



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**TEMA:**

**Elaboração de um plano de manutenção dos equipamentos da oficina da  
TRI-M Mecano Metal de Moçambique**

**Estudante:**

Pereira , Nicolau Carlos R.

**Supervisor:**

Eng.º Roberto David

**Maputo, Maio de 2024**



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL**

**DISCIPLINA : PROJECTO DO CURSO**

**TEMA:**

**Elaboração de um plano de manutenção dos equipamentos da oficina da  
TRI-M Mecano Metal de Moçambique**

**Estudante:**

Pereira , Nicolau Carlos R.

**Supervisor:**

Eng.º Roberto David

**Maputo, Maio de 2024**



**Elaboração de um plano de manutenção dos equipamentos da oficina  
da TRI-M Mecano Metal de Mocambique -Pereira,Nicolau Carlos R.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me abençoar em todos os momentos, me dando força e coragem para continuar.

Aos meus pais Roberto Carlos Pereira e Maria Isabel Magalhães Rodrigues Pereira, por serem simplesmente incríveis, a auxiliar e motivar-me de todas as formas possíveis.

Agradeço à empresa Mecano Metal de Moçambique (TRI-M) pela oportunidade de aprendizado que me concedeu, por ter sido acolhedora, por me receber e me inserir no ambiente de trabalho.

A toda a minha família e amigos pelas palavras de incentivo e apoio em todos os momentos.

Ao meu orientador Eng. Roberto David pelo suporte, ideias e acompanhamento e não posso me esquecer de todos os outros professores e professoras que me ajudaram e inspiraram durante esses anos de estudos.

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho é dedicado a todos que de alguma forma me apoiaram e aos que sempre acreditaram em mim neste longo percurso acadêmico.

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Pereira, Nicolau Carlos Rodrigues declaro por minha honra que o presente relatório de estágio é exclusivamente de minha autoria, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **RESUMO**

A TRI-M Mecano Metal de Moçambique é uma empresa moçambicana fundada em 1994 tendo como principal objectivo o de fornecer Moçambique serviços de engenharia e construções metálicas e componentes industriais de alta qualidade com principal destaque no fabrico de tanques de armazenamento de combustível. Na suas oficinas de produção foram equipadas com varias maquinas e equipamentos e grande parte das maquinas são antigas, algumas delas inclusive adquiridas em segunda mão de outras empresas, logo as avarias dessas maquinas interrompem o fluxo de operações, causando atrasos e afetando directamente a productividade e a capacidade de cumprir prazos com os clientes porém deve-se criar condições para baixar o índice de avarias. Todo o equipamento deverá sofrer ao longo da sua vida útil de funcionamento inspecções programadas de rotinas, preventivas programadas e adequadas, reparações, substituições de peças, lubrificação e limpeza. O conjunto de todas essas acções constitui a manutenção. O presente trabalho debruça-se sobre a manutenção das maquinas e equipamentos da oficina de produção da mesma.

**Palavra-chave:** Manutenção, manutenção preditiva

## **ABSTRACT**

TRI-M Mecano Metal de Moçambique is a Mozambican company founded in 1994 with the main objective of providing high-quality engineering services, metal constructions, and industrial components, with a particular emphasis on the manufacture of fuel storage tanks. Its production workshops are equipped with various machines and equipment, many of which are old or acquired secondhand from other companies. Consequently, frequent breakdowns disrupt operational flow, causing delays that directly affect productivity and the company's ability to meet customer deadlines. To solve this problem, it is essential to establish conditions that reduce the failure rate. Throughout their lifespan, all equipment must undergo scheduled routine inspections, preventive maintenance, repairs, parts replacement, lubrication, and cleaning. The combination of these actions constitutes maintenance. This study focuses on the maintenance practices of machines and equipment within the company's production workshop.

**Keywords:** Maintenance, Predictive Maintenance

## Índice

AGRADECIMENTOS .....	iv
DEDICATÓRIA .....	v
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
LISTA DAS ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	xv
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	1
1.1.    Introdução.....	1
1.2.    Metodologia.....	2
1.3.    Problema.....	2
1.4.    Objetivo Geral .....	2
1.5.    Objectivos Específicos .....	2
1.6.    Estrutura do trabalho .....	2
Capítulo 2-Revisão de literatura .....	4
2.1.    Histórico da manutenção .....	4
2.2.    Conceito de manutenção.....	4
2.2.1.    Objectivo da função manutenção .....	5
2.2.2.    Importância da Manutenção .....	5
2.3.    Tipos de manutenção .....	6
2.3.1.    Manutenção acidental ou por avarias (manutenção não planificada).....	6
2.3.2.    Manutenção planificada .....	6
2.4.    Custos de Manutenção.....	16
2.5.    Equipamentos .....	17
2.5.1.    Conhecimento dos equipamentos.....	19

2.5.2. Histórico de Equipamento.....	20
2.6. Avaria .....	20
2.6.1. Definição de Avaria .....	20
2.6.2. Disponibilidade de um equipamento.....	22
2.6.3. Fiabilidade.....	23
2.6.4. MTBF (Mean Time Between Failures).....	24
2.6.5. Manutibilidade .....	25
Capítulo 3-CONTEXTUALização DA INVESTIGAÇÃO.....	27
3.1 Apresentação da empresa e actividades .....	27
3.1.1. Análise das Atuais Actividades de Manutenção na Empresa TRI-M Mecano Metal de Moçambique .....	28
3.1.2. Processo Produtivo na empresa TRI-M Mecano Metal .....	29
3.1.2.1Resumo do processo produtivo .....	29
3.1.3. Organograma da empresa.....	30
3.1.4. Relatório de actividades .....	30
3.1.5. Layout da Área de produção .....	32
3.1.5.1. secção – corte e quinagem .....	33
3.1.5.2.secção mecânica.....	33
3.1.5.3. Secção de soldadura .....	34
3.1.6.Feramenta Informática .....	35
3.1.7.Motivação para elaboração de plano de manutenção.....	35
Capítulo 4 METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA .....	37
4.1.Entrevista .....	37
4.2 Planeamento.....	37
4.2.1.Dados .....	37
4.2.2. Organização .....	38
4.2.3. Plano de manutenção .....	40
4.2.4. Implementação de um sistema informático.....	42

Capítulo 5 APRESENTAÇÃO, análise e discussão dos RESULTADOS .....	44
5.1 Apresentação e análise dos resultados .....	44
CAPÍTULO 6- CONCLUSÕES E RECOMENDACÕES .....	48
6.1 Conclusões .....	48
6.2 Recomendações.....	48
7.BIBLIOGRAFIA .....	50
8.ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Evolução do conceito manutenção(fonte: livro Reliability- centerd Maintenance).....	4
Figura 2- Gráfico Custos versus nível de manutenção (fonte: Mirshawa & olimedo, 1993).....	6
Figura 3-alguns factores que influenciam a estratégia de manutenção.....	9
Figura 4 - Oito Pilares de TPM.....	10
Figura 5 - árvore de revisão para a escolha do tipo de manutenção .....	16
Figura 6 - Modelo de um componente .....	17
Figura 7 - Modelo de um equipamento com componentes em serie.....	18
Figura 8 - Natureza e classificação dos equipamentos [Ferreira,1998]. .....	19
Figura 9 - Modelação de Markov [Ferreira,1998]. .....	20
Figura 10-Curva da banheira (fonte: Pereira, 2009) .....	22
Figura 11 - Relação entre as funções $F(t)$ , $f(t)$ e $R(t)$ (fonte: Pereira, 2009).....	24
Figura 12 -Tempos Relativos a bens reparáveis (fonte: Pereira, 2009) .....	25
Figura 13 - Actuais instalacoes da empresaTRI-M Mecano Metal de Moçambique (Fonte:Autor).....	27
Figura 14 - Imagem de satelite da da empresaTRI-M Mecano Metal de Moçambique , com a zona assinalada (Fonte:Autor).....	28
Figura 15 - Esquema do processo Produtivo ( fonte Autor) .....	29
Figura 16 - Organograma da empresa TRI-M (Fonte :Autor) .....	30
Figura 17 - Pre-montagem da torre de suporte da tubagem (fonte:Autor).....	31
Figura 18 - Teste de soldadura por líquidos penetrantes e por partículas magnéticas(Fonte:Autor)....	32
Figura 19 - proposta de layout de registro de avarias para oficina de produção .....	38

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1– Disponibilidade das maquinas na secção de corte e quinagem .....	33
Tabela 2– Disponibilidade das maquinas na secção da mecânica .....	34
Tabela 3– Disponibilidade das maquinas na secção de soldadura .....	35
Tabela 4 -Agrupamento dos equipamentos.....	39
Tabela 5-Avarias na secção corte e quinagem .....	40
Tabela 6- Avarias na secção mecânica .....	41
Tabela 7 - Avarias na secção de soldadura .....	42

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Grafico 1- Sentimento dos trabalhadores para com os equipamentos .....	45
Grafico 2-Disponibilidade das secções .....	46

## LISTA DAS ABREVIATURAS UTILIZADAS

Nº	Símbolo	Significado
1	CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
2	D	Disponibilidade de equipamento
3	F(t)	Densidade de falha
4	°C	Graus Celsius
5	MTBF	Mean time between failures
6	MTTF	Tempo médio de operação
7	MTTR	Tempo médio de reparação
8	M(t)	Probabilidade de um bem em estado de avaria ser reparado no intervalo [0, t]
9	Nº	Número inicial de bens
10	N <sub>s</sub> (t)	Número de bens sobreviventes no instante t
11	x	Número de elementos (componentes + equipamentos)
12	n	Número de estados possíveis de cada elemento
13	N	Número de estados possíveis do sistema
14	PSFF	Parafuso sem-fim flexível
15	R(t)	A fiabilidade, ou probabilidade de sucesso de um bem, no intervalo [0, t]
16	T	O tempo até avaria como variável aleatória, com $T \geq t$
17	TRI-M	Mecano Metal Moçambique
18	TPM	Total productive maintenance
19	$\mu_t$	Taxa de reparação

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

### **1.1. Introdução**

O presente trabalho apresenta a implementação de um plano de manutenção na TRI-M localizada na Matola, Moçambique. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta para um programa de planeamento e controle da manutenção e sua implantação na mesma.

Com a necessidade das máquinas industriais melhorarem a qualidade e produtividade da produção, aumentar a vida útil dos equipamentos, peças e otimizar o tempo, a implementação de um plano de manutenção vem como uma estratégia de planificar as paragens das máquinas e produto de melhor qualidade com baixo custo de produção e grande escala. Para que isso aconteça é necessário realizar as manutenções nos equipamentos industriais.

A necessidade da reformulação do sector de manutenção surgiu como consequência das dificuldades que a empresa apresenta em seu sector de manutenção relacionado as altas taxas de falha e baixa disponibilidade de equipamentos críticos devido a frequência de intervenções corretivas, que acabam diminuindo a competitividade.

O novo plano de manutenção é uma boa estratégia a ser seguida pois retrata um serviço de mais qualidade e produtividade, além do aumento da confiabilidade das máquinas.

## 1.2. Metodologia

Para a elaboração deste relatório, realizamos uma extensa pesquisa em diversas fontes literárias relacionadas ao tema, além de utilizar dados fornecidos pela empresa. Adicionalmente, foram conduzidas sessões de consulta com supervisores da faculdade e da empresa, inquéritos aos trabalhadores da oficina e intercâmbio com técnicos experientes na área

## 1.3. Problema

Os equipamentos em questão não possuem planos ou procedimentos de manutenção, logo, quando as falhas nas máquinas acontecem, o atraso na produção ou diminuição da qualidade do serviço é inevitável. As máquinas também não possuem um controle ou planejamento sobre peças sobressalentes, quando há necessidade de troca de alguma dessas peças é necessário realizar a encomenda das mesmas. Para isto, encontra-se uma grande dificuldade, já que os fornecedores são de outras regiões, o que acaba por gerar longos períodos de inatividade da máquina.

## 1.4. Objetivo Geral

Elaborar uma proposta de um plano de manutenção para as máquinas-ferramentas das oficinas metalomecânicas da empresa TRI-M MECANOMETAL DE MOCAMBIQUE

## 1.5. Objectivos Específicos

Como objetivos específicos são listados os seguintes itens:

- Levantar e verificar histórico de quebras e falhas das máquinas em cada sector;
- Identificar as avarias e falhas dos equipamentos da empresa e as suas causas;
- Propor um Plano de manutenção adequado ao estado das máquinas-ferramentas.

## 1.6. Estrutura do trabalho

O presente trabalho foi organizado de forma simples.

O trabalho é constituído por 6 capítulos, sendo que o primeiro capítulo constitui a fase de introdução, objectivo, metodologia usada para elaboração do trabalho.

O segundo capítulo refere-se às revisões bibliográficas sobre manutenção na qual destacam-se os tipos de manutenção, vantagem e desvantagem dos diferentes tipos de manutenção, importância da manutenção e os deveres do gestor da manutenção. Este capítulo aborda também alguns conceitos tais como: Avarias, fiabilidade, manutibilidade e disponibilidade.

O terceiro capítulo versa sobre apresentação da empresa incluindo o modo de produção,

os trabalhos realizados e análises durante o estágio na TRI-M Mecano Metal Moçambique.  
O quarto capítulo refere-se a metodologia metodologias usadas para resolução do problema  
O quinto capítulo apresenta os resultados da investigação e fez uma análise dos mesmos  
O sexto e último capítulo trata da conclusão do trabalho e das recomendações para os melhoramentos da empresa.

