023	2235797	22291018		cilindro partido no manipulador 2	KWC 1 MANIPULADOR	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	
10.03.2023	2237436	22292623		O manipulador não sobe	KWC 1 MANIPULADOR	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	
23.03.2023	2238503	22293575		Coquilhas n mergulham de forma consta	KWC 1 MANIPULADOR	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
28.04.2023	2241274	22296230		Perda de automatico na cabine	KWC 1 MANIPULADOR	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	
28.04.2023	2241246	22296207		Coquilhas nao fecham	KWC 1 MANIPULADOR	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
02.05.2023	2241440	22296397		Manipulador 1 não entra para a cabine	KWC 1 MANIPULADOR	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	
09.05.2023	2241977	22296933		Manipulador1 não esta molhar no grafite	KWC 1 MANIPULADOR	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	
24.05.2023	2243197	22298156		Tubo partido	KWC 1 MANIPULADOR	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	
04.12.2023	2256394	22311760		Reduzir velocidade de fecho	KWC 1 MANIPULADOR	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
19.01.2023	2233119	22288463		Na vertical, as coquilhas nao fecham	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	PTOK	R-TO-P1-FN-FUN-L01-KWC-MAN-001
08.02.2023	2234855	22290149		Substituir sensor de fecho de coquilhas	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
17.02.2023	2235798	22291019		Fuga de óleo manipulador 1	MANIPULADOR 1	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	
03.03.2023	2236798	22292020		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
03.03.2023	2236860	22292072		Manipulador bateu nas portas da cabine	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
14.03.2023	2237713	22292862		cilindro sem amortecimento ao tubo	MANIPULADOR 1	R. CARDETAS	CARRIC01	PTOK	
22.03.2023	2238463	22293572		Coquilha lado Fixo não sobe	MANIPULADOR 1	PATRICK FAIM	CNTGME01	PTOK	
28.03.2023	2238832	22293872		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
29.03.2023	2238995	22293990		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
03.04.2023	2239281	22294348		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
12.04.2023	2239917	22294892		Fuga de óleo do lado da fixa	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
12.04.2023	2239915	22294891		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
14.04.2023	2240198	22295182		Chapa solta M1	MANIPULADOR 1	PEDRO SANCH	CNTGUF01	PTOK	
18.04.2023	2240421	22295404		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
18.04.2023	2240422	22295405		A coquilha nao está a fechar	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
20.04.2023	2240619	22295640		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
21.04.2023	2240699	22295692		2ª velocidade de descida muito lenta	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
24.04.2023	2240851	22295793		Nao pousa no tubo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
27.04.2023	2241105	22296061		fuga de óleo	MANIPULADOR 1	JORGE SILVA	CNTGME01	PTOK	
02.05.2023	2241348	22296329		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
04.05.2023	2241630	22296613		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
05.05.2023	2241727	22296710		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
22.05.2023	2242988	22297956		Fuga de óleo	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
01.06.2023	2243796	22298779		manipulador não fecha totalmente	MANIPULADOR 1	R. CARDETAS	CARRIC01	PTOK	
13.06.2023	2244652	22299587		Manipulador descaiu	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
20.06.2023	2245105	22300083		Substituir sensor de fecho das coquilhas	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
27.06.2023	2245712	22300641		Não fecha em manual	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
10.07.2023	2246706	22301476		Lado movel, qd mergulha bate na tina	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
13.07.2023	2246989	22301777		quando mergulha, bate no agitador	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
27.07.2023	2248037	22302794		Nao sobe	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
04.09.2023	2249584	22304780		err 192 Manipulador 1	MANIPULADOR 1	R. CARDETAS	CARRIC01	PTOK	
08.09.2023	2249991	22305169		Manipulador 1 parado	MANIPULADOR 1	PEIXINHA	CNTGUF01	OK	
15.09.2023	2250526	22305650		não sobe	MANIPULADOR 1	JORGE SILVA	CNTGME01	OK	

Figura 5.12: Listagem das Avarias da Fundição

Depois de segregar as avarias mais recorrentes e graves foi necessário perceber qual era o diagnóstico, quais é que tinham paragens mais elevadas, assumindo que a partir de 1 hora de paragem já é grave, e qual o passo preventivo para evitar que esta avaria volte a acontecer.

De acordo com a tabela 5.4, Horas de Paragens por Linha, verificou-se que a Linha 1 (Fundição 1(h)) foi de todas as que teve um maior tempo de paragem durante o ano, com um valor de 104,73 horas totais de paragem e isso aconteceu essencialmente nos meses de Março (10,58 h), Abril (17,56 h) , Maio (14,57 h), Junho (10,07 h) e Dezembro (28,25 h) para um valor total de horas de produção de 2704,5h. As avarias mais recorrentes nesta linha foram: fugas de óleo nos manipuladores ; manipuladores não efetuam os movimentos de abertura e fecho de coquilhas e problemas de fundição

causadas por desafinações ou velocidades de movimentos desajustadas. Uma situação esporádica que aconteceu no mês de Dezembro foi a obstrução das bobinas do forno 1, quando foi remodelado o sistema de refrigeração dos chillers, tendo sido afetada a bobina 2 e obrigando a parar o forno.

A linha 2 (Fundição 2(h)) é a linha que teve avarias com menor tempo de paragem, denominadas como micro paragens, que vão de 0,25h que é igual a 15 minutos até um máximo de 4 horas, como aconteceu no mês de Dezembro. Esta linha fez um total de horas parada num ano de 24,07 horas para uma produção de 2465,5 horas. Nesta linha, também se verificou que as fugas de óleo nos manipuladores são predominantes, assim como a substituição de certas peças que provocaram paragens e ainda avarias do forno como temperatura elevada e tampa NOK.

As avarias da linha 3 (Fundição 3(h)) têm um tempo de paragem superior a 5 horas num mês foram em Fevereiro, em que só em duas avarias foram fugas de óleo nos manipuladores, em Julho o valor de 5,06 horas são de micro paragens, ou seja, paragens com valores inferiores a 1h mas que afetam a produção devido às paragens constantes, e por fim em Setembro com um valor de 10,5 horas em que as avarias foram novamente de encontros às fugas de óleo no manipulador 1 e cabos danificados do robot que impediam movimentos da peça.

As avarias da linha 4 (Fundição 4(h)) foram fugas de óleo nos manipuladores e consequentes afinações após substituição de spare parts distribuídas pelos meses de 2023 acontecendo várias vezes por semana. No mês de Fevereiro, com um valor total de paragens de 26,83 h, devido essencialmente a avarias seguidas da torre dos manipuladores não rodar parando a linha. No mês de Setembro, após arranque de fábrica da paragem anual, houve avarias relacionadas com fugas de óleo, afinações e manipuladores e robot a descair contra a cabine de granalhar, obtendo uma paragem de 12,16h em 13,32h de paragem total do mês. Desde o mês de Novembro até à data de hoje a linha 4 continua parada por falta de pedidos de encomendas consideravelmente elevados, ajustando-se as outras linhas para as produções que se realizavam nesta.

A linha 5 (Fundição 5(h)) teve meses com paragens um pouco significativas em fevereiro, março e novembro, não ultrapassando as 6h de paragem num mês, paragens essas causadas por fugas de óleo nos manipuladores.

Através do SAP PM e dos e-mails de passagem de turno que cada responsável de turno envia para os elementos da equipa, foi possível compilar tabelas relativamente a cada linha com as paragens e avarias mais recorrentes. Com estas tabelas (Tabela 5.9 e Tabela 5.10) foi possível analisar quando as avarias aconteceram, as mais recorrentes, a sua resolução e delinear o que poderia ser feito para evitar que estas avarias no decorrer do ano de 2024 ou garantir que pelo menos não aconteçam tantas vezes.

Verificando e analisando com a ferramenta FMECA as tabelas relativas às Linhas de

Fundição conseguiu-se elaborar uma tabela das avarias mais recorrentes nas linhas e classificá-las de acordo com os critérios de Ocorrência, Severidade e Detecção/Falha, como podemos observar na Tabela 5.9.

