1 2 9 0

UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Leandro Jorge Barros Guimarães

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO

VOLUME 1

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto orientada pelo Professor Doutor Altino de Jesus Roque Loureiro e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

Outubro de 2021

1 2 9 0

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE D COIMBRA

Implementação de um sistema de gestão de manutenção

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

Implementation of a maintenance management system

Autor

Leandro Jorge Barros Guimarães

Orientadores

Professor Doutor Altino Loureiro

Engenheiro Eleutério Fernandes

Júri

Presidente	**Professor Doutor Cristóvão Silva** **Professor Associado com Agregação Universidade de Coimbra**
Orientador	**Professor Doutor Altino de Jesus Roque Loureiro** **Professor Catedrático da Universidade de Coimbra**
Vogais	**Professor Doutor Rui Manuel Ferreira Leal** **Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Leiria**

Colaboração Institucional

AMOB GROUP

Coimbra, Outubro, 2021

Em memória ao meu tio Chico,

Que sei o quanto ansiou por este momento.

Agradecimentos

A presente dissertação é o culminar de um longo percurso de aprendizagem e de um excelente capítulo da minha vida, sendo que quando o percurso é assim tão bom, o alcance do objetivo tem um sabor agridoce pelo seu tom de término. Assim, resta-me agradecer pela oportunidade, pela experiência e a quem nela participou.

Começo por agradecer ao meu seio familiar, à minha irmã e em especial aos meus pais, por todo o apoio, pela educação e pelos valores transmitidos ao longo destes anos, por me proporcionarem todas as condições e a estabilidade necessárias, tornando possível a realização deste sonho. Serei eternamente grato pelo esforço.

À Ana, pelo amor, pelo incentivo e companheirismo durante este percurso. Obrigado por seres um dos pilares mais importantes em todos os momentos.

Ao Professor Doutor Altino Loureiro, pela disponibilidade desde a primeira abordagem, pela exigência e ajuda ao longo desta dissertação.

Agradeço à AMOB Group e em especial ao Engenheiro Eleutério Fernandes, pela oportunidade para realização desta dissertação, pela disponibilidade prestada e por todos os conhecimentos transmitidos ao longo deste período.

Ao Engenheiro Luís Soares, pelo acolhimento, pela incansável disponibilidade e paciência no decorrer deste trabalho, o meu obrigado.

Aos Snyze, pela relação de amizade indiscritível de longos anos, por serem pessoas com valores gigantes que definem na perfeição a palavra amizade e companheirismo. Obrigado por estarem sempre presentes.

Estendo este agradecimento aos meus familiares, em especial aos meus avós pela educação transmitida ao longo destes anos e por contribuírem para o meu crescimento enquanto pessoa. Um destaque especial para o Edu, por ser um exemplo e fonte de inspiração em busca do meu objetivo.

Por fim, ao grupo do Curral de Moinas e da Futebolada do DEM, pelo companheirismo ao longo deste percurso académico e pelas aventuras vividas nestes anos, levo estas amizades para vida. Coimbra será sempre sinónimo de saudade.

A todos, o meu MUITO OBRIGADO!

Resumo

A competitividade empresarial tem vindo a aumentar com o consequente aumento da concorrência, confrontando as empresas com a necessidade de evoluírem, existindo um conjunto de características que lhes permitem diminuir os custos e melhorar a qualidade dos produtos e serviços. A manutenção, quando bem exercida, surge como um fator estratégico para garantir a máxima produtividade possível.

A presente dissertação é resultado do trabalho desenvolvido em parceria com a AMOB Group, empresa especialista na produção de equipamentos de curvatura de tubos e perfis, tendo como objetivo principal a implementação de um sistema de gestão de manutenção, também conhecido por CMMS (*Computerized Maintenance Management System*).

Assim, procurou-se fazer um levantamento das necessidades seguido de uma análise da situação atual do método de gestão da manutenção praticado. Seguiu-se o levantamento do inventário fabril bem como a criação de um sistema de numeração dos equipamentos, definiu-se os planos de manutenção preventiva e elaborou-se um histórico dos equipamentos com base nos registos de manutenção existentes.

Completos os passos anteriormente descritos, inseriu-se toda a informação no sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), a fim de despontar e iniciar a monitorização do programa. Por fim, ainda que não implementados, foram definidos os KPI's (*Key Performance Indicator*) para o sistema, para que no futuro próximo se possam tomar decisões de gestão com apoio nestes. O acompanhamento e monitorização diária do sistema de gestão de manutenção, apesar de curto período, permitiu identificar diversos erros e problemas, comprometendo o funcionamento otimizado deste. Para este efeito, foram apontandos e reportados os erros encontrados à empresa fornecedora do *software*, de forma a ajustá-lo de encontro com as necessidades da empresa.

Palavras-chave: Gestão da manutenção, Produtividade, Sistema de Gestão de Manutenção Computorizado, Manutenção Preventiva, Sistema de Planeamento de Recursos Empresariais, Indicadores de desempenho.

Abstract

Business competitiveness has been increasing as a result of the rising competition, confronting companies with the need to evolve, with a set of characteristics that allow them to reduce costs and improve the quality of their products and services. Maintenance, when properly exercised, emerges as a strategic factor to ensure maximum productivity.

This dissertation is the result of work developed in partnership with the AMOB Group, a company specialized in the production of bending equipment for tubes and profiles, with the main objective being the implementation of a maintenance management system, also known as CMMS (*Computerized Maintenance Management System*).

Thus, an attempt was made to carry out a survey of needs followed by an analysis of the current situation of the maintenance management method used. This was followed by a survey of the factory inventory as well as the creation of an equipment numbering system, preventive maintenance plans were defined and an equipment history was drawn up based on existing maintenance records.

After that, all the information was inserted into the ERP (*Enterprise Resource Planning*) *system*, in order to emerge and start monitoring the program. Finally, although not implemented, the KPI's (*Key Performance Indicators*) for the system were defined, so that in the near future management decisions can be taken with their support. The support and daily monitoring of the maintenance management system, altough during a short period, allowed the identification of many gaps and technical problems, that were compromising the well functioning of the system. Therefore, inumerous technological failures and bugs were presented and reported to the software supplier, in order to adapt and adjust to the enterprise's needs.

Keywords Maintenance Management, Productivity, Computerized Maintenance Management System, Preventive Maintenance, Enterprise Resource Planning System, Key Performance Indicators.

Índice

Índice de Figuras ix

Índice de Tabelas xi

Simbologia e Siglas xiii
Simbologia xiii
Siglas xiii

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. Objetivos 1
1.2. Estrutura da dissertação 2

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO 5
2.1. Manutenção 5
2.1.1. História e evolução da manutenção 6
2.1.2. Objetivos da manutenção 8
2.1.3. Importância e vantagens da manutenção 8
2.1.4. Tipos de manutenção 9
2.1.5. Custos de Manutenção 12
2.2. Modelos de Gestão de Manutenção 14
2.2.1. TPM - Manutenção Produtiva Total 14
2.2.2. RCM – Manutenção Centrada na Fiabilidade 18
2.3. Indicadores de desempenho 20
2.3.1. MTBF – Tempo Médio Entre Falhas 20
2.3.2. MTTR – Tempo Médio de Reparação 21
2.3.3. MWT – Tempo Médio de Espera 21
2.3.4. Disponibilidade 21
2.3.5. Taxa de avarias - λ 22
2.4. Sistemas de gestão de manutenção 23

3. AMOB GROUP 25
3.1. A empresa 25
3.2. Volume de negócios 26
3.3. Produtos fabricados 28
3.4. Processo de fabrico 30
3.5. Manutenção na AMOB Group 33

4. TRABALHO DESENVOLVIDO 35
4.1. Análise da situação inicial 35
4.2. Lista de equipamentos 36
4.3. Recolha e organização dos manuais 39
4.4. Planos de manutenção 40
4.4.1. Planos Manutenção Autónoma 41
4.4.2. Planos de Manutenção Preventiva 41
4.5. Histórico dos equipamentos 43

4.6. Implementação do sistema 44
4.6.1. Monitorização do sistema 47
4.6.2. Indicadores de desempenho 47
5. CONCLUSÕES 49
5.1. Propostas de trabalhos futuros 50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51
ANEXO A – Pedido e registo de intervenção 53
ANEXO B – Ficha de Identificação 55
APÊNDICE A – Lista de Equipamentos 57
APÊNDICE B – Lista Pontes Rolantes 61
APÊNDICE C - Plano de Manutenção Autónoma 63
APÊNDICE D - Plano de Manutenção Preventiva 67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Evolução das expectativas da manutenção. (Adaptado de Moubray, 1997) 7
Figura 2.2. Tipos de manutenção.....10
Figura 2.3. Gráfico de custos vs Nível de manutenção.....14
Figura 2.4. Os 8 pilares do TPM.....17
Figura 2.5. Fiabilidade – Manutenibilidade – Disponibilidade.....21
Figura 2.6. Gráfico Tempo vs Taxa de avarias. (Adaptado de Ramalho 2020).....22
Figura 3.1. Vista aérea das instalações da AMOB. Fonte: AMOB Group 26
Figura 3.2. Presença global da AMOB. Fonte: AMOB Group 27
Figura 3.3. Volume de negócios da AMOB.....28
Figura 3.4. Geografia dos mercados da AMOB em 2020.....28
Figura 3.5. Equipamentos produzidos. Fonte: AMOB Group 29
Figura 3.6. eMOB Super Heavy Duty. Fonte: AMOB Group 29
Figura 3.7. (a) Secção das vigas e tubos; (b) Secção das chapas.....30
Figura 3.8. (a) Secção da serralharia; (b) Secção da pintura.....31
Figura 3.9. (a) Fresadora CNC; (b) Torno CNC.....31
Figura 3.10. Zona de montagem. Fonte: AMOB Group.....32
Figura 3.11. Organograma empresarial. Fonte: AMOB Group.....33
Figura 4.1. Sistema de numeração dos equipamentos 37
Figura 4.2. Exemplo de identificação dos equipamentos.....38
Figura 4.3. Sistema de numeração das pontes rolantes.....39
Figura 4.4. Árvore de processos de um equipamento.....45
Figura 4.5. Formulário pedido de manutenção.....46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Registos de intervenções de manutenção dos anos 2019 e 2020 35

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

$\boldsymbol{\lambda}$ – Taxa de avarias

$\boldsymbol{C_d}$ – Custos diretos

$\boldsymbol{C_i}$ – Custos indiretos

$\boldsymbol{C_S}$ – Custos de imobilização e stock

Siglas

CMMS – *Computerized Maintenance Management System*

CNC – *Computer Numeric Control*

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

EN – *European Norm*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

HMI – *Human-Machine Interface*

JIT – *Just In Time*

KPI – *Key Performance Indicators*

MIT – Massachusetts Institute of Technology

MP – Manutenção Produtiva

MTBF – *Mean Time Between Failures*

MTTR – *Mean Time to Repair*

MWT – *Mean Waiting Time*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PM – *Preventive Maintenance*

RCM – *Reliability Centered Maintenance*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TQC – *Total Quality Control*

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução industrial, a competitividade empresarial foi aumentando consequentemente ao longo dos anos. Assim, a manutenção passou a ter um papel fundamental no alcance dos objetivos de cada organização, havendo um conjunto de características que possibilita à empresa atingir esses objetivos e ganhar destaque perante a concorrência. Para garantir essa competitividade é necessário que os ativos se encontrem no melhor estado, procurando a máxima eficiência desses, garantindo a qualidade dos produtos, com o menor custo possível e o cumprimento dos prazos.

Neste sentido, considera-se a manutenção como um conjunto de tarefas desde vistorias, reparações, rotinas preventivas, substituição de componentes, lubrificações, entre outras ações, que visam a manter um equipamento no seu perfeito estado de funcionamento. Um dos objetivos principais da manutenção, além de certificar o máximo de tempo de vida útil de um equipamento, é reduzir e evitar as falhas, procurando obter e manter a maximização da produtividade num equipamento, assim como a fiabilidade.

É possível considerar que a manutenção se encontra num grau de importância igual ao da área da produção, tendo uma relação direta na estratégia organizacional, uma vez que não alcançando a disponibilidade desejada dos equipamentos, também não é possível cumprir os planos de produção.

Posto isto, além dos custos associados aos serviços de manutenção e reparações, existem outros custos indiretos associados às perdas geradas pela indisponibilidade nos equipamentos, provocados por falhas e interrupções nas linhas de produção. Nesta perspetiva, a manutenção preventiva toma uma posição importante numa empresa que procura a diminuição ou até mesmo a eliminação de falhas e desperdícios, evitando assim paragens não programadas que se traduzirão num aumento dos lucros.

1.1. Objetivos

A presente dissertação foi realizada no âmbito de um estágio curricular, na unidade industrial da AMOB Group, em Vila Nova de Famalicão. Após o primeiro contacto

com a entidade em questão, estes apresentaram uma enorme vontade em realizar a implementação de um sistema de gestão de manutenção, sendo este o objetivo principal da dissertação.

Esta implementação representa grandes desafios e é considerada um trabalho de longo prazo, devido ao nível de complexidade e ao trabalho a ser realizado, pelo que se traçou os seguintes objetivos:

- Análise da situação atual e do método de gestão da manutenção praticado;
- Levantamento do inventário fabril e criação de um sistema de numeração dos equipamentos;
- Definição dos planos de manutenção preventiva dos equipamentos fabris;
- Tratamento da informação dos registos de manutenção existentes e realização de um histórico de cada equipamento;
- Inserção de toda a informação no sistema.

Este trabalho, realizado em parceria com a AMOB Group, pretende satisfazer várias necessidades da empresa como: gerir a manutenção (corretiva e preventiva) através da plataforma, diminuir os tempos de resposta dos pedidos de intervenção e das ordens de trabalho, minimizar as falhas de cada equipamento em busca da máxima produtividade, reduzir os custos de manutenção, aumentar o tempo de vida útil dos equipamentos, criar uma base de dados para a manutenção, que permita compreender o comportamento de cada equipamento ao longo do tempo.

1.2. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em 5 capítulos, pelo que será feita uma pequena abordagem relativamente ao conteúdo de cada um deles:

No capítulo 1, Introdução, é exposto o tema da dissertação acompanhado de uma breve definição de alguns conceitos importantes, identificando os principais objetivos e a metodologia utilizada na realização do trabalho, seguida da definição da estrutura.

O capítulo 2, Revisão Bibliográfica, procura fornecer um enquadramento teórico mais detalhado correspondente ao tema abordado, simplificando alguns conceitos e ideias.

No capítulo 3, AMOB Group, é feita uma apresentação da empresa, onde são disponibilizadas várias informações acerca desta, bem como os produtos fabricados, o processo de fabrico e o método de gestão da manutenção praticado.

O capítulo 4, Trabalho Desenvolvido, é feita a exposição de todos passos realizados até a implementação do sistema, apresentando a primeira versão deste acompanhada de uma explicação detalhada acerca do seu funcionamento.