## CAPÍTULO 2-REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Histórico da manutenção

A expressão manutenção surge mais intensivamente no vocabulário a partir de 1930, através das unidades militares e tinha como objectivo manter nas unidades de combate e em geral todo o material num nível aceitável de funcionamento e de conservação. Apesar da utilização de ferramentas e equipamentos fiáveis, os conceitos associados a manutenção, como por exemplo, a fiabilidade e a manutibilidade não eram considerados como ciências, nem objectos de estudo até meados do século XX até ao final dos anos quarenta, a manutenção industrial encontrava-se em fase de desenvolvimento, limitando-se apenas à reparação de avarias ou substituição das peças danificadas. Este período é referido como a fase 1 da evolução da manutenção.

A figura abaixo mostra a evolução do conceito de manutenção ao longo dos anos de desenvolvimento da indústria.(Moubray, John. 1997)

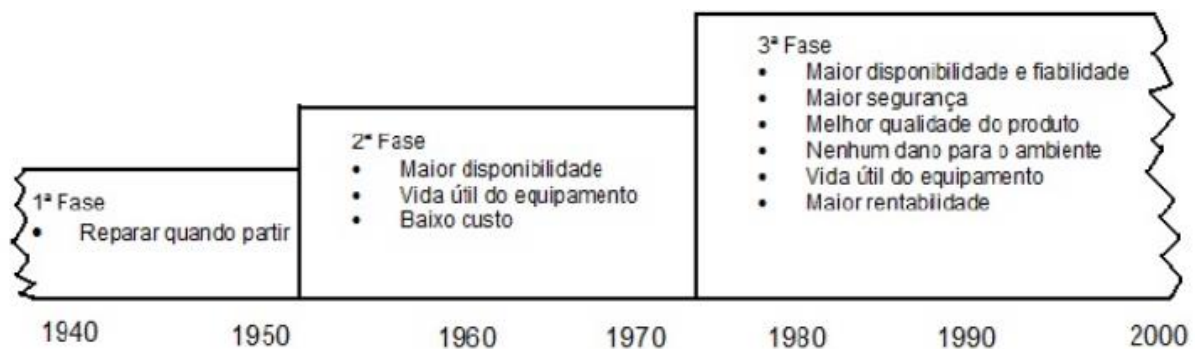


Figura 1-Evolução do conceito manutenção(fonte: livro *Reliability- centered Maintenance*)

### 2.2. Conceito de manutenção

Das mais variadas definições da manutenção todo tendem a concordar que a manutenção tem a função de garantir a disponibilidade dos equipamentos de produção pela avaliação das imperfeições no património tecnológico investido. Porém, várias condicionantes limitam a manutenção a um modo de funcionamento variável, dependendo:

- Das disponibilidades financeiras;
- Dos princípios de exploração dos equipamentos;
- Das qualidades e fiabilidade do material;
- Do nível de produtividade desejado;
- Da vida útil prevista do equipamento;
- Da qualidade do pessoal de manutenção; e outros...

Manutenção significa o trabalho necessário para manter o equipamento industrial de modos que possa ser utilizado na sua capacidade total e eficiência, durante o máximo tempo possível.

### 2.2.1. Objectivo da função manutenção

O principal objectivo da função manutenção numa empresa ou indústria é a maximização da disponibilidade das máquinas ou equipamentos industriais com vista ao alcance dos objectivos finais da organização. Uma outra função importante da manutenção é o estabelecimento de condições de trabalho seguras tanto para os operadores bem como para a maquinaria e o equipamento industrial.

#### **Os gestores da manutenção devem garante que:**

- A maquinaria e os equipamentos estejam sempre em óptimas condições de operação;
- O tempo programado para entrega dos produtos aos clientes não seja afectado por causa da indisponibilidade da maquinaria ou equipamento;
- O tempo de paragem em virtude de avarias da maquinaria ou dos equipamentos seja mantido mínimo possível;
- O nível de desempenho da maquinaria e equipamentos seja seguro e fiável;
- O tempo útil do equipamento seja prolongado enquanto se mantem um nível aceitável de precisão no trabalho para se evitar substituições desnecessárias.
- Os custos da manutenção sejam propriamente monitorados para controlar os custos indirectos das organizações;

Um dos mais importantes objectos da função manutenção é o de manter sob controlo os custos de manutenção durante o ciclo de vida do equipamento.

### 2.2.2. Importância da Manutenção

A manutenção é de extrema importância em uma empresa, por razões óbvias assegura a disponibilidade do equipamento. É do nosso conhecimento que o objectivo de qualquer empresa (industrial) é produzir e, para isso um dos factores principais de produção é o equipamento. Para que o equipamento produza deve funcionar, para assegurar o funcionamento perfeito do equipamento é necessário a manutenção.

Manutenção deve ser considerada uma actividade produtiva e nunca um encargo para a empresa, pois a manutenção garante a disponibilidade à produção e, garante a quantidade e a qualidade da produção. É verdade que a manutenção tem um custo bem como as várias e falhas do

equipamento que proporcionam grandes custos a empresa, a figura abaixo mostra modo como os custos de manutenção se comportam. ( Mirshawa & olimedo, 1993)



Figura 2- Gráfico Custos versus nível de manutenção (fonte: Mirshawa & olimedo, 1993)

A figura 2 mostra que mais manutenção não significa necessariamente melhor manutenção. A manutenção excessiva pode reduzir a disponibilidade do equipamento a um nível inaceitável e pode incorrer em pesados custos em peças sobressalentes e esforços humanos.

## 2.3. Tipos de manutenção

### 2.3.1. Manutenção acidental ou por avarias (manutenção não planejada)

Consiste em intervir, somente, quando as máquinas ou os equipamentos avariam. Neste caso a produção fica parada enquanto a reparação é efectuada, a menos que existam uns equipamentos de reserva. Este é a que, frequentemente, se realiza nas pequenas empresas.

### 2.3.2. Manutenção planejada

Subdividida em:

- Manutenção correctiva
- Manutenção programada
- Manutenção preventiva
- Manutenção predictiva

#### 2.3.2.1. Manutenção correctiva

Segundo Ferreira (1998), manutenção correctiva é aquela que é realizada apos a ocorrência de uma falha e visa restaurar a capacidade produtiva de uma máquina, equipamento ou instalação que esteja com sua capacidade de exercer a sua função reduzida ou cessada.

A manutenção correctiva é a actividade técnica responsável pela correcção de uma falha identificada em um determinado componente de uma máquina, equipamento ou instalação. Geralmente, assume-se que não existe vantagem na manutenção correctiva. Porém, quando existem equipamentos de baixa criticidade e que os custos envolvidos numa eventual falha e reparação são inferiores aos custos de um acompanhamento por inspecções ou manutenção preventiva, pode ser adoptada a manutenção correctiva como a melhor estratégia de manutenção.

As principais desvantagens da manutenção correctiva são as seguintes:

- Ocorrência de acidentes e possíveis danos ao meio-ambiente;
- Tempo de máquina e instalações inoperantes;
- Alto custos de mão-de-obra, peças sobressalentes e serviços;
- Perda de produção;

#### ***2.3.2.2. Manutenção programada***

A manutenção programada consiste na realização periódica e sistemática de intervenções físicas sobre uma máquina ou equipamento com objectivo de minimizar o risco de ocorrência de falhas ou avarias. Este tipo de manutenção é adequado a componentes ou sistemas cuja vida útil é conhecida, ou seja, o tempo de utilização do componente ou sistema até ao ponto que existe uma degradação da operacionalidade para além de limites aceitáveis.

A utilização da manutenção programada tem a vantagem de prolongar a vida útil de um componente ou sistema da máquina ou do equipamento reduzindo paragens devidas as avarias. (Ferreira, L. A. A. 1998)

#### ***2.3.2.3. Manutenção preventiva***

A manutenção preventiva é aquela que tem como objectivo principal a prevenção da ocorrência de uma falha ou paragem do equipamento por avaria, bem como apoiar os serviços de manutenção correctiva com a utilização de metodologia de trabalho periódico, ou ainda responsável pelo conjunto de análises que pode interromper ou não um processo produtivo de uma maneira planificada e programada. (Pereira, 2009).

As principais vantagens da manutenção preventiva são:

- Reduzir o envelhecimento ou degeneração das máquinas ou equipamentos;
- Reduzir os riscos de avarias nas máquinas ou equipamento;
- Realizar as reparações nas melhores condições para a operação;

- Programas os trabalhos de conservação;
- Melhorar o estado técnico operacional das máquinas ou equipamentos.

#### ***2.3.2.4. Manutenção preditiva***

A manutenção preditiva ou manutenção baseada na condição, é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas ou equipamentos com base em dados que apresentam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se de um processo que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. Assim, actua-se com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a um determinado sistema. A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspecção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos. (Pereira, 2009).

#### ***Vantagem da manutenção preditiva***

- Reduzir o trabalho de emergência não planificado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e do equipamento.

### **2.3.3. Modelo de gestão da manutenção**

No presente capítulo foi referido a importância da manutenção bem como da sua gestão. O avanço tecnológico proporciona grandes desafios no âmbito de gestão da manutenção, pois que o nível de complexidade de certos equipamentos e sistema cresci, surgindo assim a necessidade de estratégias eficazes que possam proporcionar o aumento da disponibilidade dos equipamentos e à melhoria contínua, garantindo sempre custos mínimos. Para satisfazer esses crescentes requisitos surgiram naturalmente algumas estratégias de Manutenção que diferem em método. A estratégia ou modelo de gestão a adoptar deve ser escolhida tendo em conta os objectivos da empresa.

Na Figura 3 podem ver-se alguns factores de decisão a considerar aquando da definição da política de manutenção.

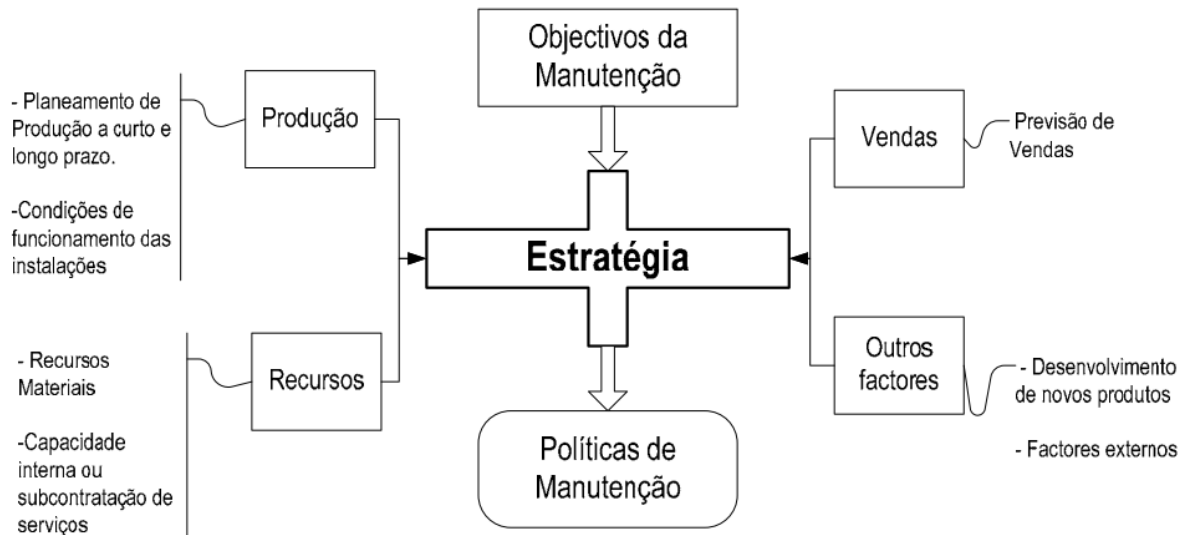


Figura 3- alguns factores que influenciam a estratégia de manutenção

Com a complexidade dos equipamentos devido ao avanço tecnológico foram criadas várias estratégias de manutenção, portanto há duas estratégias mais comuns e largamente utilizadas são o *Reliability Centered Maintenance* (RCM) e o *Total Productive Maintenance* (TPM). Elas não são mutuamente exclusivas, apesar de ambas serem metodologias integradas de gestão. O RCM é uma técnica mais operacional de análise de fiabilidade de equipamentos e sistemas. O TPM é uma filosofia de gestão de serviços dentro da organização, embora também aceda ao estudo dos equipamentos e sua eficiência.

### 2.3.3.1. Manutenção centrada na fiabilidade

A manutenção centrada na fiabilidade (RCM, do termo inglês *Reliability Centred Maintenance*) é um processo que determina o que deve ser feito para assegurar que qualquer máquina ou equipamento continue a fazer o que os seus utentes querem que ele faça no seu contexto operacional.

A metodologia da RCM consiste em uma análise estruturada, que implica em encontrar resposta para sete questões que são:

- 1) Quais são as funções e padrões de desempenho a preservar?
- 2) De que forma o item falha em cumprir as suas funções?
- 3) O que causa cada falha funcional?
- 4) O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5) Qual é a importância de cada falha?
- 6) O que pode ser feito para prevenir cada falha?