Tabela 5.9: Tabela das Avarias mais Recorrentes nas Linhas - Retirada do Excel da Fiabilidade

Avarias da Fundição	Ocorrência (O)	Severidade (S)	Detecção (D)	Criticidade	NPR
Movimentos manipuladores (velocidades; afinações)	10	8	3	80	240
Tampas do forno NOK	8	9	2	72	144
Fuga de óleo nos manipuladores	10	4	3	40	120
Bobines de forno em alarme	6	8	2	54	96
Não funde	6	8	2	48	96
Robot parado	7	3	4	21	84
Movimentos de abertura e fecho de coquilhas NOK	6	6	2	36	72
Torre não roda	8	7	1	56	56
Forno em erro (Erro 192)	6	2	1	12	12

Depois de termos classificado todas as avarias críticas e de termos calculado o NPR, vão ser apresentadas algumas ações de melhoria para os itens críticos. O objetivo das ações de melhoria é reduzir o índice de ocorrência (O), de severidade (S) ou de deteção (D). Desta forma deve ser promovida a necessidade de implementar ações de melhoria, específicas, com resultados quantificáveis, recomendando ações para outras atividades e acompanhando todas as recomendações. Uma FMEA bem executada e bem desenvolvida não terá valor significativo sem que as ações corretivas sejam implementadas.

Para a classificação desta avaria que causam graves entraves na produção foram analisadas as avarias de forma individual e com o tempo de paragem associado, como é possível ver na Tabela 5.4. De destacar que apenas as três avarias com o NPR superior a 100- serão analisadas detalhadamente.

Tabela 5.10: Tabela de Avarias e Identificação de Causas nas Linhas de Fundição

Avárias da Fundição	Causas
Fuga de óleo nos manipuladores	Material hidráulico devido ao excesso de movimentos Excesso de temperatura aquando do aquecimento das coquilhas derretem o material Reparações dos cilindros hidráulicos é feita internamente, logo tem menos tempo de vida útil Material hidráulico danificado
Movimentos de abertura e fecho de coquilhas NOK	Parâmetros alterados pela produção Material hidráulico danificado devido ao excesso de movimentos Sensores danificados ou sujos Sensores de posição danificados
Torre não roda	Material danificado Parâmetros de velocidades alterados Módulo de comunicação em erro Cabo de sinais danificados
Não funde	Excesso de temperatura Os manipuladores não estão centrados com o tubo de injeção Excesso de escória Tampa do forno com a junta danificada Membrana da válvula de segurança danificada Sensor de fundir danificado
Tampas do forno NOK	Tampa dos fornos com a junta danificada Vazamentos em latão
Movimentos manipuladores (velocidades; afinações)	Alteração de parâmetros nas velocidades dos manipuladores Sensores danificados ou sujos Material mecânico ou elétrico danificado
Forno em erro (Erro 192)	Módulo de comunicação em erro Material elétrico danificado
Robot parado	Velocidades desajustados Perdeu o programa Motor danificado Consola danificada Cabos danificados ou sujos com pó de latão ou derretido por excesso de temperatura
Bobines de forno em alarme	Falha de água no circuito Falta de limpeza no circuito provoca depósitos de material

Tendo em consideração os modos de falha classificados como "Inaceitáveis"/Graves no presente estudo, existe a necessidade de realizar uma análise mais detalhada e profunda dos mesmos.

Com um valor de NPR de 240, a falha "Movimentos dos manipuladores (afinações e velocidades)" é a avaria que mais entropia causa nos períodos de produção e as suas causas devem-se essencialmente à alteração dos parâmetros nas velocidades dos manipuladores aquando às trocas de modelo das linhas ou quando a produção acha que o processo não corre como devia; devido à existência de material elétrico ou mecânico danificado, o que faz com que os manipuladores façam os movimentos à velocidade prevista afetando assim o funcionamento do equipamento. Estes equipamentos já registam alguma idade o que faz com que seja difícil a substituição das suas peças, além de que também trabalham a uma temperatura elevada durante um período de 16 horas o que causa desgaste podendo provocar algum acidente de trabalho caso não esteja a funcionar a 100%.

Quando os responsáveis são avisados deste tipo de avaria, a intervenção é imediata porque é necessário colocar o manipulador em posição de segurança para se poder intervir. As avarias mais complicadas neste equipamento correspondem às avarias relacionadas com a componente elétrica pois a substituição de peças é a mais difícil. Face a este fator, a explicação para as grandes paragens nestes equipamentos (manipuladores) é a difícil resolução. Estas paragens condicionam a linha pois o robot não consegue pegar ou colocar as peças no sítio correto.

O segundo modo de falha que mais condiciona com um valor de NPR igual a 144 são as tampas dos fornos que não se encontram em condições. Estas tampas têm uma função importante no momento de fundição, o que torna imperativo estar devidamente disponível em boas condições. Para isso é importante que quando a tampa saia do forno e após estar devidamente fria, seja limpa e que as peças destas, como as juntas que vedam a tampa e todos os furos existentes nela seja nova, o tubo de fundição seja substituído por um retificado ou novo e que todos os parafusos que apertam no forno também sejam novos. Deste modo vamos garantir a segurança dos operadores dos fornos e a dos técnicos sempre que sejam chamados ao forno em caso de avaria. A troca dos diversos elementos da tampa é de extrema importância pois o funcionamento do forno é contínuo e, por vezes atinge elevadas temperaturas no momento em que derrete o latão ou se encontra a fundir.

Quando é ultrapassado o tempo útil de vida dos elementos substituíveis, a probabilidade de haver uma junta ou uma sonda de temperatura é elevada e isso pode causar acidentes de trabalho, além de não se reunirem as condições necessárias ao processo de fundição. Esta avaria é essencialmente detetada pelos operadores dos fornos, pois são eles que operam exclusivamente o forno, o que torna crucial a permanência fixa do operador no sítio, o que nem sempre é possível. A situação mais perigosa relacionada

com as tampas não conformes são os vazamentos de latão que só são detetados quando já existe bastante material (latão) na tampa do forno, colocando em perigo o processo mas também as pessoas, pois estabilizar um forno com elevada temperatura e material a sair sem forma de o conter devido à temperatura.

A terceira avaria com o valor de NPR mais elevado e a que ocorre com mais frequência no contexto fabril é a fuga de óleo nos manipuladores. Este tipo de situação é a mais frequente devido à excessiva utilização que os manipuladores sofrem desde o início de turno. Estas avarias são causadas essencialmente pelo excesso de gasto de material, seja ele hidráulico ou mecânico; pelo excesso de temperatura aquando do aquecimento das coquilhas que causam o derretimento do material e o desgaste ou a fratura de componentes dos cilindros hidráulicos e dos próprios cilindros. Por norma, este tipo de avaria é detetado pelo/a operador/a que se encontra na linha aquando do carregamento dos machos de areia nas coquilhas ou durante os movimentos de rotação dos manipuladores.

Estas fugas podem causar micro paragens de 5 a 15 minutos em que a resolução passa por apertar anilhas de vedação ou causa paragens superiores a 1 hora em que é necessário trocar mangueiras de óleo, cilindros e outros materiais derivados da componente hidráulica.

5.3.4 Ações de Melhoria

Após a realização da análise FMEA ao equipamento de fundição é possível obter uma informação clara de quais os modos de falha que requerem maior atenção para posteriormente se proceder à realização de ações de melhoria, que têm como objetivo a diminuição do risco associado a cada uma das falhas.

É importante salientar que as ações recomendadas encontradas foram escolhidas para este objeto de estudo com base no conhecimento teórico e prático dos intervenientes deste trabalho.

Juntamente com a colaboração do Kaizen, no início da implementação do nível 3, que consiste na uniformização de certas tarefas através da formação contínua dos colaboradores foi possível criar rotinas de confirmação e de resolução mais rápida das avarias mais recorrentes na fábrica através de Normas de Trabalho.

Uma das normas criadas nesse plano de uniformização de tarefas repetitivas foi a "Verificação de fugas no KWC", devido à quantidade de vezes que isso acontece, independentemente da linha. Nesta norma podemos verificar todo o procedimento para identificar uma fuga e todo o processo que implica a resolução. Ou seja, no template que se encontra nas figuras abaixo (Figuras 5.13 e 5.14), está a informação necessária para verificações e após a identificação da fuga, temos o passo a passo para a resolver. Foram colocadas fotografias e pontos chave para tornar a norma mais objetiva e

clara para que um colaborador que esteja a fazer este procedimento pela primeira vez, consiga ser independente e autónomo.

Esta norma que se encontra completa no Anexo A, tem como objetivo a resolução da avaria mais frequente da fundição que são as Fugas de Óleo nos Manipuladores. O procedimento consiste na explicação dos passos-a-passos para verificar se existe uma fuga nos manipuladores e, caso haja uma fuga quais os primeiros sítios que devem ser verificados e o que fazer para resolver a avaria. Desta maneira, qualquer técnico de manutenção tem acesso à informação e, passo-a-passo para resolver a avaria independentemente do seu grau de autonomia.