No capítulo 5, Conclusões, é feito um balanço do trabalho desenvolvido juntamente com algumas propostas de trabalho a desenvolver no futuro.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. Manutenção

Atualmente, a competitividade empresarial tem vindo a aumentar com o consequente aumento da concorrência confrontando as empresas com a necessidade de evoluírem, sendo um conjunto de características que permite obter bons resultados e destaque face à concorrência. Esta competitividade é fundamental para que a empresa se torne inovadora e trabalhe todos os dias à procura da qualidade e com o objetivo de satisfazer o cliente.

Contudo, estas entidades também têm vindo a adotar políticas que lhes permitem diminuir os custos e aumentar a qualidade dos produtos ou até mesmo dos serviços. A utilização da manutenção industrial, tem vindo a ganhar uma grande importância na gestão das empresas, uma vez que traz um conjunto de benefícios bem consideráveis para o seu desempenho.

Segundo a norma EN 13306 [1], o conceito de manutenção é caracterizado pela combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um equipamento, com o objetivo de manter ou repor o equipamento num estado em que seja possível desempenhar as funções para o qual foi projetado. A gestão de manutenção, nesta norma, é definida como um conjunto de todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e responsabilidades correspondentes à manutenção.

Para Cabral [2], a manutenção define-se como um conjunto de ações que visem a assegurar um bom funcionamento das máquinas e instalações, garantindo que as intervenções são efetuadas de forma a evitar a perda de função ou rendimento, não comprometendo a disponibilidade do equipamento.

O autor Monchy [3] considera a manutenção dos equipamentos de produção um elemento-chave quer para a produtividade como para a qualidade dos produtos, uma vez que a disponibilidade dos equipamentos tem tendência a aumentar. Este ainda acrescenta que por maior que seja a importância do serviço de manutenção, esta não pode ser vista como um fim para alcançar um objetivo, mas sim um meio para ajudar a produção.

É notória a extrema importância que a manutenção tem para as entidades industriais, podendo ver esta como um conjunto de procedimentos ou ações a fim de explorar o funcionamento de um dado equipamento, potencializando o seu rendimento assim como o tempo de vida útil deste, corrigindo se possível, eventuais falhas.

2.1.1. História e evolução da manutenção

Para Moubray [4], a manutenção é uma das áreas de gestão que mais tem evoluído ao longo dos anos devido ao aumento no número e diversidade de itens físicos (instalações e equipamentos) que necessitam de manutenção, assim como o aumento da complexidade dos projetos e das novas técnicas de manutenção.

Remetendo-nos para tempos passados, a partir do momento em que o homem começou a manusear instrumentos e a desenvolver equipamentos para a produção de bens de consumo, surgia a necessidade de reparar estes quando apresentavam sinais de desgaste. [5]

Em termos históricos, Moubray [4] afirma que "desde os anos 30 a evolução da manutenção pode ser investigada através de três gerações".

A Primeira Geração engloba um o período até à II Guerra Mundial. Naquele tempo, a manutenção dos equipamentos não era vista como uma prioridade uma vez que a maioria dos equipamentos eram simples e de complexidade mecânica baixa, o que os tornava fiáveis e de fácil reparação. A manutenção sistemática das indústrias não ia muito além de simples limpezas, reparações e lubrificações.

A Segunda Geração, ocorre durante a II Guerra Mundial, quando todo o pensamento incutido até à data começa a alterar-se, à procura de filosofias de trabalho mais produtivas. O aumento da procura de bens de consumo de todos os tipos e uma enorme falta de mão de obra levou a que as indústrias se tivessem que adaptar face à situação e fossem à procura de alternativas. Surge a solução de aumentar o número de equipamentos, assim como a sua mecanização, acarretando como consequência o aumento da dependência destes.

Esta necessidade obrigou a indústria a procurar soluções com o objetivo de evitar falhas, uma vez que o tempo de inatividade dos equipamentos conduzia a enormes perdas, começando assim a surgir o conceito de manutenção preventiva.

Nos anos 60, a manutenção periódica dos equipamentos passava a ser rotina no ambiente industrial. Como consequência, os custos de manutenção aumentaram face aos

custos de produção, levando à implementação de sistemas de planeamento e gestão da manutenção, de forma a controlar esses custos. O aumento do tempo de vida útil dos equipamentos passou então a ser uma prioridade na gestão industrial de várias empresas.

A Terceira Geração surge a partir dos anos 70, quando o conceito de manutenção continuou a crescer e a conquistar cada vez mais o setor industrial. A independência da manutenção corretiva começou a crescer e marcava um salto para uma nova mentalidade, com mais interesse em controlar os equipamentos do que intervir.

O aumento da dependência dos equipamentos aumentava simultaneamente os custos de operação e de posse, que, de modo a obter o máximo retorno do investimento, a indústria passou a preocupar-se com formas de ampliar o tempo de vida útil dos equipamentos.

Após várias pesquisas, e bem distantes das crenças básicas existentes na época, havia "cada vez menos relação entre a idade operacional da maioria dos equipamentos e a probabilidade de falha" [4], sendo mais um motivo que reforça a nova visão descrita no paragrafo anterior.

Assim, o que acontecerá, descrevendo a atualidade e o que tem vindo a ser feito, será não a eliminação da manutenção corretiva, mas sim um reformular da mesma que se traduz num alargar de competências assim como conhecimentos de modo a acompanhar a evolução da tecnologia e as suas necessidades [6].

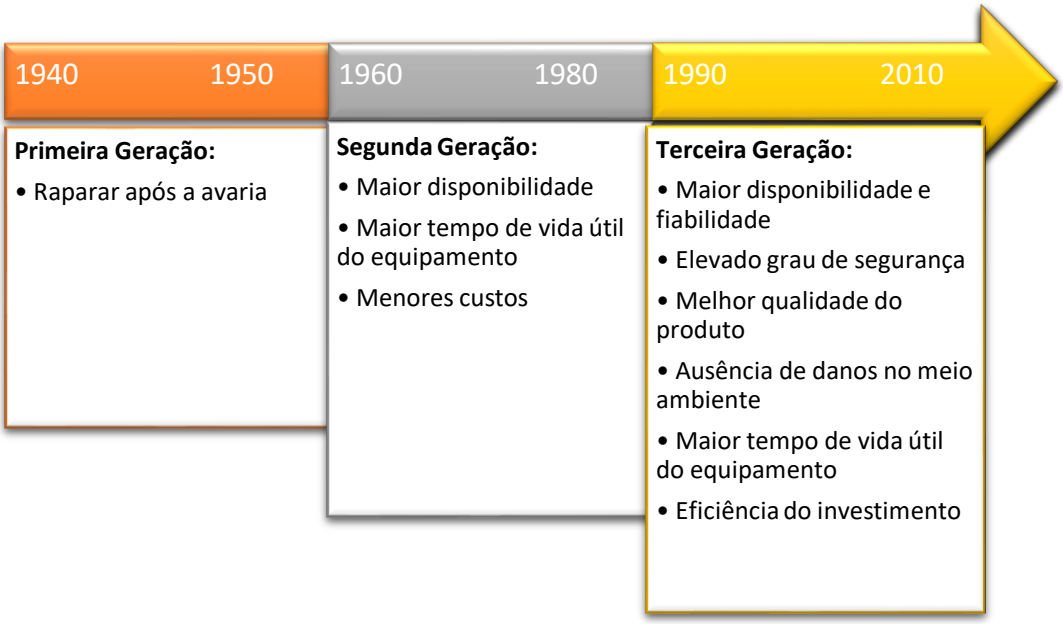


Figura 2.1. Evolução das expectativas da manutenção. (Adaptado de Moubray, 1997)

2.1.2. Objetivos da manutenção

Os objetivos da manutenção devem ser claros e compatíveis com os objetivos da empresa, uma vez que a manutenção tem impacto na rentabilidade do processo produtivo, assim como na sustentabilidade da atividade.

Contudo, Fernandes [7] afirma que o objetivo principal da manutenção é assegurar as condições de funcionamento de modo a obter uma maior fiabilidade e segurança dos equipamentos, atendendo aos custos, pois é essencial que estes sejam os mais baixos possível.

Independentemente do objetivo visto como primordial, o autor Mário Brito [8] defende que a manutenção deve-se apoiar nos seguintes objetivos:

- Segurança – assegurar a segurança dos operadores e dos equipamentos, criando condições que permitam detetar, avaliar e controlar potenciais riscos.
- Qualidade – assegurar o rendimento máximo dos equipamentos e a redução de defeitos, nas melhores condições de higiene e proteção ambiental.
- Custo – minimização do custo do produto considerando os custos de produção e os de manutenção.
- Disponibilidade – a manutenção deve reduzir os tempos de imobilização dos equipamentos quer por falhas no planeamento da produção, assim como devido a avarias, assegurando a disponibilidade otimizada destes.

Analisando os objetivos apresentados, sendo estes de um grau elevado de alcance, é lógica a existência de contradição entre eles, obrigando a que haja bom senso na hora de tomar decisões.

É possível realçar a disponibilidade como sendo um dos objetivos prioritários, pois uma manutenção eficiente e bem executada contribui para o aumento da disponibilidade dos equipamentos, favorecendo o crescimento da produtividade. Acontece que por vezes, face à existência de uma enorme necessidade de disponibilizar um dado equipamento, sejam desrespeitadas normas de segurança, surjam custos superiores aos que seriam esperados e até mesmo a qualidade do produto seja posta em causa.

2.1.3. Importância e vantagens da manutenção

Sendo considerada um mal necessário da produção industrial e uma área operacional de maior ineficiência, hoje, a manutenção é vista como uma das mais

importantes e atuantes funções de uma empresa, com um peso decisivo na rentabilidade, na qualidade e na própria imagem da empresa.

Segundo Pinto [9], a importância da manutenção pode ser justificada em três aspetos indispensáveis:

- Económico – maximização do rendimento dos investimentos efetuados nos equipamentos e instalações, aumento do tempo de vida útil e das taxas de operacionalidade. É possível o alcance de bons resultados através da redução do número de reclamações, desperdícios e rejeições de produtos ou serviços prestados, devendo ser evitadas interrupções da produção assim como atrasos, com vista a um melhor aproveitamento dos recursos humanos.
- Legal – a legislação represa atitudes, como casos em que não se verifique prevenção de situações que possam provocar insegurança ou risco de acidente, o incómodo (ex: fumos, ruídos e odores) ou poluição (ex: descargas líquidas ou de resíduos, emissões gasosas).
- Social – conjunto de medidas, sem imposição legal, que possam favorecer ou preservar a imagem da organização (ex: redução de situações de incómodo).

A manutenção preventiva, efetuada de uma forma correta e organizada, trará vários benefícios para uma empresa face à manutenção corretiva. Enumerando algumas vantagens segundo Cabral [10]:

- Aumento do tempo de vida dos equipamentos (entre 30% a 40%);
- Redução dos custos energéticos (entre 5% a 11%);
- Custos da manutenção preventiva: 50% mão-de-obra e 50% materiais;
- Redução dos tempos de indisponibilidade e aumento do rendimento;
- Custos da manutenção corretiva superiores entre 2 a 4 vezes mais que a manutenção preventiva;
- Existência de estudos em que as perdas por falhas de rendimento são invariavelmente superiores às perdas por indisponibilidade.

2.1.4. Tipos de manutenção

Analisando a classificação dos diferentes tipos de manutenção atribuída por vários autores, não se verifica concordância entre eles, pelo que se considerou a classificação

utilizada pela Norma Europeia 13306 [1], onde existem três grandes classes da manutenção, sendo que a manutenção preventiva se divide em diferentes subcategorias como indica a Figura 2.2.

Figura 2.2. Tipos de manutenção

2.1.4.1. Manutenção corretiva

Segundo a norma EN 13306, a manutenção corretiva é efetuada após ser detetada uma falha o objetivo de repor o estado normal de funcionamento de um equipamento.

Para Monchy [3], a manutenção corretiva pode ser divida em duas subcategorias como sendo curativa ou paliativa. A manutenção curativa consiste numa intervenção de reparação com o objetivo de reparar a avaria com carácter definitivo e a manutenção paliativa tem como objetivo a reparação provisória da avaria, visando repor as condições de operacionalidade do equipamento.

Esta filosofia de manutenção gera um conjunto de características, como por exemplo:

- Cargas de trabalho irregulares;
- Diminuição do tempo de vida útil do equipamento;
- Elevados custos a longo prazo;
- Perdas de produtividade;
- Elevados inventários de peças sobresselentes;
- Elevada dependência da possível falha fortuita.

Eliminar este tipo de manutenção torna-se uma tarefa praticamente inexequível, uma vez que não é possível prever em muitos casos o momento exato em que ocorrerá a falha.

2.1.4.2. Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é como o nome indica, uma manutenção de prevenção em que as ações efetuadas permitem detetar e prevenir falhas, aumentando a fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. [11]

Este tipo de manutenção é realizado com base num planeamento, com intervalos de tempo bem definidos e regulares, envolvendo inspeções, trocas de peças, lubrificações, etc.

Monchy [3] complementa como se tratando de uma "*manutenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha*". Este, considera a existência de três subcategorias na manutenção preventiva, acrescentado a manutenção de ronda aos tipos de manutenção preventiva referidos na figura anterior. Contudo, este tipo de manutenção não será abordado uma vez que se considerou a classificação atribuída pela norma EN 13306 e também pelas semelhanças apresentadas em relação à manutenção condicionada/preditiva.

2.1.4.2.1. Manutenção preventiva sistemática

A manutenção preventiva sistemática, de acordo com a norma EN 13306 [1], é a manutenção efetuada com base em intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, não sendo efetuado um controlo prévio do estado do equipamento.

Este tipo de manutenção periódica, é executada em intervalos de intervenção constantes, sendo que estes devem ser definidos com base nas informações fornecidas pelo fabricante do equipamento ou em alternativa, adquirir conhecimento acerca do padrão típico da evolução da falha seguida de uma análise estatística acerca da informação recolhida. Verifica-se uma grande evolução perante a manutenção corretiva, permitindo diminuir a taxa de avarias do equipamento, visto que os equipamentos são sujeitos a uma manutenção prévia em relação à ocorrência da avaria, na maioria dos casos.

É utilizada em operações de limpeza do equipamento, lubrificação, verificações periódicas, substituição de componentes com ciclo de vida reduzido, etc.

2.1.4.2.2. Manutenção preventiva condicionada/preditiva

Segundo a norma EN 13306 [1], a manutenção preventiva condicionada ou preditiva, centra-se na performance, na vigilância e nos parâmetros de funcionamento do equipamento. Este método permite a monitorização de um equipamento sem que ocorra paragem na produção, sendo possível prever o momento da falha e intervir antes da ocorrência. Desta forma, destacam-se alguns métodos de análise e vigilância da condição do equipamento mais utilizados:

- Análise de vibrações;
- Medição termográfica;
- Análise de parâmetros de rendimento;
- Medição ultrassónica;
- Controlo de fugas;
- Controlo de desgaste.