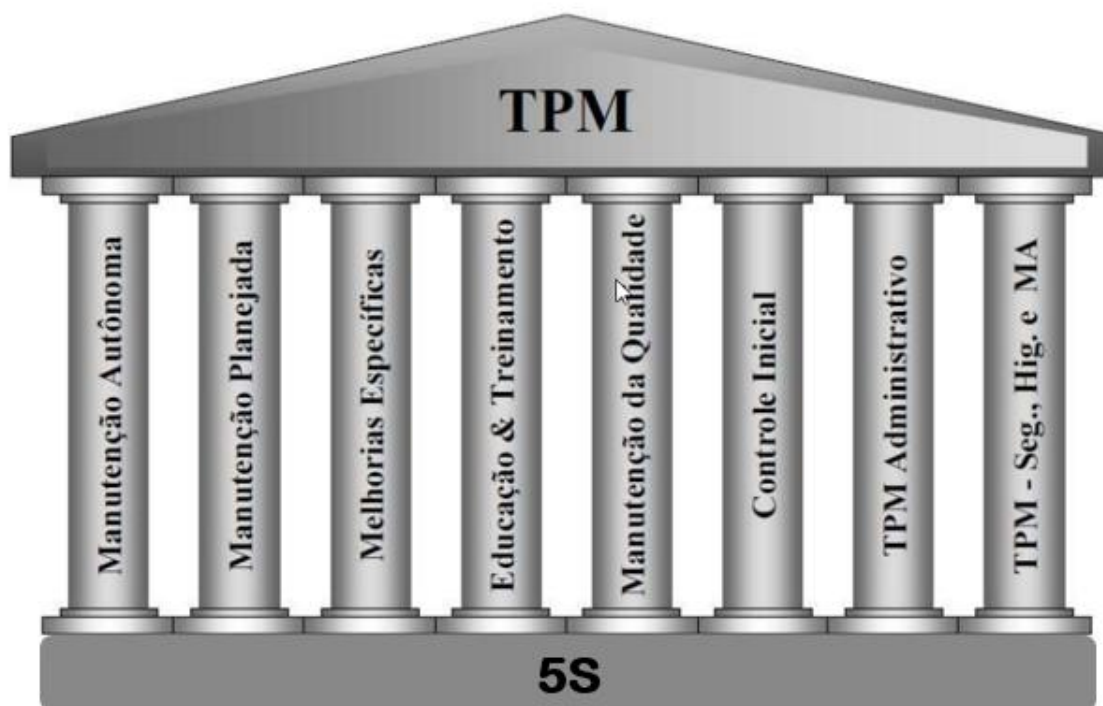
- 7) Quais são restantes alternativas?
- 8) Quais são as frequências ideais para as tarefas de manutenção?

As questões 1,2,3 e 4 corresponde as etapas de análise. E por outra as questões 5 ate 7 corresponde as etapas de decisão. Na prática, acrescenta-se a oitava questão que corresponde a etapa de implementação.

### ***2.3.3.2.TPM – Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva total)***

Em português significa Manutenção Produtiva total. Modelo desenvolvido em Japão nos anos 70, pela responsabilidade de Seiici Nakajima. Foi largamente utilizado pelos seus bons resultados, sendo um dos responsáveis pelo crescimento económico da indústria japonesa naquela época.

O modelo considera o conceito do ciclo de vida dos equipamentos e assenta em oito pilares, ilustrados na figura 4.



*Figura 4 - Oito Pilares de TPM*

O indicador apresentado pelo TPM é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), definido como o produto da disponibilidade operacional com o indicador de desempenho e com a taxa de qualidade. O TPM dirige-se aos problemas de interface entre as funções Produção e manutenção de uma empresa. Tirando proveito do facto: “o operador é quem melhor conhece

a máquina”, serve-se duma filosofia de transferência de capacidades que permite especializar operadores e mecânicos, unindo-os nos objectivos da organização, ao invés do pensamento corrente de oposição entre as duas fracções. Descrição de cada pilar:

### Manutenção Autônoma

Na Manutenção Autônoma, os operadores são preparados para supervisionar e atuar como mantenedores de sua máquina. Os mantenedores específicos só serão chamados quando os operadores não conseguirem solucionar o problema. Desta forma, cada operador assume a responsabilidade pela máquina de forma que tanto a manutenção preventiva quanto a corretiva (de rotina), esteja constantemente interagindo entre si. (Pereira, 2009).

Segundo Pereira (2009), a finalidade desta “adoção” da máquina pelo operador, é torna-los aptos a promover no seu ambiente de trabalho, mudanças que venham a garantir aumento da produtividade e satisfação em atuar no seu posto de trabalho. Desta forma, a manutenção autônoma, busca mudar a mentalidade para: “Deste equipamento, cuidado eu”, deixando de usar o antigo, que era: “Eu fabrico, você conserta”.

Complementando ainda mais a manutenção autônoma, o auto-gerenciamento e controle, liberdade de ação, elaboração e cumprimento de padrões, conscientização da filosofia do TPM são fatores que devem ser efetuados pelo operador. (Kardec; Nascif, 2002).

Um equipamento mantido em boas condições de limpeza, reparado a frequências determinadas, operado por um operador treinado e qualificado, terá uma maior produtividade do que outro sem essas acções.

### Manutenção Planeada

A Manutenção Planeada, significa ter realmente um planeamento e controle da manutenção, o que implica treinamento em técnicas de planeamento (software), utilização de um sistema mecanizado de planeamento da programação diária e do planeamento de paradas. (KARDEC; NASCIF, 2002).

Para Pereira (2009), o pilar da manutenção planejada representa todas as acções preventivas, utilizando-se de todas as técnicas de manutenção para o planeamento anual, mensal, semanal, diário e registros de manutenção para um histórico de todos os problemas e manutenções feitas na máquina.

### Melhorias Específicas

O pilar das melhorias específicas vem ao encontro da resolução dos problemas concomitante com melhorias de qualidade, dando maior ênfase às ferramentas de programas de melhorias.

Segundo Pereira (2009), o pilar melhorias específicas, se traduz em ações de melhoria contínua, como exemplo de ferramenta. Também chamado de pilar da Melhoria Focada, como o próprio nome indica, significa focar na melhoria global do negócio, deste modo, procura-se reduzir os problemas para melhorar o desempenho.

### Educação & Treinamento

Neste Pilar, a capacitação dos funcionários de uma empresa é muito importante para o crescimento não só das organizações, mas também das pessoas.

Dentro de um projeto TPM, a área de Recursos Humanos tem a preocupação de facilitar o conhecimento. Para que se tenha aumento da produtividade, é fundamental que os operadores saibam manusear ferramentas de montagem e operar equipamentos simples ou complexos, bem como que os mantenedores conheçam tecnicamente um equipamento para que possam executar ajustes e consertos necessários. (Pereira, 2009).

Conforme Pereira (2009), isso parece óbvio, porém a maioria das empresas não dá a devida importância. Como exemplo, ocorre o problema de má operação e, conseqüentemente, a geração de peças fora de especificação. Agregando a isso, treinamentos da metodologia de melhoria e Normas de Qualidade e Segurança, na qual vão educando as pessoas para que criem um ambiente organizado e seguro.

### Manutenção da Qualidade

No pilar da Manutenção da Qualidade, pode-se afirmar que é aquele que busca a excelência em todas etapas da produção para que, a empresa consiga padrões exigidos pelo cliente, conforme pode-se verificar abaixo.

Segundo Tavares (1999), neste pilar, procura-se estabelecer os seguintes procedimentos:

- Avaliação da interferência da condição operativa do equipamento na qualidade do produto ou serviço oferecido pela empresa.
- Definição de parâmetros que possam ser indicadores dessa interferência (ação conjunta: operação, manutenção, engenharia, qualidade e marketing).

- Acompanhamento, através de gráficos, dos parâmetros e estabelecimento de metas baseadas na necessidade do processo (cliente).

Pereira (2009) finaliza, ao referir-se do pilar da manutenção da qualidade, como aquele que indica as acções integradas para condicionamento de obediência a padrões exigidos do cliente, como por exemplo, ISSO TS 16949. Desta maneira, exige-se posturas comportamentais como: foco no cliente; liderança participativa; envolvimento de todos; abordagem sistemática dos processos; melhoria contínua em todos os níveis da organização e relacionamento mútuo e benéfico com os fornecedores.

### Controle Inicial

Já no pilar do Controle Inicial, Pereira (2009), no que diz respeito à metodologia do TPM, sendo o conjunto de acções que visam à chamada prevenção da manutenção, ou seja, ao iniciar estudos para se adquirir determinado activo, que as áreas envolvidas tenham a preocupação com a manutenção.

Um bom projecto deve permitir que o equipamento possa ser consertado com a rapidez e a qualidade requeridas. Incluem-se aí facilidade de acesso, componentes de boa qualidade, protecções que evitem resíduos de processo em partes móveis etc. Essa metodologia também é conhecida como Terotecnologia, que é uma combinação de gerenciamento, finanças e engenharia aplicada aos activos de uma organização com o objectivo de aumentar a confiabilidade e disponibilidade do maquinário ainda na fase de projecto e demais especificações. Também busca obter todas as informações necessárias para analisar desempenho em operação e custos operacionais.

Concorda e finaliza Kardec e Nascif (2002), ao mencionar que o pilar do controle inicial é um estabelecimento de um sistema de gerenciamento da fase inicial para novos projectos ou equipamentos. Eliminar falhas no nascedouro, implantar sistemas de monitoração.

### TPM Administrativo

O próximo pilar, o da Gestão Administrativa ou TPM Office, conforme Kardec e Nascif (2002), é um estabelecimento de um programa de TPM nas áreas administrativas, visando o aumento de sua eficiência.

Para Pereira (2009), expandir a metodologia TPM para as demais áreas faz com que se alcance maiores objectivos de perda zero. Poucas empresas se dão conta disso, facto que as leva tomarem acções aleatoriamente sem estarem coesas entre si.

Neste pilar, para finalizar, Pereira (2009) ainda cita um pensamento de um autor desconhecido, conforme segue: “A manutenção não deve ser apenas aquela que conserta, mas aquela que elimina a necessidade de consertar.”

### *MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade*

A MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), é uma metodologia utilizada para assegurar que quaisquer componentes de um activo ou sistema operacional mantenham suas funções, sua condição de uso com segurança, qualidade, economia e ainda que seu desempenho não degrade o meio ambiente. A ferramenta MCC não substitui o enfoque da manutenção tradicional (preventiva, preditiva, reformas etc.), porém é mais uma ferramenta para auxiliar na gestão. (Pereira, 2009).

Segundo Kardec e Nascif (2002), Manutenção Centrada em Confiabilidade é um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional.

Para Pereira (2009), em resumo, a MCC indica as práticas a seguir:

- Redução de manutenção preventiva por meio de tarefas mais eficazes, isto é, foco nos pontos críticos do equipamento;
- Análise de falhas: reduzir a possibilidade de ocorrência de falha;
- Manutenção preventiva prevendo substituição de componentes (não consertar), como forma de redução da taxa de falhas;
- Garantir que o equipamento execute suas funções a custos mínimos (execução de grandes reparos ou reformas somente quando extremamente necessário);
- Uso da Metodologia FMEA aplicada a manutenção;
- Redução dos custos de manutenção por meio da redução de manutenção preventiva, peças de reposição, rastreamento das decisões, etc.

### Segurança e Meio Ambiente

O pilar da Segurança e Meio Ambiente é outro muito importante para a Casa da TPM, é nele que se prevêem acções com a finalidade de evitar acidentes e riscos ambientais ao meio, assim, inicia-se o estudo deste pilar.

Tavares (1999), trata o quinto pilar da TPM ao encontro de proporcionar tratamento preventivista do acidente, onde se fará o estabelecimento das recomendações de segurança e adequação do sistema para que sejam implementadas nas ordens de serviço.

Ainda Tavares (1999), trata da aplicação do polígrafo de produtividade para avaliar a condição prevencionista do acidente, discorre ainda, na avaliação do custo directo e indirecto dos acidentes e do estabelecimento de acções para obter a meta zero acidentes.

Já para Pereira (2009), todas as acções para a obtenção da perda zero ou zero defeitos são fundamentais para uma boa rentabilidade na organização. Porém, o respeito à integridade das pessoas e o meio onde vivem não pode ser deixado de lado.

Em uma indústria que consegue lucro, mas com alto índice de acidentes de trabalho, na verdade não o tem. Sem contar que, deixar que seu processo e demais resíduos poluam o meio ambiente está na contramão de boas práticas nos cuidados dos recursos naturais. Dentro da metodologia do TPM, devem coexistir o cuidado ambiental junto com máquinas operatrizes e produtos manufacturados. (Pereira, 2009).

A área de segurança do trabalho é uma área para tratamento do meio ambiente onde, geralmente está vinculada ao sector da qualidade. Na teoria do TPM, estas áreas são integradas para em conjunto com engenharia e recursos humanos, possam buscar metas eficientes para o combate aos acidentes e preservação do meio. (Pereira, 2009).

Pereira (2009), ainda se refere ao cuidado que devesse ter aos riscos eminentes de máquinas e equipamentos que, em mau uso, podem se tornar ferramentas mortais, causando descargas eléctricas, esmagamentos e tantos outros acidentes nos quais, o operador ou mecânico mal treinado poderá se submeter. Por este motivo, é importante em uma programação da manutenção, que haja especificação das recomendações de segurança, que devem ser impressas, em destaque e juntas com as ordens de actividades programadas.

Concluindo, Pereira (2009), diz que não é suficiente que existam recomendações de segurança e instruções para a execução dos serviços. Se não houver disciplina e conscientização de que somente condições e actos seguros evitarão acidentes durante a execução de uma tarefa. As normas de segurança existem, justamente, para evitar o acidente e não devem ser encaradas como empecilho.