	Tarefa	Porquê?	Foto
1	Verificar no primeiro manipulador a existência de fugas nas tubagens e nos blocos das válvulas	É normalmente o local mais visível e frequente das fugas	
2	Ligar a hidráulica e voltar a verificar fugas nas tubagens e blocos das válvulas	Para criar pressão no circuito hidráulico e facilitar a deteção da origem da fuga	
3	Em manual, realizar todos os movimentos do manipulador e verificar válvulas e fugas pelos veios dos cilindros: 1. Elevação 2. Imersão Fixo 3. Expulsor Fixo 4. Girar (horizontal vertical) 5. Abertura e Fecho de Coquilha 6. Imersão Móvel 7. Expulsor Móvel	De modo a garantir que qualquer movimento do manipulador está sem fuga	
4	Rodar a torre e repetir os passos 1-3	É necessário repetir o processo para os dois manipuladores	

FOTO NOK



Fuga pelo acessório da mangueira



Fuga pelo veio do cilindro



Fuga pela válvula

Figura 5.13: Instrução de Trabalho para Resolução das Fugas

EM CASO DE FUGA		
VÁLVULA	- Válvula 1. Reapertar a válvula 2. Caso não funcione, retirar bloco de válvulas e substituir o Oring e voltar a colocar	
TUBAGENS	- Tubagens 1. Reapertar os acessórios 2. Trocar mangueiras	
CILINDRO	- Cilindro 1. Reapertar os acessórios - Veio do cilindro 1. Retirar cilindro e reparar em bancada	
Caso não fique resolvido com as instruções indicadas acima, escalar ao Responsável de Turno para evitar a resolução demorada dos problemas		

Figura 5.14: Instrução de Trabalho para Resolução das Fugas

Outra tarefa recorrente que os técnicos de manutenção fazem diariamente ou semanalmente que foi alvo de normalização foi o processo de reparação das tampas dos fornos que não se encontram devidamente. Diariamente, o turno da noite como tarefa preventiva tem a limpeza do forno das cinco linhas. Essa limpeza consiste em abrir o forno, retirar a tampa grande para limpar a escoria que se encontra dentro e verificar o estado em que se encontra a tampa. Regra geral, após a limpeza é efetuada a troca da tampa por uma reparada se houver uma disponível ou reparar a que se retirou.

A norma relativamente à Reparação da Tampa do Forno que se encontra no Anexo A é um procedimento em que é explicada toda a troca de material desde o interior ao exterior da tampa e o porquê de o fazer. A colação de fotografias nos procedimentos é a via que a Manutenção arranjou para ser mais direta e fácil de entender e realizar.

Em consequência destas Normas relativas ao funcionamento do Forno de Fundição e da Reparação da Tampa Grande do Forno foram feitos outros procedimentos para o restante material que é usado no processo de fundição. Consultando os documentos do Anexo A encontramos os seguintes procedimentos adicionais:

1. Reparação da Tampa de Alimentação do Forno
2. Reparação das Coroas do Forno
3. Manutenção do Forno

Para agilizar a resolução de algumas das avarias e otimizar processos foram então criadas estas normas com o passo a passo para proceder à troca dos elementos estragados e para formar todos os técnicos permitindo que as reparações sejam feitas por qualquer outro elemento.

5.4 Setor do Mecanizado

5.4.1 Caracterização dos Equipamentos

O processo de mecanização é feito numa máquina CNC chamada Triflex, como podemos ver na Figura 5.15, que trabalha com um robot colaborativo, que contém um tambor rotativo que transporta a torneira pelas 3 ou 4 estações, dependendo da linha que falamos, com 3 módulos de eixos independentes (eixo X, Y e Z) em que vai ser maquinada. Cada estação tem uma função diferente, e os revolveres de cada estação podem levar entre 6 a 8 ferramentas o que permite a troca de ferramentas durante um ciclo, permitindo assim fazer desbaste, roscas interiores na peça e furação para os canais de água.



Figura 5.15: Interior de uma Triflex

Esta máquina é abastecida por um robot que retira a peça da paleta, onde se encontram as peças vindas da cabine de corte, que foi transportada da fundição para o mecanizado através de uma passadeira. Como é característico destas máquina, a estação de carga pode ser carregada com uma ou com duas peças dependendo do molde que se encontra em produção, obtendo assim ciclos de maquinação extremamente curtos produzindo um grande volume de peças e a um custo muito pequeno. Podemos ainda acrescentar que além desta vantagem, esta máquina CNC aquando da troca de ferramentas no ciclo de mecanização, ela ajusta a rotação do revolver compensando nas várias fases. Na figura 5.16 podemos observar o interior da máquina assim como as suas estações de mecanização.

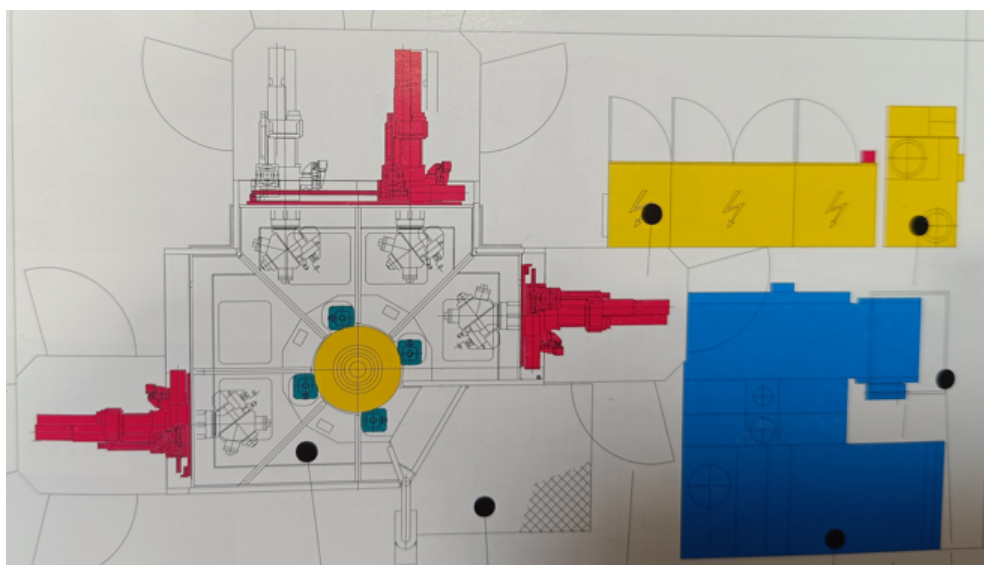


Figura 5.16: Interior de uma Triflex com 4 estações - Retirada do Manual da máquina da Witz and Frank

5.4.2 Indicadores de Desempenho do Mecanizado

Assim como foi feito para o Setor da Fundição vai ser replicado o método para o Setor do Mecanizado. Através das Tabelas 5.11 e da Tabela 5.12, conseguimos ver as horas das paragens do equipamento do Mecanizado por linha e as suas paragens totais.

Tabela 5.11: Horas das Avarias do Mecanizado

Mês	Mecanizado 1	Mecanizado 2	Mecanizado 3	Mecanizado 4	Mecanizado 5	Total
Jan	1,5	0	75	4,75	8,75	90
Fev	1,75	10,08	33	6,75	11,5	63,08
Mar	0,25	4,25	9,83	32,25	45,66	92,24
Abr	14,15	138,99	120,36	54,88	130,63	459,01
Mai	8,25	10,83	12	3,4	20,75	55,23
Jun	0,25	0,33	20,83	7	21,91	50,32
Jul	0	1,5	3,32	0,75	8,15	13,72
Ago	0	0	0,25	5,5	53	58,75
Set	0,33	63,08	27,82	22,49	1,5	115,22
Out	1,66	16,75	8,9	13,49	14,75	55,55
Nov	1	44,25	24,41	0	9,57	79,23
Dez	0	0	0	0	0,75	0,75
Total	29,14	290,06	335,72	151,26	326,92	1133,1

Tabela 5.12: Número de Avarias do Mecanizado

Mês	Mecanizado 1	Mecanizado 2	Mecanizado 3	Mecanizado 4	Mecanizado 5	Total
Jan	2	0	10	7	9	28
Fev	1	7	11	6	7	32
Mar	1	6	9	10	14	40
Abr	4	3	6	3	1	17
Mai	3	7	6	6	2	24
Jun	1	1	7	6	11	26
Jul	0	2	9	2	11	24
Ago	0	0	1	3	6	10
Set	2	10	10	19	3	44
Out	3	5	8	26	10	52
Nov	2	13	16	0	14	45
Dez	0	0	0	0	2	2
Total	19	54	93	88	90	344

Com os dados reportados pelo Setor da Manutenção, como foi para o setor da Fundição o tratamento das falhas e o controlo da frequência das avarias nas 5 linhas de Mecanizado é feito. Para obter esses resultados, utilizamos o MTBF (Mean Time Between Failures), que permite verificar o tempo médio durante o qual ocorre uma falha na linha do Mecanizado. Essa medição de tempo é calculada pela fórmula 3.2, na qual o tempo total de falhas ocorridas é retirado do tempo de produção e dividido pelo número de avarias existentes durante este mês.