Este tipo de manutenção pode ser considerado uma manutenção inteligente ou de visão, visto que a manutenção é feita apenas com a manifestação da necessidade, permitindo retirar partido máximo do rendimento de vários componentes, ao contrário da manutenção preventiva sistemática.

2.1.4.3. Manutenção de melhoria

Denomina-se de melhoria um conjunto de medidas de natureza técnica, administrativa e de gestão com o intuito de melhorar a segurança de funcionamento de um bem, sem modificar a sua função requerida [1].

Este tipo de manutenção consiste em intervenções com vista a melhorar as suas características a nível operacional, ambiental ou de segurança. Podem ser consideradas melhorias a instalação de equipamento adicional de monitorização, controlo, automação, equipamentos de segurança e substituição de componentes antiquados.

2.1.5. Custos de Manutenção

A atividade da função manutenção tem vindo a aumentar progressivamente nas últimas décadas, fruto do impacto crescente desta atividade na economia empresarial. Esta função não deve ser encarada como uma fonte de custos, mas sim como um investimento.

Os prejuízos resultantes das perdas de produção originados por avarias nos equipamentos foram e têm sido alvos de estudo durante vários anos, salientando desse modo a importância e a influência positiva da manutenção na produção e resultados económicos das entidades. Pinto [12] considera que os custos de manutenção podem ser divididos em 3 grupos, sendo eles:

Custos diretos (C_d) – estes custos estão relacionados com o próprio serviço de manutenção, envolvendo várias despesas como:

- Mão-de-obra;
- Despesas globais fixas (salários, energia, comunicações, etc.);
- Materiais consumíveis e sobresselentes;

Custos indiretos (C_i) – estes custos espelham as despesas relativas à paragem dos equipamentos, provocando perdas de produção imputáveis à manutenção, integrando várias parcelas como:

- Desclassificação – perdas de produtos não fabricados;
- Mão-de-obra (inativa);
- Amortização (perda de valor do ativo);
- Degradação da imagem por incumprimento;

Custos de imobilização dos stocks (C_S) – são custos relativos à posse de stocks, ferramentas e máquinas, encargos de armazenagem e de seguros.

O custo total de manutenção é dado pela equação:

$$Custo\ Total = C_d + C_i + C_S \tag{2.1}$$

A figura 2.3 ilustra a relação entre os custos e o nível de manutenção. É possível observar um crescente investimento na manutenção preventiva que resulta numa diminuição das falhas e dos seus respetivos custos. Outra conclusão retirada do gráfico é a existência de um ponto ótimo ou de equilíbrio entre os custos de manutenção preventiva e os custos de falhas indo de encontro ao custo total mínimo.

Figura 2.3. Gráfico de custos vs Nível de manutenção.

Ramalho [13] defende a análise de custos como uma ferramenta de gestão essencial, disponibilizando uma série de benefícios para o responsável pela manutenção, sendo eles:

- Estabelecimento de um orçamento previsional anual;
- Conhecimento das despesas em tempo real e os desvios relativamente ao orçamentado;
- Nível de manutenção a implementar;
- Verificação da eficiência das ações de manutenção (custo/benefício);
- Análise da necessidade de subcontratação de mão-de-obra ou serviços;
- Alerta para a necessidade de substituição de equipamentos;
- Definição de políticas mais corretas no caso de reparações ou intervenções.

2.2. Modelos de Gestão de Manutenção

2.2.1. TPM - Manutenção Produtiva Total

O modelo *Total Productive Maintenance*, comumente designado por TPM, é um conceito moderno de manutenção desenvolvido no Japão a partir dos anos 70 na Nippon Denso, do grupo Toyota. Esta filosofia de manutenção destaca-se pela integração de todos os colaboradores da empresa, desde os operadores das máquinas e do pessoal da manutenção, até ao nível superior da gestão, nas atividades de manutenção.

Nakajima [14] começou por estudar e desenvolver a manutenção preventiva Americana (PM) em 1950, visitando mais tarde fábricas Americanas e Europeias com o objetivo de aprender mais acerca dos sistemas de manutenção preventiva. Durante muitos anos a manutenção corretiva funcionava como principal método nas indústrias japonesas, o que se traduzia numa grande falha, provocando um grande aumento dos custos e uma qualidade do produto final inferior à esperada.

Na década de 60, apareciam equipamentos cada vez mais automatizados, surgindo assim a necessidade de adotar a manutenção produtiva (MP) para algumas empresas japonesas. Este tipo de manutenção envolve apenas os departamentos de produção, sendo efetuada pelos operadores de produção, pelo que os operadores passaram a ter mais responsabilidades acerca do funcionamento de cada equipamento, executando ações de manutenção como inspeções, lubrificações, limpezas e reparações de pequenas avarias.

Mais tarde, Seiichi Nakajima, desenvolveu o TPM combinando todo o estudo que tinha realizado até à data com os conceitos do Controlo de Qualidade Total (*Total Quality Control* - TQC), tornando-se um sistema revolucionário para a indústria a nível global, envolvendo todos os departamentos das empresas com o objetivo de aumentar a eficácia organizativa de toda a empresa.

Em 1971, Nakajima começou a implementar o sistema TPM no Japão, e verificou-se uma diferença em relação à filosofia americana que este tinha estudado, em que todos os colaboradores estavam envolvidos nas atividades de manutenção ao contrário dos EUA, que apenas as equipas de manutenção eram os responsáveis por estas atividades.

Com o passar dos anos, Nakajima e a sua equipa faziam várias apresentações acerca do TPM, sendo que estes conceitos começaram a ser aplicados por várias empresas de todo mundo. Após o sucesso alcançado, várias empresas receberam o prémio de excelência na implementação do TPM, verificando-se que a maioria dessas organizações faziam parte do grupo Toyota, todas elas trabalhando segundo a filosofia *Just In Time* (JIT).

2.2.1.1. Objetivos do TPM

Este subcapítulo foi elaborado com base no livro de Nakajima [14], na sua experiência adquirida acerca do tema. Para este autor, os objetivos principais do TPM passam pela eliminação de falhas e evitar desperdícios, sendo que estes se podem desdobrar em:

- Maximização da eficiência global dos equipamentos;

- Desenvolver um sistema de manutenção preventiva para maximizar a vida útil dos equipamentos;
- Envolvimento de todos os departamentos e colaboradores na implementação e ferramentas do TPM;
- Promoção do TPM motivando as pessoas e organizando atividades para pequenos grupos autónomos.

Este sistema centra-se na procura constante do aumento da eficiência dos equipamentos, mais concretamente o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), sendo este um dos principais indicadores do TPM. O OEE é um indicador de desempenho global, dado pelo produto da disponibilidade do equipamento, a qualidade do produto final e a performance do equipamento, sendo calculado através da equação 2.2:

$$OEE = Disponibilidade \times Qualidade \times Performance \tag{2.2}$$

Em que:

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ Operação}{Tempo\ Total\ de\ Produção} \tag{2.3}$$

$$Qualidade = \frac{Produção\ Total - Produção\ Defeituosa}{Produção\ Total} \tag{2.4}$$

$$Performance = \frac{Quantidade\ Produzida \times Tempo\ Ciclo\ Ideal}{Tempo\ de\ Operação} \tag{2.5}$$

Segundo Nakajima, aquando a sua experiência, o valor ideal do OEE deverá ser de 85% em que:

Disponibilidade > 90%

Qualidade > 99%

Performance > 95%

2.2.1.2. Os 8 pilares do TPM

A manutenção produtiva total representa uma técnica de gestão altamente complexa, mas com um enorme potencial e para ser bem-sucedida deve estar bem alicerçada. A Figura 2.4 representa os oito pilares da TPM que garantem o funcionamento e o alcance dos objetivos deste modelo, quando estes são bem implementados.

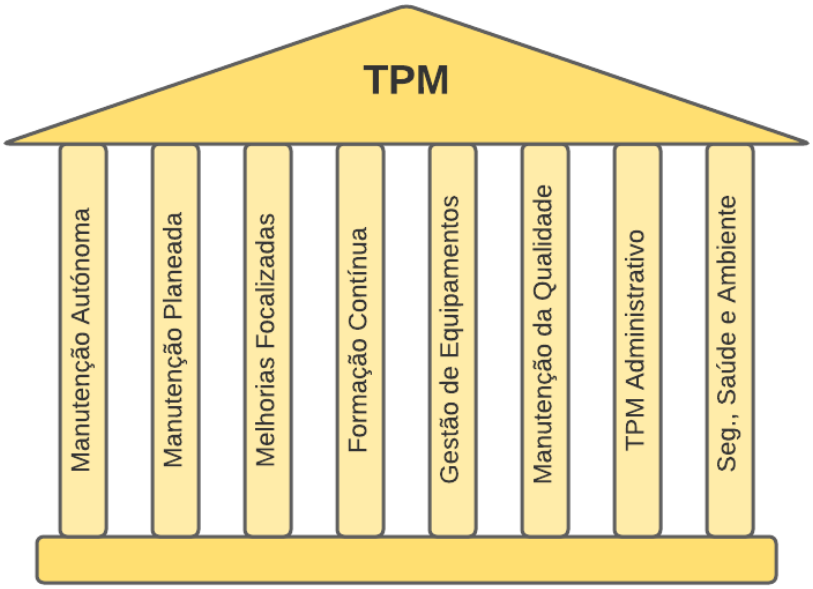


Figura 2.4. Os 8 pilares do TPM.

Os oito pilares contemplam os seguintes aspetos [15]:

- **Manutenção Autónoma** – este tipo de manutenção consiste na inclusão dos operadores nas operações em que não é necessária uma formação específica em manutenção como limpeza, lubrificações e inspeções. Os operadores têm um papel fundamental na manutenção uma vez que têm contacto diário com os equipamentos e possuem bons conhecimentos acerca destes. Este método, além de ser possível tirar partido de alguém que conhece os equipamentos, permite libertar os técnicos de manutenção para tarefas de nível superior;
- **Manutenção Planeada** – este pilar está ligado à manutenção preventiva, sendo planeadas atividades de manutenção periódicas que permitem evitar paragens imprevistas, *downtime* e assegurar um serviço de qualidade. Este estudo e planeamento aumenta a fiabilidade e a disponibilidade das máquinas;
- **Melhorias Focalizada** – este pilar tem um objetivo muito claro, ou seja, melhorar continuamente. É importante criar pequenos grupos de trabalho que permitam identificar as necessidades de melhoria, problemas recorrentes e a sua resolução. Este esforço permite melhorar os produtos, processos ou serviços, diminuindo o desperdício e aumentando a qualidade, gerando uma vantagem competitiva para as organizações;

- **Formação Contínua** – a implementação do TPM exige treino e formação contínua de modo a capacitar os operadores, técnicos de manutenção e pessoal da administração das competências necessárias para atingir os objetivos deste método de gestão. A formação permite que o pessoal mantenha e atualize os seus conhecimentos, adquirindo capacidade de encarregar os trabalhos de manutenção e identificar potenciais falhas;
- **Gestão de Equipamentos Novos** – o conhecimento e experiência adquirida ao longo dos anos deve ser determinante na hora da compra de novos equipamentos. É essencial que os equipamentos alcancem níveis de rendimento superior o mais rápido possível depois da sua aquisição, o que implica um estudo acerca desse. A manutenção é um fator importante, pois esta deve ser simples e rápida de executar quando necessário, com um menor custo associado e a máxima segurança;
- **Manutenção da Qualidade** – procura alcançar um projeto de deteção e prevenção de defeitos nos processos de produção. Este tipo de manutenção prima em evitar desperdícios, reduzir o número de defeitos na produção e eliminar as fontes de raiz dos defeitos;
- **TPM Administrativo** – este pilar consiste na aplicação das técnicas e melhorias nos processos administrativos que permitem eliminar os desperdícios, mas sobretudo melhorar o apoio à produção através de operações administrativas mais eficientes, com planeamentos e aquisição de novos equipamentos e produtos. Este método permite ajudar e motivar a produção;
- **Segurança, saúde e ambiente** – a segurança e a saúde das pessoas nunca devem ser postas em causa assim como o meio ambiente. Este pilar foca-se na prevenção e na melhoria das condições de segurança das pessoas, permitindo manter o ambiente de trabalho seguro e agradável. Quanto ao ambiente, este método vai de encontro à redução dos riscos de contaminação e poluição derivada das organizações.

2.2.2. RCM – Manutenção Centrada na Fiabilidade

O modelo *Reliability Centered Maintenance*, comumente designado por RCM, é considerado um modelo de gestão, visto como uma oportunidade de resposta ao mercado

competitivo e em constante mudança que corre atualmente, permitindo às empresas manterem-se atualizadas e produtivas.

Por definição, Moubray [4], o principal especialista e divulgador deste modelo, designa a RCM como "*um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que os seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional presente*".

Este método identifica e planeia um conjunto de ações que têm como objetivo a redução da probabilidade de falha de um equipamento, aumentando consequentemente a sua fiabilidade e disponibilidade, tendo em vista a redução dos custos associados a acidentes, defeitos e reparações. [16]

É um processo que se baseia na análise sistemática de todos os tipos e modos de falhas que possam ocorrer num determinado equipamento, desenvolvendo um plano de manutenção específico com base nesse estudo e assegurando que todos os equipamentos se encontram disponíveis a qualquer momento. Segundo Pinto [12], a RCM é caracterizada pela identificação das avarias críticas dos equipamentos, assim como as consequências originadas pelas falhas e os custos acarretados. A previsão dos riscos assumidos pelas consequências das avarias e os custos, permitem selecionar qual a política de manutenção mais vantajosa a aplicar num determinado equipamento, sendo a manutenção condicionada o tipo de manutenção mais indicada na maioria dos casos.

De acordo com Moubray [4], para a aplicação da RCM existem sete questões básicas sobre o equipamento sob análise critica que devem ser respondidas, sendo elas:

1. Quais são as funções e padrões de desempenho requeridos para os equipamentos fabris?
2. De que modo podem os equipamentos falhar no cumprimento das suas funções?
3. Qual a causa de cada falha?
4. Quais as consequências provocadas por cada falha?
5. Qual a importância das consequências de cada falha (custo, criticidade)?
6. O que pode ser feito para prevenir ou impedir cada falha?
7. O que pode ser feito quando não for possível ou justificável uma política de manutenção preventiva?

A manutenção centrada na fiabilidade é considerada como uma estratégia organizacional que permite às organizações manterem-se competitivas, impulsionando o aumento da produtividade, quando bem aplicada. Com a implementação deste modelo de gestão é possível diminuir a probabilidade de falha, aumentar a fiabilidade assim como a disponibilidade, aumentar o tempo de vida dos equipamentos e reduzir as atividades de manutenção corretiva assim como os custos associados à manutenção.