Apos apresentação dos tipos de manutenção é preciso seguir um determinado critério para a escolha do tipo de manutenção aplicar a figura abaixo será de grande importância para a escolha do tipo de manutenção:

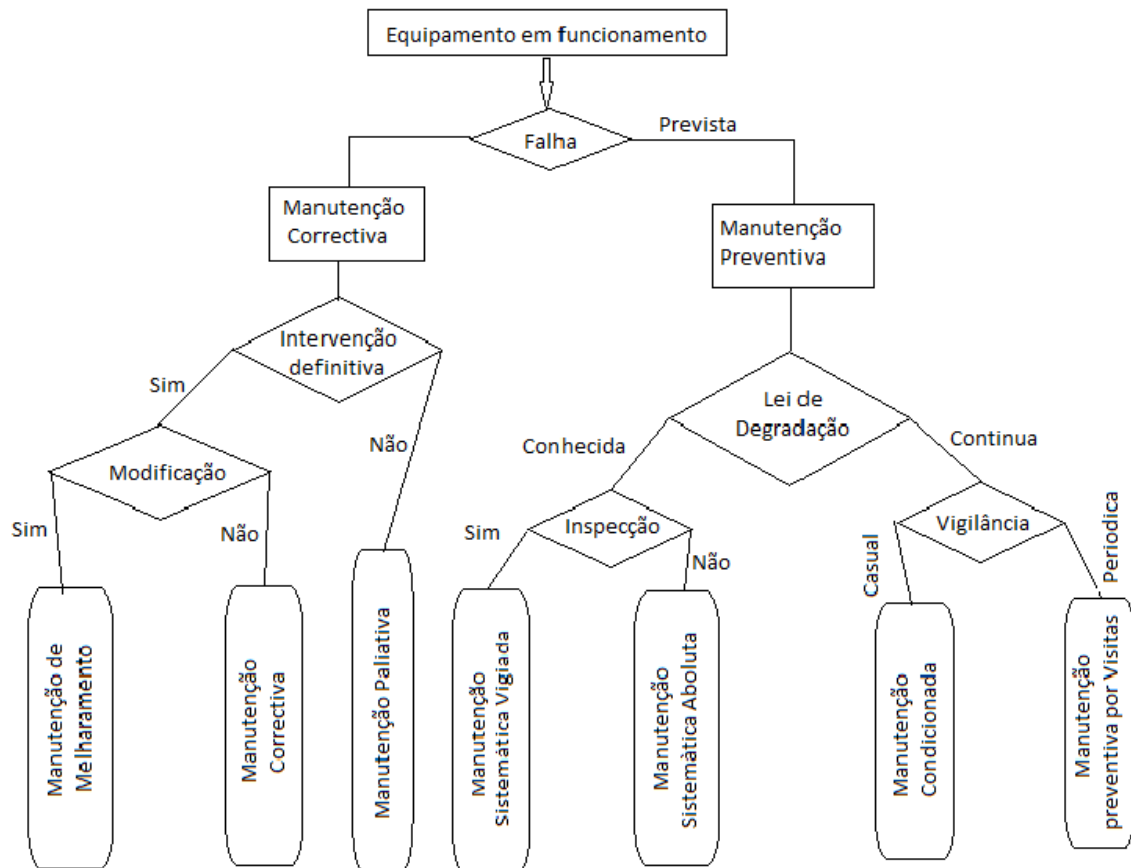


Figura 5 - árvore de revisão para a escolha do tipo de manutenção

## 2.4. Custos de Manutenção

Os custos de manutenção devem ser considerados no preço final de um bem ou serviço produzido numa empresa, estes custos podem ser directos ou indirectos.

### Custos directos

Mão-de-obra: produto do tempo gasto pela taxa horaria;

- Trabalhos subcontratados;
- Contractos de manutenção;
- Peças sobressalentes e consumíveis utilizados;
- Custos globais de manutenção;
- Custos de posse de ferramentas e equipamentos;

- Custos de posse de stock.

### Custos indirectos

- Custos de inoperacionalidade;
- Despesas induzidas: custos por não cumprimento de prazos, penalizações, perda de clientes ou fraca imagem, por perda da qualidade e por inicialização dos processos de produção.
- Custos de inactividade;
- Custos de desclassificação.

Nota:

Os custos mais críticos numa empresa são os custos indirectos, pois estes constituem a parte invisível e são dificilmente quantificáveis. Enquanto os custos directos constituem a parte visível e mais facilmente quantificáveis da totalidade dos custos de manutenção.

### 2.5. Equipamentos

Entendesse equipamento como sendo um conjunto de materiais necessários para o desempenho de uma função. Aproveitar deste capítulo enfatizar que uma “*máquina pode ser um equipamento, mas nem sempre um equipamento é uma máquina*”.

É conveniente distinguir os conceitos de Componente, Equipamento e Sistema (Moss, T. R 2005).

*Componente* •. É um bem tido como não reparável, isto é, um bem que depois de considerado em estado de avaria passa a resíduo. Se for destinado a uma única utilização designa-se como consumível. O seu tempo de vida finito e as características de ciclo de vida de uma população de componentes podem geralmente ser representadas por distribuições standard. Na Figura 6 pode ver-se um exemplo de modelização de um componente A, com entrada X e saída Y, que podem representar funções, sinais, etc.

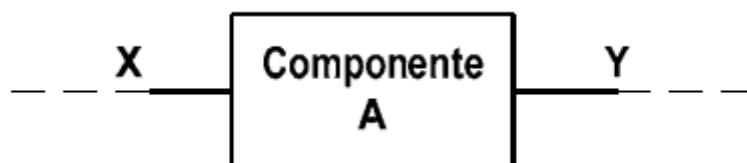


Figura 6 - Modelo de um componente

*Equipamento* • Conjunto de componentes que operam para executar uma função específica. Avaria por falha de algum dos seus componentes e para sua análise torna-se importante separar os diferentes modos de falha e identificar as suas fronteiras com os restantes equipamentos, componentes ou sistemas. Na Figura 7 pode ver-se o modelo de um equipamento A composto por quatro componentes em série (se um componente falha, o equipamento avaria).

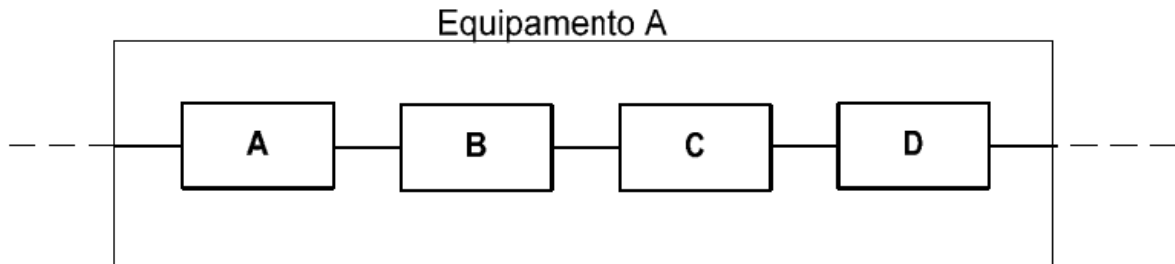


Figura 7 - Modelo de um equipamento com componentes em serie

É um bem reparável, ou seja, depois de passar ao estado de avaria pode ser reparado e restituído de forma a perfazer as funções para as quais é requisitado. É conveniente salientar que em todos os casos é importante definir o efeito da reparação no equipamento, que pode seguir dois modelos:

- *AGAN (As Good As New)*: A reparação restitui o bem para a sua condição original;
- *ABAO (As Bad As Old)*: Apesar de a reparação poder restituir o equipamento ao seu funcionamento, o “envelhecimento” ou desgaste é considerado.

*Sistema* • Conjunto mais complexo de equipamentos e componentes. A sua complexidade aumenta exponencialmente com o número de elementos que compõem o sistema:

Sejam,

- $n$  o número de estados possíveis de cada elemento;
- $x$  o número de elementos (componentes + equipamentos);
- $N$  o número de estados possíveis do sistema.

$$N = n^x$$

Exemplo: no caso mais simples,  $n = 2$  (ON/OFF),  $x = 3$ , então  $N = 2^3 = 8$ .

### 2.5.1. Conhecimento dos equipamentos

Em uma empresa industrial, o número de equipamentos é elevado, com as mais diversas naturezas e funções (Figura 8). Numa óptica mais operacional de análise de equipamentos, o conhecimento detalhado destes é fundamental para uma gestão eficiente de recursos. O conhecimento deve ser tal, que seja possível responder às seguintes questões: (Ferreira,1998)

- *Que equipamentos devem ter manutenção preventiva?*
- *Como e quando fazer manutenção?*
- *A manutenção é feita de forma eficiente e economicamente correcta?*

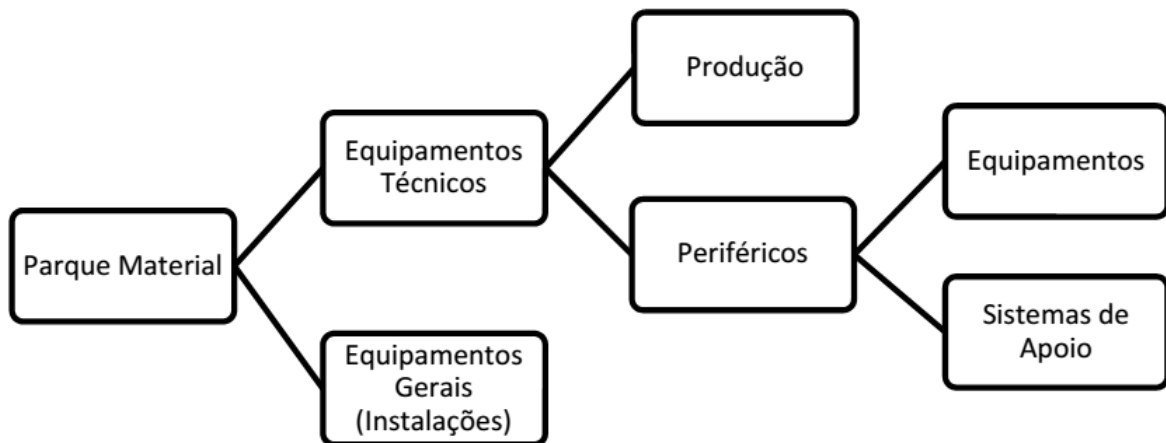


Figura 8 - Natureza e classificação dos equipamentos (Ferreira,1998).

A variedade dos equipamentos existente implica a necessidade não só de os agrupar por famílias, mas também a existência de um inventário do material codificado, analisado e localizado. É também necessário repartir e identificar as responsabilidades da Manutenção dos equipamentos, bem como as prioridades destas tarefas.

*Inventário* • É uma nomenclatura codificada do parque de equipamentos e dá-nos a noção de informação variada acerca dos mesmos, como a localização, o tipo ou família, etc.

*Dossier – máquina* • Documento com dois componentes:

- Dossier do Construtor (contractos, referencias pós-venda, características da máquina, lista de acessórios, planos, modo de funcionamento, etc.)
- Ficheiro interno, estabelecido e mantido pela empresa.

Exemplo de rubricas presentes no Dossier – máquina: sumário (funções do equipamento); contracto; características técnicas; codificação; notas de funcionamento, utilização e instalação; normas de segurança; plano de lubrificação; lista de peças de substituição crítica (níveis de consumo); planos de manutenção preventiva e respectivos checklists; lista das avarias possíveis, fluxograma de detecção; ferramentas de intervenção.

### 2.5.2. Histórico de Equipamento

O histórico de equipamentos deve reflectir todos os acontecimentos passados com o equipamento. Deve ser mantido actualizado e permitir retirar informações acerca de: fiabilidade; disponibilidade; serviço de métodos; gestão de *stocks*; política de manutenção.

## 2.6. Avaria

A análise de avarias é fundamental para conhecer o comportamento dos equipamentos e permitir actuar no sentido de acções de melhoria contínua, eliminando-as ou reduzindo as suas consequências. A hierarquização das avarias, por sua vez, permite identificar quais as avarias nas quais se devem dispensar mais recursos.

### 2.6.1. Definição de Avaria

Entende-se por avaria a impossibilidade de um bem realizar uma função predeterminada. Seja este um componente, equipamento ou sistema. A avaria é um estado de funcionamento de um sistema. O modelo de Markov caracteriza os diferentes estados de um sistema da forma que se pode ver na Figura 9.

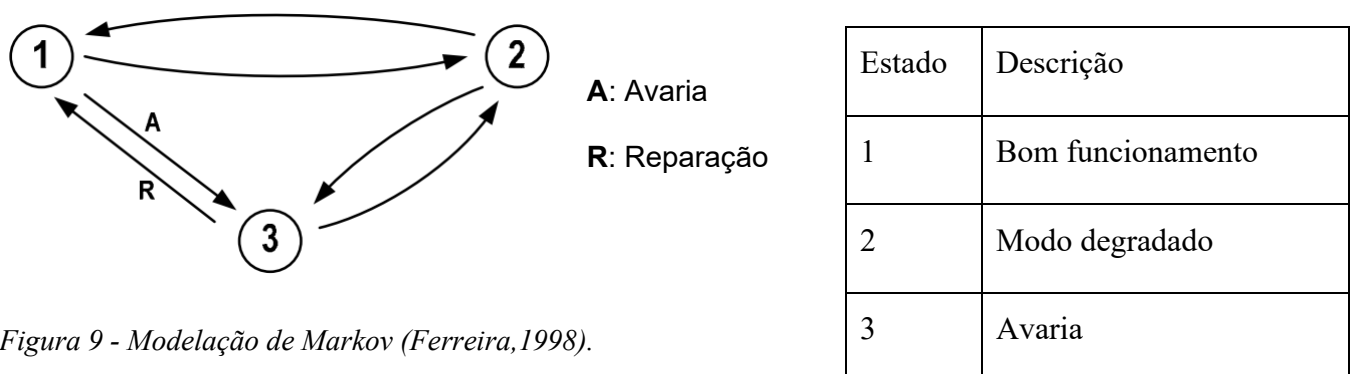


Figura 9 - Modelação de Markov (Ferreira, 1998).