Tabela 5.13: MTBF do Mecanizado (em horas)

Mês	Mecanizado 1	Mecanizado 2	Mecanizado 3	Mecanizado 4	Mecanizado 5	Total
Jan	151,25	0,00	26,30	47,61	36,36	43,79
Fev	302,25	39,70	24,64	49,54	41,79	45,03
Mar	396,25	65,54	43,35	36,78	25,31	47,54
Abr	64,46	44,34	25,27	72,37	141,37	53,00
Mai	98,58	41,88	48,67	50,10	165,63	63,03
Jun	223,75	263,67	33,67	52,17	27,10	51,31
Jul	0,00	159,25	36,96	167,63	29,80	68,10
Ago	0,00	0,00	143,75	41,83	2,75	34,98
Set	83,84	5,69	30,82	16,50	106,17	26,47
Out	55,45	30,25	40,89	12,40	32,13	24,78
Nov	83,50	9,52	19,47	0,00	23,32	20,82
Dez	0,00	0,00	0,00	0,00	71,63	215,63
Total	142,28	39,17	34,09	33,34	35,54	41,05

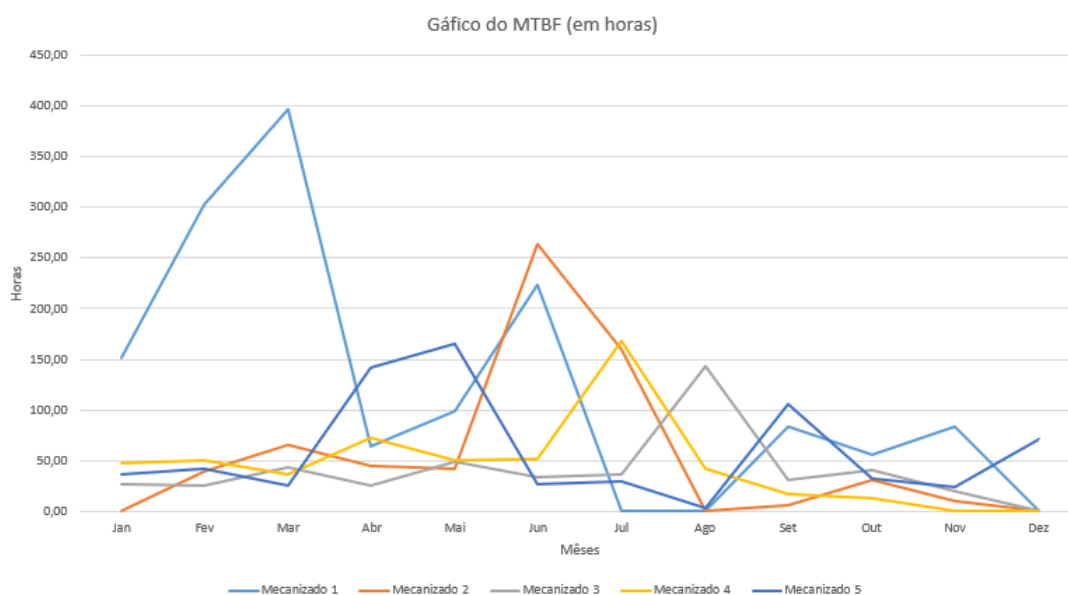


Figura 5.17: MTBF do Mecanizado

Através da Tabela 5.13 e no gráfico da Figura 5.17, observamos que o MTBF não tem um valor constante, assim como também acontece no setor da Fundição. Os valores de maior MTBF foram nos meses de Dezembro, com o valor de 215,6 horas, quando só estavam 2 linhas a funcionar e no mês de Julho, com o valor de 68,10 horas, mês antes da paragem anual. O tempo médio entre falhas foi de 41,05 horas. Este grande desvio padrão indica que as linhas de mecanizado têm avarias muito inesperadas e de resolução complicada, o que torna difícil arranjar estratégias para evitar as situações.

Como podemos observar na Tabela 5.13, a linha de Mecanizado 1 é a linha com o MTBF mais elevado relativamente às outras, com um valor de 142,28 horas o que indica que o número de intervenções corretivas é mais pequeno. Embora a linha 1 do Mecanizado tenha somente 2732,5 horas de produção, a segunda linha com menos produção, os meses de Janeiro a Junho foram os que tiveram o tempo médio entre falhas maior. Esta linha foi uma das que passou a meio turno depois da Paragem Anual em Agosto. Em contrapartida a linha que tem o MTBF mais baixo é a linha de Mecanizado 3, com um valor de 33,34 horas. Observamos que a linha teve 335,72 horas em avaria para 93 avarias no total (Tabela 5.12).

Sabendo que existem estas paragens na linha devido a avarias, necessitamos saber o tempo médio que a manutenção demora a resolver o problema e, nesse sentido, calculamos o MTTR (Mean Time To Repair) que é o tempo médio de resolução da avaria.

Tabela 5.14: MTTR do Mecanizado (em horas)

MÊS	Mecanizado 1	Mecanizado 2	Mecanizado 3	Mecanizado 4	Mecanizado 5	Total
Jan	0,750	0,000	7,500	0,679	0,972	3,214
Fev	1,750	1,440	3,000	1,125	1,643	1,971
Mar	0,250	0,708	1,092	3,225	3,261	2,306
Abr	3,538	46,330	20,060	18,293	130,630	27,001
Mai	2,750	1,547	2,000	0,567	10,375	2,301
Jun	0,250	0,330	2,976	1,167	1,992	1,935
Jul	0,000	0,750	0,369	0,375	0,741	0,572
Ago	0,000	0,000	0,250	1,833	8,833	5,875
Set	0,165	6,308	2,782	1,184	0,500	2,619
Out	0,553	3,350	1,113	0,519	1,475	1,068
Nov	0,500	3,404	1,526	0,000	0,684	1,761
Dez	0,000	0,000	0,000	0,000	0,375	0,375
Total	1,534	5,371	3,610	1,719	3,632	3,294

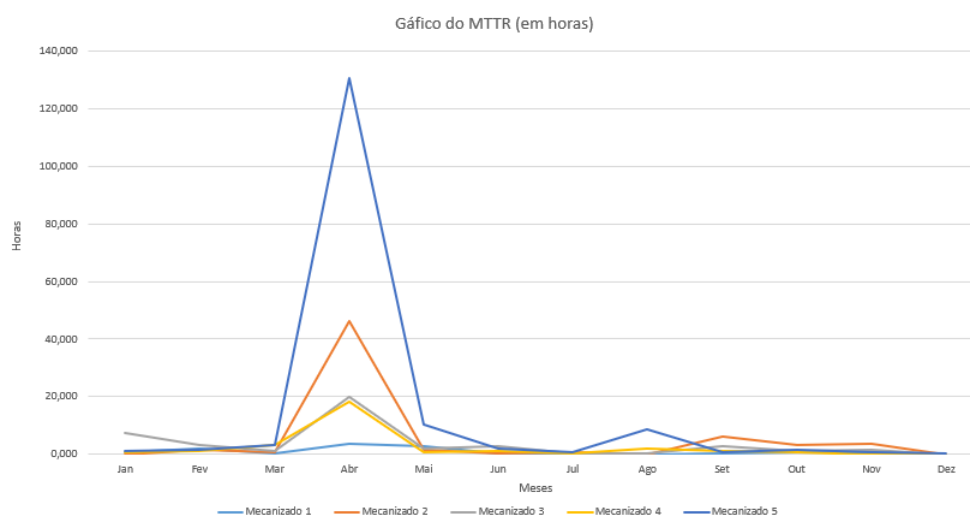


Figura 5.18: MTTR do Mecanizado

Nos dados apresentados na Tabela 5.14 e no gráfico da Figura 5.18 retiramos que a média do MTTR das 5 linhas de mecanizado ficou em 3,294 horas, sendo o pior mês o de Abril com um valor de 27,001 horas. Neste mês na Triflex 3 houve um problema mecânico que levou a máquina a parar durante vários dias. Já a linha de Fundição 2 foi a linha com o menor MTTR o que leva a concluir que as reparações corretivas foram estabilizando. Esta linha também foi a última a arrancar o que fez com que produzisse menos comparativamente às outras como podemos ver na Tabela 5.3.

Tendo estes dados que nos caracterizam o tempo médio entre avarias e o tempo médio de reparação das mesmas, conseguimos obter a disponibilidade das linhas de fundição.