2.3. Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho, comumente chamados de KPI's (*Key Performance Indicators*), são ferramentas essenciais na gestão de manutenção, sendo utilizados para se determinar e otimizar o desempenho dos equipamentos ou da atividade de manutenção, com vista ao aumento da eficiência e a respetiva produtividade. Através destes indicadores é feita a monitorização e a análise do desempenho, possibilitando a identificação de melhorias, assim como o auxílio nas medidas de gestão e planeamento, em busca da melhoria contínua do processo produtivo.

De seguida, é feita uma análise aos cinco indicadores mais utilizados na gestão da manutenção, segundo o manual da GIAGI [15].

2.3.1. MTBF – Tempo Médio Entre Falhas

O MTBF, mais conhecido como *Mean Time Between Failures*, representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e próxima, ou seja, indica quando poderá ocorrer uma falha no equipamento em questão com base nas falhas ocorridas, sendo que este valor é normalmente expresso em horas. Outra característica deste indicador é o facto de o valor resultante avaliar a **fiabilidade** do equipamento, isto é, a probabilidade de este exercer as funções exigidas, sob as condições de operação e por um período de tempo estabelecidos. O MTBF é dado pela seguinte expressão:

$$MTBF = \frac{Tempo\ Total\ de\ Trabalho - Tempo\ de\ Inatividade}{Número\ de\ Avarias} \tag{2.6}$$

2.3.2. MTTR – Tempo Médio de Reparação

O MTTR, designado como *Mean Time to Repair*, exprime o tempo médio necessário para a reparação de um componente ou de equipamento com avaria. Na maioria dos casos, este indicador não abrange o tempo de imobilização, seja o tempo de reação até à reparação da avaria ou a espera de componentes. Este indicador traduz também a **manutenibilidade** de um equipamento, isto é, a rapidez e facilidade com que as operações de manutenção são executadas, sendo expressa pela equação seguinte:

$$MTTR = \frac{Tempo\ Total\ de\ Manutenção}{Número\ de\ Avarias} \tag{2.7}$$

2.3.3. MWT – Tempo Médio de Espera

O MWT, conhecido por *Mean Waiting Time*, é empregue para indicar o tempo de reação entre o momento em que ocorre a falha e o momento em que se atua ou inicia a manutenção do equipamento. Este índice de manutenção é dado pela seguinte expressão:

$$MWT = \frac{\sum Tempos\ de\ espera}{Número\ de\ Avarias} \tag{2.8}$$

2.3.4. Disponibilidade

A disponibilidade é uma relação direta entre fiabilidade e a manutenibilidade, como mostra a Figura 2.5, em outros termos, é a capacidade de um equipamento executar uma operação sob determinadas condições durante um período de tempo pré-definido ou instante, assegurando todos os recursos necessários

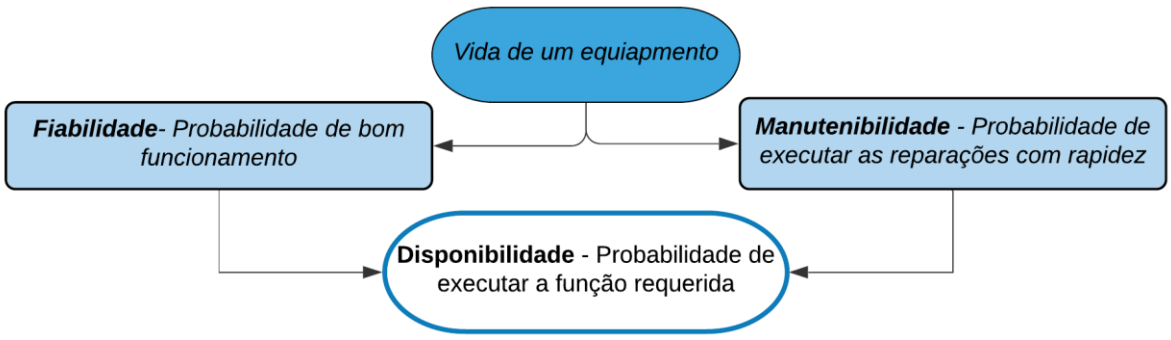


Figura 2.5. Fiabilidade – Manutenibilidade – Disponibilidade.

Esta relação traduz uma estrutura, funcionando conjuntamente para que um equipamento execute a função pretendida. A disponibilidade é calculada através da seguinte equação:

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT} \tag{2.9}$$

2.3.5. Taxa de avarias - λ

A taxa de avarias é um indicador de fiabilidade, representando o número de avarias num período de tempo, exprimindo-se em avarias/hora. Normalmente a taxa de avarias tende a seguir um modelo chamado "curva de banheira" que descreve 3 fases de vida diferentes, sendo eles o período de infância em que o número de falhas é elevado por o equipamento se encontrar em rodagem e em fase de adaptações, o período de vida útil representando a fase de rendimento ótimo do equipamento e o período de envelhecimento em que a taxa de avarias volta a aumentar devido ao desgaste. Este modelo é ilustrado na Figura 2.6, sendo a taxa de avarias dada pela expressão:

$$\lambda = \frac{Número\ de\ Avarias}{Tempo\ Total\ de\ Trabalho} = \frac{1}{MTBF} \tag{2.10}$$

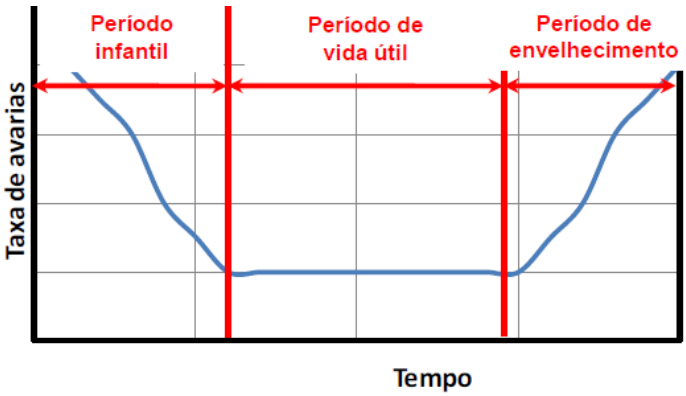


Figura 2.6. Gráfico Tempo vs Taxa de avarias. (Adaptado de Ramalho 2020)

2.4. Sistemas de gestão de manutenção

Com o desenvolvimento de um mercado mais competitivo, a carga de trabalho nos equipamentos originava um aumento no tempo de inatividade e um crescimento nos custos de manutenção. A exigência do aumento de produção levou a um aumento do número de equipamentos e da informação associada aos mesmo, surgindo a necessidade, na ótica dos utilizadores, do desenvolvimento de sistemas de gestão de manutenção.

Um sistema de gestão é essencial na gestão de qualquer organização, oferecendo um leque de opções como o fluxo de informação interna e externa, a recolha, armazenamento, processamento e representação da informação, servindo de apoio no controlo e na tomada de decisões.

Segundo Pinto [12], a implementação de um sistema de gestão de manutenção pode ser feita através de um sistema informático autónomo e isolado dentro da empresa, ou então integrada com outros sistemas eventualmente já existentes. Aqui entra o sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), referente a um conjunto de sistemas de informação que integram toda a informação de uma entidade desde processos, dados, contabilidade, recursos humanos, manutenção num único *software*, trabalhando em conjunto. Deste modo, toda a informação e dados relacionados com a empresa encontram-se armazenados num único sistema com a possibilidade de serem utilizados pelos vários departamentos em simultâneo.

São vários os aspetos que justificam a implementação de um sistema de gestão, desde o aumento da complexidade das tarefas de manutenção ao aumento do volume de informação referente à manutenção. A redução dos custos e o aumento da eficiência também as empresas a adotar estes sistemas em busca dos seus objetivos.

Fernandes [7] enumera algumas vantagens da aplicação deste tipo de *softwares* na indústria como:

- Aumento da produtividade;
- Redução dos custos de manutenção;
- Redução dos tempos de indisponibilidade;
- Aumento do ciclo de vida dos equipamentos;
- Maior eficácia na gestão;
- Integração dos planos da manutenção com os da produção.

A presente revisão bibliográfica revela-se de extrema importância no suporte da realização da dissertação e do desenvolvimento do próprio conhecimento acerca do tema.

Após a análise de alguns trabalhos realizados nesta área foi possível verificar a importância da manutenção para a indústria, na aplicação de metodologias e estratégias no combate aos diversos problemas existentes atualmente. Este estudo, para além do conhecimento adquirido, é fundamental para a elaboração dos planos de manutenção preventiva e a aplicação da manutenção autónoma, influenciando a escolha dos indicadores de desempenho.

3. AMOB GROUP

3.1. A empresa

Tudo isto começa nos anos 50 quando o Sr. António Barros trabalhava por conta de outrem numa pequena oficina que fabricava máquinas agrícolas e com o passar dos anos se ia deparando com a escassez de qualidade nas máquinas de curvar tubo. Com um espírito crítico e ambicioso, também segundo o *feedback* dos clientes, este assumiu ao dono da loja que conseguiria produzir uma máquina de curvar tubo e com melhor qualidade do que as que eram vendidas pelo seu fornecedor.

O fornecedor desafiou-o então a produzir esse equipamento, nascendo assim, em 1960, o projeto AMOB (com as iniciais do seu nome - António Martins Oliveira Barros), transformando a sua garagem numa pequena oficina. Com o passar dos anos o espaço dedicado à sua atividade foi evoluindo até às atuais instalações.

Sediada em Vila Nova de Famalicão, acompanha a evolução do mercado sem esquecer o legado de 60 anos de história e preservação de gerações, sendo que atualmente a empresa é liderada pelo seu filho Manuel Barros e pelos seus netos Manuel António Barros e Inês Barros.

Conceituada a nível mundial pelo fabrico de equipamentos para curvatura e conformação de tubos e perfis, atende a todas as necessidades de inúmeros setores industriais como o naval, automóvel, aeronáutica, petrolífera, construção, entre outros.

Uma vantagem competitiva aliada a um fator altamente diferenciador é o facto da AMOB produzir equipamentos customizados conforme as exigências do cliente, ganhando destaque face à concorrência.

A unidade industrial está munida de equipamentos produtivos com a mais elevada tecnologia, desde centros de maquinação, tornos e fresadoras convencionais, CNC, bem como equipamentos de corte, punçonagem e curvatura, de modo a garantir os mais altos padrões de fabrico.

Até à data, as instalações sofreram vários processos de modernização e adaptação às necessidades do mercado, ocupando uma área de 18.000 m², empregando mais

de 160 colaboradores, com um horário de laboração das 6h às 22h, desfasado em três turnos, satisfazendo todas as necessidades dos clientes.

Figura 3.1. Vista aérea das instalações da AMOB. Fonte: AMOB Group

3.2. Volume de negócios

Para a AMOB, a identidade e gama de produtos mantém-se alicerçada na postura e liderança de mercado, assim como o valor da proximidade, não fosse do seu fundador a frase *"Um dia vou ter amigos nos quatro cantos do mundo, amigos a quem os outros chamam de clientes"* – António Martins Oliveira Barros.

O relacionamento com os clientes é uma base de trabalho de enorme importância para a empresa uma vez que torna todo o processo de negociação, venda, serviço pós-venda mais fácil. É importante prestar disponibilidade e qualidade de serviço ao cliente após a venda.

Existem mais de 12.000 máquinas instaladas nos cinco continentes, marcando presença em mais de 90 países, alargando a sua rede de agentes e distribuidores, de forma a responder rapidamente às solicitações dos clientes. Fora de Portugal, a organização possui instalações comerciais na Rússia, Brasil, Espanha, França e Benelux, juntamente com uma rede de mais de 70 agentes e centros técnicos como mostra a Figura 3.2, garantindo assim um suporte de maior qualidade e eficiência.

Figura 3.2. Presença global da AMOB. Fonte: AMOB Group

A AMOB atingiu, em 2020, um volume de negócios ligeiramente inferior ao ano anterior, como é visível na Figura 3.3, tendo encerrado o ano com um valor de 14,488 milhões de euros, correspondendo a um decréscimo de 9,9% face ao ano de 2019. Esta performance resultou do contexto pandémico que se viveu, com diversos confinamentos, o que provocou uma quebra acentuada da procura interna e externa. Contudo, a AMOB manteve a produção em pleno (o que face à evolução das vendas resultou no aumento de stock de produtos acabados e em curso), não sendo necessário recorrer aos apoios disponíveis uma vez que se recuperaram as vendas no 2º semestre de 2020, com especial destaque para os últimos meses do ano.

O comportamento das exportações nos últimos anos revela um peso superior a 70% do volume de negócios, tendo a empresa desenvolvido programas de internacionalização para reforçar esta tendência, conseguindo estar presente nos principais mercados. Durante o ano de 2020, a organização exportou para 39 países divididos pelos diversos continentes, destacando-se o crescimento de vendas para a América do Norte, que passou de 20% para 27%. Este crescimento justifica-se pela consolidação no mercado do E.U.A e por um crescimento significativo no mercado mexicano, com projetos customizados, resultante da deslocalização de produção da China para o México. Pelo contrário, a América do Sul registou um decréscimo de 11% em 2019 para 3% em 2020, o qual se considera ser conjuntural, resultante da pandemia. Os restantes mercados tiveram comportamentos semelhantes ao do ano anterior, conforme ilustra a Figura 3.4.

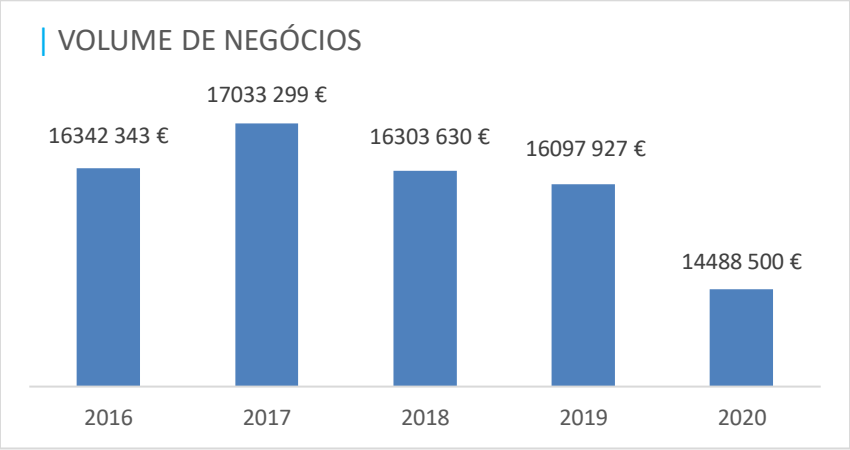


Figura 3.3. Volume de negócios da AMOB.