#### 2.6.1.1. Taxa instantânea de avarias

A taxa instantânea de avarias é um indicador de fiabilidade que representa a proporção de equipamentos que devem avariar num instante  $t$ . Estatisticamente a taxa de avarias é uma

densidade de probabilidade condicional de avaria, que caracteriza a probabilidade de avaria no intervalo  $\Delta t$  dos dispositivos que sobreviveram até ao instante  $t$ .

$$\lambda(t) = \frac{N_s(t) - N_s(t + \Delta t)}{N_s(t) \times \Delta t} \quad [\text{equação 1}]$$

De forma genérica

$$\lambda(t) = \frac{\text{Número de avarias}}{\text{Duração de utilização}} \quad [\text{equação 2}]$$

Onde:

$N_s(t)$  – Número de bens sobreviventes no instante  $t$ ;

$N_s(t + \Delta t)$  – Número de bens sobreviventes no instante  $t + \Delta t$  Cálculo da taxa de avarias.

A taxa de avarias é uma estimativa de fiabilidade de um bem reparável. É também usual a utilização do outro parâmetro, o MTBF (*Mean Time Between Failures*) que se relaciona com a taxa de avarias da forma seguinte:

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} \quad [\text{equação 3}]$$

Para os bens não reparáveis há um parâmetro análogo ao MTBF, que é o MTTF (*Mean Time To Failure*). Isto acontece porque um componente apresenta uma única falha no seu período de vida.

A taxa de avaria trata de tempos até avaria tal como, analogamente, a taxa de reparação trata dos tempos de reparação.

#### *2.6.1.2. Taxa de reparação $\mu(t)$*

Corresponde a um rácio que, em bens reparáveis, dá indicações acerca dos tempos de reparação. Este parâmetro está relacionado com a manutibilidade. Se se traçar um gráfico confrontando a taxa de avarias com o tempo, obtém-se a curva da fiabilidade, habitualmente designada por curva da banheira, pela sua forma geométrica. Esta curva pode apresentar várias formas, mas a de banheira é a mais comum. Este gráfico é geralmente verdadeiro para uma população de componentes ou equipamentos simples como pode-se ver na figura 10:

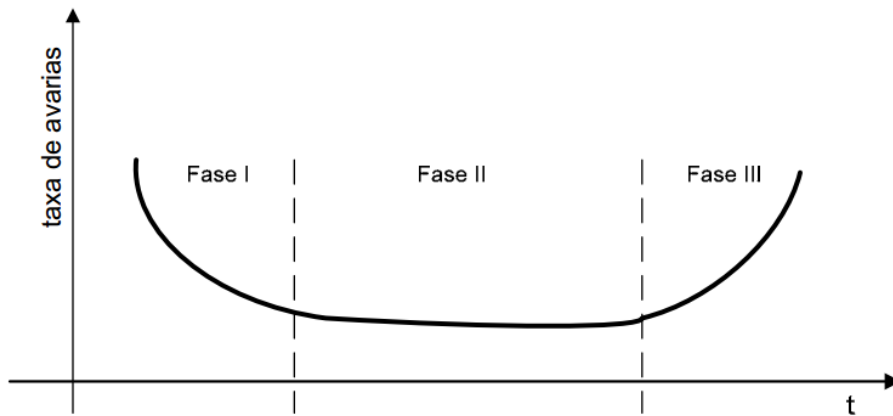


Figura 10-Curva da banheira (fonte: Pereira, 2009)

- *Fase I* - Fase de juventude do equipamento. Fase inicial de instalação e arranque do equipamento que se caracteriza por uma elevada taxa de avarias inicial, que pela adaptação ao ambiente e condições de funcionamento, decresce rapidamente. Nesta fase os bens mais frágeis são eliminados.
- *Fase II* - Maturidade do equipamento. Aqui a taxa de falhas é aproximadamente constante. Trata-se da vida útil do bem com o seu funcionamento corrente.
- *Fase III* - Obsolescência. A taxa de avarias é crescente pois o bem entra na fase final do seu ciclo de vida, em que perde progressivamente a sua capacidade de bom funcionamento.

Habitualmente, um dos objectivos do engenheiro de manutenção será reduzir as fases de taxa de avarias decrescente e crescente, I e III respectivamente, através do controlo de qualidade, substituição, etc. É a análise dos dados históricos de avarias que permite concluir acerca da taxa de avaria. O comportamento destes dados pode normalmente ser aproximado por distribuições estatísticas, no entanto, torna-se necessário concluir acerca da tendência, a existir, na distribuição das avarias. Esta análise pode ser feita com o teste de Laplace.

### 2.6.2. Disponibilidade de um equipamento

Disponibilidade de um sistema é definida por Stevenson (2002) como a fracção de tempo que determina que a peça de equipamento está disponível para a produção. De outra forma *Luís A. Ferreira (1998)* define-a como a probabilidade de bom funcionamento de um dispositivo no instante t; O valor da disponibilidade média de um sistema é dado por:

$$D = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad \text{[equação 4]}$$

Onde:

MTTF - tempo médio de operação; MTTR - tempo médio de reparação.

Para sistemas em que MTTR é muito inferior a MTBF podemos considerar a aproximação (Ferreira, 1998).  $MTTF \approx MTBF$

Donde se pode concluir que a disponibilidade média de um sistema pode ser dada por:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad [\text{equação 5}]$$

### 2.6.3. Fiabilidade

De acordo com a norma 13306 a fiabilidade é:

*“Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, Durante um dado intervalo de tempo. (...) O termo fiabilidade também é utilizado como medida de desempenho e poderá também ser definido como uma probabilidade”.* (European Standard NP EN 13306,2007)

A fiabilidade é uma medida de probabilidade de performance bem-sucedida de um sistema, por um período de tempo. O termo Fiabilidade distingue-se do de Qualidade na medida em que a qualidade de um produto se define como a sua conformidade a uma especificação, aptidão ao uso, e a fiabilidade é a sua capacidade de manter a conformidade durante a sua vida de funcionamento.

$$R(t) = Prob(T \geq t)$$

$$R_{(t=0)} = 1 \text{ e } R_{(t \rightarrow \infty)} = 0$$

Onde:

$R(t)$  – A fiabilidade, ou probabilidade de sucesso de um bem, no intervalo  $[0, t]$ ;

$T$  – O tempo até avaria como variável aleatória, com  $T \geq t$ .

Pode-se também definir a função  $F(t)$  como probabilidade de avaria tal que:

$$F(t) = Prob(T < t) = 1 - R(t) \quad [\text{equação 6}]$$

A densidade de falhas  $f(t)$ , que é a probabilidade de avaria no intervalo de tempo  $dt$ , vem definida por:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad [\text{equação 7}]$$

Relacionando as expressões é fácil verificar que:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \text{ e } R(t) = \int_0^\infty f(t)dt \quad [\text{equação 8}]$$

A figura 11, ilustra os gráficos das funções  $F(t)$ ,  $R(t)$  e  $f(t)$ , ao longo do tempo.

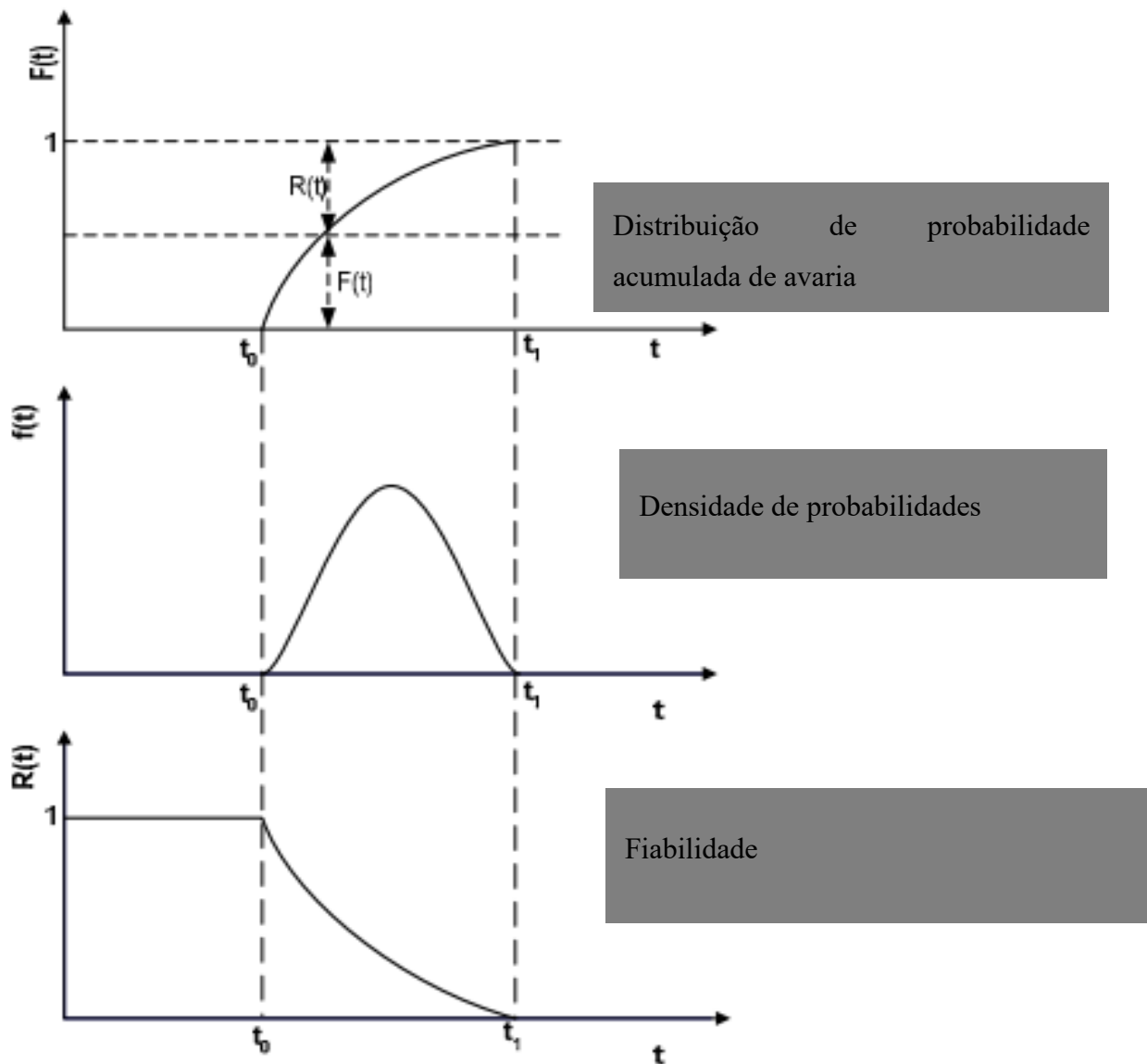


Figura 11 - Relação entre as funções  $F(t)$ ,  $f(t)$  e  $R(t)$  (fonte: Pereira, 2009)

#### 2.6.4. MTBF (Mean Time Between Failures)

Os conceitos temporais relativos a equipamentos (bens reparáveis) são apresentados na Figura 12. O valor esperado do tempo entre avarias sucessivas pode ser definido como:

$$MUT = E(t) = \int t \cdot f(t) dt = \int_0^{\infty} -\frac{dR(t)}{dt} \cdot t = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad [\text{equação 9}]$$

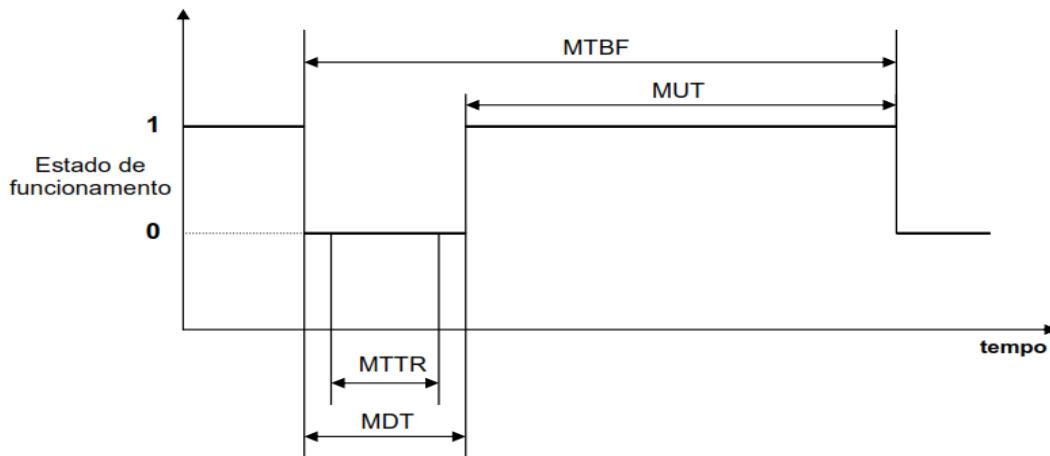


Figura 12 -Tempos Relativos a bens reparáveis (fonte: Pereira, 2009)

### 2.6.5. Manutibilidade

De acordo com a norma 13306 <sup>[1]</sup>, a manutibilidade corresponde à:

*“Aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, De tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos”*

Para sistemas de operação contínua, dois factores contribuem para a proporção de tempo no qual o equipamento se considera no modo de falha:

- Taxa de avarias: indica a frequência com que o bem avaria.
- Taxa de reparação: uma vez em avaria, indica o tempo que o bem permanece nesse estado.

Torna-se então evidente que a manutibilidade está relacionada com a fase de desenho e o seu impacto na função de manutenção.

A previsão de manutibilidade, isto é, determinar a distribuição temporal ou o MTTR (Mean Time to Repair) para determinado modo de falha de um equipamento, é uma entrada necessária para os modelos fiabilísticos dos sistemas.