Tabela 5.15: Disponibilidade do Mecanizado

MÊS	Mecanizado 1	Mecanizado 2	Mecanizado 3	Mecanizado 4	Mecanizado 5	Total
Jan	99,51	0,00	77,81	98,59	97,40	93,16
Fev	99,42	96,50	89,14	97,78	96,22	95,81
Mar	99,94	98,93	97,54	91,94	88,59	95,37
Abr	94,80	48,90	55,75	79,82	51,97	66,25
Mai	97,29	96,44	96,05	98,88	94,11	96,48
Jun	99,89	99,88	91,88	97,81	93,15	96,37
Jul	0,00	99,53	99,01	99,78	97,57	99,17
Ago	0,00	0,00	99,83	95,80	23,74	85,62
Set	99,80	47,43	91,72	93,31	99,53	91,00
Out	99,01	90,03	97,35	95,99	95,61	95,87
Nov	99,40	73,66	92,74	0,00	97,15	92,20
Dez	0,00	0,00	0,00	0,00	99,48	99,83
Total	98,93	87,94	90,43	95,10	90,73	92,57

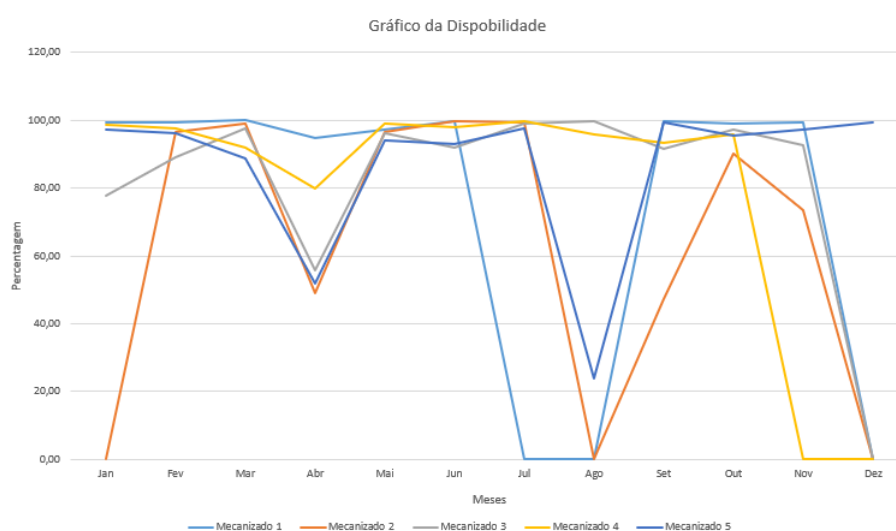


Figura 5.19: Disponibilidade do Mecanizado

Na Tabela 5.15 e no gráfico da Figura 5.19 observa-se que a disponibilidade não é estável, mas o valor é sempre acima de 85 %. O mês de abril ficou com 66,25 %, o pior valor do período analisado. O mês de julho, por sua vez, apresentou uma disponibilidade de 99,17 % o melhor valor de 2023 no mecanizado. Esta variação confirma a relação entre disponibilidade e MTBF, uma vez que as falhas são inesperadas. Porém outro fator que pode afetar diretamente esta disponibilidade é o MTTR, pois, se as falhas demoram muito tempo para serem reparadas ou eliminadas, a disponibilidade do equipamento fica muito comprometida.

A média da disponibilidade das linhas de mecanizado da manutenção é de 92,57, ou seja a disponibilidade é médio-alta.

5.4.3 Análise dos Modos de Falha e Identificação de Causas

Assim como foi feito para os equipamentos da Fundição, voltamos a repetir o processo de extração de dados do SAP para o conjunto Triflex - máquina e robot, para as cinco linhas de mecanizado. Através do "Excel da Fiabilidade", seleccionamos as avarias acima de 1 hora, visto a média de tempo de reparação na fábrica ser de 45 min e depois é iniciada a verificação de quais foram as avarias, onde foram, a sua causa e respetiva resolução.

Verificando e analisando com a ferramenta FMECA as tabelas relativas às Linhas de Mecanizado que foram classificadas segundo os critérios de Ocorrência, Severidade e Detecção/Falha, como podemos observar na Tabela 5.16.

Tabela 5.16: Tabela das Avarias mais Recorrentes nas Linhas do Mecanizado

Avarias do Mecanizado	Ocorrência (O)	Severidade (S)	Detecção (D)	Criticidade	NPR
Revolver em erro	8	9	5	72	360
Erro de Monitorização de Perfil	8	8	4	64	256
Erro de Monitorização da Parada	8	8	4	64	256
Robot a parar	8	7	4	56	224
Tambor não roda	6	7	5	42	210
Erro de Lubrificação	5	4	3	20	60

Após a realização da análise FMECA ao equipamento do mecanizado é possível obter uma informação clara de quais os modos de falha que requerem maior atenção para posteriormente se proceder à realização de ações de melhoria, que têm como objetivo a diminuição do risco associado a cada uma das falhas.

Visto as paragens desta máquina serem bastante elevadas e para uma maior análise, vamos dividir as avarias do conjunto triflex em máquina e robot de abastecimento. Esta divisão vai permitir perceber melhor o mecanismo porque estas máquinas encontram-se consideradas obsoletas devido à sua idade e falta de componentes para retrofitting.

Tabela 5.17: Tabela de Avarias e Identificação de Causas nas Linhas de Mecanizado

Avárias da Fundição	Causas
Revolver em erro	Após cortes de energia, erro de revolver na estação 3.2 e erro no B2, foi afinado No acoplamento do revolver da estação 4.2, erro de pressão. Foi ajustado o set point Revolvers das estações 2.2 e 4.1 em erro, foram feitas as calibrações dos encoders dos revolvers. A máquina bloqueou várias vezes e teve de ser desligada. Revolver da estação 4.1 em erro, foi ajustado o zero do revolver da estação 4.1.
Erro de Monitorização de Perfil	Erro de B2, foi posicionada a mordaca com outro ângulo Erro do Eixo X (estação 3.2), foi limpa a régua Erro X5, foram invertidas as cartas da 3.2 com 4.2. Ajustou-se os zeros do B1 e B4 Erro do X7, foi referenciada a máquina e foram minimizados os posicionamentos da deslocação do eixo X Erro Z3, foi desligada a máquina e foi feita a permuta de motores entre as estações 2.2 e 3.2
Erro de Monitorização da Parada	Erro de B1, foram afinados todos os valores dos B's Erro de B3, foi feita a permuta dos conjuntos motores e encode's e afinados os valores Erro B1, a máquina dá erro aleatoriamente de B1 quando o tambor desacopla para rodar, foi posicionado o tambor e referenciada a máquina Erro B3, Não desacoplava e depois não referenciava. Verificou-se que a CAM de referência do Z5 estava desajustada, foi ajustada.
Robot a parar	Parou algumas vezes sem dar erro, reiniciava-se o robot e ficava a trabalhar, não foi possível detetar o problema Falta de sinal de peça na pinça 2, foi reparado o cabo do sensor Robot não entra na triflex, espera de autorização da triflex, foram trocadas as cartas do robot entrada e saídas, verificados sinais e a autorização dada da triflex para o robot Afinado o robot a entregar a peça na triflex Ficha de sinais da pinça do robot com óleo e solta
Tambor não roda	O valor do zero não é constante. Foi retirado o motor para ir calibrar o encodar Tambor mal posicionado, não rodava, o problema era no B4, foi afinado Tambor não rodava e não dava erro. Encontrava-se ativa a função "Habilitação do ajuste do tambor". Foi feito o procedimento para desativar a função
Erro de Lubrificação	Foi trocada a válvula de anti retorno, mas ficou na mesma, foi aplicar uma bomba nova Foi detetada uma fuga grande na parte traseira do mandril 2 Fuga de óleo no cilindro da porta interna estação 4.2 e carga. Foi substituído cilindro por reparado Nível de óleo demasiado baixo. Cilindro do B4 com grande fuga. Foi substituído o cilindro e reabastecido o óleo

Iniciando pelas avarias relativas ao Robot Triflex e tendo em consideração a Tabela 5.17, as avarias que foram descritas devem-se essencialmente ao estado precário dos robots que requerem investimento em peças como, por exemplo: cabos dos eixos; baterias das placas que guardam os valores dos eixos e consolas. Na nossa base de avarias, todas as vezes que o robot parou foi devido ao facto de entrar em erro devido a falhas de comunicação entre a máquina em que se teve de proceder à troca de cartas de entradas e saídas de sinais; uma outra situação muito recorrente deve-se ao facto de o robot deixar cair peças durante os movimentos de verificação e carregamento da máquina, sendo necessário afinar muitas vezes as linhas de programa e substituir os sensores de posição que detetam a peça.