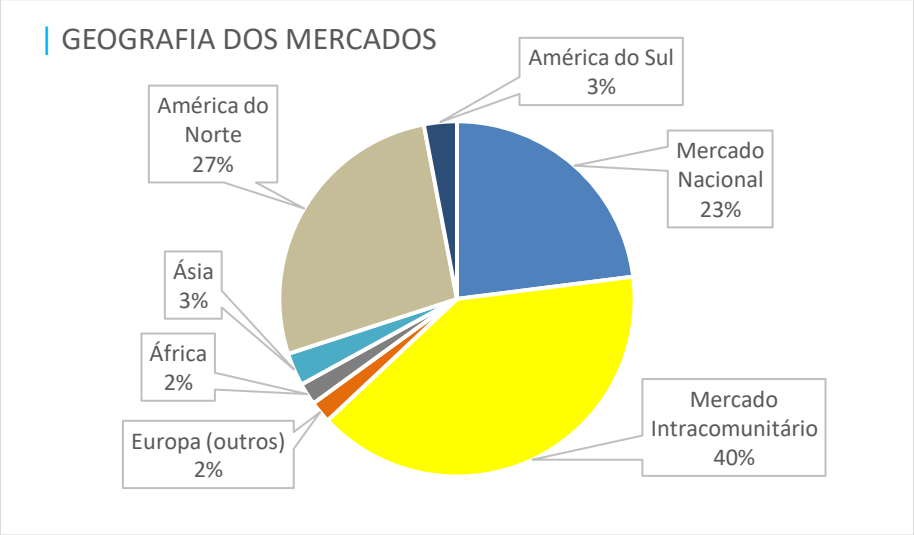


Figura 3.4. Geografia dos mercados da AMOB em 2020.

3.3. Produtos fabricados

A AMOB é especialista no fabrico de equipamentos e ferramentas para a curvatura de tubos, perfis e conformação de extremos, desde os mais simples equipamentos manuais aos mais complexos sistemas CNC totalmente elétricos, sendo uma referência mundial no setor metalomecânico. A Figura 3.5 representa uma série de equipamentos produzidos pela empresa, adaptados às necessidades de cada cliente.

Figura 3.5. Equipamentos produzidos. Fonte: AMOB Group

As curvadoras de tubo totalmente elétricas da série *eMOB* representam a vanguarda em tecnologia de curvatura, sendo uma forte aposta da empresa, devido às várias vantagens que apresentam em relação aos equipamentos hidráulicos. Estas máquinas estão preparadas para trabalhos exigentes em tubos de grandes dimensões (até 225mm de diâmetro) e espessuras, combinando a força existente nas curvadoras hidráulicas com a tecnologia presente nas máquinas elétricas.

Aliadas a estas vantagens é possível acrescentar a redução do consumo energético, o suporte de cargas de trabalho e ciclos de produção rigorosos. A produtividade é impulsionada por tempos de ciclo curtos, a redução dos tempos de manutenção, estando aptas para a execução de trabalhos complexos, onde é necessária precisão e flexibilidade, garantindo assim confiabilidade, mesmo a longo prazo.

Estas são as características que descrevem a mais recente *eMOB Super Heavy Duty*, presente na Figura 3.6.

Figura 3.6. eMOB Super Heavy Duty. Fonte: AMOB Group

3.4. Processo de fabrico

De modo a controlar todo o processo produtivo, a AMOB produz tudo internamente, havendo um conjunto de processos até chegar ao produto final, desde o projeto, maquinação do metal, pintura, parte hidráulica, parte elétrica, montagem, automação e *software*.

Ao armazém chega apenas aço em bruto, que depois da conceção e transformação da matéria-prima dá origem às máquinas industriais apresentadas no subcapítulo anterior. Da matéria-prima existente em armazém destacam-se os aços de cementação (16MnCr5), aços de construção não ligados (St52) e aços de construção ligados (PM300). O primeiro aço é utilizado na construção de engrenagens, ferramentas e componentes que requerem alta resistência, sendo que o segundo aço é aplicado na construção da parte estrutural dos equipamentos. O armazém encontra-se dividido em duas secções, como é possível verificar na Figura 3.7.

(a)

(b)

Figura 3.7. (a) Secção das vigas e tubos; (b) Secção das chapas.

A figura (a) corresponde à secção onde chegam vigas, tubos e perfis de aços carbono e baixa liga, alumínio e aço inoxidável, que são submetidos ao corte por serrotes de fita, formando blocos de metal prontos a serem maquinados, mais concretamente em tornos. A figura (b) mostra a secção que armazena as chapas de aço, sendo estas sujeitas ao corte através de dois equipamentos de oxicorte, originado blocos ou barras de aço, conforme o pedido. Estes blocos podem seguir para a zona da serralharia ou para os centros de maquinação.

Na serralharia, Figura 3.8, é possível encontrar guilhotinas, quinadoras, equipamentos de rebarbagem e soldadura, sendo que nesta secção dá-se a montagem e união das peças que constituem a parte estrutural do equipamento, através da adição de material por uma soldadura MIG (*Metal Inert Gas*) posicionando-as devidamente. Após a rebarbagem das zonas soldadas e eliminação de defeitos, se existentes, a estrutura avança para a cabine de pintura onde é efetuada a limpeza, o tratamento e a decapagem para que posteriormente seja efetuado o acabamento.

(a) (b)

Figura 3.8. (a) Secção da serralharia; (b) Secção da pintura.

Os blocos que seguem para os centros de maquinação, presente na Figura 3.9, podem ser sujeitos a vários processos de maquinação desde torneamento, fresagem, furação ou eletroerosão, criando as ferramentas, guias, engrenagens e os componentes necessários para o funcionamento do equipamento. As fresadoras e tornos CNC (Controlo Numérico Computorizado), permitem o fabrico de peças com elevada precisão, devido ao controlo simultâneo de vários eixos através de movimentos escritos num código específico.

(a) (b)

Figura 3.9. (a) Fresadora CNC; (b) Torno CNC.

O sistema hidráulico é responsável pela execução da maioria dos movimentos articulados de cada equipamento, pelo que se torna importante testar todos os componentes desde cilindros, válvulas, mangueiras e tubos de modo a confirmar que tudo se encontra no perfeito estado antes de ser montado na estrutura. Todo este trabalho é realizado na secção de hidráulica.

Uma vez que se tem vindo a destacar a aposta nos equipamentos totalmente elétricos, existe também uma secção dedicada somente à parte elétrica, onde são criados e montados os circuitos elétricos e os HMI's (*Human – Machine Interface*) de cada equipamento.

A zona do processo de montagem representada na Figura 3.10, é como o próprio nome indica a "montagem do puzzle", onde chegam as estruturas e os componentes constituintes de cada equipamento, juntando tudo até à obtenção do produto final, seguido de vários testes. Após a vistoria, a máquina é embalada e segue para o cliente.

Figura 3.10. Zona de montagem. Fonte: AMOB Group

3.5. Manutenção na AMOB Group

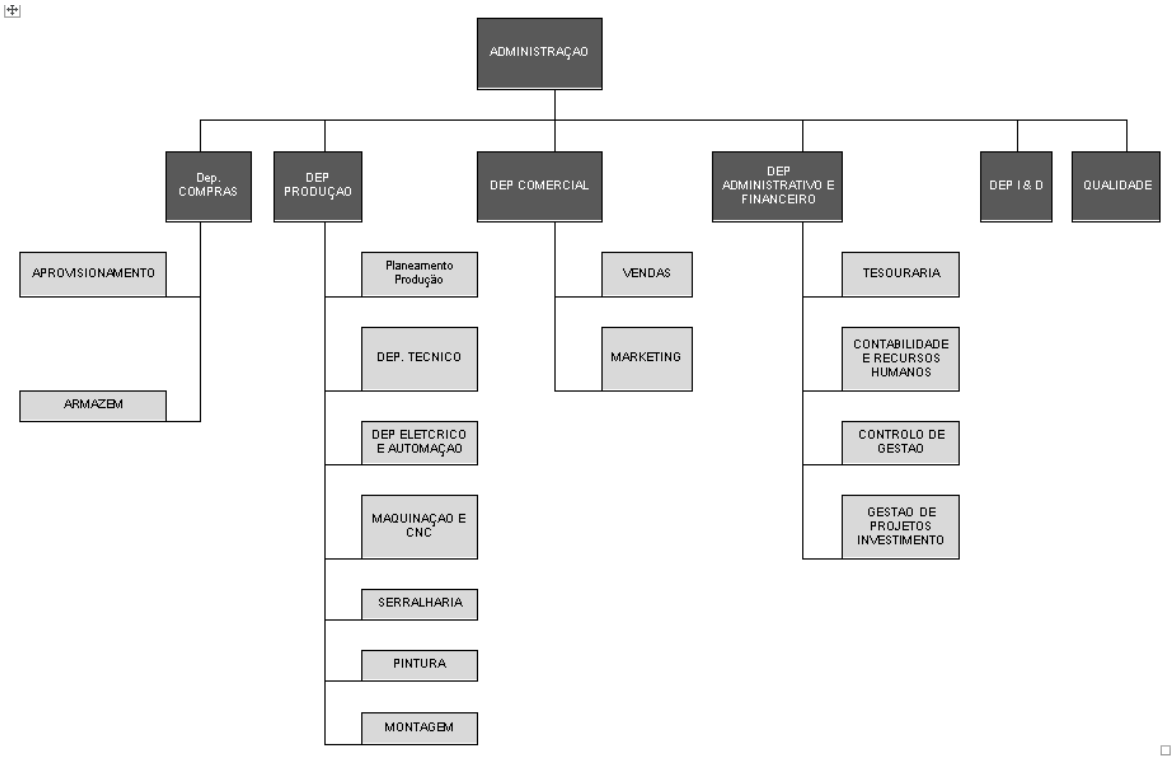


Figura 3.11. Organograma empresarial. Fonte: AMOB Group

A Figura 3.11 ilustra o organograma atual da empresa AMOB, verificando-se a inexistência de um departamento responsável pela manutenção, sendo que esta atividade está a cargo do departamento de produção até ao momento, mais concretamente da área do planeamento da produção. Após a implementação do sistema de gestão da manutenção, um dos principais objetivos da empresa passa pela criação e desenvolvimento do departamento de manutenção uma vez que se torna fundamental para a produtividade de qualquer empresa, integrando desta forma o departamento de produção.

O serviço de manutenção da AMOB Group encontra-se desatualizado face às necessidades que lhe são exigidas diariamente pelo setor da produção. Este serviço está a cargo de dois responsáveis pela gestão da produção e conta com dois técnicos especializados na execução dos trabalhos de manutenção. A escassez de técnicos é um dos maiores problemas para a empresa e para a gestão da manutenção, uma vez que a empresa conta com aproximadamente 100 equipamentos a laborar diariamente.

Desde cedo a empresa adotou como principal metodologia de funcionamento a manutenção corretiva, mesmo ciente que este método pode provocar enormes perdas para a produção, devido a paragens inesperadas. Contudo, torna-se o método mais prático em

termos de gestão, uma vez que este método se baseia na reparação e resposta aos pedidos de intervenção ou avarias, quando solicitados. Em termos de gestão e resposta, a prioridade é sempre dada às avarias que provocam paragem de produção, uma vez que existem pedidos de intervenção diariamente, sendo realizada uma manutenção preventiva nos equipamentos mais críticos e importantes para a produção quando há disponibilidade por parte dos técnicos de manutenção. O facto de todo este serviço estar atribuído a apenas os dois técnicos cria uma enorme dependência da produção, podendo originar consequentemente uma sobrecarga do trabalho.

Até ao ano de 2019 a manutenção funcionava por comunicação verbal em que as intervenções, quando eram necessárias, eram requeridas pelos operadores de cada equipamento aos técnicos de manutenção ou aos responsáveis. Não havendo registos de pedidos nem registos das atividades de manutenção executadas, verificou-se a falta de um histórico de cada equipamento até essa data. A partir desse ano, incutiu-se o hábito do preenchimento por parte dos operadores das folhas de pedidos de intervenção, sendo que estas apontam a data e hora do pedido e descrevem a avaria, sendo entregues ao responsável da manutenção. Após a análise do pedido de intervenção, este é assinado e autorizado pelo responsável da manutenção, sendo entregue ao técnico da manutenção juntamente com uma folha do registo da manutenção. Nesta última, o técnico preenche a folha com as datas e horas de início e conclusão da atividade de reparação, a descrição do trabalho executado e uma lista do material substituído, podendo acrescentar no final, caso seja necessário, uma descrição com as causas da avaria ou observações acerca do equipamento. No Anexo A é possível observar o *template* dos pedidos de intervenção e do registo de manutenção.

4. TRABALHO DESENVOLVIDO

4.1. Análise da situação inicial

Antes de iniciar qualquer trabalho foi feita uma análise aos registos de manutenção existentes, neste caso referentes aos anos de 2019 e 2020. Inicialmente, como é esperado, torna-se complicado incutir o hábito de preencher estas folhas, pelo que o número de registos desses anos não corresponde à realidade. Após essa análise, retirou-se alguns resultados, como a quantidade de intervenções realizadas, os tempos totais de reparação e os tempos de espera até à reparação, apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Registos de intervenções de manutenção dos anos 2019 e 2020

	2019	**2020**
Nº de registos	31	33
Tempo de espera [horas]	924,5	222,3
Tempo de reparação [horas]	131,3	262

Dessa análise verificou-se que o número total de intervenções está longe da realidade, uma vez que surgem anomalias diariamente, o que prova que a maioria das intervenções não chegam a ser registadas, sendo que o baixo número de intervenções registadas em 2020 tem influência da situação pandémica vivida. Outra conclusão que se retira da análise é o facto de não existir um detalhamento bem elaborado na descrição das avarias assim como nas reparações, o que dificulta muitas vezes a realização de estudos. Contudo, a maioria das intervenções são relacionadas com alinhamentos geométricos dos equipamentos e encravamentos. Existem peças de maior peso que são colocadas e retiradas dos equipamentos de maquinação com a ajuda de pontes rolantes e muitas vezes a torreta colide com a máquina, provocando o desalinhamento geométrico, sendo os encravamentos provocados pela falta de limpeza das limalhas do interior e das guias dos equipamentos por parte dos operadores. Estas foram as anomalias que mais ocorreram durante estes anos.

4.2. Lista de equipamentos

Após a análise aos registos de manutenção, fez-se uma atualização da lista de equipamentos existentes na fábrica, uma vez que os dados fornecidos se encontravam desatualizados, havendo equipamentos que já nem se encontravam a laborar.

Efetuou-se uma vistoria à fábrica, onde se fez o levantamento de todo o tipo de equipamentos associados à produção, desenvolvendo um sistema de numeração que permita identificar com facilidade o equipamento, assim como a localização deste. Contabilizou-se 99 equipamentos, estando a lista de equipamentos disponível no Apêndice A, agrupando os equipamentos por famílias, neste caso cujo as características de funcionamento são idênticas, atribuindo um código, nome do equipamento, setor e descrição.