A Manutibilidade pode ser vista como um conceito probabilístico,  $M(t)$ , que designa a Probabilidade de um bem em estado de avaria ser reparado no intervalo de tempo  $[0, t]$ .

Por analogia com a função Fiabilidade, também se pode considerar uma função  $m(t)$  como densidade de probabilidade e  $\mu(t)$  como taxa condicional de reparação, tal que:

$$\mu(t) = \frac{m(t)}{1-M(t)} \quad [\text{equação 10}]$$

Neste caso a variável aleatória é a duração da intervenção.

A taxa de reparações  $\mu(t)$  é normalmente considerada constante, o que implica:

$$M(t) = \int_0^{\infty} e^{-\mu t} \cdot dt \quad \text{[equação 11]}$$

Sendo neste caso:

$$MTTR = \int_0^{\infty} t \cdot m(t) \cdot dt \quad \text{[equação 12]}$$

## CAPÍTULO 3-CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo com uma breve apresentação da empresa, destacando sua atuação no mercado de tanques de combustível o seu principal produto fabricado entre outros. Em seguida, realizou-se uma análise detalhada das actuais atividades de manutenção na empresa, identificou-se os principais equipamentos e as máquinas-ferramentas que são utilizadas nos sectores de produção . E foram adicionados, como uma análise completa do processo produtivo da TRIM o organograma da mesma, o layout da oficina de produção e o desenho técnico do tanque de combustível (Anexo I)."

### 3.1 Apresentação da empresa e actividades

O caso de estudo centra-se na empresa TRI-M Mecano Metal de Moçambique é uma empresa Moçambicana e opera há mais de 20 anos, dedicando-se inicialmente a fabricação de estruturas metálicas , como canopys, pontes metálicas , tanques de combustível ,etc . Posteriormente, com as necessidades do mercado a serem alteradas, a empresa foi adotando novos produtos, implicando aumentos significativos em relação ao volume de vendas.

A empresa TRI-M cujas instalações se representam na figura abaixo , tem a sua sede localizada na Rua de Palma 406,Matola.



Figura 13 - Actuais instalações da empresa TRI-M Mecano Metal de Moçambique (Fonte: TRI-M)



*Figura 14 - Imagem de satélite da da empresa TRI-M Mecano Metal de Moçambique , com a zona assinalada (Fonte: Autor)*

### 3.1.1. Análise das Atuais Actividades de Manutenção na Empresa TRI-M Mecano Metal de Moçambique

A manutenção é uma das bases de garantia do bom funcionamento do sistema de produção, assegurando a conformidade dos requisitos normativos através da conservação das suas infraestruturas, garantindo assim a qualidade dos processos, preservação do meio ambiente, além da saúde e segurança dos seus colaboradores e da comunidade.

Na oficinas da TRI-M Mecano Metal de Moçambique , é praticada a manutenção do tipo corretiva.

A empresa não tem nenhum cadastro ou histórico que possa registar ou arquivar qualquer tipo de avarias das máquinas. Também não possui nenhum local onde estejam facilmente disponíveis os documentos das máquinas.

O facto de não ter registo de manutenção prejudica a existência de procedimentos, bem como o tempo necessário para a realização de tarefa. Esta função está muito dependente do chefe da manutenção dada a sua vasta experiência.

Actualmente a TRI-M apenas realiza controlo de custo de material comprado por máquinas, tendo a informação nos serviços de contabilidade. Ainda não há cruzamento de dados relativos

ao nível de controlo de custos com os intervenientes, peças utilizadas, horas trabalho, impossibilitando assim o conhecimento do custo geral da manutenção naquela máquina.

### 3.1.2. Processo Produtivo na empresa TRI-M Mecano Metal

#### 3.1.2.1 Resumo do processo produtivo

O fabrico de um equipamento dá-se em várias etapas, desde a ordem de fabrico até ao produto final. Depois de ser efetuada uma encomenda por um cliente ao departamento comercial, este comunica ao departamento produtivo para se dar início ao processo de fabrico. Com esta ordem de fabrico, são emitidos vários documentos entre eles, uma listagem com todos os componentes que constituem o equipamento em questão para se proceder á separação dos mesmos e entregar a secção de montagem. Todos os componentes em falta são comprados, ou fabricados procedendo-se a novas ordens de fabrico. Depois de concluídas todas as ordens de fabrico e os componentes estarem reunidos, é entregue a devida secção para se realizarem, a montagem do equipamento e os devidos testes e ensaios. Em seguida, caso seja possível, procede-se á embalagem para ser entregue ao cliente.

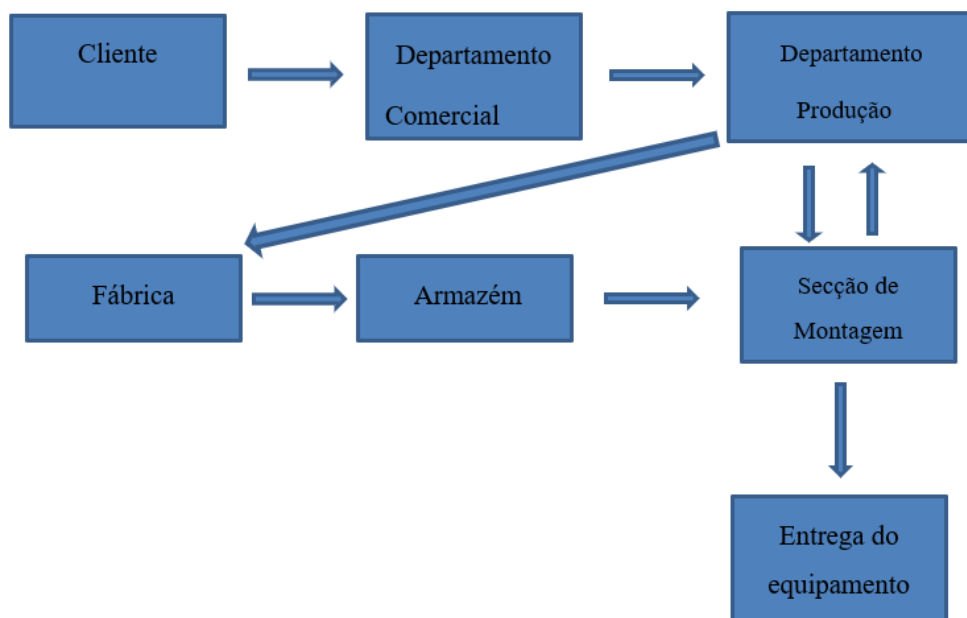


Figura 15 - Esquema do processo Produtivo (fonte Autor)

### 3.1.3. Organograma da empresa

O organograma abaixo, indica a estrutura organizacional da empresa, onde os órgãos da organização estão dispostos de forma hierárquica.

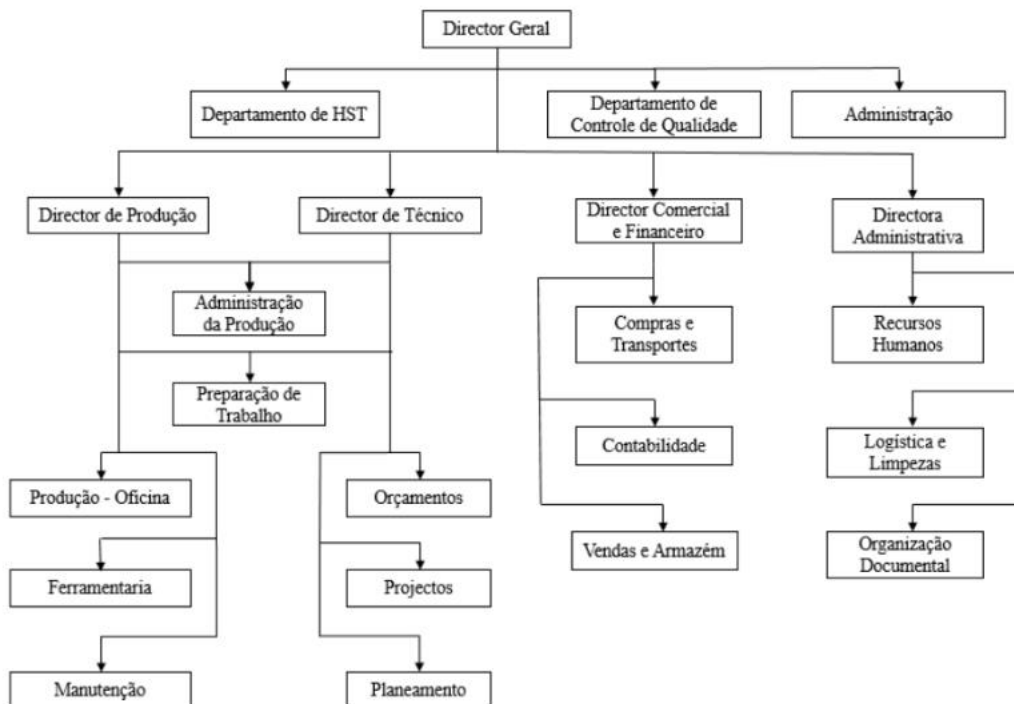


Figura 16 - Organograma da empresa TRI-M (Fonte :Autor)

### 3.1.4. Relatório de actividades

O presente capítulo tem como objectivo descrever as actividades durante o estagio, no dia 23 de outubro de 2023 deu inicio o estagio profissional que teve uma duração de 4 meses onde foi possível ficar alocado em dois departamentos : departamento técnico e departamento de produção.

No departamento técnico, foi possível participar nas seguintes actividades : elaborar propostas técnicas, realizar visitas para avaliação e cotação, e no desenvolvimento de desenhos de produto e de fabrico.

No departamento de produção as actividades se concentraram em duas áreas : na manutenção de maquinas e ferramentas e na área de controlo de qualidade.

Durante a primeira semana decorreu a apresentação da empresa, dos departamentos e também um treinamento sobre as normas da empresa e procedimentos feita pelo departamento de Higiene e segurança no Trabalho. No dia 25 de Outubro de 2023 na oficina da TRI-M no sector da pintura iniciou-se a pré-montagem de 4 torres que estavam já pintadas para suporte de tubos de um cliente que pretendia passar a tubagem de subterrânea para aérea.

Nessa actividade não foi possível participar até ao fim pois que foi seleccionado para outras actividades dentro da oficina.



**J**

*Figura 17 - Pre-montagem da torre de suporte da tubagem (fonte: TRI-M)*

No dia 1 de Novembro passou-se para o sector de inspeção e controle de qualidade, onde foi possível ter a oportunidade de participar em testes de soldadura por líquidos penetrantes, inspeção de soldadura a partir de partículas magnéticas e calibração de válvulas de alívio de pressão. Permaneceu-se neste sector por aproximadamente duas semanas.



*Figura 18 - Teste de soldadura por líquidos penetrantes e por partículas magnéticas(Fonte: TRI-M)*

No dia 16 de novembro passou-se a fazer manutenção dos equipamentos dentro das máquinas e equipamentos dentro das oficinas da TRI-M, onde se realizou a manutenção correctiva das avarias junto com os técnicos responsáveis pela manutenção essas intervenções tiveram a duração de aproximadamente 1 mês , durante o qual realizou-se as seguintes actividades :

- Substituição de vedantes ;
- Substituição de rolamentos ;
- Montagem de correias de comando ;
- Desmontagem Limpeza da mesa do máquina plasma CNC;
- Entre outras.

### 3.1.5. Layout da Área de produção

A área de produção da oficina representada na figura em anexo AII , é de 1200 m<sup>2</sup>, e está dividida em várias secções, como secção de mecânica, secção de corte e quinagem, secção de

soldadura, secção de montagem, secção de pintura e eletrificação, armazém de componentes e armazém de matéria-prima. Esta divisão em várias secções ocorre por existirem diferentes características produtivas em cada secção no que toca ao tipo de matéria-prima, equipamento produtivo e itens produzidos. As secções de mecânica, corte e quinagem, e soldadura são as que vão ser analisadas mais ao pormenor, por serem as que dispõem de maior número de equipamentos produtivos, objetivos deste trabalho.

### 3.1.5.1. secção – corte e quinagem

A secção de corte e quinagem, composta por doze equipamentos produtivos, como serrotes de fita, guilhotinas, quinadeiras, calandras, engenhos de furar .

<b>Descrição</b>	<b>Localização</b>	<b>estado</b>
Calandra ROUND0 R3	Oficina de produção	Bom
Calandra Normal Azul	Oficina de produção	Bom
Calandra Actira	Armazém	Bom
Quinadeira Nantong Dawei WC67Y	Oficina de produção	Bom
Engenho de furar fixo (Duplo)	Oficina de produção	Bom
Engenho de furar fixo (Universal)	Oficina de produção	Bom
Serrote Mecânico COSCO SH9016SYM	Oficina de produção	Bom
Ponte Rolante	Oficina de produção	Bom
Furadeira Fixa	Oficina de produção	Avariado
Guilhotina manual	Armazém	Bom
Guilhotina Nantong Dawei 1600KN 2500mm	Oficina de produção	Bom
Guilhotina Nantong Dawei 1600KN 2500mm	Oficina produção	Bom

Tabela 1– disponibilidade das maquinas na secção de corte e quinagem

### 3.1.5.2. secção mecânica

A secção de mecânica verificando-se um numero total de doze equipamentos produtivos, entre os quais, prensas hidráulicas, furadoras, tornos paralelos, engenhos de furar, esmilhadoras.