O facto de existir tantas calibrações/ajustes é o resultado precário dos robots, e a solução este problema passaria por investir na sua troca ou comprar peças novas. Deste modo existiria a possibilidade de fazer um retrofiting às pinças ou comprar umas novas, uma vez que as que se encontram em utilização já estão muito gastas assim como a sua estrutura e os seus componentes que apresentam folgas. Outra situação são as inúmeras afinações de velocidade que são efetuadas para diminuir as paragens devido ao facto dos motores dos eixos do robot não estarem nas melhores condições e pararem por excesso de torque em alguns movimentos.

As avarias/erros da máquina - Triflex que estão descritas na Tabela 5.17 e classificadas na Tabela 5.16 estão relacionados com o equipamento e com a falta de atualização da própria máquina, sistemas desatualizados e que já não existem no mercado nem são fabricados. Estes erros são avarias elétricas, ou seja, há uma falha no programa de mecanização o que leva a gerar mais problemas elétricos e, por vezes problemas mecânicos.

A resolução destas avarias é sempre complexa de resolver porque, embora haja um procedimento de referenciarão após erros fornecido pela marca da máquina e atualizados pelos técnicos que foram passando pela empresa e que aprenderam a lidar com a máquina, muitas vezes a resolução é feita através da troca de motores e cartas de comando e potência entre estações para despiste, ou então quando se verifica que não estão boas proceder à sua substituição.

Tendo em consideração aos modos de falha classificados como "Inaceitáveis"/Graves no presente estudo, existe a necessidade de realizar uma análise mais detalhada e profunda dos mesmos.

Como podemos observar os valores de NPR da tabela das avarias do mecanizado (tabela 6.11) são todos elevados, isso deve-se essencialmente ao facto da máquina ter idade e não ter nenhuma atualização desde que a marca anunciou a descontinuidade.

Quando estas avarias acontecem, primeiramente os técnicos tentam identificar o erro e em que estação de mecanização acontece e procede-se aos procedimentos de referência que a marca entregou nos manuais aquando da instalação das máquinas. Caso a máquina continue nessa situação desliga-se a máquina para ela poder fazer o reset e depois de ser ligada volta-se a fazer os procedimentos de referência. Quando nenhum destes passos resulte os técnicos de manutenção procedem à permuta de cartas de potência e sinais para perceber se o erro está em alguma carta ou se muda de estação de mecanização. Caso isso aconteça, o erro passar com a mudança de carta de potência ou sinais, verificamos se temos alguma reparada em armazém para proceder à substituição.

5.4.4 Ações de Melhoria

Face ao que foi descrito é de concluir que para este tipo de máquina não há muito a fazer pois a solução permanente seria proceder à sua total substituição, mas para isso o Grupo Roca teria que investir um grande valor. Uma medida preventiva que o Grupo tem feito é alocado no Budget anual uma verba para investimentos em peças e motores que prolonguem a vida útil dos equipamentos através da sua compra e substituição.

Outra alternativa mais sustentável seria investir na formação dos técnicos de Manutenção, através da tentativa de normalização de avarias e procedimentos básicos. Deste modo, teria de ser uma formação dada pelos técnicos da marca das Triflex's em conjunto com a marca do Software do Controlo Numérico Computorizado (CNC).

Uma medida preventiva que tem sido tomada é a reposição de peças originais da máquina com garantia seja através da Siemens quando é sobre a componente elétrica ou através da compra de peças recondicionadas ou serviços de recondicionamento das nossas peças quando necessitamos. Outra ação desenvolvida são os serviços de manutenção de pressão e calibração das bexigas das máquinas para minimizar as oscilações do Controlo Número uma vez que estes equipamentos/componentes tem muitos acionamentos hidráulicos.

Fora esta conjuntura de problemas, durante a intervenção do Kaizen foi realizado um procedimento para a avaria que seria possível standardizar: Erro de Lubrificação. Neste procedimento, conforme podemos observar na Figura 5.20, é explicado o passo a passo de abastecimento/reabastecimento dos níveis de óleo. É importante os níveis de óleo estarem dentro dos parâmetros para a máquina não entrar em erro por falta de lubrificação, podendo assim estragar material mecânico e até mesmo elétrico.

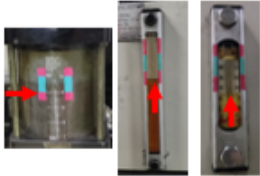
ROCA GROUP

VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DAS TRIFLEX'S



RESPONSÁVEL

ÚLTIMA ATUALIZAÇÃO

	Tarefa	Porquê?	Foto
2	Verificar os níveis de óleo	Para verificar se é necessário abastecer a máquina e possíveis perdas	

SE OS NÍVEIS DE ÓLEO ESTIVEREM BAIXOS

	Tarefa	Porquê?	Foto
2.1	Colocar óleo 68 (óleo de lubrificação)	Para diminuir o atrito dos veios	
2.2	Colocar óleo HL10 (óleo pneumático)	Para lubrificar todos os componentes pneumáticos	
2.3	Colocar óleo HV46 (óleo hidráulico)	Para alimentar a bomba do sistema hidráulico Nota: Especial atenção ao consumo deste óleo, porque se consumir demasiado em pouco tempo temos uma fuga na máquina	

Figura 5.20: Procedimento dos Níveis de Óleo

6 CONCLUSÃO

O principal objetivo deste relatório de mestrado foi analisar a fiabilidade dos equipamentos dos setores de Fundição e Mecanizado, vistos como críticos. Isso envolveu a execução de uma análise de modos, efeitos e criticidade de falhas, além da identificação e análise das metodologias de monitorização desses equipamentos com o objetivo de aumentar a fiabilidade e a sua vida útil.

O estudo começou com uma etapa de familiarização com o processo produtivo e os equipamentos em análise, compreendendo a sua estrutura e princípios de funcionamento. Além disso, realizou-se uma análise das técnicas de manutenção implementadas nos equipamentos, analisando as suas rotinas de manutenção. Isso possibilitou a identificação de falhas e, posteriormente, a resolução delas.

A utilização da metodologia FMECA revelou-se crucial para aprimorar a fiabilidade dos equipamentos, como foi evidenciado nos Setores da Fundição e do Mecanizado analisados neste estudo. Foi importante utilizar o registo histórico fornecido pelo SAP PM para identificar quais as avarias mais frequentes e que causavam mais perdas de horas de produção. Apesar de não ter sido possível obter o histórico completo de falhas desde o começo da fábrica, uma vez que isso seria um benefício significativo para a FMECA.

Para implementar a FMECA, foi preciso analisar os pormenores técnicos do Processo de Fundição e Mecanizado e separá-los em sistemas. Depois de identificar os modos de falha, foi preciso quantificar os índices de ocorrência "O", severidade "S" e detetabilidade "D". Em seguida, o número prioritário de risco RPN foi ordenado em ordem decrescente e os itens com maior valor de RPN foram analisados.

Esta análise consistiu em analisar os modos de falha que neste caso foram identificados 9 modos de falha das avarias mais recorrentes nas linhas da Fundição. Foram escolhidas para estudo aprofundado os modos com NPR superior ou igual a 100, e resultou o estudo de 3 modos de falhas bastante críticos. Para o setor do Mecanizado, como é um setor especial foi feita uma explicação mais geral visto que os modos considerados são de natureza grave e complexos. Foram então escolhidos seis modos, cinco relativos à máquina CNC e um modo de falha do robot que faz o carregamento da máquina que condiciona todo o processo produtivo. Quanto às ações de melhoria possíveis e propostas foram desenvolvidas em colaboração com o Kaizen de modo a standardizar as avarias mais recorrentes e garantir que toda a equipa da manutenção tem autonomia suficiente para as resolver.

A análise das falhas detetadas podem apresentar imprecisões, visto que se baseiam nos depoimentos dos técnicos envolvidos na operação através do envio de email de passagem de turno e dos pedidos feitos via SAP, devido à ausência de dados históricos mais antigos ou a registos incorretos ou incompletos. Esta situação pode ser resolvida se a organização aprimorar os seus métodos de recolha e armazenamento de dados, permitindo que estas e outras falhas sejam examinadas com mais rigor. Ou seja, criar uma base de dados à parte do SAP PM relativamente a cada setor, subdividido por equipamento e adicionar as falhas e tempos de cada equipamento de forma garantir o seu registo. Caso exista a possibilidade económica, seria um up-date ao software utilizado para uma versão melhorada e que atendesse as necessidades do utilizador.