Este método de agrupamento facilitará na fase da criação das operações de manutenção preventiva no sistema, uma vez que uma operação pode ser a mesma para vários equipamentos, independentemente da periocidade. Ou seja, muitas vezes para equipamentos com a mesma funcionalidade, quer sejam do mesmo fornecedor ou não, possuem instruções de manutenção idênticas, assim como a periocidade, pelo que simplifica a tarefa da organização do plano de manutenção preventiva no sistema. Por outras palavras, uma operação pode ser usada no lançamento de uma ordem de trabalho de vários equipamentos.

Das famílias de equipamentos ou função tem-se:

- BAN (Bancada): 1 bancada
- CEMQ (Centro de Maquinação): 20 fresadoras CNC;
- ERSO (Erosão): 4 equipamentos;
- FCON (Fresadoras Convencionais): 13 equipamentos;
- OXIC (Oxicorte): 2 equipamentos;
- OXID (Oxidação): 5 equipamentos;
- PINT (Pintura): 3 equipamentos;
- PUNC (Puncionadora): 1 puncionadora:
- RETP (Retificadora): 1 retificadora;
- SERR (Serralharia): 16 equipamentos;
- SERT (Serrotes): 11 equipamentos;
- TCNC (Torneamento CNC): 14 equipamentos;
- TCON (Torno Convencional): 8 equipamentos;

A figura seguinte caracteriza o sistema de numeração utilizado no código que permite a identificação de cada equipamento, segundo a sigla da família de equipamentos e de um número sequencial.

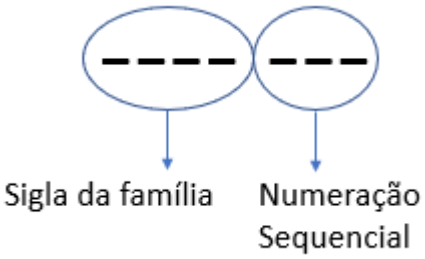


Figura 4.1. Sistema de numeração dos equipamentos

Quanto à codificação do setor, esta já se encontrava elaborada pela empresa, uma vez que a unidade industrial está divida por setores e é necessária no funcionamento do sistema ERP, pelo que se adicionou na lista de equipamentos o setor de cada equipamento, consoante a localização deste.

O sistema de numeração do setor é idêntico ao código da lista de equipamentos, uma vez que a fábrica compreende 5 setores, sendo estes identificados pela numeração 400 até 404, seguido de uma sigla referente à funcionalidade geral que os equipamentos têm em relação à produção, servindo também de identificação da zona onde se localiza, ou seja:

- MAQ (Maquinação): compreende todos os equipamentos de maquinação desde fresadoras CNC, fresadoras convencionais, tornos CNC e tornos convencionais;
- ACA (Acabamento): referente aos equipamentos de acabamento como máquinas de erosão e retificadora;
- CRT (Corte): corresponde aos equipamentos de corte como oxicorte, puncionadora e os serrotes;
- TRT (Tratamento): setor que contém todos os equipamentos de oxidação e pintura;
- SER (Serralharia): engloba todos equipamentos relacionados com a serralharia desde guilhotinas, quinadoras, máquinas de furar, soldar, etc.

Cada setor pode conter equipamentos com funcionalidades diferentes, pelo que esta codificação permite agrupar os equipamentos com a mesma funcionalidade e localizá-los no chão de fábrica de uma forma mais eficaz. Por exemplo, considerando os dois setores

401ACA e 401MAQ, sabe-se que os dois equipamentos estão presentes no setor 401 sendo que o primeiro se encontra na zona de acabamento desse setor e o outro na zona de maquinação.

Posto isto, o código e o setor estão associados, pois um permite identificar o equipamento, sendo que através do setor obtém-se a localização deste na fábrica.

Colocou-se em todos os equipamentos uma etiqueta com o nome da máquina, o código de identificação e o respetivo código de barras, como mostra a Figura 4.2, facilitando ao operador ou qualquer pessoa em questão o preenchimento dos pedidos de intervenção, assim como aceder ao perfil do equipamento através do sistema ERP.

Figura 4.2. Exemplo de identificação dos equipamentos.

Sendo a unidade fabril possuidora de um grande número de pontes rolantes e estas serem indispensáveis para o funcionamento da produção, uma vez que são utilizadas com elevada frequência no transporte dos produtos acabados, matérias-primas e componentes, foi feito um levantamento do número de pontes existentes em cada setor, bem como a referência do fornecedor e a carga máxima de cada.

Em seguida, elaborou-se uma tabela com um total de 21 pontes rolantes, atribuindo-se um código de identificação e indicando a capacidade de carga na descrição, para posteriormente gerar uma ficha de identificação de cada ponte no sistema de gestão. O sistema de numeração utilizado no código encontra-se esclarecido na Figura 4.3, complementado com a lista das pontes rolantes no Apêndice B.

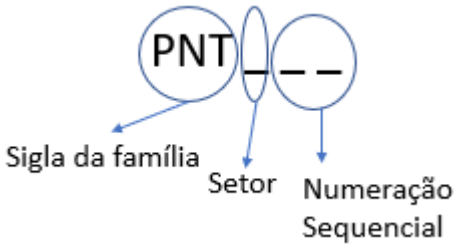


Figura 4.3. Sistema de numeração das pontes rolantes

4.3. Recolha e organização dos manuais

Os manuais de cada equipamento são um pilar muito importante neste projeto, uma vez que existe grande dependência destes para que se possa obter planos de manutenção preventiva eficientes e completos.

Numa primeira experiência no chão de fábrica foi dada a informação que a maioria dos manuais se encontravam armazenados em anexos ou quadros elétricos dos equipamentos, uma vez que o elevado porte destes o permitia. O fácil e rápido acesso aos manuais na hora das intervenções, paragens ou avarias até que faria sentido para os técnicos de manutenção ou operadores, dado que se traduz numa rápida resposta a qualquer adversidade.

Revendo a situação, face aos riscos de curto-circuito, inundação ou qualquer outro tipo de incidente possível, o armazenamento de todos os manuais no mesmo lugar e seguro é de extrema importância. Por isso procedeu-se à recolha dos manuais que estavam nas máquinas e à sua armazenagem numa sala anexa onde futuramente será o departamento de manutenção, de forma a garantir a conservação destes.

Em termos de organização, os manuais foram dispostos em prateleiras por famílias (equipamentos com a mesma funcionalidade), tendo em consideração o código de identificação dos equipamentos atribuído, de modo que a requisição de algum manual seja feita facilmente.

4.4. Planos de manutenção

Seguiu-se uma análise aos manuais de cada equipamento, com o intuito de encontrar melhorias nas indicações dadas pelo fornecedor, face ao uso e conhecimento adquirido acerca destes ao longo dos anos pelos técnicos de manutenção e pelos operadores. Verificou-se, não indo contra as indicações dos fornecedores, que por vezes existem tarefas nos serviços de manutenção em que a periocidade indicada por estes se traduz em desperdício de material, conduzindo consequentemente a dispêndio desnecessário de dinheiro, como a substituição de filtros ou óleos.

Toda esta logística deve ser analisada consoante as condições de trabalho, o estado dos equipamentos, entre vários fatores, tornando-se imperativo as indicações dos técnicos de manutenção e dos operadores, uma vez que têm um sólido conhecimento na área acerca deste tipo de máquinas.

Antes de desenvolver os planos de manutenção preventiva, é necessário definir quais os equipamentos que devem fazer parte do projeto, uma vez que nem todos os equipamentos são fulcrais para o funcionamento da produção. Pelo que não se justifica a atenção e a aplicação da manutenção preventiva nestes, face ao número reduzido de técnicos que executam as tarefas de manutenção e aos custos que acarretariam.

Desta forma, atendendo ao nível de automatização e ao valor dos equipamentos, optou-se por excluir as fresadoras e tornos convencionais, dado que são equipamentos mais antigos e de fácil reparação (por norma), funcionamento mecânico e baixo valor comparando com os restantes equipamentos. Qualquer falha num equipamento destes não originará paragem na fábrica, dado que existem alternativas para executar os trabalhos destes, como o caso das fresadoras e tornos CNC.

Assim, após a análise e decisão do diretor industrial, procedeu-se à elaboração dos planos de manutenção para a seguinte lista de equipamentos:

- Fresadoras CNC (19);
- Erosão (4);
- Oxicorte (2);
- Puncionadora (1);
- Granalhadora (1);

- Guilhotinas (2);
- Quinadoras (2);
- Serrotes industriais (11);
- Tornos CNC (14);
- Pontes rolantes (21).

4.4.1. Planos Manutenção Autónoma

Conhecido como um dos pilares do TPM e abordado na revisão bibliográfica, a manutenção autónoma consiste na inclusão dos operadores nas tarefas de manutenção em que não é necessária uma formação específica, passando pela inspeção e monotorização dos equipamentos.

Torna-se vantajosa a aplicação deste método, uma vez que os operadores estão em contacto diário com os equipamentos, possuem bons conhecimentos acerca destes, podendo contribuir para a diminuição da probabilidade de falha assim como a diminuição da carga de trabalho dos técnicos de manutenção.

Este tipo de planos contém tarefas simples e de fácil execução, como limpezas, lubrificações, verificações de pressão e tensão, pelo que os operadores ficam responsáveis pela execução dos planos de manutenção diária, semanal e mensal do equipamento em que laboram.

Na elaboração dos planos de manutenção autónoma prestou-se especial atenção ao facto de tentar criar um plano simples e de fácil compreensão, em formato de lista, descrevendo a tarefa e a zona ou o componente sujeito à intervenção. Posto isto, os planos de manutenção foram impressos, colocados em micas e distribuídos pelas bancadas de trabalho de cada equipamento.

No Apêndice C encontra-se disponível um exemplo de um plano de manutenção autónoma.

4.4.2. Planos de Manutenção Preventiva

Os planos de manutenção preventiva têm como objetivo o aumento do tempo de vida dos equipamentos assim como o aumento da disponibilidade, complementando

consequentemente com a redução dos custos de manutenção. Como já foi referido anteriormente, além dos objetivos mencionados, o primordial é a implementação do sistema de forma a sistematizar toda a informação referente à gestão da manutenção fabril. Os planos são um dos pilares de qualquer *software* de manutenção, uma vez que contêm as tarefas a realizar em cada operação.

Para elaborar um plano de manutenção preventiva completo e coeso é necessária uma enorme quantidade de informação, como os materiais e peças necessárias para a execução de cada tarefa, referências das peças a substituir, o tempo gasto em cada operação assim como os custos. Dado o número de equipamentos em causa, e como se trata de uma primeira versão do sistema, decidiu-se estruturar planos mais simples, de modo a que, posteriormente, e após a familiarização com o sistema, seja possível ir acrescentando informações que se considerem relevantes.

De forma a organizar toda a informação e facilitar a introdução dos dados no sistema, elaborou-se os planos de manutenção preventiva em Excel contendo os seguintes pontos:

- Equipamento;
- Código;
- Setor;
- Item;
- Descrição da tarefa;
- Zona;
- Periocidade;
- Responsável (Operador, técnico de manutenção e especialista).

No sistema, cada tarefa é referente a uma operação de manutenção, pelo que será necessário criar operações para cada tarefa a executar. Por questões de organização e identificação, o ponto “Item” corresponde à numeração da operação, em que se atribuiu a sigla “MN”, seguido de uma numeração sequencial. A numeração foi feita de 5 em 5 de forma a que caso apareça ou seja necessária a introdução de mais operações em algum equipamento no futuro essa numeração disponível possa ser utilizada.

Posto isto, no Apêndice D encontra-se disponível um exemplo de um plano de manutenção preventiva.

4.5. Histórico dos equipamentos

O cadastro de um equipamento é feito com base nas intervenções de manutenção corretiva e preventiva realizadas ao longo do tempo de vida do equipamento, tendo uma enorme importância para qualquer organização, uma vez que permite a realização de análises e estudos, promovendo a correção de avarias recorrentes e possíveis melhorias.

Por exemplo, nos últimos anos verificou-se que a maioria das avarias registadas resultavam da falta de limpeza das limalhas provenientes dos processos de maquinação, originando encravamentos nas máquinas. Após a análise, verificou-se existir uma necessidade de incutir hábitos de limpeza aos operadores, pelo que a aplicação do conceito da manutenção autónoma se traduz numa solução para um dos problemas fulcrais da empresa uma vez que obriga o operador a realizar a limpeza diária do seu equipamento. Estes registos de manutenção mostraram ser a chave para a solução do problema, realçando assim o valor do histórico de manutenção para a empresa.

Com base nos pedidos de intervenção realizados em 2019 e 2020, procedeu-se à organização das fichas e elaborou-se o histórico de cada equipamento nesses anos. Nesse histórico constam todos os dados do pedido de manutenção desde data e hora, a descrição da avaria e o responsável pelo pedido, assim como os dados do registo da manutenção corretiva com a informação da avaria, o material substituído, as causas e observações feitas pelo técnico de manutenção.

Inicialmente o objetivo passava por introduzir os registos de manutenção no sistema, o que após o processamento da informação não ocorreu. Não faria muito sentido introduzir os registos antecedentes ao arranque do sistema uma vez que esses dados não são muito fidedignos, e traria problemas muito complexos na realização de estudos e nos dados estatísticos de cada equipamento após a implementação dos indicadores de controlo. Optou-se por criar o histórico de cada equipamento em Excel com toda a informação referida anteriormente, anexando esse documento na gestão documental da ficha de cada máquina no sistema.

4.6. Implementação do sistema

Sendo que a empresa possui um sistema ERP no apoio à gestão da produção, neste caso o GPAC fornecido pela empresa MediaSis, é possível integrar o sistema de manutenção como um módulo do sistema principal, garantindo a total integração e rastreabilidade da informação em qualquer processo produtivo, tornando a acessibilidade e a monitorização deste mais simples e dinâmica. A implementação deste sistema poderá trazer várias vantagens para a empresa como a maximização do tempo de vida útil dos equipamentos bem como a disponibilidade e fiabilidade destes, dependendo do grau de compromisso aplicado ao programa e das atualizações e reapreciações realizadas. Existe uma série de requisitos essenciais para a implementação do sistema, garantindo que o serviço de manutenção se encontra organizado e bem estruturado, sendo eles:

- Sistema de codificação dos equipamentos e materiais do armazém;
- Documentação técnica dos equipamentos;
- Planos de manutenção preventiva;
- Codificação dos tipos de manutenção (corretiva, preventiva);
- Codificação das operações de manutenção;
- Estabelecimento de graus de urgência.

Uma vez que se cumprem todos os requisitos necessários para a implementação do sistema avançou-se para a introdução da informação criada e recolhida necessária para o funcionamento deste, com atualização da ficha de cada equipamento com as informações essenciais do fornecedor, código, setor, família e foto de identificação como é possível verificar no Anexo B. Na gestão documental da ficha de identificação dos equipamentos foram adicionados em anexo os manuais digitais existentes, esquemas de segurança e elétricos bem como o histórico das intervenções realizadas, facilitando a organização e acessibilidade à informação referente a cada equipamento.