<b>Descrição</b>	<b>Localização</b>	<b>Estado</b>
Torno Mecânico Denhams	Armazém	Bom
Torno Mecânico Cegonha	Ofic. Produção	Bom
Torno Mecânico	Armazém	Bom
Torno Mecânico Reguladora	Ofic. Produção	Avariado
Torno Mecânico Jacinto Ramos 12068N	Ofic. Produção	Bom
Prensa hidráulica (Bosal HP20TON)	Ofic. Produção	Avariado
Furadora Fixa EFI FC2101	Armazém	Bom
Furadora Fixa BOWMAX MA3 (vertical)	Ofic. Produção	Bom
Fresadora MANFORD MF-2TM	Ofic. produção	Bom
Limadora	Ofic. produção	Bom
Esmeriladora simples	Ofic. produção	Bom
Esmeriladora dupla	Ofic. produção	Bom

Tabela 2– disponibilidade das maquinas na secção da mecânica

### 3.1.5.3. Secção de soldadura

A secção de soldadura , e dispõe de vinte e quatro equipamentos produtivos, entre os quais, máquinas de soldar arco elétrico com eléctrodo revestido ,TIG, MIG/MAG e por pontos.

<b>Descrição</b>	<b>localização</b>	<b>estado</b>
Maq. Soldar Miller Goldstar 400SS-cy50	Armazém	Avariada
Maq. Soldar Arc380 Thermadyne TSA 400/300 <sup>a</sup>	Oficina de produção	Avariada
Maq. Soldar Arc380 Miller SRH202	Armazém	Avariada
Maq. Soldar MIG Power Wave Lincoln	Oficina de produção	Bom
Maq. Soldar MIG Power Wave Lincoln	Oficina de produção	Bom
Maq. Soldar MIG Max (Pro-Max)	Oficina de produção	Bom
Maq. Soldar Arc380 Thermadyne TSA 400DC	Oficina de produção	Avariada
Maq. Soldar Arc380 Miller SRH202	Armazém	Avariada
Maq. Soldar Arc380 Miller Goldstar 400SS	Armazém	Avariada
Maq. Soldar Arc380 Thermadyne TSA 400DC	Oficina de produção	Bom
Maq. Soldar Arc380 Thermadyne TSA 400/300 <sup>a</sup>	Oficina de produção	Bom
Maq. Soldar Arc380 Thermadyne TSA 400/300 <sup>a</sup>	Oficina de produção	Bom
Maq. Soldar Arc380 Afrox KR300	Armazém	Bom
Maq. Soldar Arc380 Thermadyne TSA 400/300 <sup>a</sup>	Oficina de produção	Bom

Maq. Soldar Arc380 Mannsfeld Rotativa	Armazém	Bom
Maq. Soldar Arc380 Thermadyne TSA 400DC	Oficina de produção	Bom
Maq. Soldar Arc380 Modweld 300i	Oficina de produção	Avariada
Maq. Soldar TIG Universal (GENX TIG 2000P DIGITAL ACDC)	Armazém	Bom
Maq. Soldar Unipower 400	Armazém	Bom
Maq. Soldar Arc380 Soldar a Ponto - SK	Oficina de produção	Avariada
Maq. Soldar Reflex Welding 400 Multi	Armazém	Bom
Maq. Soldar Modweld 300I	Armazém	bom
Maq. Soldar Modweld 300I (Azul)	Armazém	Bom
Maq. Soldar Modweld 300I (Azul)	Oficina de produção	Avariada

Tabela 3– disponibilidade das maquinas na secção de soldadura

### 3.1.6.Feramenta Informática

A TRI-M opera actualmente sem nenhum sistema de de gestão , isso inclui também arquivos digitais ou físicos para as suas maquinas e ferramentas . Sem nenhum sistema de gestão a empresa sofre muito para armazenar informações sobre seus processos e operações de manutenção. O que resulta em um grande problema que é a dificuldade de rastrear informações sobre as maquinas e equipamentos

A empresa baseia-se exclusivamente na experiencia e conhecimento dos operadores das maquinas, logo é possível concluir que não existem quaisquer dados/histórico de intervenções ou paragens na produção

### 3.1.7.Motivação para elaboração de plano de manutenção

Os custos indiretos de manutenção são difíceis de controlar na TRI-M, pois são de natureza não quantitativa; portanto, é essencial minimizar esses custos. As intervenções para reparações de emergência representam um custo indireto, já que é difícil quantificar o consumo adicional de energia, desgaste das ferramentas e tempo dos técnicos, mas sabemos que isso impacta o orçamento. A falta de inspeção, limpeza e lubrificação regular dos equipamentos resulta em avarias frequentes, o que muitas vezes exige reparações imediatas ou até mesmo a substituição de peças ou de máquinas inteiras, elevando significativamente os custos de manutenção.

A elaboração de um plano de manutenção é, portanto, estratégica para a TRI-M. Esse plano evita intervenções desnecessárias nas oficinas, melhora a gestão de recursos e minimiza as paragens não programadas, que prejudicam o fluxo produtivo. Com a implementação desse

plano (conforme proposto no anexo AIII), a empresa reduz os custos indiretos e mantém as suas máquinas e equipamentos em melhores condições, evitando o impacto das avarias e a melhor a produtividade e competitividade da empresa no mercado

## **CAPÍTULO 4 METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA**

Tendo em conta o problema apresentado pela empresa, considerou-se que a implementação de parte da filosofia TPM se enquadrava nas circunstâncias encontradas e ia ao encontro do trabalho futuro delineado pela empresa. Assim, tomou-se a iniciativa de selecionar alguns dos pilares do TPM, sendo eles:

- Formação contínua;
- Planeamento da manutenção;
- Manutenção autónoma;

Neste capítulo irá ser descrito todo o processo de delineamento destas estratégias capazes de responder à necessidade da empresa de implementar políticas de manutenção preventiva tendo em conta todas as condicionantes encontrada

### **4.1. Entrevista**

A seleção do público-alvo foi crucial para a coleta de dados. Considera-se que a oficina se dedica maioritariamente à manutenção corretiva de máquinas-ferramentas, foram entrevistados e questionados os chefes de produção, chefes de setor e técnicos especializados. Essa escolha garantiu que as informações obtidas fossem precisas e relevantes para o estudo da manutenção de equipamentos.

A entrevista, cuja estrutura pode ser consultada no Anexo IV, foi elaborada com base nas informações coletadas durante a pesquisa. As perguntas foram direcionadas aos seguintes grupos: técnicos, docentes e o chefe do departamento. Esta entrevista visa compreender a perceção desses grupos sobre a manutenção das máquinas-ferramentas nas oficinas de produção e identificar aspetos que não haviam sido abordados ao longo do trabalho

### **4.2 Planeamento**

#### **4.2.1. Dados**

Como já mencionado no capítulo anterior uma das maiores dificuldades da empresa até ao momento é a falta de dados sobre as máquinas e ferramentas, a empresa não apresenta qualquer registo de paragens de equipamentos, quer em intervenções planeadas ou não planeadas, ou mesmo sobre a quantidade de peças disponíveis em stock no armazém

Dada a esta situação, foi criada um formulário de registo de avaria de forma a que os técnicos responsáveis fossem capazes de caracterizar a situação encontrada para análise. Desta forma

torna-se possível a criação de um histórico de avarias das maquinas e ferramentas dentro da oficina de produção.

**Registo de avaria**

**Nome do Funcionario :** \_\_\_\_\_ **Localização:** \_\_\_\_\_

**Equipamento:** \_\_\_\_\_

**Código do Equipamento:** \_\_\_\_\_

**Estado Equipamento :**

Em Operação  Inutilizado (necessita reparo)  Preventiva Programada

**Tipo de Manutenção:**

Corretiva  Preventiva  Preditiva  Inspeção

**Descrição do Problema/Procedimento:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Prioridade:**  Alta  Média  Baixa

**Data Prevista:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_ **Horário:** \_\_\_\_\_

**Conclusão:**

- **Data:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_ **Tempo:** \_\_\_\_\_ h
- **Responsável Técnico:** \_\_\_\_\_
- **Observações:** \_\_\_\_\_

**Assinatura Responsável do Sector:** \_\_\_\_\_

*Figura 19 - proposta de layout de registo de avarias para oficina de produção*

Através deste histórico e com o recurso à associação dos custos de manutenção, é possível verificar quais os equipamentos que apresentam grandes gastos em termos de reparações e estudar a rentabilidade do mesmo

#### 4.2.2. Organização

Um dos principais desafios enfrentados é a ausência de dados técnicos sobre os equipamentos. Devido à antiguidade dos mesmos, os manuais e/ou catálogos não estão disponíveis.. Essa situação gera uma lacuna significativa no que se refere a peças de reposição e intervenções específicas para cada equipamento.

Para contornar essa dificuldade, optou-se por agrupar os equipamentos de acordo com sua área funcional, aproveitando parcialmente práticas que já vinham sendo adotadas anteriormente.

Com isso, torna-se possível compartilhar uma parte relevante das tarefas recomendadas pelos fabricantes para equipamentos da mesma categoria funcional, bem como algumas peças de reposição.

Área	Equipamento	Marca	Modelo
<b>Soldadura</b>	Máquina de Solda	Miller	Goldstar 400SS, SRH202, Arc380
		Thermadyne	TSA 400DC, TSA 400/300 <sup>a</sup>
		Lincoln	MIG Power Wave
		ESAB	Mig 630tw
		Modweld	300i
		Reflex Welding	
		TIG Universal	GENX TIG 2000P DIGITAL ACDC MIG Max, Afrox KR300, Unipower 400, Solda por Ponto
<b>Torneamento e Usinagem</b>	Torno Mecânico	Denhams, Cegonha, Regadora, Jacinto Ramos	12068N
	Fresadora	MANFORD	MF-2TM
	Limadora		
<b>Furação e Corte</b>	Furadora Fixa	EFI	FC2101
	Furadora Fixa	BOWMAX	MA3 (vertical)
	Engenho de Furar		Fixo Duplo, Universal
	Serrote Mecânico	COSCO	SH9016SYM
	Máquina de Corte Plasma CNC	Hypertherm	MaxPro200
<b>Conformação e Moldagem</b>	Calandra	Roundo R3	R3
	Calandra	Actira	Normal Azul, Actira
	Quinadeira	Nantong Dawei	WC67Y
	Prensa Hidráulica	Bosal	HP20TON
<b>Acabamento</b>	Esmeriladora		Simples, Dupla
<b>Movimentação e Guilhotina</b>	Guilhotina	Manual, Nantong Dawei	Manual, Nantong Dawei 1600KN 2500mm
	Ponte Rolante		

*Tabela 4 - Agrupamento dos equipamentos*

#### 4.2.3. Plano de manutenção

Para a elaboração do plano de manutenção no presente trabalho foi feito um levantamento das avarias e suas causas durante um período de estágio profissional, os dados colhidos neste levantamento foram de grande valia para análise de disponibilidades dos equipamentos dentro da oficina.

Para além disto, foi necessário perceber qual o sentimento de responsabilidade dos colaboradores em relação aos seus equipamentos.

##### 4.2.3.1. Manutenção na secção corte e quinagem

Equipamentos	Avarias	Causas	Tempo médio de reparação (horas)
Guilhotina	Óleo a verter	Vedantes desgastados	6
Maquina de corte Plasma CNC Hypertherm	Erro no controle CNC	problemas de conexão nos cabos	2,25
Maquina de corte Plasma CNC Hypertherm	Ruído excessivo	Falta de lubrificação nos trilhos de movimento	2
Serrote mecânico	Rolamentos danificados	Falta de lubrificação nos rolamentos	2
Engenho de furar	Folga no cabeçote	Rolamento danificado	1

*Tabela 5-Avarias na secção corte e quinagem*

Usando a fórmula da **equação 4** do **capítulo 2** pode-se calcular a disponibilidade na secção corte e quinagem :

$$D = 0,85$$

Onde: MTTR=13,25

#### 4.2.3.2. Manutenção na secção mecânica

<b>Equipamentos</b>	<b>Avarias</b>	<b>Causas</b>	<b>Tempo médio de reparação (horas)</b>
Esmeriladora dupla	Desalinhamento dos rebolos (Discos)	Vibração excessiva	1,25
Torno Mecânico Cegonha	Uso do fluido refrigerante inadequado	Acumulo de resíduos no tubo de arrefecimento	2
Guilhotina	Óleo a verter	Vedantes desgastados	4
Engenho de furar	Bloco magnético em Curto circuito	Penetração do liquido refrigerante	2,5

*Tabela 6- Avarias na secção mecânica*

Usando a fórmula da *equação 4* do *capítulo 2* pode-se calcular a disponibilidade da secção mecânica :

Onde : MTTR=9,75

$$D=0,895$$

#### 4.2.3.3. Manutenção na secção de soldadura

Equipamentos	Avarias	Causas	Tempo médio de reparação (horas)
Máquina de soldar arcweld	Placa do circuito danificada	Causas desconhecidas	4
Máquina de soldar THERMADYN E	Bobina do ventilador avariada	Desgaste por uso	2
Máquina de soldar TIG	Manômetro danificado	Causas desconhecidas	1
máquina de soldar ESAB Mig 630tw	Placa do circuito de comando danificada	Sobrecarga da tensão	4

Tabela 7 - Avarias na secção de soldadura

Usando a fórmula da **equação 4** do **capítulo 2** pode-se calcular a disponibilidade na secção de soldadura :

Onde : MTTR=11

$$D=0,88$$

#### 4.2.4. Implementação de um sistema informático

Utilizar o software o *Microsoft Excel*, gera-se uma base de dados com todos os equipamentos em estudo, associando-lhes as respetivas características, como por exemplo: marca, número de série, e operador responsável.