À parte do estudo FMECA, os principais contributos tiveram como objetivo a análise e melhoria dos processos de manutenção da unidade fabril. De uma forma sucinta, os contributos alcançados ao longo do estágio foram:

- Elaboração de procedimentos para abertura, tratamento e encerramento de OT's corretivas e preventivas;
- Ajuste das configurações do software SAP;
- Criação de procedimento para a criação de planos de manutenção;
- Tratamento e acompanhamento de empresas externas na realização de serviços para o arquivo de documentos e garantia do seu funcionamento e intervenção;
- Desenvolvimento dos dados do software SAP para disponibilização de informação tratada ao utilizador;
- Participação no projeto de renovação da ETARI, onde foi mudado o sistema de tratamento dos resíduos proveniente da Cromagem;
- Participação na alteração de Crómio 6 para Crómio 3, à devido mudança obrigatória legal;
- Desenvolvimento e tratamento da instalação da UPAC e caldeira elétrica industrial para diminuição do consumo de gás.

Para trabalhos futuros, sugere-se continuar com a implementação dessas ações nos restantes setores, lembrando sempre que cada setor é único. Finalmente, fica a proposta do desenvolvimento da mediação do trabalho da manutenção através de um sistema de avaliação para os técnicos de manutenção, com base nas Ordens de Trabalho que respondem e no seu tempo de resposta, estabelecendo assim um sistema de competição "saúdável" entre eles, que estimula a dedicação e a motivação dos profissionais, ao mesmo tempo que premia aqueles que mais contribuem.

Propõe-se a ampliação da documentação sobre as perdas de peças dos equipamentos, para incluir também a documentação sobre as falhas do equipamento e o seu acompanhamento constante. Isso tornará mais fácil estabelecer estratégias de manutenção e

possibilitará uma avaliação mais precisa do impacto de qualquer medida de melhoria realizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Roca. (2023) História da roca. Acesso: 22/10/2024. [Online]. Available: <https://www.roca.com/about-roca/roca-history>
- [2] R. Group. (2023) We are water foundation. Acesso: 25/10/2024. [Online]. Available: <https://www.wearewater.org/en/our-foundation>
- [3] Roca. (2022) Memoria anual 2022. Acesso: 25/10/2024. [Online]. Available: https://rocagroup.com/memoria_roca_2022/Downloads/Annual_Report_ROCA_GROUP_2022.pdf
- [4] F. Duarte, *Manual da Qualidade e Ambiente*, Roca, 2023, manual Interno.
- [5] J. P. S. Cabral, *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*, 4th ed. Lidel, feb 2021.
- [6] L. A. Ferreira, *Uma Introdução à Manutenção*, 2nd ed. Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda, nov 2021.
- [7] I. P. da Qualidade, “Norma portuguesa np en 13306:2007 – terminologia da manutenção,” Tech. Rep., 2007.
- [8] W. R. Marcorin and C. R. C. Lima, “Análise dos custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos,” *Revista de ciência & tecnologia*, vol. 11, no. 22, pp. 35–42, 2003.
- [9] V. Pinto, *Gestão da Manutenção*. IAPMEI-Agência para a Competividade e Inovação, 1994.
- [10] M. Otani and W. V. Machado, “A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial,” *Revista Gestão Industrial*, vol. 4, no. 2, 2008.
- [11] R. d. S. Ribeiro, “Sistema de identificação de custos de serviço de edifícios,” Master’s thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, jul 2009.
- [12] D. Bardey, F. Riane, A. Artiba, and L. Eeckhoudt, “To maintain or not to maintain? what should a risk-averse decision maker do?” *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 115–120, 2005.
- [13] A. NBR, “5462 confiabilidade e manutenibilidade–terminologia,” *Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas*, 1994.

- [14] G.-A. Klutke, P. C. Kiessler, and M. A. Wortman, "A critical look at the bathtub curve," *IEEE Transactions on reliability*, vol. 52, no. 1, pp. 125–129, 2003.
- [15] M. Cursos. Manutenção e a curva da banheira! o que é? qual sua importância? Acesso: 27/10/2024. [Online]. Available: <https://modularcursos.com/2021/07/25/manutencao-e-a-curva-da-banheira-o-que-e-qual-sua-importancia/>
- [16] AFNOR, "Maintenance industrielle - fonction maintenace (fd x60-000, afnor, paris)," <https://se2t-france.com/pdf/normefdx60000.pdf>, year=2003,, Tech. Rep.
- [17] I. P. da Qualidade, "Norma portuguesa np en 15341:2009 - indicadores de desempenho da manutenção," Tech. Rep., 2009.
- [18] B. S. Institution and T. C. C. . "Maintenance", "Bs en 15341:2007 - maintenance key performance indicators," Tech. Rep., 2007.
- [19] T. Wireman, *Developing performance indicators for managing maintenance*. Industrial Press Inc., 2005.
- [20] C. T. P. de Normalização na Manutenção Industrial APMI, "Norma portuguesa np en 4492: 2010 - requisitos para a prestação de serviços de manutenção," Tech. Rep., 2010.
- [21] J.-P. Souris and E. Batista, *Manutenção industrial: custo ou benefício*. Lidel, 1992.
- [22] B. S. Dhillon, *Engineering maintenance: a modern approach*. cRc press, 2002.
- [23] J. P. A. Correia, "Análise fmea aplicada a chillers de condensação a ar, caso de estudo na Imge," Master's thesis, Técnico de Lisboa (Portugal), 2022.
- [24] L. R. Baran, F. Trojan, J. L. Kovalski, and A. Piechinicki, "Métodos e ferramentas aplicados na análise de criticidade em sistemas industriais," in *III Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*, 2013.
- [25] D. H. Stamatis, *Failure mode and effect analysis*. Quality Press, 2003.
- [26] L. C. S. d. Oliveira, S. M. G. Rocha, S. M. d. Oliveira, and I. E. Lima Neto, "Análise de risco da barragem jaburu i: uma aplicação do método de análise dos modos de falha, seus efeitos e criticidade (fmea)," 2020.
- [27] S. Raposo, M. Fonseca, and J. Brito, "Metodologia fmea e sua aplicação à construção de edifícios." Conference: Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção (QIC 2006), LNECAT: Lisboa, Portugal, 11 2006.
- [28] J. Layzell and S. Ledbetter, "Fmea applied to cladding systems-reducing the risk of failure," *Building Research & Information*, vol. 26, no. 6, pp. 351–357, 1998.
- [29] R. Santos, L. Caldeira, J. Serra *et al.*, "Aplicação da fmea/fmea a uma barragem de retenção de rejeitados," *Geotecnia*, no. 114, pp. 113–142, 2008.

- [30] A. Lucas, C. Pedron, F. Naves, F. Silva, J. Camacho, and L. Henriques, “Conceitos fundamentais de sistemas e tecnologias de informação e de gestão do conhecimento,” Tech. Rep., 2009.
- [31] SAP. (2023) O que é a sap? Acesso: 14/10/2024. [Online]. Available: <https://www.sap.com/portugal/about/what-is-sap.html>
- [32] J. T. F. de Almeida, “Implementação do sistema sap r/3 no grupo martiferacompanhamento e estudo do seu impacto,” Master’s thesis, Universidade de Aveiro (Portugal), 2009.
- [33] M. Murray and J. Akhtar, *Materials Management with SAP ERP: Functionality and Technical Configuration*. Rheinwerk Publishing, 2016.
- [34] T. Ohno, *O sistema Toyota de produção além da produção*. Bookman, 1997.
- [35] C. A. d. S. Pereira, “Lean manufacturing: Aplicação do conceito a células de trabalho,” Ph.D. dissertation, Universidade da Beira Interior, 2010.
- [36] J. P. Pinto, “Lean thinking: Introdução ao pensamento magro,” *Comunidade Lean Thinking*, vol. 159, 2008.
- [37] K. Institute, “Formação em gestão lean da manutenção,” Tech. Rep., 2023, formação dada pelo Kaizen Institute.
- [38] I. Masaaki, “Kaizen: The key to japan’s competitive success,” *New York, ltd: McGraw-Hill*, 1986.
- [39] M. J. A. G. Pires, “Dimensionamento das Áreas de retaguarda na abertura de lojas de retalho alimentar,” Master’s thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, jul 2014.
- [40] M. A. Guimarães and N. Ishisaki, “Redução de desperdícios com a filosofia kaizen: Um estudo de caso em uma indústria aeronáutica,” *Revista de Administração da UNIFATEA*, vol. 6, no. 6, pp. 103–115, 2013.
- [41] L. FONSECA, R. RIBEIRO, R. REIS, and K. MESQUITA, “A ferramenta kaizen nas organizações,” in *Congresso Nacional de Excelência em Gestão. INOVARSE*, 2016, pp. 29–30.
- [42] M. Imai, *Kaizen*. Random House Business Division New York, 1986, vol. 201.
- [43] K. Institute. (2023) Conheça a metodologia kaizen™. Acesso: 27/10/2024. [Online]. Available: <https://kaizen.com/pt/o-que-e-kaizen/>
- [44] A. S. A. de Pinho Simões *et al.*, “A utilização do kaizen em áreas operacionais e administrativas de uma empresa de manutenção e rent-a-cargo,” Master’s thesis, Universidade NOVA de Lisboa (Portugal), 2016.
- [45] G. Serrão. Diz não ao desperdício: muda, mura e muri. Acesso 27/10/2024. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/diz-n%C3%92o-ao-desperd%C3%92cio-muda-mura-e-muri-gabriel-serr%C3%A3o/>