Seguiu-se a criação das operações de manutenção no *software*, uma vez que o sistema de codificação destas já foi definido na elaboração dos planos de manutenção preventiva onde se atribuiu a sigla MN seguido da numeração sequencial. Foram criadas 437 operações, salientando a existência de operações comuns a alguns equipamentos, sendo estas operações os principiais constituintes da árvore de processos de cada equipamento, também

designada por DYP (*Define Your Process*). É, portanto, necessário parametrizar as operações de manutenção com a periocidade correspondente, assim como a zona de trabalho, formando o plano de manutenção preventiva de cada máquina. A Figura 4.4 representa a árvore de processos de um equipamento, que contém o plano de manutenção.

Figura 4.4. Árvore de processos de um equipamento

O terminal é um sistema de apoio ao processo produtivo, integrado com o sistema ERP, permitindo a recolha de informação em relação ao ciclo de produção. Este é utilizado pelos operadores na consulta e registo das operações de maquinação, o operador, o tempo das operações, o equipamento utilizado, as movimentações da peça a trabalhar ou trabalhada e a qualidade.

Definiu-se e adicionou-se um novo módulo ao terminal interligado com a manutenção, onde os operadores e os técnicos de manutenção podem solicitar os pedidos de intervenção ou registar as atividades de manutenção, início, paragens e conclusão das tarefas, bem como os componentes utilizados. No pedido de intervenção definiu-se um formulário, presente na Figura 4.5, onde consta a identificação do operador, do equipamento e a descrição da avaria, seguido de um pequeno questionário que permite fazer uma triagem acerca desta. A primeira questão é identificada como o nível de gravidade da avaria em que é respondido se a falha provoca a paragem do equipamento ou não, servindo essa questão de apoio à gestão quanto à altura de atuação na resolução da avaria.

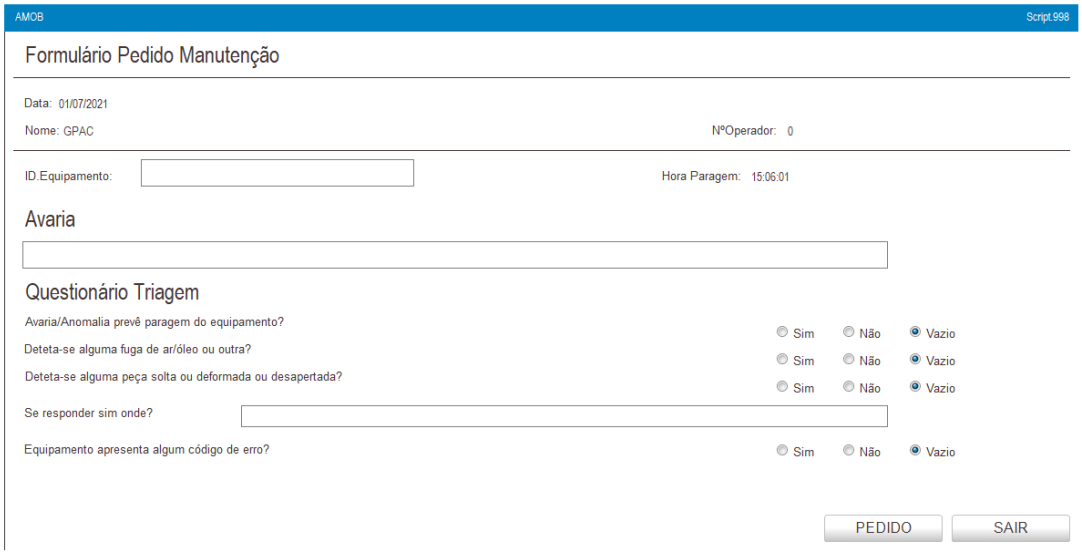


Figura 4.5. Formulário pedido de manutenção

Quanto ao planeamento da manutenção, este funciona a partir de ordens de trabalho ou ordens de manutenção, autorizando a execução dos trabalhos de manutenção ou de reparação, fornecendo instruções e informações detalhadas acerca da ação a realizar. As ordens de trabalho podem ser de cariz preventivo, em que são emitidas automaticamente pelo sistema a partir da primeira data de execução de cada operação criada, uma vez que foi definida a periocidade para cada uma ou no caso da manutenção corretiva a ordem de trabalho é criada após a solicitação do pedido de intervenção e posteriormente gerada.

O gerenciamento das ordens de trabalho manifesta-se como um fator de enorme importância permitindo evitar atrasos ou inconformidades, ou até mesmo custos elevados na manutenção. Esta possui informações como:

- Identificação do equipamento (nome e código);
- Responsável;
- Descrição da avaria;
- Id da Tarefa;
- Tipo de manutenção (C-corretiva / P-preventiva);
- Data e hora de execução;
- Periocidade (no caso de manutenção preventiva);
- Data da próxima intervenção (no caso de manutenção preventiva).

A partir das ordens de trabalho vai ser possível obter um histórico detalhado das intervenções efetuadas nos equipamentos, possibilitando a realização de estudos para prevenir potenciais falhas futuras.

4.6.1. Monitorização do sistema

A implementação e arranque do sistema não é sinónimo de que tudo funcionará na perfeição, sem falhas ou necessidades de efetuar reparações, sendo que este tipo de sistemas são alvos de melhorias contínuas e reapreciações ao longo do tempo devido à dificuldade em o manter atualizado e manuseável. O curto espaço de tempo em contacto com o sistema também não foi benéfico para a obtenção de conclusões ou até mesmo resultados, permitindo apenas compreender o funcionamento deste e encontrar erros e melhorias a reportar à MediaSis.

Após o tempo em contacto com a programa, foram reportados erros e algumas necessidades à MedisSis, como um erro no botão do terminal ao indicar o responsável pelo pedido de intervenção, a necessidade de adição de um espaço de observações no fecho da ordem de manutenção, em que seja possível detalhar e descrever as operações executadas. Verificou-se também um erro no terminal em que quando é dado o início do trabalho de manutenção não existe algo que indique que a ordem foi iniciada. Também foi detetado no fecho das ordens de trabalho que apenas indicava a data e hora em que a ordem era encerrada, solicitando a adição nas informações da hora em que é feito o pedido de intervenção e a hora em que é iniciada, sendo estas informações relevantes e necessárias para os indicadores estatísticos.

Estes foram apenas alguns dos erros e melhorias encontrados e reportados à empresa fornecedora do sistema de gestão, sendo que o curto período do estágio curricular e outras adversidades não permitiram ir mais além e experimentar o sistema após as alterações apontadas.

4.6.2. Indicadores de desempenho

Embora que não implementados, foram definidos os indicadores estatísticos a utilizar no apoio à gestão da manutenção. No sistema, para uma primeira experiência definiu-se a carga horária de cada equipamento ao invés de utilizar o horário de trabalho, uma vez

que nem todos os equipamentos laboram no mesmo horário, simplificando as operações no cálculo dos indicadores. A escolha destes indicadores foi fundamentada nas equações (4.1), (4.7) e (4.9), que se encontram analisadas no capítulo da revisão bibliográfica, para serem implementadas no sistema pela empresa fornecedora do *software*, assim que possível.

$$MTBF = \frac{Tempo\ Total\ de\ Trabalho - Tempo\ de\ Inatividade}{Número\ de\ Avarias} \tag{4.2}$$

$$MTTR = \frac{Tempo\ Total\ de\ Manutenção}{Número\ de\ Avarias} \tag{4.3}$$

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \tag{4.4}$$

5. CONCLUSÕES

Atualmente, a manutenção industrial tem vindo a manifestar-se como uma chave de sucesso para empresas que possam aumentar o seu processo produtivo, alcançando assim os objetivos estipulados, através da otimização dos níveis de eficiência dos equipamentos bem como a elevada disponibilidade. É lógico que a aplicação de um método de gestão da manutenção preventiva acarreta vários custos para uma empresa, sendo que esse gasto também deve ser entendido como um benefício que tem como objetivo evitar os custos indiretos quer por indisponibilidade ou até mesmo falta de qualidade.

Em relação à manutenção, é evidente que a AMOB ainda tem um longo caminho percorrer, estando ciente do seu posicionamento e do impacto que este setor tem para uma empresa desta dimensão, com um elevado número de equipamentos e a carga de trabalho com que labora diariamente.

Nesta que foi a minha primeira experiência em ambiente industrial, começou-se por compreender o processo produtivo de forma a avaliar o impacto que os equipamentos fabris e as paragens não programadas têm no ciclo de produção. O método utilizado na gestão da manutenção era um procedimento de gestão completamente desatualizado face as exigências da produção, sentindo uma necessidade de inovação que acompanhe o crescimento da empresa nos últimos anos. Ciente da situação, a empresa tomou o primeiro passo adquirindo um software de manutenção, permitindo a informatização dos dados de cada equipamento e sendo um apoio valioso na gestão da produção e da manutenção.

Numa primeira análise, e observando os valores da Tabela 4.1, a falta de mão de obra especializada reflete-se nos tempos de espera para reparações, constituindo um problema considerável para a empresa, uma vez que promove um aumento da indisponibilidade nos ativos. Para colmatar este problema, além do objetivo primordial da dissertação, adotou-se a metodologia de manutenção autónoma, de forma a aliviar a carga de trabalho dos técnicos de manutenção.

Esta nova jornada revelou-se exigente e complexa, enfrentando várias dificuldades na realização desta dissertação, como a elaboração dos planos de manutenção preventiva, visto o elevado número de equipamentos para aplicar uma manutenção planeada.

Isto exigiu uma exaustiva e complexa tarefa na recolha de informação em diversos manuais e na organização da informação a catalogar. A dependência de respostas por parte da empresa fornecedora do sistema também se revelou uma das maiores dificuldades sentidas, consistindo um entrave diversas vezes na implementação do sistema de gestão.

Após a recolha, o tratamento e a introdução da informação no sistema, fizeram-se vários testes de modo a compreender o funcionamento deste. Sendo esta a primeira versão do sistema, este necessita de um acompanhamento e monitorização constante, daqui por diante, para se encontrarem as funções necessárias a um funcionamento otimizado e mais próximo da realidade possível. Porém, o período do estágio curricular não foi o suficiente para a aplicação de ações de melhoria no programa, nem para a obtenção de dados do real impacto do trabalho efetuado, uma vez que se trata de um projeto de longo prazo (1 a 2 anos).

5.1. Propostas de trabalhos futuros

Os trabalhos de melhoria no sistema de gestão de manutenção devem ser contínuos, de modo que o sistema trabalhe da forma mais eficiente possível, sendo propostas várias ações de melhoria a efetuar num futuro próximo. Destas destacam-se a:

- Aplicação do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), de forma a manter o sistema sempre atualizado e próximo da realidade;
- Formação dos operadores e acompanhamento no chão de fábrica do fecho das ordens de trabalho, de forma a obter informações detalhadas acerca das intervenções efetuadas;
- Aplicação dos indicadores de desempenho;
- Catalogação dos planos de manutenção preventiva, com informações como ferramentas e recursos necessários para a operação, tempo de execução e custos da operação;
- Criação de fichas com o histórico de intervenções na ficha de identidades de cada equipamento;
- Adição de ferramentas que permita verificar o estado do ciclo de vida do equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CEN, *Norma Europeia de Manutenção DIN EN 13306*. 2007.

[2] J. P. S. Cabral, *Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática...*, Lidel, 6ª Edição Lisboa, 2006.

[3] F. Mounchy, *A função manutenção – formação para a gestão de manutenção industrial*. Masson S.A., Paris, 1987.

[4] J. Moubray, *Reliability Centered Maintenance*, Industrial Press Inc. & U.S., 2ª Edição, 1997.

[5] Teófilo Cortizo Moreira Neto, "A HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO," 2017. https://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650 (accessed Mar. 17, 2021).

[6] Pedro José Dias Marques, "Implementação de um Sistema de Manutenção Preventiva," Universidade de Aveiro, 2009.

[7] E. Fernandes, "Produtividade Pela Manutenção," 2005.

[8] M. Brito, "Manual Pedagógico PRONACI," 2003.

[9] V. M. Pinto, *Gestão da manutenção*. Lisboa, 1994.

[10] J. P. S. Cabral, *GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS, INSTALAÇÕES E EDIFÍCIOS*, Lidel 3ª Edição. 2013.

[11] D. Choudhary, "6ME6 . 3A : MAINTENANCE MANAGEMENT," no. February, 2016.

[12] C. V. Pinto, *Organização e Gestão da Manutenção*. Monitor 1ª Edição. 1999.

[13] Amilcar Ramalho, *Manutenção - Análise de custos*. 2020.

[14] Seiichi Nakajima, *Introduction to TPM - Total Productive Maintenance*. Portland, OR, 1988.

[15] Consultores em Gestão Industrial - Giagi, "Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos," pp. 1–138, 2007.

[16] C. Barros and M. Massala, "Reliability Centered Maintenance (RCM) – implementação e benefícios," 2020.

ANEXO A – PEDIDO E REGISTO DE INTERVENÇÃO

AMOB Pedido de Intervenção

Data: _____/_____/_____ Hora: _____:_____

Nº da Máquina: _____

Máquina: _____

Descrição da Avaria:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Pedido por: _____

AMOB Registo de Manutenção Corretiva

Início: Data: ____/_____/_____ Hora: _____:_____

Conclusão: Data: ____/_____/_____ Hora: _____:_____

Início: Data: ____/_____/_____ Hora: _____:_____

Conclusão: Data: ____/_____/_____ Hora: _____:_____

Início: Data: ____/_____/_____ Hora: _____:_____

Conclusão: Data: ____/_____/_____ Hora: _____:_____

Avaria:_____

_____

Lista de Material Substituído:

Qtd.	Designação

Causas/Obs.:

_____

_____

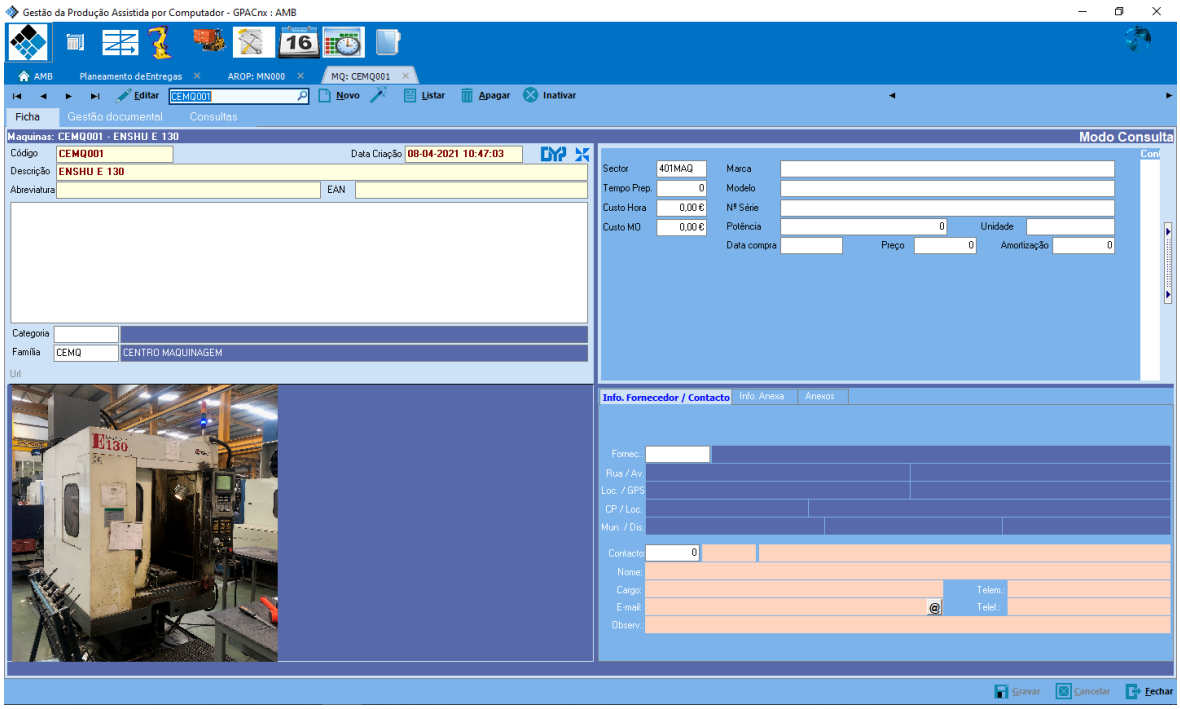
_____

_____

_____

Responsável: _____

ANEXO B – FICHA DE IDENTIFICAÇÃO



APÊNDICE A – LISTA DE EQUIPAMENTOS

Código	Família	Máquina	Sector	Descrição
BAN001	BAN	BANCADA	403ACA	FERRAM.
CEMQ001	CEMQ	ENSHU E 130	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ002	CEMQ	HARTFORD HV-50	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ003	CEMQ	HARTFORD HV-80	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ004	CEMQ	Space Center MA 600 HB OKUMA	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ005	CEMQ	TAKUMI	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ006	CEMQ	ZPS MCFV 1060 NT	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ007	CEMQ	Soraluce FP-8000	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ008	CEMQ	Soraluce FR-12000	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ009	CEMQ	HARTFORD LG-1000	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ010	CEMQ	DOOSAN DNM 650P	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ011	CEMQ	DOOSAN HM 5000	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ012	CEMQ	DOOSAN VCF850	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ013	CEMQ	TOYODA FH 800 SX	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ014	CEMQ	DMG MORI CMX 70U (1x)	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ015	CEMQ	DMG MORI CMX 70U (2x)	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ016	CEMQ	TOYODA FH 80 S	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ017	CEMQ	DMG MORI CMX 70U (3x)	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ018	CEMQ	DMG MORI CMX 70U (4x)	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ019	CEMQ	DMG MORI CMX 70U (5x)	401MAQ	FRESADORAS CNC
CEMQ020	CEMQ	DMG MORI CMX 70U (6x)	401MAQ	FRESADORAS CNC
ERSO001	ERSO	MAQUINA DE ERODIR MAX SEE	401ACA	EROSÃO
ERSO002	ERSO	MAQUINA DE ERODIR ELOTHERM	401ACA	EROSÃO
ERSO003	ERSO	MAQ. EROSÃO P/ FIO ACCUTEX AU 600AI	401ACA	EROSÃO
FCON001	FCON	PLAINA	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON002	FCON	F-CONVEC. JARBE - F3	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON003	FCON	F-CONVEC.-1 U-1250B	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON004	FCON	F-CONVEC.-2 FIRST	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON005	FCON	F-CONVEC.-3 BRIDG nõJ-70823	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON006	FCON	F-CONVEC.-4 BRIDG nõJ-24103	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON007	FCON	LIMADOR ROMAR	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON008	FCON	MAQ. TALHAR RODAS STAEHELY	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON009	FCON	ESCATELADORA FROMAG	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON010	FCON	MAQ. TALHAR RODAS VEB WMW	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON011	FCON	FRESADORA LAGUN FCM 152	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON012	FCON	FRESADORA INDUMA	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS
FCON013	FCON	ESCATELADORA KLOPP TYP 850H	403MAQ	FRESADORAS CONVENCIONAIS

OXIC001	OXIC	MAQUINA OXICORTE MOTOFIL	402CRT	Serralharia - OXICORTE
OXIC002	OXIC	MAQUINA OXICORTE MANUAL	402CRT	Serralharia - OXICORTE
OXID001	OXID	FORNO GRANDE	401TRT	OXIDAÇÃO
OXID002	OXID	FORNO PEQUENO	401TRT	OXIDAÇÃO
OXID003	OXID	POTE GRANDE	401TRT	OXIDAÇÃO
OXID004	OXID	POTE PEQUENO	401TRT	OXIDAÇÃO
OXID005	OXID	OXIDAÇÃO A FRIO	401TRT	OXIDAÇÃO
PINT001	PINT	CABINE PREPARAÇÃO DE PINTURA	402TRT	PINTURA
PINT002	PINT	CABINE PINTURA	402TRT	PINTURA
PINT003	PINT	PR• PINTURA	402TRT	PINTURA
PUNC001	PUNC	PUNCIONADORA FIMN POWER F6	404CRT	PUNCIONADORA
RETP001	RETP	RECTIFICADORA PLANA CHEVALIER	402ACA	RECTIFicadora
SERR001	SERR	GUILHOTINA 6 MTS.	400SER	SERRALHARIA
SERR002	SERR	QUINADORA 6 MTS.	400SER	SERRALHARIA
SERR003	SERR	GUILHOTINA 3 MTS.	400SER	SERRALHARIA
SERR004	SERR	QUINADORA 2 MTS.	400SER	SERRALHARIA
SERR005	SERR	SACA BOCADOS	400SER	SERRALHARIA
SERR006	SERR	MÁQUINA FURAR COLUNA GRANDE	400SER	SERRALHARIA
SERR007	SERR	MÁQUINA FURAR COLUNA MAQFORT	400SER	SERRALHARIA
SERR008	SERR	MÁQUINA DURAR COLUNA SAHINLER	400SER	SERRALHARIA
SERR009	SERR	SERROTE DISCO CS 315	400SER	SERRALHARIA
SERR010	SERR	LIXADEIRA	400SER	SERRALHARIA
SERR011	SERR	ESMERIL	400SER	SERRALHARIA
SERR012	SERR	MAÇARICO CORTE	400SER	SERRALHARIA
SERR013	SERR	MAÇARICO AQUECIMENTO	400SER	SERRALHARIA
SERR014	SERR	Mont. Estruturas	400SER	SERRALHARIA
SERR015	SERR	Rebarbagem	400SER	SERRALHARIA
SERR016	SERR	Soldadura	400SER	SERRALHARIA
SERT001	SERT	SERROTE-1 FAT Modelo 270	401CRT	SERROTES
SERT002	SERT	SERROTE-3 FAT Modelo 350	401CRT	SERROTES
SERT003	SERT	SERROTE-4 MAQFORT BMSO 550	401CRT	SERROTES
SERT004	SERT	SERROTE-5 FAT 350 A - BMSO 350	401CRT	SERROTES
SERT005	SERT	SERROTE-6 MAQFORT VE-210 S	401CRT	SERROTES
SERT006	SERT	SERRA DE FITA	401CRT	SERROTES
SERT007	SERT	SERROTE-7 FAT Modelo 350	401CRT	SERROTES
SERT008	SERT	SERROTE-8 VE 350 D SA	401CRT	SERROTES
SERT009	SERT	SERROTE 270 MAQFORT	401CRT	SERROTES
SERT010	SERT	SERROTE USAY MAKINA 1010	401CRT	SERROTES
SERT011	SERT	SERROTE PEDRAZZOLI MCR 120	401CRT	SERROTES
TCNC001	TCNC	OKUMA MACTURN 350 W	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC002	TCNC	HWACHEON 35	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC003	TCNC	OKUMA & HOWA ACT-35L	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC004	TCNC	DOOSAN LYNX 220	402MAQ	TORNEAMENTO CNC

TCNC005	TCNC	DOOSAN PUMA 480 LM	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC006	TCNC	DOOSAN PUMA 280 LM	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC007	TCNC	DOOSAN PUMA 2100 LY	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC008	TCNC	T.CON-6 MOMAC TA-35	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC009	TCNC	DMG MORI NLX 2500	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC010	TCNC	DOOSAN PUMA 2600Y	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC011	TCNC	YCM NT-2500Y	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC012	TCNC	HITACHI SEIK	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC013	TCNC	DMG MORI CLX 350	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCNC014	TCNC	DMG MORI CLX 550	402MAQ	TORNEAMENTO CNC
TCON001	TCON	T.CON-1 CEGONHEIRA	404MAQ	TORNO CONVENCIONAL
TCON002	TCON	T.CON-2 YUNNAN MACHINE	404MAQ	TORNO CONVENCIONAL
TCON003	TCON	T.CON-3 PASQUINO-MILANO	404MAQ	TORNO CONVENCIONAL
TCON004	TCON	T.CON-4 CEGONHEIRA CARIOCA	404MAQ	TORNO CONVENCIONAL
TCON005	TCON	T.CON-5 PINOCHO	404MAQ	TORNO CONVENCIONAL
TCON006	TCON	T.CONV. ZMM CU400 32644	404MAQ	TORNO CONVENCIONAL
TCON007	TCON	T.CONV. ZMM CU400 31952	404MAQ	TORNO CONVENCIONAL
TCON008	TCON	MAQUINA DE FACEJAR E PONTEAR	404MAQ	TORNO CONVENCIONAL
TIND001	TIND	Maq. Induçao 3MI	401ACA	EROSÃO

APÊNDICE B – LISTA PONTES ROLANTES

Código	Descrição
PNT101	03.551.12 [10 TON]
PNT102	03.552.12[10 TON]
PNT103	03.553.12[10 TON]
PNT104	03.556.11 [16 TON]
PNT201	03.522.12 [10 TON]
PNT202	1297.1.15 [2 TON]
PNT203	1297.4.15 [1,6 TON]
PNT204	03.559.12 [2 TON]
PNT205	1297.3.15 [1,6 TON]
PNT206	1297.2.15 [1,6 TON]
PNT207	03.558.12 [10 TON]
PNT301	03.530.12 [6,3 TON]
PNT302	1297.6.15 [1,6 TON]
PNT303	1297.5.15 [1,6 TON]
PNT304	03.523.11 [10 TON]
PNT305	04.761.17 [45 TON]
PNT306	12 [20 TON]
PNT401	03.554.11 [32 TON]
PNT402	03.548.1 [25 TON]
PNT403	03.531.12 [6,3 TON]
PNT404	03.532.12 [6,3 TON]

APÊNDICE C - PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

Manutenção Diária DMG MORI- CLX 350

Responsável	Zona	Tarefa
Operador	Interior da Máquina	1. Limpeza interior do equipamento;
	Vidros de inspeção	1. Limpar o vidro de segurança; 2. Verificar se o vidro de segurança da porta do compartimento de trabalho está danificado;
	Consola de comando	1. Limpar a consola de comando;
	Unidade pneumática	1. Verificar a pressão do manómetro;
	Elementos de aperto	1. Limpar e lubrificar os elementos de aperto;
	Canal refrigerante	1. Verificar se o canal de refrigerante apresenta sujidade;
	Canal da guia do carregador de barras	1. Verificar se o canal da guia apresenta sujidade;

Manutenção Semanal DMG MORI- CLX 350

Responsável	Zona	Tarefa
Operador	Exterior da Máquina	1. Limpeza exterior do equipamento;
	Cobertura das guias por contacto	1. Verificar se as coberturas das guias apresentam danos;
	Fuso Principal	1. Verificar fuso principal;
	Contra fuso	1. Verificação do contra fuso;
	Transportador de Aparas	1. Verificar o nível de enchimento; 2. Limpar o transportador de aparas; 3. Limpar o crivo da antecâmara;
	Permutador de calor da máquina	1. Verificar todas as ligações no aparelho relativas ao estanque; 2. Limpar a grelha do filtro e as lamelas do refrigerador.

Manutenção Mensal DMG MORI- CLX 350

Responsável	Zona	Tarefa
	Paragem de emergência	1. Controlo de funcionamento;
	Desbloqueio manual de emergência	1. Teste de funcionamento;
	Botão de pressão do pedal	1. Verificar o funcionamento;
	Agregado hidráulico	1. Verificar se o filtro apresenta sujidade e verificar nível de enchimento de óleo hidráulico;
	Permutador de calor da máquina	1. Verificar o líquido refrigerante quanto à contaminação e corpos sólidos;

APÊNDICE D - PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Plano de manutenção preventiva DOOSAN HM 5000											
Código	Setor	Máquina	Descrição	Item	Zona	Tarefa	de Manute	eriocidade	e de Perio	Respons	Observação
CEMQ011	401MAQ	DOOSAN HM 5000	SADORAS (	MN 0815	Automatic Tool Changer (ATC)	Verificar estado da ATC	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0820		Verificar desgaste anormal das garras da ATC	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0825		Verificar desgaste na chave e cone da ATC	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0835		Verificar tensão de entrada nos motores (+/- 10%)	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0840		Verificar funcionamento das válvulas ATC	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0841		Aplicar lubrificante na guia LM	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0842		Aplicar lubrificante na caixa de engrenagens do motor hi	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0855		Verificar ligações e parafusos	MP	1	Ano	o de Manutenção	
				MN 0865		Limpar interior das proteções	MP	1	Ano	o de Manutenção	
				MN 0870	Eixos	Verificar desgaste nos eixos	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0875		Verificar tensão de saída dos servomotores (+/- 10%)	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0880		Verificar funcionamento do ponto de referência e emerg	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0885		Verificar funcionamento do retorno do ponto de referên	MP	1	Ano	o de Manutenção	
				MN 0890		Aplicar lubrificante nas partes móveis	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0895		Limpar guardas e capas de proteção	MP	6	Mês	o de Manutenção	
				MN 0900		Verificar e ajustar, se necessário, o ponto de referência	MP	1	Ano	o de Manutenção	
				MN 0905		Verificar e ajustar, se necessário, a existência de folga no	MP	1	Ano	o de Manutenção	
				MN 0910		Verificar e ajustar, se necessário, a precisão estática e a p	MP	1	Ano	o de Manutenção	
				MN 0915		Verificar estado de ligações e parafusos	MP	1	Ano	o de Manutenção	