Com a criação desta base de dados, geram-se funções capazes de interligar as datas das intervenções anteriores com o intervalo de dias entre intervenções de forma a ser emitido um alerta visual para alertar o utilizador para a necessidade de realizar uma manutenção com uma dada periodicidade para o equipamento em questão

#### *4.2.4.1. Formação*

De forma a otimizar as operações através da estruturação de um sistema de documentação e treinamento. Esse sistema visa garantir a gestão do conhecimento e a perpetuação das práticas de manutenção, assegurando a preservação do conhecimento sobre os processos de manutenção entre os colaboradores. O sistema inclui a elaboração de um manual técnico completo para o módulo de manutenção do Excel e da base de dados criada, destinado aos usuários da área de manutenção, e de manuais operacionais para os colaboradores da produção.

## **CAPÍTULO 5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

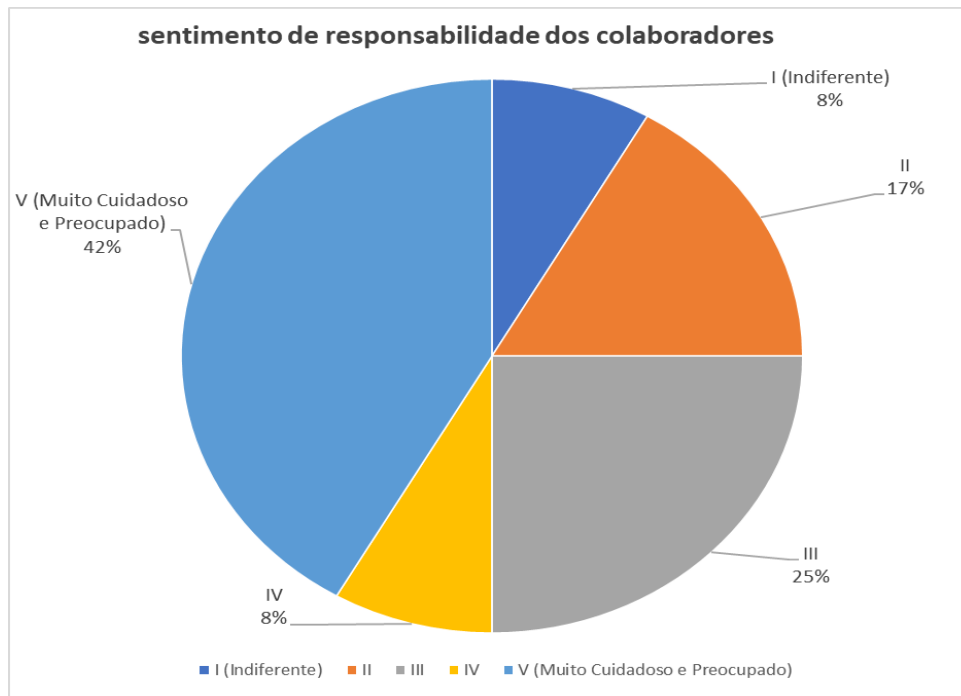
### **5.1 Apresentação e análise dos resultados**

Actualmente ,sempre que é detectada pelo operador uma falha ou avaria num equipamento, o mesmo reporta ao responsável pela secção, para em conjunto com o chefe da oficina e o director produção tomarem uma decisão, com o objetivo de resolver a avaria o mais rápido possível para evitar os elevados custos.

Caso seja uma avaria possível de resolver dentro da sua estrutura técnica e organizacional, é dada uma ordem pelo director produção para se proceder a elaboração de uma lista de material necessário, para posteriormente, se proceder a encomenda e compra do mesmo, caso seja necessário. Assim que o material necessário é reunido, dá se início á reparação do equipamento, e posteriormente são efetuados testes para determinar se estão reunidas novamente todas a condições para o bom funcionamento do equipamento.

No caso de ser uma avaria de características técnicas, impossível de resolver dentro da própria estrutura técnica e organizacional, é contratada uma entidade externa, especializada em assistência e reparações ao tipo de equipamento em questão. É agendada uma data para os técnicos da entidade externa se deslocarem às instalações da empresa, analisarem a avaria e procederem a sua reparação.

A fim de fortalecer a cultura de manutenção, é necessário avaliar o nível de envolvimento dos colaboradores , representado no gráfico abaixo.

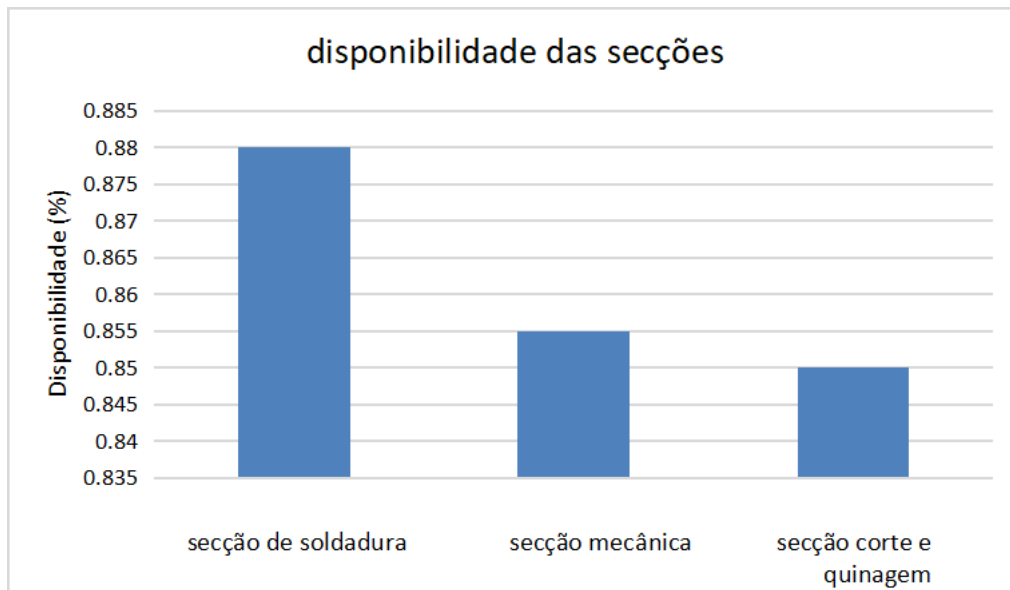


*Gráfico 1- sentimento dos trabalhadores para com os equipamentos*

Através da análise foi possível concluir que, na sua maioria, os colaboradores demonstram conhecimento e importância de cuidar do seu posto de trabalho, embora não possuam formação ou rotinas para as intervenções, no entanto, a transição de um conhecimento teórico para uma prática consistente exige uma mudança de cultura organizacional, que pode ser desafiadora, especialmente em ambientes com alta demanda produtiva pois fatores como a sobrecarga de trabalho, a falta de incentivos e a priorização de metas de produção imediatas podem influenciar negativamente a adesão a práticas de manutenção como acontece na corrente empresa.

Existem também as barreiras organizacionais, como a falta de recursos, a ausência de um sistema de monitoramento por parte dos chefes de sector e a falta de clareza nas responsabilidades, são algumas causas que estão a dificultar estas boas práticas.

Embora os trabalhadores demonstrem conhecimento das boas práticas de manutenção, a implementação eficaz dessas práticas depende, em grande medida, da criação de um ambiente organizacional que as incentive e suporte



*Gráfico 2-Disponibilidade das secções*

Sendo que os equipamentos estarão na fase de taxa de avarias constante da curva da banheira, tendo em conta a abordagem feita no capítulo II, não é viável proceder a manutenção preventiva, pois que este tipo de manutenção é adequadamente aplicável quando a função de risco for crescente, isto é, na fase III da curva de banheira. O Gráfico acima verifica-se uma elevada disponibilidade dos equipamentos, porém há espaço para melhoria

- Aumentar o tempo de ocorrência entre as avarias;
- Diminuir o tempo de reparação das avarias;
- Organização do sector manutenção das oficinas da TRI-M .

Como já mencionado acima, a manutenção preventiva não é viável para empresa, de acordo com as condições reais da empresa a manutenção preditiva é mais adequada pois que este é a manutenção baseada na condição conforme referido no capítulo II.

Este plano de manutenção consiste em programar as actividades de manutenção, definindo períodos de inspecção dos equipamentos, limpeza e lubrificação.

A tabela AIII (plano de manutenção), tem como objectivo ilustrar o planeamento das actividades a serem exercidas ao longo do ano, cada actividade tem um determinado período para ser executado, com este plano faz-se inspecções semanais, mensais e semestrais, deste modo garante-se a fiabilidade no funcionamento dos equipamentos.

Sendo que se escolheu o pilar autónomo que consiste em integrar a equipa de produção na manutenção em caso de avaria inesperada a equipa de produção fica responsável em avisar ao sector de manutenção para a reparação da avaria, isto evita com que o sector de manutenção entre sempre nos diversos sectores de produção mesmo não sendo o dia da inspeção com isso reduz-se as entradas desnecessárias nos vários sectores de produção.

## CAPÍTULO 6- CONCLUSÕES E RECOMENDACÕES

### 6.1 Conclusões

Este projeto surgiu da necessidade da TRI-M em organizar a informação e definir estratégias de manutenção para o sua oficina de produção, com vista manter a máxima disponibilidade possível e obter altos níveis de produtividade.

Com base no trabalho realizado, foi possível identificar as avarias e falhas nos equipamentos da empresa, bem como compreender as suas causas. Esse levantamento detalhado permitiu a elaboração de um Plano de Manutenção adequado ao estado actual das máquinas-ferramenta.

Com a implementação do plano elaborado, reduz-se o número de avarias nos diversos setores das oficinas de produção, garantindo maior disponibilidade dos equipamentos. A manutenção preditiva desempenhou um papel crucial nesse processo, permitindo a inspeção contínua e a correção necessária, evitando o desgaste excessivo das peças e assegurando o funcionamento esperado dos equipamentos.

Na fase de planeamento, foi feita uma pesquisa detalhada para reunir o máximo de informações técnicas possíveis sobre os equipamentos presentes nas instalações, embora a inexistência de manuais e a dificuldade de obter detalhes por outras fontes tenham gerado algumas lacunas na catalogação. Ainda assim, foram levantados e verificados os históricos de quebras e falhas das máquinas em cada setor durante o período do estágio, o que contribuiu significativamente para a definição de estratégias de manutenção mais eficazes.

Dessa forma, a identificação das avarias e suas causas demonstrou ser essencial, permitindo soluções rápidas e eficientes. Com isso, garantiu-se não apenas a disponibilidade dos equipamentos, mas também o aumento da produtividade e a redução do tempo de inatividade.

### 6.2 Recomendações

Em termos de trabalho futuro, é importante que a empresa mediante a ocorrência de avarias e a consequente paragem dos equipamentos, proceda à actualização da listagem de componentes dos equipamentos e também da actualização do histórico de avarias, de forma a que a médio prazo seja possível avaliar a qualidade dos planos de manutenção preditiva criados e ajustá-los adequadamente através de estudos de fiabilidade.

Para facilitar esse processo, recomenda-se a utilização de um sistema de arquivo, preferencialmente digital, que possibilite as anotações do histórico de avarias e intervenções nas máquinas. Essa abordagem não apenas simplificará o acesso às informações, como também aumentará a eficiência na análise de dados históricos e no planejamento de ações futuras.

Para além disto, em termos de TPM ainda existe um longo caminho até que seja possível assegurar a correta aplicabilidade desta metodologia, faltando explorar mais detalhadamente a melhoria contínua, garantir a manutenção da qualidade, promover a higiene e segurança e ainda garantir o planejamento antecipado de novas aquisições. Tendo isto em vista, as perspectivas para a continuidade deste trabalho na empresa são positivas, dado esforço demonstrado para a alteração de mentalidades bem como a aplicabilidade das ferramentas de 5S que neste momento se verificam.

## 7.BIBLIOGRAFIA

1. Aguiar, Rafaela Goretti. 2018. *Elaboração de um aplicativo que visa a otimização da manutenção centrada na confiabilidade*. Juiz de Fora, São Paulo.
2. Ali, Alexandre Charifo. *Lições de manutenção industrial*. DEMA – FEUEM.
3. Baran, Leonardo Roberto. 2011. *Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso*. Gestão Industrial: Produção e Manutenção da Universidade Tecnológica Federal do Panamá.
4. Branco, Gil F. 2008. *A Organização, o Planeamento e o Controle da Manutenção*. N3, Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro.
5. Cabral, J. 2006. *Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática*. 6ª ed., Lidel.
6. Farinha, J. M. Torres. 1997. *Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares*. Livraria Minerva Editora.
7. Ferreira, L. A. A. 1998. *Uma introdução à manutenção*. Publindústria: Porto.
8. Garcia, F. L., Nunes, F. L. 2014. *Proposta de implantação de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical: um estudo de caso*. v. 10, n. 2, p. 1-27, Minas Gerais.
9. Kardec, A., Nascif, J. 2009. *Manutenção: função estratégica*. 3ª ed., Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás.
10. Lampreia, S. 2005. *Fiabilidade e Manutibilidade de Navios de Pequena e Média Dimensão*. FCT-UNL, Almada.
11. Monchy, François. 1996. *La fonction maintenance*. Paris: Masson.
12. Mortelari, D., Siqueira, K., Pizzati, N. 2011. *O RCM na Quarta Geração da Manutenção de Ativos*. 1ª ed., RG Editores.
13. Moubray, John. 1997. *Reliability-centered Maintenance*. 2ª ed., New York.
14. Oliveira, Thiago Augusto Brandão de. 2016. *Gestão da manutenção: implementando uma simulação no setor de manutenção da pedreira um Valemix*. UFOP, Ouro Verde.
15. Rui Assis. 2004. *Apoio à decisão em gestão da manutenção*. Lisboa.

## **8.ANEXOS**