A3o-ao-desperd%C3%ADcio-muda-mura-e-muri-gon%C3%A7alo-serr%C3%A3o/

- [46] N. R. Sangwa and K. S. Sangwan, "Continuous kaizen implementation to improve leanness: A case study of indian automotive assembly line," in *Enhancing Future Skills and Entrepreneurship: 3rd Indo-German Conference on Sustainability in Engineering*. Springer International Publishing, 2020, pp. 51–69.
- [47] E. Gomes. Metodologia 5s: O primeiro passo para a gestão da qualidade. Acesso 27/10/2024. [Online]. Available: <https://gestaocomqualidade.com.br/gestao-qualidade/metodologia-5s-o-primeiro-passo-para-a-gestao-da-qualidade/>
- [48] R. Campos, L. C. Q. d. OLIVEIRA, B. d. S. Silvestre, and A. d. S. Ferreira, "A ferramenta 5s e suas implicações na gestão da qualidade total," *Simpep–Simpósio de Engenharia de Produção*, vol. 12, pp. 685–692, 2005.
- [49] E. Stoco. O que é um pdca e qual sua importância? Acesso 27/10/2024. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/o-que-%C3%A9-um-pdca-e-qual-sua-import%C3%A2ncia-edison-stoco/>
- [50] S. Possale and J. S. Callefi, "Implementação e continuidade do ciclo pdca: Um estudo de caso no setor metal mecânico," *Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, vol. 15, no. 3, p. 155, 2020.

ANEXOS

Anexo A

RESPONSÁVEL

ÚLTIMA
ATUALIZAÇÃO

	Tarefa	Porquê?	Foto
1	Verificar no primeiro manipulador a existência de fugas nas tubagens e nos blocos das válvulas	É normalmente o local mais visível e frequente das fugas	
2	Ligar a hidráulica e voltar a verificar fugas nas tubagens e blocos das válvulas	Para criar pressão no circuito hidráulico e facilitar a deteção da origem da fuga	
3	Em manual, realizar todos os movimentos do manipulador e verificar válvulas e fugas pelos veios dos cilindros: 1. Elevação 2. Imersão Fixo 3. Expulsor Fixo 4. Girar (horizontal vertical) 5. Abertura e Fecho de Coquilha 6. Imersão Móvel 7. Expulsor Móvel	De modo a garantir que qualquer movimento do manipulador está sem fuga	
4	Rodar a torre e repetir os passos 1-3	É necessário repetir o processo para os dois manipuladores	

FOTO NOK



Fuga pelo acessório da mangueira



Fuga pelo veio do cilindro



Fuga pela válvula

RESPONSÁVEL

ÚLTIMA
ATUALIZAÇÃO

	Tarefa	Porquê?	Foto
1	Desapertar e retirar as 4 porcas de latão de aperto das falanges dos tubos de sonda com uma chave inglesa	Para podermos desmontar todos os componentes da tampa	
2	Retirar as anilhas e as falanges	Para podermos retirar os tubos de sonda e proceder à limpeza	
3	Retirar os tubos de sonda e as juntas	Para efetuarmos a limpeza e substituir estes componentes	
4	Desapertar e retirar os 4 parafusos M16 (pernos) da tampa	Para efetuarmos a limpeza e substituir estes componentes	
5	Desapertar e retirar os parafusos da flange do tubo de injeção	Para efetuarmos a limpeza e substituir estes componentes Nota: cortar os parafusos com uma rebarbadora, pois os parafusos encontram-se calcinados	
6	Retirar a flange e a junta	Para efetuarmos a limpeza e substituir estes componentes	
7	Rodar a tampa do forno e com a ajuda de um martelo e talhadeira, picar a escória	Nota: é importante deixar uma pequena camada de escória para proteção térmica da tampa	

RESPONSÁVEL

ÚLTIMA
ATUALIZAÇÃO

	Tarefa	Porquê?	Foto
1	Pegar na tampa para reparar e prender no torno	Para segurarmos a tampa e facilitar a reparação/limpeza	
2	Com a ajuda de uma chave de fenda e um martelo, retirar a corda	Para podermos substituir a corda por uma nova	
3	Com uma escova de aço limpar a zona onde estava encaixada a corda	Para retirarmos os resíduos depois da escovagem	
4	Colocar a fita cola isoladora preta na primeira extremidade da corda	Para a corda não desfiar	
5	Cortar a corda na diagonal	Para evitar fugas Nota: porque os 45° positivos da ponta inicial vão coincidir com os 45° negativos da outra extremidade e garantimos a vedação. Se fosse um corte a direito a tampa iria apresentar fugas quando tivessem a fundir	
6	Retirar a fita isoladora preta que se encontra visível e com um martelo prensar a corda	Assim garantimos que a corda ficou bem posicionada e segura	
7	Damos por concluída a reparação e arrumasse a tampa na prateleira do armazém	Para quando for necessário trocar, estar disponível e acessível	

RESPONSÁVEL

ÚLTIMA
ATUALIZAÇÃO

	Tarefa	Porquê?	Foto
1	Desapertar os bicos que se encontram em mau estado	Porque os bicos estão obstruídos com latão e é necessário limpá-los	
2	Passar o macho (Ref: G 3/8) nas coroas	Para limpar a rosca	
3	Limpar os bicos	Para retirar o latão que se encontra dentro dos bicos	OK 
4	Para efetuarmos a limpeza dos bicos é necessário fixar o maçarico no torno	Para podermos trabalhar em segurança	
5	Abrir o Oxigénio (garrafa vermelha) e o Acetileno (garrafa azul)	Para podermos ligar o maçarico e termos uma fonte de calor	
6	Utilizar os EPIS necessários (viseira, avental e luvas)	Para evitar acidentes	
7	Abrir no maçarico o oxigénio no mínimo, em seguida o acetileno e com um isqueiro acender a chama e afina-la	Para termos uma fonte de calor que derreta o latão	

RESPONSÁVEL

ÚLTIMA
ATUALIZAÇÃO

	Tarefa	Porquê?	Foto
1	Ligar sistema de aspirações	Para quando se iniciar a limpeza, os resíduos não fiquem a pairar no ar e termos um ambiente seguro para trabalhar	
2	Colocar o forno em modo segurança	Para continuar a injetar potência nas bobines, uma vez que as sondas foram desligadas e a temperatura não baixar	
3	No quadro elétrico, desligar os três interruptores	Para podermos alterar o valor do seletor (valor do seletor igual a 0)	
4	Colocar o seletor a “40” e voltar a ligar os interruptores que desligamos no passo 3	Para as bobines poderem arrancar na potência correta	
5	Desapertar os pernos da tampa do forno com uma chave nº 26	Para podermos retirar a tampa	
6	Desapertar as mangueiras da injeção do ar	Para podermos retirar o cone de alimentação em segurança	
7	Desligar e retirar as sondas de temperatura	Para podermos retirar a tampa do forno	

RESPONSÁVEL

ÚLTIMA
ATUALIZAÇÃO

	Tarefa	Porquê?	Foto
1	Verificar os níveis de água	Para verificar se é necessário abastecer a máquina e possíveis perdas	

SE OS NÍVEIS DE ÁGUA ESTIVEREM BAIXOS

	Tarefa	Porquê?	Foto
1.1	Verificar e limpar os filtros da taladrina	Se tiver limalha a água não passa nos filtros devido à obstrução e o nível que a máquina apresenta não é real	
1.2	Limpar os filtros sujos na aspiração da máquina	Para retirarmos as limalhas e evitar desperdícios de água	
1.3	Encher a máquina com água	Porque a máquina não tem níveis para trabalhar nas condições necessárias Nota: ter atenção aos níveis de acionamento	

Nota 1: Como a máquina demora sensivelmente entre 10 à 15 minutos a encher e de forma a otimizar o tempo, vamos verificar os níveis de óleo

Nota 2: No fim de encher a máquina com água, verificar o nível de óleo na água da taladrina



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra