

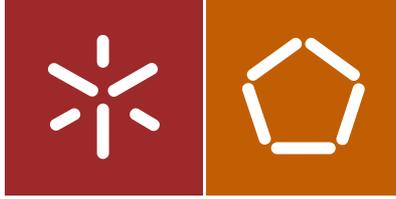


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Fernando Grijó San Martín

Implementação da metodologia TPM no  
processo de produção de placas de ar  
condicionado, numa empresa do Polo  
Industrial de Manaus





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Fernando Grijó San Martín

Implementação da metodologia TPM no  
processo de produção de placas de ar  
condicionado, numa empresa do Polo  
Industrial de Manaus

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação da  
Professora Doutora Isabel da Silva Lopes

## DECLARAÇÃO

Nome:

Fernando Grijó San Martin

Endereço eletrónico: fernando767@hotmail.com

Telefone: +55 92 992570337

Número do Bilhete de Identidade: 1974445-5 SSP/AM

Título da dissertação:

Implementação da metodologia TPM no processo de produção de placas de ar condicionado,  
numa empresa do Polo Industrial de Manaus.

Orientador(es):

Isabel da Silva Lopes

Ano de conclusão: 2015

Designação do Mestrado:

Mestrado em Engenharia Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 17/12/2015

Assinatura: Fernando Grijó San Martin

## **AGRADECIMENTOS**

À Karla Yamagata, por todo o apoio e compreensão ao longo da realização deste projeto.

À professora Doutora Isabel Lopes pela disponibilidade de tempo e orientação excepcional que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização e conclusão da presente dissertação, um muito obrigado.



## **RESUMO**

Esta dissertação descreve a implementação da metodologia Total Productive Maintenance (TPM) numa linha de produção de placas de ar condicionado, numa empresa situada no Polo Industrial de Manaus (PIM). Com o intuito de contextualizar o objecto de estudo deste trabalho, começa-se por uma revisão bibliográfica acerca da manutenção industrial. Inicialmente, é feita uma análise da função manutenção mostrando os tipos de manutenção existentes bem como da gestão da manutenção, salientando algumas ferramentas de apoio como o Reliability Centered Maintenance (RCM) e o Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). É ainda dedicada especial atenção ao TPM, examinando os pilares que sustentam essa metodologia. O principal objetivo do projeto é o de desenvolver de forma eficaz a realização da manutenção autónoma e da manutenção planeada, que são dois dos oito pilares que sustentam a metodologia TPM, de forma a evitar paragens de produção não planeadas. Seguidamente fez-se uma caracterização da empresa onde é apresentado o processo de fabricação das placas de ar condicionado, destacando o papel dos equipamentos que são utilizados na linha de produção. Também foi feita a análise crítica da situação inicial de forma a descrever como é realizada a gestão da manutenção dos equipamentos pelo departamento responsável. Optou-se por implementar a metodologia TPM nessa linha, pelo facto de não haver uma pessoa dedicada ao controle e gestão da manutenção, sendo que todas as vezes que se faz necessário, geralmente para realizar intervenções de manutenção corretiva, recorre-se a uma pessoa de outro setor. Além disso, antes da implementação da manutenção autónoma e da manutenção planeada não havia qualquer registo de atividades de manutenção realizadas impossibilitando assim uma análise estatística ou por meio de indicadores de manutenção. Para o cumprimento dos objetivos propostos realizou-se formações aos operadores acerca do TPM e manutenção autónoma onde foram criadas as tarefas diárias de limpeza, inspeção e manutenção. Reestruturou-se as atividades de manutenção preventivas em conjunto com o departamento responsável e foram criadas fichas de registo de anormalidades para cada equipamento de forma a possibilitar análises por meio de indicadores de manutenção. Por último, descreve-se os resultados alcançados com a implementação da metodologia TPM na empresa, ressaltando os fatores positivos e as dificuldades encontradas.

## **PALAVRAS-CHAVE**

TPM; manutenção; manutenção autónoma; manutenção planeada; placas de ar condicionado.



## **ABSTRACT**

This dissertation describes the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in an air conditioned printed circuit board (pcb) production line, in an enterprise located in the Industrial Pole of Manaus (PIM). In order to contextualize the object of study of this work, it starts with a literature review about the industrial maintenance. Initially, an analysis is made of the maintenance function displaying the existing types of maintenance and maintenance management, highlighting some support tools such as Reliability Centered Maintenance (RCM) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). It is also given special attention to TPM, examining the pillars that support this methodology. The main objective of the project is to develop effectively the realization of autonomous maintenance and planned maintenance, which are two of the eight pillars supporting the TPM methodology in order to avoid unplanned breakdowns. Then it was performed a characterization of the company where it is described the manufacturing process of the air conditioning pcbs, emphasizing the role of the equipment used in the production line. It was also made critical analysis of the initial status in order to describe how the management of equipment maintenance is performed by the responsible department. It was decided to implement the TPM on this line, due to the fact that there is not a person dedicated to the control and management of maintenance, and every time that is necessary, usually in corrective maintenance, a person from another sector is moved to the line to perform the task. In addition, before the implementation of autonomous maintenance and planned maintenance pillars there was not any record of maintenance activities making impossible a statistical analysis through maintenance indicators. To achieving the proposed objectives it was realized training courses to operators about the TPM and autonomous maintenance where were created daily cleaning tasks, inspection and maintenance. Preventive maintenance activities was restructured in conjunction with the responsible department and abnormalities record sheets were created for each equipment in order to enable analysis through maintenance indicators. Finally, the results achieved by the implementation of TPM in the company are described, highlighting the positive factors and difficulties encountered.

## **KEYWORDS**

TPM; maintenance; autonomous maintenance; planned maintenance; air conditioning pcbs.



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Quadros.....	xv
Índice de Gráficos .....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xix
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Metodologia de investigação .....	5
1.4 Estrutura da dissertação .....	6
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1 A função manutenção .....	7
2.2 Tipos de manutenção .....	8
2.2.1 Manutenção corretiva .....	9
2.2.2 Manutenção preventiva .....	10
2.3 Gestão da manutenção .....	14
2.3.1 O papel da gestão da manutenção .....	14
2.3.2 Reliability Centered Maintenance (RCM) .....	15
2.3.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	18
2.4 Total Productive Maintenance (TPM).....	19
2.4.1 Origem e objetivos .....	19
2.4.2 Os pilares da TPM.....	23
2.4.3 Fases de implementação.....	33
2.4.4 Fatores críticos para o sucesso do TPM.....	35
2.4.5 Benefícios esperados com a implementação do TPM.....	36
2.5 Principais indicadores de manutenção.....	37
2.5.1 Indicadores do processo de manutenção .....	38
2.5.2 Indicadores dos resultados de manutenção .....	41

2.5.3	O indicador OEE .....	42
3.	Apresentação e Caracterização da Empresa .....	45
3.1	A empresa .....	45
3.2	Unidade de Manaus .....	45
3.2.1	Visão, princípios, desejos e valores .....	46
3.2.2	Síntese do processo produtivo.....	47
4.	Descrição e Análise Crítica da Situação Inicial .....	55
4.1	A Função manutenção na empresa .....	55
4.2	Equipamentos objeto de estudo .....	57
4.2.1	ICT .....	57
4.2.2	FPT .....	61
4.3	Gestão da manutenção .....	66
4.3.1	Procedimentos e planeamento da manutenção.....	66
4.3.2	Monitoração e controlo da manutenção .....	66
4.3.3	Gestão de materiais .....	68
5.	Apresentação e Implementação de Propostas de Melhoria.....	69
5.1	Implementação da manutenção autónoma.....	69
5.1.1	Formação e implementação dos 5S .....	70
5.1.2	Melhorias nos equipamentos e processo .....	75
5.1.3	Formação em manutenção autónoma .....	79
5.1.4	Formação relativa aos equipamentos ICT e FPT .....	81
5.2	Implementação da manutenção planeada .....	83
5.3	Avaliação do desempenho da manutenção .....	85
6.	Resultados Obtidos .....	87
6.1	5S .....	87
6.2	Manutenção autónoma.....	87
6.3	Formação acerca dos equipamentos ICT e FPT .....	88
6.4	Manutenção planeada .....	90
6.5	Indicadores de manutenção .....	91
6.5.1	MTBF .....	91

6.5.2	MTTR.....	92
7.	Conclusões e Trabalho Futuro .....	93
	Referências Bibliográficas .....	97
	Anexo I – <i>Checklists</i> dos equipamentos de teste da PBA-04.....	101
	Anexo II – Instruções de trabalho dos equipamentos de teste da PBA-04. ....	105
	Anexo III – Registo de formações dos equipamentos.....	107
	Anexo IV – Treinamento de PRO-3M <sup>+</sup> para os funcionários da PBA-04. ....	109
	Anexo V – Novo <i>checklist</i> diário dos equipamentos de teste da PBA-04. ....	115
	Anexo VI – Novas instruções de trabalho dos equipamentos de teste da PBA-04.....	117
	Anexo VII – Novos registos de formações dos equipamentos.....	119
	Anexo VIII – Formação sobre a metodologia TPM com particular ênfase na Manutenção Autónoma para os funcionários da PBA-04.....	123
	Anexo IX – Folhas de verificação de Manutenção Autónoma. ....	133
	Anexo X – Histórico de intervenções de manutenção corretiva nos fixtures da PBA.....	135
	Anexo XI – Cronograma semestral de intervenções de manutenção preventiva da linha PBA-04.....	137
	Anexo XII – Novo cronograma de intervenções de manutenção preventiva da linha PBA-04. ....	139
	Anexo XIII – Ficha de anormalidades do equipamento ICT - outubro 2015. ....	141
	Anexo XIV – Ficha de anormalidades dos equipamentos FPT 1 e FPT 2 - outubro 2015....	143



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo da metodologia Investigação-Ação. ....	5
Figura 2: Impacto das práticas de manutenção na competitividade da empresa. ....	7
Figura 3: Tipos de manutenção. ....	8
Figura 4: Os pilares da metodologia TPM. ....	23
Figura 5: Determinação do OEE. ....	42
Figura 6: Placa após processada na linha Eyelet. ....	48
Figura 7: Placa após inserção dos componentes axiais. ....	49
Figura 8: Placa após inserção dos componentes radiais. ....	49
Figura 9: Placa após o processo de inserção dos componentes SMD. ....	50
Figura 10: Placa após o processo de soldagem dos componentes SMD. ....	51
Figura 11: Inserção Manual da PBA. ....	52
Figura 12: Máquina <i>i-cop</i> . ....	52
Figura 13: Máquina de aplicação de fluxo. ....	52
Figura 14: Máquina de solda do setor PBA. ....	53
Figura 15: Revisão de solda e teste na máquina ICT. ....	53
Figura 16: Máquina FPT e jig de desmembramento de placas. ....	54
Figura 17: Placa após aplicação de silicone e etiqueta de identificação armazenadas na <i>box</i> . ....	54
Figura 18: <i>Layout</i> da linha PBA-04. ....	54
Figura 19: Organograma da engenharia de circuito, divisão ar condicionado. ....	56
Figura 20: Falhas de <i>short/open</i> . ....	57
Figura 21: Fluxograma do funcionamento do teste do ICT. ....	58
Figura 22: ICT. ....	58
Figura 23: <i>Fixture</i> e prensa superior do ICT. ....	59
Figura 24: Cilindro pneumático e entrada do ar comprimido do ICT. ....	59
Figura 25: Resumo do funcionamento do ICT. ....	60
Figura 26: Conectores de 100 pinos do ICT. ....	60
Figura 27: FPT. ....	61
Figura 28: Fluxograma de teste do FPT. ....	62
Figura 29: Posicionamento do ICT e dos dois FPT na linha PBA-04. ....	63
Figura 30: FPT internamente. ....	63
Figura 31: Diagrama do FPT. ....	64

Figura 32: Controles de acoplamento do <i>fixture</i> no FPT. ....	65
Figura 33: Manuais dos equipamentos ICT e FPT. ....	67
Figura 34: Localização dos <i>checklists</i> e instruções de trabalho dos equipamentos. ....	67
Figura 35: Lista de controle dos itens de reposição referentes aos equipamentos de teste da PBA. ....	68
Figura 36: ICT antes da aplicação dos 3'S. ....	71
Figura 37: ICT após a aplicação dos 3'S. ....	71
Figura 38: Nova área de armazenamento das placas padrões de teste. ....	72
Figura 39: FPT 1 antes da aplicação dos 3'S. ....	72
Figura 40: FPT 2 antes da aplicação dos 3'S. ....	73
Figura 41: FPT 1 após a aplicação dos 3'S. ....	73
Figura 42: FPT 2 após a aplicação dos 3'S. ....	74
Figura 43: Pistolas a ar comprimido para auxílio na limpeza dos equipamentos da PBA 04..	74
Figura 44: Documento relacionando o modelo com o seu respectivo <i>fixture</i> . ....	75
Figura 45: Antes e depois da organização dos modelos no ICT. ....	76
Figura 46: Antes e depois da organização dos modelos no FPT. ....	76
Figura 47: Antes e depois da troca dos botões de acionamento bi-manual do ICT. ....	77
Figura 48: <i>Hard drives</i> do computador ICT. ....	78
Figura 49: Cronograma de intervenções de manutenção dos <i>fixtures</i> da PBA. ....	84

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da manutenção reativa.....	9
Quadro 2: Vantagens e desvantagens da TBM. ....	11
Quadro 3: Vantagens e desvantagens da CBM. ....	13
Quadro 4: Estratégias da manutenção. ....	13
Quadro 5: Vantagens e desvantagens da RCM. ....	18
Quadro 6: Três grandes categorias de tarefas do FMEA. ....	19
Quadro 7: Diferenças entre TQM e TPM.....	22
Quadro 8: As 16 grandes perdas numa organização. ....	24
Quadro 9: As principais atividades para a implementação do 5S.....	27
Quadro 10: Resumo dos pilares do TPM. ....	32
Quadro 11: Um resumo dos principais indicadores de desempenho para o processo de manutenção.....	39
Quadro 12: Um resumo dos indicadores de desempenho de manutenção. ....	41
Quadro 13: Cronograma de formações. ....	70
Quadro 14: Distribuição das tarefas de manutenção autónoma diárias do ICT. ....	80
Quadro 15: Distribuição das tarefas de manutenção autónoma diárias do FPT.....	80
Quadro 16: Problemas mais comuns no ICT. ....	81
Quadro 17: Problemas mais comuns no FPT. ....	82
Quadro 18: Ficha de preenchimento de anormalidades. ....	83



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Quantidade de paragens do ICT em outubro de 2015.....	89
Gráfico 2: Tempo inativo do ICT em outubro de 2015.....	89
Gráfico 3: Quantidade de paragens dos FPTs em outubro de 2015.....	90
Gráfico 4: Tempo de inatividade dos FPTs em outubro de 2015.....	90
Gráfico 5: MTBF em outubro de 2015.....	92
Gráfico 6: MTTR em outubro de 2015 .....	92



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

3M - Man, Machine, Material  
3R - Right product, Right quantity, Right location  
AIM - Automatic Insertion Machine  
CBM - Condition Based Maintenance  
CI - Circuito Integrado  
CLP - Controlador Lógico Programável  
ERV - Equipment Replacement Value  
FMEA - Failure Mode and Effect Analysis  
FT - Function Tester  
ICT - In-Circuit Tester  
JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance  
JIT - Just In Time  
MTBF - Mean Time Between Failures  
MTTR - Mean Time to Repair  
NBR - Norma Brasileira  
OEE - Overall Equipment Effectiveness  
OPE - Overall Production Effectiveness  
PBA - Printed Board Assembly  
PCB - Printed Circuit Board  
PIM - Polo Industrial de Manaus  
PM - Preventive Maintenance  
PPM - Partes Por Milhão  
PTH - Pin Through Hole  
RCM - Reliability Centered Maintenance  
RPN - Risk Priority Number  
SMD Surface-Mount Device  
SMT - Surface-Mount Technology  
TBM - Time Based Maintenance  
TPM - Total Productive Maintenance  
TQM - Total Quality Management



# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será feito o enquadramento sobre o tema abordado e definida a metodologia de investigação a utilizar. Serão ainda descritos os principais objetivos deste trabalho, assim como apresentado um resumo da organização desta dissertação.

## 1.1 Enquadramento

Atualmente a crescente competitividade e a demanda do mercado por produtos com qualidade a preços acessíveis obrigam as empresas que buscam longevidade no mercado a utilizarem metodologias eficazes que tragam benefícios a curto, médio e longo prazo.

A globalização molda o mundo atual de forma irreversível. Há cada vez menos fronteiras económicas, o que permite que empresas se instalem nos mais diversos mercados existentes, levando conseqüentemente a competitividade para níveis elevados. Segundo Wheelwright (1992), empresas que comecem a comercializar de forma rápida e eficiente produtos que correspondem às necessidades e expectativas dos clientes criam um aumento significativo na competitividade. A busca incessante de produzir com qualidade e ao menor custo possível é definida pela exigência do mercado global.

Para estas empresas sobreviverem neste atual cenário, faz-se necessário o uso de metodologias de melhoria contínua. Organizações em todo o mundo enfrentam muitos desafios para atingirem o sucesso no atual ambiente competitivo. Para se alcançar o sucesso, a manufatura moderna requer que as organizações sejam suportadas por práticas e procedimentos de manutenção tanto efetivas quanto eficientes (Ahuja, 2009).

Uma das metodologias que se destaca atualmente no ambiente industrial é a Manutenção Produtiva Total (TPM). Segundo Venkatesh (2007), a Manutenção Produtiva Total pode ser considerada como a ciência médica das máquinas, sendo a mesma um programa de manutenção que envolve conceitos recentemente definidos para a manutenção de plantas e equipamentos.

Para a implementação do TPM, é necessário realizar um estudo dos equipamentos em questão.

Os quatro principais objetivos do programa TPM são descritos por McKone, Schroeder & Cua (1999). Primeiro, o programa procura que a produção e a manutenção trabalhem em conjunto para estabilizar as condições e evitar a deterioração dos equipamentos. Segundo, através de um desenvolvimento eficaz e a partilha das responsabilidades pelas tarefas diárias críticas de manutenção, manutenção e produção são capazes de melhorar a “saúde” geral do equipamento. Através da manutenção autónoma, os operadores aprendem a realizar importantes tarefas diárias que os técnicos de manutenção raramente têm tempo para realizar. Após essas atividades serem transmitidas aos operadores, os técnicos de manutenção podem focar-se no desenvolvimento e implementação de outros planos de manutenção pró-ativa. Terceiro, o programa TPM serve para ajudar os operadores a conhecerem os equipamentos que operam, sendo capazes de identificar possíveis problemas e de evitá-los. Quarto, o programa TPM promove o envolvimento dos operadores através da preparação para se tornarem parceiros ativos tanto da manutenção quanto da engenharia para melhorar o desempenho e a confiabilidade do equipamento.

No passado, a manutenção era geralmente tida como algo necessário, que devia ser realizada apenas quando solicitada. Porém, com a evolução do mercado e a competitividade acirrada, houve uma mudança no conceito de manutenção. Ainda segundo Venkatesh (2007), a TPM considera a manutenção como necessária e parte de vital importância para o negócio. Não sendo mais vista como uma atividade que não gera lucros.

A metodologia TPM, primeiramente desenvolvida no Japão, é uma manutenção preventiva e produtiva baseada no trabalho em equipa e envolve todos os níveis e funções da organização (Sun, 2003). Depois do início no Japão, esta metodologia ficou rapidamente popular nos Estados Unidos da América. Segundo Sun (2003), apesar de envolver todas as áreas da organização, a TPM descreve uma relação sinérgica particular entre produção e manutenção, para a melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência operacional, garantia de capacidade e segurança. Enquanto a produção produz o produto, a manutenção produz a capacidade de produção. Portanto, a manutenção afeta a produção aumentando a capacidade de produção e controlando a qualidade e a quantidade de produtos produzidos.

A TPM, cujo foco principal são as pessoas, e sendo parte integrante da Gestão da Qualidade Total (TQM), tem como pilar fundamental a manutenção autónoma. Segundo Shahanaghi & Yazdian (2009), a introdução da manutenção autónoma cultiva um sentimento de propriedade

em que o operador toma a responsabilidade pelo zelo inicial do seu equipamento. As tarefas envolvidas incluem inspeção de rotina, lubrificação, ajustes, pequenas reparações, bem como a limpeza e arrumação da sua área de trabalho. A manutenção autónoma também aperfeiçoa o conhecimento e as habilidades do operador em relação ao equipamento que opera com o intuito de maximizar a eficácia operacional. O operador é, assim, mobilizado a detetar qualquer sinal inicial de deterioração, desgaste, desajuste, vazamento de óleo ou peças soltas, além de considerar como seu dever o de propor sugestões de melhoria para eliminar perdas devido a um desempenho abaixo do ideal ou quebra do equipamento.

Na implementação do programa TPM muitas questões surgem, principalmente relacionadas com a manutenção autónoma. Os trabalhadores temem que o único objetivo na utilização desta metodologia é o de melhorar a eficiência da produção, reduzir as horas de trabalho e aumentar a carga de trabalho dos funcionários. Muitos trabalhadores não querem responsabilidades adicionais e estão felizes com a situação atual. Outro problema enfrentado é o facto de algumas organizações serem incapazes de mudar a sua cultura, sendo indispensavelmente necessária uma implementação abrangente da metodologia (Ahuja & Khamba, 2008).

Com as adversidades que implicam a implementação de um programa de manutenção e com a alta produtividade das empresas no cenário atual, é evidente a dificuldade na implementação de um programa de manutenção eficaz, principalmente numa empresa de grande porte.

Programas de manutenção têm sido muito utilizados como um meio para controlar os custos de produção. Porém o programa TPM faz mais do que apenas controlar custos, ele pode melhorar as dimensões dos custos, qualidade e entrega. O programa TPM pode ser um importante contribuinte para a força da organização e tem a capacidade de melhorar a performance da manufatura (McKone, Schroeder & Cua, 2001).

A atual recessão econômica internacional e o desempenho da economia brasileira impactam o Polo Industrial de Manaus (PIM) de forma a reduzir o volume de produção industrial e conseqüentemente o número de vendas. Nesse período de austeridade do governo brasileiro e de ajustamento das empresas, todos os investimentos ficam parados e a redução de custos em todos os setores da empresa é inevitável. O departamento de manutenção não é exceção e é muitas vezes o primeiro a sofrer com a redução no seu quadro de funcionários.

A empresa onde foi realizado o projeto que originou esta dissertação produz eletro-eletrônicos com o seu processo fabril altamente automatizado, a manutenção dos equipamentos de teste são da responsabilidade do departamento de engenharia. A engenharia é dividida em equipes conforme o produto a que dão suporte e o número de engenheiros de cada equipe é diretamente proporcional ao número de processos que cada produto possui, no caso do ar condicionado ao todo atualmente são 7 processos (gravação de microcontrolador, Montagem em Inserção Automática onde são utilizadas as Máquinas de Inserção Automáticas ou *Automatic Insertion Machine* (AIM), Tecnologia de Montagem em Superfície ou *Surface-mount Technology* (SMT), montagem de placas de circuito impresso ou *printed board assembly* (PBA), *Heat Exchange*, *Main line* e *Remocon*. A implementação do TPM é de grande utilidade na empresa pois possibilita a melhoria tanto do pessoal como dos equipamentos. O conceito de melhoria contínua associada ao TPM tornam os equipamentos mais confiáveis e eficientes, o que se reflete na melhoria da qualidade do produto. O conceito de manutenção autónoma habilita o operador a desempenhar múltiplas funções, que antes necessitavam de uma pessoa da engenharia para realizá-las, o que fornece versatilidade no trabalho dos engenheiros para que possam realizar tarefas mais importantes que não podem ser realizadas pelo pessoal de produção.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho teve como objetivo a implementação e monitorização da metodologia TPM no processo de produção de placas de ar condicionado, numa empresa do Polo Industrial de Manaus de forma a tornar o processo de manutenção mais eficaz. Pretendeu-se com este trabalho aumentar a eficiência e a disponibilidade dos equipamentos, reduzindo as paragens de produção devido a falhas e avarias constantes.

De forma a cumprir estes objetivos pretendeu-se:

- Implementar um projeto piloto de manutenção autónoma, analisando os equipamentos mais críticos e criando rotinas de inspeção, limpeza, e lubrificação por parte dos colaboradores de forma a reduzir as falhas nos equipamentos.
- Implementar um projeto piloto de manutenção planeada para que, juntamente com a manutenção autónoma, a gestão da manutenção seja mais eficaz.
- Avaliar os resultados alcançados com a implementação dos projetos pilotos de manutenção autónoma e manutenção planeada.

### 1.3 Metodologia de investigação

A metodologia aplicada no decorrer do projeto foi a investigação-ação. Como o próprio nome já nos mostra, trata-se de uma metodologia de melhoria continuada onde a ação para a melhoria do processo é baseada numa investigação previamente realizada. A investigação-ação engloba qualquer processo que siga um ciclo de aprimoramento na prática por meio da investigação. O ciclo consiste em planejar, implementar, descrever e avaliar a mudança para melhorar a prática atual (Tripp, 2005). O modelo desta metodologia pode ser observada na figura 1.

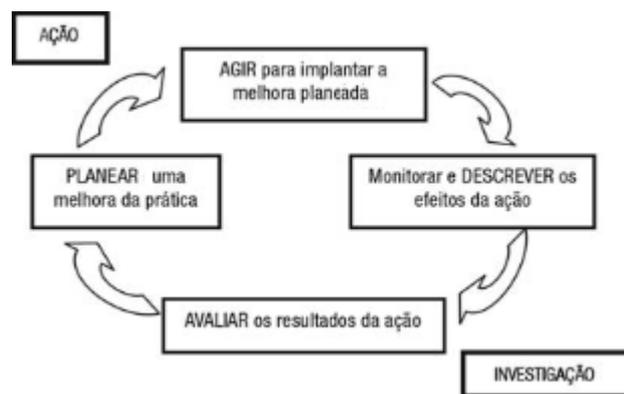


Figura 1: Modelo da metodologia Investigação-Ação.

(Fonte: Adaptado de Tripp, 2005)

A investigação-ação é a investigação social realizada por uma equipa que inclui um profissional pesquisador e os membros de uma organização, comunidade ou rede visando a melhoria contínua. A Investigação-ação promove ampla participação no processo de investigação e apoia a ação que leva a uma situação mais justa, sustentável, ou satisfatória para as partes interessadas (Greenwood, 2006).

Segundo Stringer (2007), a investigação-ação é levada a cabo de acordo com um conjunto de valores sociais, e sendo assim possui as seguintes características: é democrática, permitindo a participação de todas as pessoas; é equitativa, reconhecendo a igualdade de valor das pessoas; é libertadora, proporcionando a liberdade de condições debilitantes opressiva; é envolvente, permitindo a expressão do potencial humano das pessoas.

## **1.4 Estrutura da dissertação**

A dissertação encontra-se dividida e organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo do qual faz parte este subcapítulo é a introdução. Neste capítulo é apresentado o enquadramento do tema sobre o projeto e os objetivos que se pretendem atingir, assim como a metodologia de investigação.

No segundo capítulo, é realizada uma revisão da literatura sobre o tema em estudo, a metodologia TPM. Ao longo deste capítulo também é possível encontrar uma análise crítica da literatura relativa à manutenção industrial e à gestão da manutenção, assim como os principais indicadores de manutenção.

O terceiro capítulo é dedicado à apresentação e caracterização da empresa, além de descrever o seu processo produtivo.

No quarto capítulo é feita a caracterização e análise crítica do estado atual da empresa fazendo-se uma breve análise aos equipamentos e ao departamento de manutenção.

No quinto capítulo é apresentado as propostas de melhorias implementadas além da implementação dos pilares de Manutenção Autónoma e de Manutenção Planeada.

O sexto capítulo apresenta os resultados obtidos com a adoção da metodologia TPM como filosofia de gestão da manutenção, fazendo uma comparação entre a situação anterior à execução do projeto e a situação após realização do projeto.

O sétimo e último capítulo é dedicado às principais conclusões, assim como algumas sugestões de trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura referente ao tema em estudo onde primeiramente é abordada a manutenção industrial e os diferentes tipos existentes de manutenção. Também sobre a manutenção aborda-se a gestão da manutenção com ênfase nos indicadores de auxílio à gestão da manutenção. Em seguida, a revisão recai sobre o foco do projeto, a metodologia TPM destacando os pilares de sustentação desta metodologia, dando ênfase aos pilares de manutenção autónoma e de manutenção planeada e destacando os benefícios de sua implementação.

### 2.1 A função manutenção

De acordo com a norma brasileira NBR 5462 (1994), a manutenção consiste na "combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida". Para muitas empresas, a manutenção representa uma função muito significativa dentro do ambiente produtivo. O desenvolvimento da automação e da complexidade dos sistemas envolvidos têm exigido uma confiabilidade maior das máquinas. Hoje em dia, com a margem de lucro cada vez menor, a necessidade de um planeamento de manutenção com um bom sistema de controle é essencial. Porém, geralmente a manutenção é tida como um processo secundário, sendo a produção o foco principal (Ashayeri, Teelen & Selenj, 1996).

Alsyouf (2009) afirma que práticas adequadas de manutenção podem contribuir para o desempenho geral através da melhoria na qualidade, eficiência e efetividade nas operações da empresa. Consequentemente, todos são afetados positivamente, desde os acionistas da empresa aos clientes e também à sociedade, conforme ilustrado na figura 2.

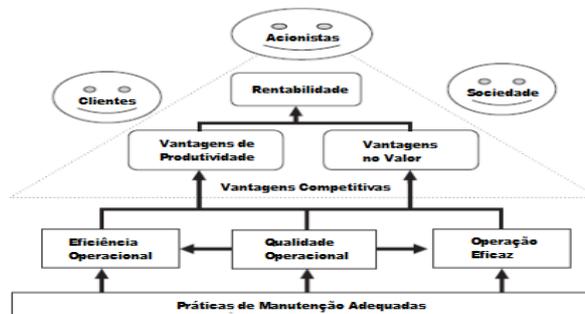


Figura 2: Impacto das práticas de manutenção na competitividade da empresa.

(Fonte: Adaptado de Alsyouf, 2009)

A rápida evolução da tecnologia e o aumento das necessidades dos consumidores são desafios para os equipamentos de produção. O ritmo acelerado da inovação tecnológica combinada com a forte concorrência encurta o ciclo de vida útil do equipamento e coloca os equipamentos sob maior *stress*. A fim de lidar com esse problema, investimentos estratégicos de uma empresa em equipamentos de produção devem não somente considerar o custo e a capacidade de produção, mas também deve levar em consideração outros fatores como tendências da tecnologia, flexibilidade, etc. Uma manutenção adequada ajuda a manter o custo do ciclo de vida do equipamento baixo e assegura o seu funcionamento adequado (Waeyenbergh & Pintelon, 2002).

## 2.2 Tipos de manutenção

A vida útil de muitos equipamentos depende da manutenção realizada. Todo o equipamento que não recebe uma manutenção adequada acaba por apresentar problemas antes do esperado, e poderiam ser evitados se simples atividades, como lubrificação e limpeza, fossem realizadas. No passar dos anos a manutenção foi evoluindo, na figura 3 podemos observar os principais tipos de manutenção existentes no ambiente industrial.



Figura 3: Tipos de manutenção.

(Fonte: Adaptado de Cakir, 2011)

Como observado na figura 3, a manutenção é geralmente dividida em manutenção corretiva e manutenção preventiva. Como o próprio nome nos mostra, a manutenção preventiva é realizada para se prevenir que uma falha ocorra, enquanto que a manutenção corretiva corrige uma falha já existente. A seguir aprofunda-se cada tipo de manutenção.

### 2.2.1 Manutenção corretiva

Basicamente, a manutenção corretiva, também conhecida como manutenção reativa, é aquela em que se espera que o equipamento apresente um problema para que seja feita a manutenção. Swanson (2001) afirma que a manutenção reativa dá uma falsa impressão de minimização de gastos com a manutenção, tanto com mão de obra como com os materiais necessários para manter o equipamento funcionando. Entretanto, as desvantagens em se adotar esse tipo de manutenção incluem capacidade de produção imprevisível, alto índice de produtos fora do padrão de qualidade e aumento dos custos de manutenção para reparar falhas catastróficas.

Apesar de manter a organização operacional, a manutenção reativa requer um custo muito elevado devido às paragens não programadas da produção que são frequentemente associadas com o tempo gasto na obtenção de peças de reposição para concluir a reparação. Em tal regime fica inviável a adoção de medidas preventivas uma vez que a equipa de manutenção está sempre ocupada na realização de reparações em equipamentos que apresentaram problemas (Safi & Mozar, 2004). No quadro 1 são resumidas as vantagens e desvantagens na utilização da manutenção reativa.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da manutenção reativa.

Fonte: (Adaptado de U.S. Department of Energy, 2010).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Baixo custo devido a utilização de seus componentes até ao seu fim de vida.</li><li>➤ Não necessita de muitas pessoas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Alto custo devido a paragens não planeadas de equipamentos.</li><li>➤ Aumento no custo de trabalho, especialmente se forem necessárias horas extraordinárias.</li><li>➤ Custos envolvidos com a reparação ou substituição do equipamento.</li><li>➤ Possível dano num equipamento secundário ou no processo devido a falha do equipamento.</li><li>➤ Uso ineficiente dos recursos humanos.</li></ul>

Como visualizado na figura 3, a manutenção corretiva ainda se divide em manutenção corretiva diferida e manutenção corretiva imediata, onde a utilização de uma ou de outra é definida em função da natureza do problema ocorrente. A princípio o ideal é realizar a intervenção no equipamento num momento oportuno de modo a não afetar a produtividade, nesse caso a manutenção é tida como sendo manutenção corretiva diferida, entretanto, há casos em que o problema necessita de reparação imediata, então a manutenção é designada de corretiva imediata.

### 2.2.2 Manutenção preventiva

A norma brasileira NBR 5462 (1994) define a manutenção preventiva como a "Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item".

Apesar da manutenção preventiva não ser considerada um modelo de manutenção ótima, ela traz diversas vantagens em relação à manutenção reativa. Efetuando-se a manutenção preventiva conforme o planejado, haverá um aumento na vida útil do equipamento maior do que com a manutenção reativa. Pequenos atos como lubrificação, ajustes, entre outros, aumentam a eficiência do equipamento resultando em economia nas intervenções futuras de manutenção corretiva que seriam necessárias caso essas medidas não fossem adotadas. Contudo a manutenção preventiva não previne falhas catastróficas, apenas diminui o número de falhas.

Segundo Yang (2003), a manutenção preventiva é uma abordagem eficaz para aumento de confiabilidade. A manutenção sistemática (ou manutenção baseada no tempo) e a manutenção condicionada (ou manutenção baseada na condição) são as duas principais abordagens da manutenção preventiva. No entanto, a manutenção baseada na condição pode ter um custo-benefício melhor quando comparada com a manutenção baseada no tempo. Mas independentemente da abordagem utilizada para a manutenção preventiva, o importante é evitar a falha.

#### ***Manutenção preventiva sistemática***

Segundo Neves, Santiago & Maia (2011), o objetivo da manutenção preventiva sistemática ou TBM (*Time Based Maintenance*) é derivar um intervalo estatisticamente ideal, para que se

possa intervir no sistema, e isso é feito considerando o sistema como tendo dois estados: falha e não falha.

No entanto, esta prática de manutenção geralmente não é aplicável quando a tentativa é de minimizar os custos de operação e maximizar o desempenho da máquina. As razões desta afirmação são:

- Primeiro, cada máquina funciona em um ambiente diferente e que, portanto, precisam de diferentes tempos definidos de manutenção preventiva.
- Em segundo lugar, os projetistas de máquinas, muitas vezes não possuem experiência de campo e têm menos conhecimento das falhas apresentadas pelos equipamentos em comparação com aqueles que os operam e os mantêm.
- Finalmente, as empresas fabricantes podem ter agendas ocultas, ou seja, maximizam peças de reposição através de intervenções de manutenção preventiva frequentes. Ou seja, os intervalos de manutenção preventiva com base nas recomendações do fabricante pode não ser o ideal, porque as condições reais de operação podem ser muito diferentes do que as consideradas pelo fabricante. Como tal, os resultados reais podem não satisfazer as exigências da empresa (Ahmad & Kamaruddin, 2012).

No quadro 2 são apresentadas as vantagens e desvantagens na utilização da TBM.

Quadro 2: Vantagens e desvantagens da TBM.

Fonte: (Adaptado de U.S. Department of Energy, 2010).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Rentável em muitos processos de capital intensivo</li><li>➤ Flexibilidade na determinação da periodicidade da manutenção.</li><li>➤ Economia de energia</li><li>➤ Redução de falhas de equipamento ou processo</li><li>➤ Cerca de 12% a 18% mais económico que a manutenção corretiva</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Falhas catastróficas ainda podem ocorrer</li><li>➤ Trabalho intensivo</li><li>➤ Inclui operações de manutenção desnecessárias</li><li>➤ Potencial para danos acidentais aos componentes em razão da realização de manutenção desnecessária</li></ul>

### *Manutenção preventiva condicionada*

Também conhecida como CBM (*Condition Based Maintenance*), Ellis (2008) afirma que o objetivo da CBM é minimizar o custo total de inspeção e reparação através da coleta e interpretação de dados intermitentes ou contínuos relacionados com a condição operacional de componentes críticos de um equipamento.

Segundo a norma brasileira NBR 5462 (1994), a manutenção condicionada é definida como a "Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e a manutenção corretiva".

Segundo Swanson (2001), a manutenção preventiva condicionada baseia-se no mesmo princípio da manutenção preventiva sistemática embora emprega um critério diferente para determinar a necessidade de atividades de manutenção específicas, na manutenção preventiva condicionada a manutenção é feita somente quando a necessidade é iminente, e não depois da passagem de um período de tempo específico, como ocorre na manutenção preventiva sistemática.

Na manutenção condicionada, realizam-se medições que visam detetar qualquer início de degradação do sistema permitindo, assim que possível, identificar e eliminar ou controlar qualquer deterioração significativa que possa estar ocorrendo no equipamento. Em comparação com a manutenção preventiva sistemática, a manutenção condicionada também designada de preditiva baseia-se na condição real da máquina, pois há um acompanhamento detalhado da sua condição real, enquanto que na manutenção preventiva as medidas são baseadas numa programação pré-definida. No quadro 3 são apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização da CBM.

Quadro 3: Vantagens e desvantagens da CBM.

Fonte: (Adaptado de U.S. Department of Energy, 2010).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aumento da vida/disponibilidade operacional do componente</li> <li>➤ Permite ações corretivas antecipadas</li> <li>➤ Diminuição do tempo de inatividade</li> <li>➤ Diminuição de custos de peças e mão de obra</li> <li>➤ Melhoria na qualidade do produto, na segurança do trabalhador e ambiental</li> <li>➤ Melhoria na moral do operador</li> <li>➤ Economia de energia</li> <li>➤ Cerca de 8% a 12% mais económico que a TBM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aumento de investimento em equipamentos de diagnóstico</li> <li>➤ Aumento de investimento na formação de pessoal</li> <li>➤ Potencial de economia não facilmente visto pela administração</li> </ul>

No quadro 4 é apresentado um resumo das abordagens de cada tipo de manutenção citadas anteriormente.

Quadro 4: Estratégias da manutenção.

Fonte: (Adaptado de Al-Turki et al., 2014).

Corretiva	Preventiva	
Funcionar até falhar	Sistemática	Condicionada
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consertar quando quebrar</li> <li>➤ Manutenção não programada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Manutenção programada</li> <li>➤ Manutenção baseada num tempo programado específico</li> <li>➤ Possibilidade de prevenção de falhas</li> <li>➤ Com base na vida útil do componente prevista durante o projeto e atualizada através da experiência</li> <li>➤ O mecanismo de falha é baseado no tempo, idade ou uso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diagnósticos de manutenção baseados na condição</li> <li>➤ Manutenção baseada na condição atual</li> <li>➤ Programação da manutenção baseada na evidência de necessidades</li> <li>➤ Coleta contínua ou periódica dos dados de monitoramento das condições</li> <li>➤ Degradação gradual a partir do aparecimento da anomalia</li> </ul>

## 2.3 Gestão da manutenção

### 2.3.1 O papel da gestão da manutenção

Ao longo dos anos, a importância da manutenção e, portanto, da gestão de manutenção cresceu. Como resultado, a fração de funcionários que trabalham na área de manutenção, bem como a fração dos gastos de manutenção no total dos custos operacionais tem acompanhado esse crescimento. Em refinarias, por exemplo, não é raro que os departamentos de manutenção e operações sejam os maiores. Além disso, ao lado dos custos de energia, os custos de manutenção podem ser a maior parte de qualquer orçamento operacional (Garg & Deshmukh, 2006).

Com a crescente demanda na produtividade, qualidade e disponibilidade, as máquinas tornaram-se mais complexas e de capital intensivo. Desenvolver e implementar um programa de manutenção é um processo difícil, que sofre de muitos problemas, como a falta de uma sistemática e uma metodologia consistente. Além disso, uma vez que o processo de desenvolvimento do programa refere-se a diferentes departamentos com interesses na manutenção, torna-se difícil alcançar a satisfação geral, e ao mesmo tempo atingir os objetivos da empresa. O desenvolvimento de um programa de manutenção é um processo iterativo que envolve diferentes tomadores de decisões, que podem ter objetivos conflitantes. Ao determinarem esses objetivos, os gestores de manutenção geralmente tentam atingir múltiplos e, às vezes, conflitantes objetivos como a maximização da produtividade, disponibilidade e qualidade sujeitos a restrições no plano de produção, peças de reposição disponíveis, mão de obra, e habilidades (Labib, 1998).

Os equipamentos degradam-se com o tempo e com o uso até que fiquem inoperantes. A taxa de degradação depende de muitos fatores. Isso inclui as decisões tomadas durante os estágios de *design* e manufatura do equipamento, o ambiente operacional que ele se encontra, a intensidade com que é utilizado, o nível de habilidade dos operadores, etc.. A degradação pode ser controlada através de boas práticas de manutenção e ações de prevenção. Quando ocorre uma falha, o equipamento pode ser repostado no seu estado de operação por meio de manutenção corretiva. Dependendo da natureza da falha, que pode variar de pequena até catastrófica, o custo de reparação pode ser alto e, ainda maior caso ocorra qualquer problema subsequente. Entretanto, os custos indiretos resultantes de atrasos na entrega e na insatisfação

do cliente são bem maiores. Portanto, a manutenção é um elemento importante e deve ser administrada corretamente (Murthy et al., 2002).

Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, destinadas a manter um item, ou restaurá-lo para um estado em que ele pode executar a sua função (British Standards Institution, 1993). A gestão da manutenção apoia o processo de produção eficaz, eliminando e reduzindo a frequência e a gravidade das falhas de equipamentos. A fim de aumentar os benefícios económicos da empresa por meio da melhoria na disponibilidade, flexibilidade e operacionalidade dos equipamentos de uma forma rentável, é necessário ter uma organização bem estruturada para a manutenção (Richard et al., 2000).

Segundo Marquez & Gupta (2006), uma abordagem para a definição de gestão da manutenção é oferecido por Duffuaa et al. (2000) indicando que um sistema de manutenção pode ser visto como um simples sistema de entrada-saída. As entradas são a mão de obra, gestão, ferramentas, equipamentos, etc., e a saída é o equipamento funcionando de forma confiável e bem configurado para alcançar a operação planeada. As atividades necessárias para que esse sistema seja funcional são planeamento de manutenção (filosofia, previsão de carga de trabalho de manutenção, capacidade e cronograma), organização da manutenção (projeto de trabalho, normas, mensuração do trabalho e administração do projeto) e controle de manutenção (de trabalhos, materiais, inventários, custos e gestão orientada para a qualidade).

Para auxiliar a administração da manutenção diversas metodologias são utilizadas visando a eficiência na sua gestão. A seguir serão abordados algumas dessas principais metodologias existentes no ambiente industrial global atual tais como *Reliability Centered Maintenance* (RCM) e *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) além do TPM, que apesar de ser uma metodologia de manutenção, tal como o RCM e FMEA, é apresentado numa secção distinta pelo facto de necessitar um maior aprofundamento teórico e ter sido a metodologia escolhida para implementação nesta dissertação.

### 2.3.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM é um método sistemático para manter o equilíbrio entre a manutenção preventiva e a manutenção corretiva. Esse método escolhe as atividades de manutenção preventiva adequadas para o componente certo e no tempo certo para alcançar a solução com o melhor custo-benefício. A RCM tem sua origem na indústria da aviação civil e no Boeing 747. A

primeira descrição veio em 1978 por Nowlan. Foi introduzida na indústria nuclear norte americana em 1980 e na indústria hidrelétrica em 1990. A RCM é caracterizada por manter o sistema em funcionamento, identificando falhas, priorizando funções, e escolhendo atividades de manutenção eficientes (Nilsson & Bertling, 2007).

Segundo Al-Turki et al. (2014), os princípios primários no qual a RCM se baseia são os seguintes:

- Função orientada: procura preservar a função do equipamento ou sistema.
- Foco no grupo de dispositivos: busca a manutenção da funcionalidade geral de um grupo de dispositivos em vez de um dispositivo individual.
- Centrada na confiabilidade: utiliza estatísticas de falha de forma a relacionar as falhas com o tempo de uso do equipamento. O RCM não se preocupa muito com taxa de falhas simples; procura identificar as probabilidades de falha em idades específicas.
- Reconhece as limitações de *design*. O seu objetivo é manter a confiabilidade inerente do *design* do equipamento, reconhecendo que mudanças na confiabilidade são atividades de projeto ao invés da manutenção. A manutenção só pode alcançar e manter o nível previsto pelo *design*.
- Impulsionada pela segurança e economia: a segurança deve ser garantida a qualquer custo; depois disso, o custo-benefício torna-se o critério.
- Define o fracasso como qualquer condição insatisfatória: a falha pode ser tanto uma perda de função (operação cessa) ou uma perda de qualidade aceitável (operação continua).
- Utiliza uma árvore lógica para mostrar as tarefas de manutenção: fornece uma abordagem consistente para a manutenção de todos os tipos de equipamentos.
- As tarefas devem ser aplicáveis: as tarefas devem identificar o modo de falha e considerar as características do modo de falha.
- As tarefas devem ser eficazes: as tarefas devem reduzir a probabilidade de falha e ser rentável.
- Reconhece dois tipos de tarefas de manutenção: tarefas proativas e reativas (funcionar até falhar). As tarefas proativas são baseadas em intervalos (tempo ou ciclo) ou baseadas na condição. Na RCM, “funcionar até falhar” é uma decisão consciente e é aceitável para alguns equipamentos.

- Um sistema vivo: reúne dados a partir dos resultados obtidos e alimenta esses dados de volta para melhorar a manutenção futura. Esse feedback é uma parte importante do elemento de manutenção proativa do programa RCM.

O principal objetivo da RCM é o de reduzir os custos de manutenção, focando nas mais importantes funções do sistema, e evitando ou removendo ações de manutenção desnecessárias. Se já existir um programa de manutenção, o resultado de uma análise RCM será a de eliminar tarefas de manutenção preventiva ineficientes (Rausand, 1998). Ainda segundo Al-Turki et al. (2014), a implementação com sucesso da RCM resulta nos seguintes benefícios:

- Aumento da confiabilidade levando a menos falhas de equipamentos e, portanto, maior disponibilidade e menores custos de manutenção.
- Redução no custo total de manutenção com a prevenção de falhas e a substituição de tarefas de manutenção preventiva por monitoramentos da condição do equipamento.
- Aumento da eficiência e produtividade como resultado da abordagem RCM para a manutenção que garante que o tipo adequado de manutenção é executado em equipamentos conforme o necessário.
- Reduz os custos de vida útil incluindo a fase de aquisição e a fase de operação com base na ideia de que as decisões tomadas com antecedência no ciclo de aquisição afetam profundamente o custo de ciclo de vida. Poupança de 30-50% nas operações anuais e os custos de manutenção são frequentemente obtidos através da implementação de um programa RCM equilibrado.
- Aprimora a manutenção sustentável através do planejamento da RCM que envolve decisões tomadas em todas as fases do ciclo de vida do equipamento.

No quadro 5 são apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização da RCM.

### Quadro 5: Vantagens e desvantagens da RCM.

Fonte: (Adaptado de U.S. Department of Energy, 2010).

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Permite definir um programa de manutenção mais eficiente</li><li>➤ Baixo custo, pois elimina intervenções de manutenção ou revisões desnecessárias</li><li>➤ Minimiza a frequência de revisões</li><li>➤ Probabilidade reduzida de falhas súbitas de equipamentos</li><li>➤ Capacidade de focar as atividades de manutenção nos componentes críticos</li><li>➤ Maior confiabilidade dos componentes</li><li>➤ Incorpora a análise da causa raiz</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pode ter custo inicial significativo, treinamento, equipamento, etc.</li><li>➤ Potencial de economia não facilmente visto pela administração</li></ul>

#### 2.3.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

A análise de modos de falha e seus efeitos, sigla em inglês FMEA, é uma ferramenta amplamente utilizada nos setores automotivos, aeroespacial, e indústrias eletrônicas para identificar, priorizar, e eliminar possíveis falhas potenciais, problemas, e erros de sistemas em fase de desenvolvimento antes de seu lançamento (Rhee & Ishii, 2003).

As causas das falhas são denominadas causas raízes, e são definidas como mecanismos que levam à ocorrência da falha. Uma vez definido o termo falha, isso não descreve o mecanismo pelo qual o componente falhou. Modos de falha são as diferentes maneiras em que um componente pode falhar. É extremamente importante salientar que um modo de falha não é a causa de uma falha, mas a maneira em que a falha ocorreu. Os efeitos de uma falha podem frequentemente estarem ligadas às causas raízes de outra falha. O procedimento FMEA atribui um valor numérico a cada risco associado que causa uma falha, usando Severidade, Ocorrência e Detecção como medidas. Conforme o risco aumenta, os valores crescem na classificação. Estes são, então, combinados em um número de risco prioritário (Risk Priority Number - RPN), que pode ser utilizado para analisar o sistema. O valor RPN é calculado

multiplicando-se os valores de Severidade, Ocorrência e Detecção do risco. Gravidade refere-se à magnitude do efeito causado por uma falha do sistema, quanto mais grave é a consequência, maior será o valor de severidade atribuído ao efeito. Ocorrência refere-se à frequência com que uma das causas acontece, descrita de forma qualitativa, não sendo na forma de um período de tempo, mas sim em termos tais como remoto ou casual. Detecção refere-se à probabilidade de detetar a causa raiz antes que uma falha possa ocorrer (Arabian-Hoseynabadi, Oraee & Tavner, 2010).

No quadro 6 são apresentadas as três principais tarefas do FMEA.

Quadro 6: Três grandes categorias de tarefas do FMEA.

Fonte: (Adaptado de Kmenta & Ishii, 2000).

Tarefa FMEA	Resultado
Identifica Falhas	Descreve Falhas: Causas → Modos de falha → Efeitos
Prioriza Falhas	Avaliar RPN: $RPN = \text{Severidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção}$
Reduz Riscos	Reduz riscos através: Confiança, planos de teste, mudanças de manufatura, inspeção, etc.

Este método ajuda a focar os recursos nas falhas mais graves, através da identificação, avaliação e priorização. Assim, a equipa FMEA procura reduzir a frequência e a severidade dessas falhas.

## 2.4 Total Productive Maintenance (TPM)

### 2.4.1 Origem e objetivos

O desenvolvimento do TPM teve início com o reconhecimento de um facto único e verdadeiro pela administração: são os operadores de máquinas e processos que conhecem o 'status quo' de uma máquina ou processo impedindo-os de quebrar. Além disso, sem o interesse e a cooperação dos operadores, nenhuma manutenção adequada pode ser estabelecida. Não importa quão bem as empresas estão equipadas com técnicas de fabricação avançadas, são os operadores, e não gerentes ou sistemas, que afetam o desempenho da

empresa. Neste mercado altamente competitivo, o fraco desempenho dos operadores não é mais aceitável. Os operadores com pouca responsabilidade com o seu equipamento são suscetíveis de olhar para ele como uma mera máquina com a qual eles não têm ligação. Em muitos casos, eles não estão cientes de anormalidades. O pessoal de manutenção, que é responsável por verificar deterioração, é mantido ocupado remediando grandes avarias esporádicas. Idealmente, quem opera um determinado equipamento deve ter a formação necessária para manter o equipamento em perfeito funcionamento, e originalmente, essas duas funções eram realizadas pela mesma pessoa. Gradualmente, no entanto, as funções de manutenção e de produção foram separadas assim que os equipamentos se tornaram mais sofisticados e com o crescimento das empresas. Durante o período pós-guerra do Japão, de rápido crescimento industrial, a maioria dos equipamentos foi substituído por mais recente, sendo esses equipamentos desconhecidos. Respondendo às exigências de aumento da produção, o departamento de produção passou a concentra-se principalmente na produção e saída de produto acabado, enquanto o departamento de manutenção gradualmente assumiu a responsabilidade por quase todas as funções de manutenção de acordo com o conceito de divisão do trabalho. Nessas circunstâncias, os operadores e o pessoal de manutenção consideravam uma máquina em condição adequada para uso se fosse de simples manuseio e estivesse operante. A especialização bipolar resultante continuou até o desenvolvimento do TPM (Yamashina, 1995).

Em resposta aos problemas de manutenção e suporte encontrados em ambientes de produção, os japoneses desenvolveram e introduziram o conceito de Manutenção Produtiva Total, inicialmente em 1971. TPM é um sistema de manutenção que cobre toda a vida útil dos equipamentos em todas as divisões incluindo planeamento, fabricação e manutenção. Ela descreve uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre a produção e a manutenção, para a melhoria contínua da qualidade dos produtos, a eficiência operacional, a garantia de capacidade e segurança (Chan et al., 2005).

Segundo Jain et al. (2012), TPM consiste em três palavras:

- **Manutenção:** Significa a idéia que direciona o programa a garantir processos confiáveis e produção contínua. Mantendo os sistemas de produção em condições ideais.

- Produtiva: Significa a busca da máxima eficiência do sistema de produção, atingindo o nível zero de acidentes, defeitos e quebras/falhas, ou seja, a eliminação de todos os tipos de perdas.
- Total: Significa considerar todos os aspectos e envolver todos, desde a alta direção aos operadores.

A TPM evoluiu do *Total Quality Management* (TQM), sendo este último um resultado direto da influência do Dr. W. Edwards Deming na indústria japonesa. O trabalho do Dr. Deming iniciou-se logo após a Segunda Guerra Mundial. Como estatístico, Dr. Deming inicialmente mostrou aos japoneses como utilizar a análise estatística na manufatura e como utilizar os resultados para controlar a qualidade durante a manufatura. Os procedimentos estatísticos iniciais e os conceitos de controle de qualidade resultantes alimentados pela ética do trabalho japonês logo se tornou um modo de vida para a indústria japonesa. Este novo conceito de produção, eventualmente, tornou-se conhecido como Gestão da Qualidade Total ou TQM. Quando os problemas de manutenção foram examinados como parte do programa TQM, alguns dos conceitos gerais não pareciam se encaixar ou funcionar bem no ambiente de manutenção. Os procedimentos de manutenção preventiva ou Preventive Maintenance (PM) estavam em vigor há algum tempo e este tipo de manutenção era praticado na maioria das plantas. Usando técnicas de PM, programas de manutenção destinadas a manter as máquinas operacionais foram desenvolvidas. No entanto, esta técnica resultou muitas vezes em máquinas sobre servidas em uma tentativa de melhorar a produção. O pensamento era muitas vezes "se um pouco de óleo é bom, muito deve ser melhor". Programações de manutenção do fabricante foram seguidas à letra, com pouco pensamento a respeito das exigências realistas da máquina. Houve pouco ou nenhum envolvimento do operador da máquina no programa de manutenção e o pessoal de manutenção teve pouca formação além do que estava contido nos manuais de manutenção, muitas vezes inadequados (Roberts, 1997).

No quadro 7 são apresentadas as diferenças entre TQM e TPM.

### Quadro 7: Diferenças entre TQM e TPM.

Fonte: (Adaptado de Venkatesh, 2007).

Categoria	TQM	TPM
Objeto	Qualidade (Saída e efeitos)	Equipamento (Entrada e causa)
Meios de obtenção do objetivo	Sistematizar a gestão. É orientado via software	Participação dos funcionários e é orientado via hardware
Objetivo	Qualidade por PPM (partes por milhão de oportunidades)	Eliminar perdas e gastos

Segundo Pomorski (2004), a TPM é uma metodologia e filosofia de gestão estratégica de equipamentos focado no objetivo de construir a qualidade do produto através da maximização da eficácia do equipamento. Ela abraça o conceito de melhoria contínua e a total participação de todos os funcionários e de todos os departamentos.

A literatura indica que existem duas abordagens principais para definir a TPM, a abordagem ocidental e a abordagem japonesa, com muita semelhança entre as duas. A escola japonesa é representada por Nakajima, Tajiri e Gotoh, e Shirose. Enquanto a escola ocidental é representada por Willmott, Wireman e Hartmann. O *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) promove a abordagem japonesa e tem como vice-presidente Seiichi Nakajima, considerado o pai da TPM. As diferenças na abordagem japonesa e ocidental para definir TPM são subtis. A abordagem japonesa enfatiza o papel do trabalho em equipa, atividades em pequenos grupos e a participação de todos os funcionários no processo de TPM para alcançar os objetivos de melhoria de equipamentos. A abordagem ocidental centra-se no equipamento tendo a compreensão de que o envolvimento e o esforço do operador, na aplicação da TPM, são necessários (Pomorski, 2004).

Segundo Eti et al. (2004), os três componentes desta metodologia são: (i) Eficácia dos equipamentos otimizada, (ii) manutenção autónoma do operador e (iii) atividades de pequenos grupos lideradas pela própria empresa, em toda a organização. Esta é uma abordagem de alto envolvimento do funcionário. Isso leva a uma melhoria na criatividade dos grupos, um maior esforço individual, da responsabilidade pessoal e reuniões de resolução de problemas inovadoras. Os conceitos envolvem compromissos com planeamento de longo prazo, especialmente por parte da alta administração. Normalmente, a TPM é iniciada via "top-

*down*", ou seja, parte da alta administração, porém só é implementado com sucesso através da participação "*bottom-up*", ou seja, da base para o topo da organização. TPM é uma iniciativa liderada pela fabricação, que enfatiza a importância de (i) pessoas com atitudes de agir e melhoria contínua e (ii) o trabalho em conjunto dos departamentos de produção e manutenção. Em essência, a TPM procura integrar a organização para reconhecer, libertar e utilizar o seu próprio potencial e habilidades. Esta metodologia combina os melhores recursos de procedimentos produtivos e PM com estratégias de gestão inovadoras e incentiva o envolvimento total de funcionários, Além de concentrar a atenção sobre as razões para as perdas de energia, e as falhas do equipamento devido ao *design* frágil, que o pessoal associado antigamente pensava que tinha de tolerar.

#### 2.4.2 Os pilares da TPM

As principais atividades da TPM estão organizadas em pilares. A definição dos pilares adotados no TPM depende muito da estrutura e da filosofia que a empresa utilizará internamente, sendo personalizada de acordo com a cultura empreendedora já existente e com a cultura que se deseja implementar. Os pilares da TPM devem ser desenvolvidos em equipes coordenados por gestores ou líderes de cada equipe, e esta estrutura deve seguir na hierarquia da empresa. O trabalho de implementação dos pilares da TPM deve ter em atenção as seguintes dimensões: produtividade, qualidade, atendimento ao cliente, segurança e moral (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

Conforme a popularização e o estudo da metodologia TPM, os nomes e a quantidade de pilares que a formam sofrem alterações de autor para autor. Porém a mais utilizada é a sugerida pelo JIPM que envolve um plano de implementação de oito pilares. Na figura 4 podemos observar os oito pilares da metodologia TPM segundo o JIPM.

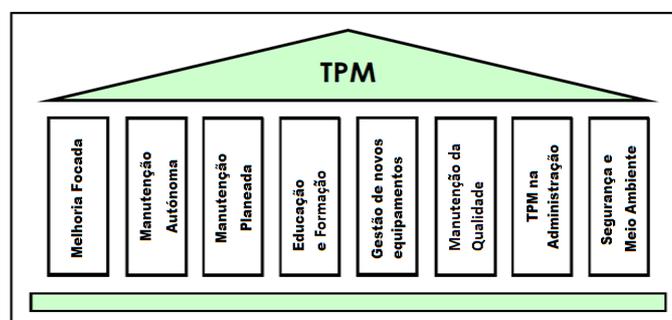


Figura 4: Os pilares da metodologia TPM.

(Fonte: Adaptado de Pomorski, 2004)

## Melhoria Focada

Melhoria focada inclui todas as atividades que maximizam a eficácia global do equipamento, processos e empresas através da eliminação intransigente de perdas e melhoria no desempenho. O objetivo deste pilar é fazer com que o equipamento mantenha sempre o seu melhor desempenho todos os dias. Maximizar a eficácia do equipamento requer a completa eliminação de falhas, defeitos, e outros fenômenos negativos, em outras palavras, as perdas e os desperdícios que ocorre na operação do equipamento (Pomorski, 2004).

Segundo Venkatesh (2007), a melhoria focada busca os extremos da produtividade para alcançar efeitos substanciais. As atividades deste pilar tentam eliminar por completo as 16 grandes perdas no ambiente de produção.

No quadro 8 são apresentadas as 16 grandes perdas numa organização.

Quadro 8: As 16 grandes perdas numa organização.

Fonte: (Adaptado de Venkatesh, 2007)

Perda	Categoria
1. Perda por falha – Perda por quebra 2. Perda por <i>setup</i> / ajuste 3. Perda por troca de lâmina de corte 4. Perda no <i>start up</i> 5. Paralisação mínima / Ociosidade 6. Perda de velocidade – operando em baixas velocidades 7. Defeito / Retrabalho 8. Perda por inatividade programada	Perdas que impedem a eficiência do equipamento
9. Perda na gestão 10. Perda por movimento operacional 11. Perda na organização da linha 12. Perda logística 13. Perda em ajustes e medições	Perdas que impedem a eficiência do trabalho humano
14. Desperdícios de energia 15. Perda por quebra de <i>jig</i> ou ferramenta 16. Perda de rendimento	Perdas que impedem o uso efetivo dos recursos da produção

## *Manutenção Autônoma*

Segundo Pomorski (2004), a manutenção autônoma é o processo onde os operadores de equipamentos aceitam e dividem a responsabilidade (com o pessoal de manutenção) do desempenho e saúde dos seus equipamentos. O conceito deste pilar é a criação de operadores especializados no equipamento com o objetivo de proteger o seu próprio equipamento. Este pilar é o pilar fundamental das atividades do TPM e busca mudar o paradigma de “o operador opera e a manutenção conserta” para “o operador é responsável pela funcionalidade do equipamento que opera”.

O JIPM descreve as habilidades fundamentais que o operador de manutenção autônoma deve possuir:

- Habilidade para descobrir anormalidades.
- Habilidade para corrigir anormalidades e restaurar o funcionamento do equipamento.
- Habilidade para configurar o equipamento para funcionar nas suas condições ideais.
- Habilidade para manter as condições ideais.

A manutenção autônoma pode ser melhor definida considerando os quatro objetivos principais do programa TPM. Primeiro, o programa traz o pessoal de produção e manutenção juntos em equipas para estabilizar as condições e travar a deterioração do equipamento. Em segundo lugar, através do desenvolvimento eficaz e da partilha de responsabilidades das tarefas diárias críticas de manutenção, o pessoal de produção e manutenção são capazes de melhorar a saúde geral do equipamento. Através da manutenção autônoma, os operadores aprendem a realizar importantes tarefas diárias que os técnicos de manutenção raramente têm tempo para executar. Estas tarefas incluem limpeza e inspeção, lubrificação, verificações de precisão, e outras tarefas de manutenção básicas. Após essas tarefas serem transferidas para os operadores, o pessoal de manutenção pode concentrar-se no desenvolvimento e implementação de outros planos de manutenção preventiva. Em terceiro lugar, o TPM é projetado para ajudar os operadores a aprender mais sobre o funcionamento dos seus equipamentos, conhecendo os problemas mais comuns e como esses problemas podem ser prevenidos através da deteção precoce e do tratamento de condições anormais. Este método de formação permite que os operadores mantenham os equipamentos e para identificar e resolver muitos problemas básicos de equipamentos. Em quarto lugar, o programa TPM

promove o envolvimento do operador através da preparação de operadores para se tornarem parceiros ativos com o pessoal de manutenção e engenharia para melhorar o desempenho global e a confiabilidade do equipamento. Para alcançar os objetivos da manutenção autónoma, faz-se necessário o envolvimento do pessoal de produção e manutenção, em atividades diárias para manter o estado do equipamento, formação para melhorar as habilidades do operador, e participação do pessoal de produção no processo de manutenção (McKone et al., 1999).

Krawczyk (2013), fornece os sete passos da manutenção autónoma:

- Inspeccionar e limpar a máquina;
- Eliminar fonte de poeira;
- Manter as máquinas em perfeito estado;
- Treinar os operadores de máquinas;
- Manutenção individual feita pelo operador;
- Garantir a qualidade;
- Garantir a melhoria contínua.

Segundo Wakjira & Ajit Pal Singh (2012), TPM começa com 5S. É um processo sistemático de limpeza para alcançar um ambiente sereno no local de trabalho envolvendo os funcionários com um compromisso de implementar e praticar a organização. Os problemas não podem ser vistos claramente quando o local de trabalho é desorganizado. A limpeza e organização do local de trabalho ajuda a equipa a descobrir problemas. Tornar visível os problemas é o primeiro passo de melhoria.

No quadro 9 é resumido as atividades de cada S para a sua implementação eficaz no local de trabalho.

Quadro 9: As principais atividades para a implementação do 5S.

Fonte: (Adaptado de Wakjira & Ajit Pal Singh, 2012)

5S's	
Seiri (Utilização)	Classifique os itens desnecessários do local de trabalho e descarte-os
Seiton (Organização)	Organize os itens necessários em boa ordem para que possam ser facilmente alcançados para uso
Seiso (Limpeza)	Limpar o ambiente de trabalho completamente para que fique livre de sujeira, poeira e desordem
Seiketsu (Padronização)	Manter o alto padrão de arrumação e organização do ambiente
Shitsuke (Disciplina)	Treinar e motivar as pessoas a seguir as boas disciplinas de limpeza de forma autónoma

### **Manutenção Planeada**

Manutenção planeada normalmente envolve o trabalho realizado por técnicos de manutenção altamente qualificados. À medida que mais tarefas são transferidas para os operadores através da manutenção autónoma, o departamento de manutenção tem uma abordagem mais pró-ativa para a manutenção e é capaz de desenvolver um processo de planeamento disciplinado para tarefas de manutenção, tais como reparação/troca de equipamentos, e sobre a determinação de contramedidas para fraquezas no *design* de equipamentos. Normalmente, os departamentos de planeamento também possuem bons sistemas de informação que lhes permitem capturar os dados do processo, recolher e divulgar dados a operadores, e identificar tendências ou problemas com o equipamento. Os técnicos de manutenção são responsáveis por completar tarefas de manutenção dentro de um período de tempo programado sem deixar de cumprir os requisitos de produção. Marcar o cumprimento das atividades é um indicador importante da saúde do sistema de manutenção planeada (McKone et al., 1999).

Com a manutenção planeada evolui-se de um método reativo para um proativo e o pessoal de manutenção passa a ajudar a treinar os operadores para melhor manter os equipamentos. As políticas da manutenção planeada são: alcançar e sustentar a disponibilidade das máquinas e custo de manutenção ideal, reduzir o estoque de peças de reposição e melhorar a confiabilidade e facilidade de manutenção das máquinas. Os objetivos da manutenção planeada são: falha/quebra de equipamento zero, melhoria da confiabilidade e facilidade de

manutenção, reduzir o custo de manutenção, e garantir a disponibilidade de peças de reposição.

Os sete passos na manutenção planeada são (Wakjira & Ajit Pal Singh, 2012):

- Avaliação de equipamentos e recodificação do estado presente;
- Restaurar deterioração e melhorar fraquezas;
- Construção de sistema de gestão de informação;
- Preparar um sistema de informação baseado no tempo;
- Escolher equipamentos, peças e membros e mapear plano;
- Preparar o sistema de manutenção preventiva através da introdução de técnicas de diagnóstico de equipamentos;
- E avaliação de manutenção planeada.

Segundo Pomorski (2004), o objetivo da Manutenção Planeada é estabelecer e manter equipamentos e processos em ótimas condições. Tal como definido pela JIPM, a elaboração de um sistema de manutenção planeada significa aumento da produção (sem falhas, sem defeitos) e melhoria na qualidade dos técnicos de manutenção, aumentando a disponibilidade da planta (a disponibilidade da máquina). A implementação destas atividades de forma eficiente pode reduzir as atividades de manutenção e construir um sistema integrado fluido, que inclui:

- A manutenção preventiva regular para evitar falhas (manutenção preventiva sistemática e condicionada).
- Manutenção corretiva e medidas preventivas diárias para diminuir o risco de falha.
- Manutenção para restaurar máquinas o mais rapidamente possível após a falha.
- Orientação e assistência em Manutenção Autônoma.

Tal como o pilar de Melhoria Focada, a Manutenção Planeada suporta o conceito de zero falhas. As atividades de manutenção planeada priorizam a realização de zero falhas. O objetivo das ações TPM é de reforçar as estruturas corporativas, eliminando todas as perdas através da realização de zero defeitos, zero falhas e zero acidentes. Destes, a obtenção de zero falhas é da maior importância, porque as falhas levam diretamente a produtos defeituosos e a

problemas nos equipamentos, que por sua vez torna-se um fator importante para a ocorrência de acidentes (Pomorski, 2004).

### ***Educação e Formação***

O pilar de educação e formação é focado nos operadores para que eles sejam capazes de encontrar a causa raiz de qualquer problema e eliminá-lo, para que o processo possa prosseguir livremente.

Segundo Venkatesh (2007), este pilar é destinado a criar funcionários multi-qualificados cuja moral é alta e que tem ansiedade para vir trabalhar e executar todas as funções necessárias de forma eficaz e independente. Educação é dada aos operadores para atualizar as suas habilidades. Não é suficiente saber apenas "o que fazer" mas também devem aprender "por que fazer". Muitas das vezes os operadores superam problemas por conta da experiência adquirida, porém isto é feito sem saber a causa raiz do problema. Por isso, tornar-se necessário treiná-los em saber o que fazer e porquê. Os funcionários devem ser treinados para atingir as quatro fases da habilidade. O objetivo é criar uma fábrica completa de peritos. As diferentes fases de habilidades são:

Fase 1: Não sabe.

Fase 2: Sabe a teoria mas não sabe fazer.

Fase 3: Sabe fazer mas não sabe ensinar.

Fase 4: Pode fazer e também ensinar.

O objetivo deste pilar é criar e sustentar operadores qualificados capazes de executar eficazmente as práticas e metodologias estabelecidas. O pilar de educação e formação se concentra em estabelecer métodos de formação adequados e eficazes, criando a infraestrutura para a formação, e proliferando a aprendizagem e o conhecimento dos outros pilares do TPM.

### ***Gestão de Novos Equipamentos***

O pilar de gestão de novos equipamentos refere-se a atividades de projeto realizadas durante o planejamento e construção de novos equipamentos, que conferem ao equipamento alto grau de confiabilidade, facilidade de manutenção, economia, operacionalidade, segurança e flexibilidade, considerando informações de manutenção e novas tecnologias. O objetivo clássico deste pilar é de minimizar o custo do ciclo de vida dos equipamentos. As atividades desse pilar minimizam os custos de manutenção futura e perdas por deterioração de novos

equipamentos, tendo em conta (durante o planeamento e construção) os dados de manutenção em equipamentos atuais e novas tecnologias e através da conceção de alta confiabilidade, facilidade de manutenção, economia, operacionalidade e segurança. Idealmente, equipamentos projetados adotando-se os princípios deste pilar não devem quebrar ou produzir produtos não conformes. O processo de *design* melhora a confiabilidade dos equipamentos e processos investigando deficiências em equipamentos e processos existentes e alimentando essas informações de volta para os *designers* (Pomorski, 2004).

### ***Manutenção da Qualidade***

Este pilar é voltado para a satisfação do cliente através da ausência de defeitos de fabricação. O foco está na eliminação de não-conformidades, de forma sistemática, bem como a melhoria focada. Ganha-se a compreensão sobre quais as peças do equipamento que afetam a qualidade do produto e, a partir disso, começa-se a eliminar as preocupações atuais de qualidade, para depois passar para preocupações potenciais de qualidade. A transição vai do reativo para proativo (do controle de qualidade para a garantia de qualidade). As atividades desse pilar visam definir as condições do equipamento que impeçam defeitos, com base no conceito básico de manutenção perfeita de equipamentos para manter a perfeita qualidade de produtos.

Uma das técnicas de verificação utilizada para aferição da condição é a medição em séries temporais, onde são realizadas medições para se verificar se os valores obtidos estão dentro dos valores normais para evitar defeitos. As variações de valores medidos são vigiadas de forma a prever possibilidades de avarias que surjam, e de tomar contramedidas preventivas.

As políticas da manutenção da qualidade são: condições livre de defeitos e controle dos equipamentos, atividades de manutenção de qualidade para apoiar a garantia de qualidade, foco na prevenção de defeitos na fonte, foco em sistemas infalíveis, detecção no processo e segregação de defeitos, e eficaz implementação da garantia da qualidade pelo operador. Os objetivos da manutenção da qualidade são: conseguir e manter a reclamações dos clientes em zero, reduzir os defeitos de processo, e reduzir o custo de qualidade (Wakjira & Ajit Pal Singh, 2012).

### ***TPM na Administração***

TPM na administração aplica as atividades do TPM para melhorar continuamente a eficiência e eficácia das funções logísticas e administrativas. Essas funções logísticas e de suporte possuem um impacto significativo na performance das operações de manufatura. Consistente

com a visão de um "sistema de produção", que inclui não só a produção, mas também as funções de apoio à manufatura, TPM deve abranger toda a empresa, incluindo os departamentos administrativos e de apoio. Manufatura não é uma atividade independente, mas agora está totalmente integrada e dependente das suas atividades de apoio. Estes departamentos aumentam a sua produtividade, documentando os sistemas administrativos e reduzindo o desperdício e as perdas. Eles podem ajudar a aumentar a eficácia do sistema de produção, melhorando cada tipo de atividade organizada que apoia a produção. Assim como o pilar de melhoria focada, o TPM Administrativo se concentra em identificar e eliminar as perdas de eficácia em atividades administrativas. As metodologias utilizadas em melhoria focada, manutenção autónoma, manutenção planeada, gestão de novos equipamentos e manutenção da qualidade são aplicadas às tarefas e atividades administrativas e de apoio. Formação e Educação, também, suportam o pilar do TPM na Administração (Pomorski, 2004).

Segundo Venkatesh (2007), o TPM na administração aborda doze grandes perdas, são elas:

1. Perda no processamento.
2. Perdas em custos incluindo áreas como compras, financeiro, marketing, vendas que geram estoques elevados.
3. Perda na comunicação.
4. Perda na espera.
5. Perda no *setup*.
6. Perda na precisão.
7. Equipamento do escritório danificado.
8. Canal de comunicação quebrado, telefone e fax.
9. Tempo gasto na recuperação de informações.
10. Não disponibilidade do *status* correto do estoque atual.
11. Reclamações de clientes devido à logística.
12. Despesas em compras/despachos emergenciais.

## Segurança e Meio Ambiente

Buscando manter a meta de zero acidentes, zero danos à saúde e zero problemas ambientais tais como incêndios e poluições, este pilar concentra-se em criar um ambiente seguro e livre de riscos. Como uma empresa que produz eletroeletrônicos, onde a automação se faz presente em muitos processos, a empresa deve ter grande consciência quanto a proporcionar um ambiente de trabalho seguro para seus funcionários.

As ações introduzidas têm de garantir e melhorar a operação de máquinas e garantir segurança, isso tem um impacto positivo sobre o bem-estar dos colaboradores. Uma das prioridades de todos os trabalhos relacionados com o TPM é evitar os efeitos negativos da utilização de máquinas sobre o meio ambiente (Krawczyk, 2013).

No quadro 10 é descrito resumidamente cada pilar da metodologia TPM.

Quadro 10: Resumo dos pilares do TPM.

Fonte: (Adaptado de Jain et al., 2012)

Pilares do TPM	
1. Melhoria Focada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificação sistemática e eliminação das 16 perdas</li><li>• Análises estruturadas de FMEA e 5-Porquês</li><li>• Aumentar a eficiência do sistema</li><li>• Melhoria da Eficácia Global dos Equipamentos em sistemas de produção</li></ul>
2. Manutenção Autônoma	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estimular a ideia de propriedade no operador</li><li>• Realizar limpeza, lubrificação, apertos, ajustes, inspeção, reajustes nos equipamentos da produção</li></ul>
3. Manutenção Planeada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planear programas de manutenção eficientes e eficazes ao longo do ciclo de vida do equipamento</li><li>• Estabelecer pontos de verificação preventivos</li><li>• Melhorar os tempos médios de reparação e o tempo médio entre falhas</li></ul>
4. Educação e Treinamento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transmitir controle de qualidade e habilidades interpessoais</li><li>• Multi-qualificação dos funcionários</li><li>• Alinhar os funcionários às metas organizacionais</li><li>• Atualização e avaliação periódica de competências</li></ul>

5. Gestão de Novos Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas mínimos e funcionamento no tempo determinado de novos equipamentos</li> <li>• Utilizar o conhecimento relativo aos sistemas existentes para iniciativas de melhoria nos novos sistemas</li> </ul>
6. Manutenção da Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atingir o índice de zero defeitos</li> <li>• Rastreio e endereçamento de problemas de equipamentos e causas raiz</li> <li>• Definir as condições Máquina, Material, Homem ou <i>Man, Machine, Material</i> (3M)</li> </ul>
7. TPM na administração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar a sinergia entre as várias funções da empresa</li> <li>• Remover dificuldades processuais</li> <li>• Concentrar no tratamento de questões relacionadas com os custos</li> <li>• Aplicar 5S no escritório e nas áreas de trabalho</li> </ul>
8. Segurança e Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificar um ambiente de trabalho seguro</li> <li>• Proporcionar um ambiente de trabalho adequado</li> <li>• Eliminar incidentes, lesões e acidentes</li> <li>• Fornecer procedimentos operacionais padrão</li> </ul>

### 2.4.3 Fases de implementação

Katila (2000) identifica doze passos para o desenvolvimento e implementação do programa TPM:

Passo 1: Anunciar a decisão da alta gerência de introduzir o TPM.

- Divulgar os objetivos do TPM nos meios de comunicação da empresa.
- Colocar artigos sobre o TPM no jornal da empresa.

Passo 2: Lançar campanha educacional.

- Para gestores, oferecer seminários/retiros conforme nível.
- Para os demais funcionários, providenciar apresentações em *slides*.

Passo 3: Criar organizações para promover o TPM.

- Formar comitês especiais em todos os níveis para promover o TPM.
- Definir a sede central e os envolvidos.

Passo 4: Determinar as políticas e objetivos do TPM.

- Analisar as condições existentes.
- Definir objetivos.
- Estimar resultados.

Passo 5: Formular plano mestre para o desenvolvimento do TPM.

- Preparar detalhadamente os planos de implementação para as cinco atividades fundamentais.

Passo 6: Anunciar o início do TPM.

- Convidar os clientes externos, afiliados e empresas terceirizadas.

Passo 7: Melhorar a eficácia de cada parte do equipamento.

- Selecionar um equipamento modelo.
- Formar equipas de projeto.

Passo 8: Desenvolver um programa de manutenção autónoma.

- Promover os sete passos.
- Construir habilidades de diagnóstico e designar funcionário.
- Procedimentos para certificação.

Passo 9: Desenvolver um programa de manutenção programado para o departamento de manutenção.

- Incluir manutenção sistemática e condicionada.
- Incluir gestão de peças de reposição, ferramentas, projetos e horários.

Passo 10: Conduzir treinamento para melhorar as habilidades de operação e manutenção.

- Treinar líderes juntos.
- Fazer os líderes compartilhar informações com os membros do grupo.

Passo 11: Desenvolver programa de gestão de novos equipamentos.

- Usar o modelo de manutenção preventiva.
- Usar a manutenção *start-up* de equipamentos.
- Usar a análise de custo do ciclo de vida.

Passo 12: Aperfeiçoar a implementação do TPM e aumentar o nível do TPM.

- Avaliar para prêmios de manutenção preventiva.
- Definir objetivos mais altos.

#### 2.4.4 Fatores críticos para o sucesso do TPM

Segundo Pomorski (2004), para os programas de melhoria contínua serem bem sucedidos, eles devem melhorar continuamente os resultados do negócio num ritmo competitivo e focar as atividades de melhoria em alguns problemas vitais ao invés de muitos, como ocorre trivialmente. Quando implementado de forma eficaz, a metodologia TPM fornece os processos e métodos para alcançar este objetivo. A literatura TPM apresenta muitos critérios de sucesso para a implementação do TPM. A seguir está uma lista de critérios de sucesso para a implementação do TPM que parecem ser um tema recorrente entre os autores que abordam o TPM:

1. Seguir um processo de implementação TPM já estabelecido. É uma perda de tempo e outros recursos tentar reinventar o TPM. É importante aprender com os outros que tiveram sucesso na criação de uma fábrica com a produtividade de classe mundial.
2. Comprometer a gestão de topo no processo TPM. Os funcionários não vão mudar a forma como eles trabalham porque um consultor ou o gerente responsável pela implementação do TPM querem. Empregados mudam apenas quando os seus próprios gerentes querem e reforçam corretamente a alteração de seus comportamentos.
3. Integrar o TPM com outros programas contínuos. Para tirar o máximo proveito do TPM, deve-se integrar os esforços de gestão de equipamentos com TQM (*Total Quality Management*) e JIT (*Just in Time*). Esses programas trabalham em conjunto para produzir as maiores melhorias em qualidade, custo, confiabilidade e tempo de espera.
4. Fazer a ligação das atividades do TPM de forma direta para incorporar as metas e objetivos corporativos. Ligar o TPM diretamente aos objetivos importantes do negócio, caso contrário nunca haverá o apoio necessário para o sucesso.
5. Documento de aprendizagem adquirido durante as atividades TPM. Muitas pessoas se deixam levar pelo entusiasmo de aprendizagem. Mas alguém tem que tomar notas para que se possa alavancar grandes ideias e evitar cometer os mesmos erros. A aprendizagem organizacional é um imperativo para o sucesso e depende da aprendizagem adquirida que ocorre em áreas individuais de modo que as melhorias possam ser implementadas noutros lugares. Isto é especialmente verdadeiro quando se está a implementar o TPM, porque o TPM depende de uma boa documentação para quebrar o ciclo vicioso do equipamento que é difícil de operar e de manter e que regularmente avaria e produz defeitos.

6. Mantenha o curso. A implementação do TPM nem sempre vai avançar sem problemas, é necessário paciência e determinação. A chave é aprender com os erros e fazer esforços subsequentes.

#### 2.4.5 Benefícios esperados com a implementação do TPM

A implementação do TPM, segundo a literatura sobre o tema, gera benefícios onde é implementado. Nesta secção serão citados vários exemplos dos benefícios que a implementação da metodologia TPM oferece.

Segundo Ahuja & Khamba (2008), a implementação do TPM numa organização pode garantir maior produtividade, melhor qualidade, menos avarias, custos mais baixos, entregas confiáveis, ambientes de trabalho motivadores, segurança reforçada e melhoria na moral dos empregados.

Venkatesh (2007), lista os benefícios diretos e indiretos na implementação do TPM, são eles:

##### Benefícios diretos

1. Aumento na produtividade e na eficiência fabril em 1,5 ou 2 vezes.
2. Redução das reclamações dos clientes.
3. Redução nos custos de manufatura em 30%.
4. Satisfação das necessidades dos clientes em 100% (Entregando a quantidade correta no tempo correto, na qualidade exigida).
5. Redução no número de acidentes.
6. Maior atenção às medidas de controle de poluição.

##### Benefícios indiretos

1. Aumento no nível de confiança dos funcionários.
2. Local de trabalho limpo, arrumado e atrativo.
3. Mudança favorável na atitude dos operadores.
4. Alcance das metas através do trabalho em equipa.
5. Implementação de um novo conceito em todas as áreas da organização.
6. Partilha de conhecimento e experiência.
7. Os trabalhadores obtêm um sentimento de propriedade sobre o equipamento que opera.

Empresas que implementaram o TPM experimentaram reduções de problemas em equipamentos na ordem de 80% a 90% e o custo de reparação caiu em cerca de 55%. Os prazos de entrega do produto foram cortados de 50% a 70%, e as entregas no prazo foram aumentadas entre 50% e 95% (Ncube, 2006).

## 2.5 Principais indicadores de manutenção

Os indicadores de manutenção são considerados elementos-chave para a gestão da manutenção. Através dos indicadores consegue-se realizar uma leitura correta do processo descartando subjetividades, pois fornecem medidas e dados numéricos que permitem a visualização do processo de forma quantitativa.

Segundo Kumar et al. (2013), infelizmente, as métricas de manutenção têm sido muitas vezes mal interpretadas e são muitas vezes utilizadas de forma incorrecta por parte das empresas. As métricas não devem ser usadas para mostrar aos trabalhadores que eles não estão fazendo seu trabalho. Nem devem ser utilizadas para satisfazer o ego da organização, ou seja, para mostrar que a empresa está trabalhando perfeitamente. Medições de desempenho, quando usadas corretamente, devem destacar as oportunidades de melhoria, detetar problemas e ajudar a encontrar soluções.

Esta secção propõe alguns indicadores presentes na literatura que podem ser relevantes para o projeto a desenvolver. Para um melhor entendimento, esta secção foi dividida em três subsecções, começando pelos indicadores do processo de manutenção que têm o objetivo de monitorar se as tarefas de manutenção estão sendo executadas de forma correta para que os resultados desejados de produção sejam obtidos, a segunda subsecção trata dos indicadores dos resultados de manutenção que relaciona os custos com a eficácia das atividades de manutenção e por fim, apresenta-se o indicador de desempenho do equipamento de produção popularmente conhecido Eficácia Geral de Equipamento ou *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

### 2.5.1 Indicadores do processo de manutenção

Segundo Muchiri et al. (2011), o processo de manutenção é endereçado através de: identificação do trabalho (baseados nos objetivos de manutenção e nas lacunas de desempenho), planeamento do trabalho, cronograma do trabalho e execução do trabalho. Os principais indicadores de desempenho para cada atividade do processo de gestão da manutenção são propostos para medir se os requisitos de cada atividade estão satisfeitos. Um resumo dos principais indicadores propostos de desempenho para o processo de manutenção é apresentado no quadro 11 com os objetivos recomendados baseados em Weber e Thomas (2006). Na primeira atividade do processo de gestão da manutenção, a manutenção deve identificar falhas potenciais e agir imediatamente para prevenir a maioria das causas evitáveis de fracasso. Trabalhos de manutenção de prevenção são conhecidos por atenuar as consequências de falhas adversas com elevado tempo de inatividade, custo de manutenção, segurança e perigos ambientais. Entre os principais indicadores de desempenho para a identificação de trabalho está a percentagem de horas-homem dedicados ao trabalho de prevenção durante um período determinado. A meta percentual recomendada para esse indicador, como mostra o quadro 11, é de 75%-80%, deixando 10%-15% ao trabalho reativo. A percentagem de tempo gasto em trabalho reativo pode dar uma indicação da intensidade de falhas. Para garantir o trabalho de manutenção, os elementos não são deixados ao acaso, planeamento e programação são importantes. Uma elevada percentagem de planeamento é fundamental para maximizar a eficiência da manutenção e garantir a disponibilidade de todos os recursos necessários. Entre os indicadores importantes para o planeamento de trabalho estão a taxa de planeamento que compreende o número de trabalho planeado em relação ao total de trabalho existente, a percentagem de ordens de serviço que exigem retrabalho devido ao planeamento e a capacidade de resposta do planeamento proposto. Para o escalonamento ou programação do trabalho, os indicadores importantes são:

- a intensidade de agendamento (percentagem de horas-homem agendadas para o total de horas-homem disponíveis);
- a qualidade de agendamento (percentagem de ordens de serviço atrasadas devido à falta de material ou mão de obra);
- a taxa de realização do cronograma (percentagem das ordens de serviço realizadas no tempo determinado).

Os indicadores de desempenho de execução de trabalho ajudam a monitorar a eficácia (cumprimento do cronograma, qualidade do trabalho realizado, etc.) e eficiência (mão de obra e recursos utilizados) da manutenção na realização do trabalho de manutenção. Entre os principais indicadores de desempenho está:

- o cumprimento do cronograma (percentagem de trabalho concluído dentro do tempo programado);
- o tempo médio necessário para reparar o equipamento (total de inatividade em relação ao número de falhas;
- a taxa de utilização de mão de obra (compreende o total de horas gasto em relação ao total disponível);
- a eficiência da mão de obra;
- o volume de atividades;
- o número de atividades em atraso;
- e a qualidade de execução de atividades (em função da quantidade de retrabalhos necessários quanto aos trabalhos de manutenção).

Quadro 11: Um resumo dos principais indicadores de desempenho para o processo de manutenção.

Fonte: (Adaptado de Muchiri et al., 2011)

Categoria	Medições/Indicadores	Unidade	Descrição	Objetivos Recomendados
Identificação do trabalho	Percentagem de trabalho proativo	%	Homens-hora de trabalho proativo / Total de homens-hora disponível	75% - 80%
	Percentagem de trabalho reativo	%	Homens-hora de trabalho reativo / Total de homens-hora disponível	10% - 15%
	Percentagem de melhorias	%	Homens-hora utilizados para melhorias / Total de homens-hora disponível	5% - 10%
	Taxa de resposta de pedido de trabalho	%	Pedidos de trabalho remanescentes no status de 'pedido' para até 5 dias / Total de solicitações	80% das solicitações
Planeamento do trabalho	Intensidade/taxa de planeamento	%	Trabalho planeado / Total de trabalhos	95% das ordens de serviço

	Qualidade do planeamento	%	Percentagem de ordens de serviço que exige retrabalho devido ao planeamento / Total de ordens de serviço	< 3% de todas as ordens de serviço
	Recetividade do planeamento	%	Percentagem de ordens de serviço no status de planeamento para até 5 dias / Total de ordens de serviço	> 80% de todas as ordens de serviço
Cronograma do trabalho	Intensidade do cronograma	%	Percentagem de horas-homem agendadas / total de horas-homem disponíveis	
	Qualidade do cronograma	%	Percentagem de ordens de serviço atrasadas devido à falta de material ou mão de obra	
	Taxa de realização do cronograma	%	Ordem de serviço com data marcada anterior ou igual à data de término / Total de ordens de serviço	
Execução do trabalho	Cumprimento do cronograma	%	Percentagem de trabalho concluído dentro do tempo programado	> 90 %
	Tempo médio de reparação do sistema, em inglês: Mean Time to Repair (MTTR)	Horas	Total de inatividade / Número de falhas	
	Taxa de utilização de mão de obra	%	Total de horas gastas em atividades / Horas disponíveis	> 80 %
	Eficiência da mão de obra	%	Tempo designado para a realização das atividades / Tempo utilizado nas atividades	
	Volume de ordens de serviços	%	Número de atividades realizadas / Número de atividades recebidas	
	Dimensão de atividades acumuladas	%	Número de atividades em atraso / Número de atividades recebidas	
	Qualidade de execução (retrabalho)	%	Percentagem de trabalhos de manutenção exigindo retrabalho	< 3%

## 2.5.2 Indicadores dos resultados de manutenção

Uma vez que a manutenção visa cumprir os seus objetivos a um custo ótimo, é imperativo para medir a eficácia a avaliação dos custos das atividades de manutenção. Os indicadores de resultado são, portanto, utilizados para medir os resultados de manutenção quanto à disponibilidade e quanto ao custo de manutenção do equipamento. Um resumo dos indicadores de desempenho mais comuns é mostrado no quadro 12 (Muchiri et al., 2011).

Quadro 12: Um resumo dos indicadores de desempenho de manutenção.

Fonte: (Adaptado de Muchiri et al., 2011)

Categoria	Medições/Indicadores	Unidade	Descrição
Medidas de desempenho do equipamento	Número de falhas	Número	Número de falhas classificadas de acordo com suas consequências: operacional, não-operacional, segurança, etc
	Frequência de falha/quebra	Número / Unidade de tempo	Número de falhas por unidade de tempo (uma medida de fiabilidade)
	MTBF ( <i>Mean Time Between Failures</i> )	Horas	Tempo médio entre falhas (uma medida de fiabilidade)
	Disponibilidade	Horas	Tempo em atividade/( tempo em atividade+tempo inativo) Ou $MTBF / (MTBF + MTTR)$
	OEE	%	Disponibilidade*Performance*Qualidade
Medidas de custo	Custo direto de manutenção	\$	Custo total das atividades de manutenção reativa e preventiva
	Gravidade da quebra	%	Custo da quebra / custo direto de manutenção
	Intensidade de manutenção	\$/ unidade produzida	Porcentagem do custo de manutenção pela unidade dos produtos produzidos num período
	Porcentagem do custo de manutenção em relação ao custo total de produção	%	Custo de manutenção / Custo de produção total
	Custo de substituição de equipamento ou <i>Equipment Replacement Value (ERV)</i>	%	Custo de manutenção / custo de equipamento novo
	Movimentação de estoque de manutenção	Número	Relação de custo dos materiais utilizados do estoque em um período determinado
	Custo percentual de pessoal	%	Custos de pessoal / Custo total de manutenção
	Custo percentual dos subcontratantes	%	Despesas de subcontratações / Custo total de manutenção
Custo percentual de suprimentos	%	Custo de suprimentos / Custo total de manutenção	

### 2.5.3 O indicador OEE

O desempenho do equipamento de produção pode ser avaliado pelo indicador OEE e algumas variações do OEE como o Eficiência Geral de Produção ou *Overall Production Effectiveness* (OPE). Esta ferramenta é utilizada para identificar as perdas relacionadas com um equipamento, com a finalidade de melhorar o desempenho total do ativo e fiabilidade.

Segundo Muchiri & Pintelon (2008), o indicador OEE foi desenvolvido a partir do conceito TPM lançado por Nakajima (1988). O conceito do TPM coloca muita atenção nos equipamentos de produção, uma vez que têm uma elevada influência sobre a qualidade, produtividade, custo, inventário, segurança e saúde, e volume de produção. Isto é especialmente verdadeiro para os processos altamente automatizados. O OEE é definido como uma medida do desempenho total do equipamento. Ou seja, o grau em que o equipamento está fazendo o que é suposto fazer. É uma ferramenta de análise do desempenho do equipamento com base na sua disponibilidade, no seu desempenho e na taxa de qualidade dos produtos.

A figura 5 mostra como é calculado o OEE.

**Como determinar o OEE:**

$$OEE = A * P * Q$$

Onde,

$$\text{Disponibilidade (A)} = \frac{\text{Tempo requerido (hrs)} - \text{Tempo de inatividade (hrs)}}{\text{Tempo requerido (hrs)}} \times 100$$
$$\text{Performance (P)} = \frac{\text{Tempo de ciclo teórico (hrs)} * \text{Saída atual (unidades)}}{\text{Tempo de operação (hrs)}} \times 100$$
$$\text{Taxa de qualidade (Q)} = \frac{\text{Saída de produtos (und)} - \text{quantidade de defeitos (und)}}{\text{Entrada de produtos (unidades)}} \times 100$$

Figura 5: Determinação do OEE.

(Fonte: Baseado em Almeanazel, 2010)

Onde,

Tempo requerido: é definido como o tempo de produção para operar o equipamento descontados os tempos planeados de paragens como pausas, reuniões etc.

Tempo de inatividade: é definido como o tempo real para o qual o equipamento está inoperante devido a reparos ou trocas.

Tempo de operação: será o valor disponibilidade da fórmula disponibilidade.

Segundo Almeanazel (2010), os três fatores que determinam o cálculo do OEE abrangem a contabilização das seis grandes perdas:

1. Disponibilidade (A): indica os problemas causados por inatividade.
2. *Performance* (P): indica os prejuízos causados por perdas de velocidade.
3. Qualidade (Q): indica as perdas de produto devido a não conformidades.

As seis grandes perdas segundo Jonsson & Lesshammar (1999) são:

Perdas devido a inatividade

1. Perdas por quebra classificadas como perdas de tempo quando a produtividade é reduzida.
2. Perdas por *setup* e ajustes resultam em inatividade e que ocorrem quando a produção de um item termina e o equipamento é ajustado para satisfazer os requisitos de outro item.

Perdas devido a velocidade

3. Perdas por pequenas paralisações: ocorrem quando a produção é interrompida por uma falha temporária.
4. Perdas devido a velocidade reduzida: referem-se à diferença entre a velocidade de design do equipamento e a velocidade real de operação.

Perdas de qualidade

5. Perdas de produto devido à existência de não conformidades causados pelo mau funcionamento do equipamento de produção.
6. Perdas de *start-up*: são perdas de rendimento que ocorrem durante os primeiros estágios da produção, desde o *start-up* da máquina até sua estabilização.



### **3. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA**

Este capítulo apresenta um breve perfil da empresa estudada. Identificada como Empresa X, o nome da empresa foi omitido por questões de confidencialidade. No entanto, os resultados obtidos com a aplicação das práticas serão apresentados nesta dissertação.

Serão também apresentados os principais produtos produzidos pela empresa, para além da sua organização funcional, e principais departamentos. Por fim, será descrito o processo produtivo de aparelhos de ar-condicionado de forma a se destacar o processo produtivo de placas de ar-condicionado, onde se desenvolveu este projeto.

#### **3.1 A empresa**

A partir de suas origens como uma pequena empresa de exportação, a empresa evoluiu para uma corporação de nível mundial, com negócios que abrangem tecnologia avançada, semicondutores, construção de arranha-céus e fábricas, petroquímica, moda, medicina, finanças, hotéis e muito mais. Suas descobertas, invenções e produtos revolucionários permitiram-lhe ser líder nessas áreas, empurrando constantemente os setores para a frente. Hoje lança tendências em todos os segmentos digitais, sendo um termômetro do que o futuro nos trará. Tudo para criar para seus consumidores estilos de vida mais inteligentes, novas experiências e possibilidades.

#### **3.2 Unidade de Manaus**

A multinacional instalou-se em Manaus em 1995 com a produção de TVs e videocassetes, empregando então 318 funcionários. O salto da empresa deu-se em 2011 com a inauguração da nova fábrica, com nove linhas de produtos equivalentes a nove fábricas dentro do seu complexo produtivo. Hoje, com cerca de 6.500 funcionários, a empresa é a segunda maior fábrica do PIM, produzindo *smartphones*, *tablets*, *smartcameras*, câmeras fotográficas, televisores, *home theaters*, *sound systems* e condicionadores de ar. No ranking mundial de produção fabril da empresa, a planta de Manaus encontra-se no 5º lugar.

A empresa adota atualmente a metodologia PRO-3M definida pela mesma como uma ferramenta de inovação que busca obter o máximo de eficiência homem/máquina para eliminar os desperdícios. O PRO-3M aplica-se à forma como cada operador pode aumentar a

produtividade através de 3 M's: *My machine* (Minha máquina), *My job* (Minha função) e *My area* (Minha área). Além disso também busca a prática de maneira habitual dos 5S.

### 3.2.1 Visão, princípios, desejos e valores

"Inspirar o mundo, criar o futuro" é a visão apresentada para o futuro da empresa, com a missão de "Inspirar o mundo com tecnologias inovadoras, produtos e projetos que enriqueçam a vida das pessoas e contribuam para um futuro sustentável e socialmente responsável".

Expõe-se a seguir os princípios, desejos e valores da empresa.

#### Princípios:

1. Buscar a satisfação de nossos clientes através do fornecimento de produtos com qualidade;
2. Buscar a melhoria do desempenho energético através da redução do consumo de energia;
3. Priorizar o uso de tecnologia, produtos e processo que previnam ou reduzam a poluição e a geração de resíduos;
4. Garantir um trabalho saudável e seguro, prevenindo as lesões e doenças;
5. Atender as normas, as legislações, os regulamentos vigentes no país, e demais requisitos subscritos pela organização;
6. Buscar a melhoria contínua da eficácia do sistema de gestão integrado.

#### Desejos:

- A empresa crescerá continuamente!
- O produto dessa empresa será sempre o melhor!
- Muitos brasileiros desejam trabalhar em nossa empresa!

#### Valores:

- Pessoas - É muito simples: as pessoas fazem a empresa. Aqui, empenhamos todas as nossas forças para proporcionar aos nossos funcionários um leque de oportunidades que lhes permitam explorar todo o seu potencial.

- Excelência – Tudo o que fazemos é orientado por uma inquebrantável paixão pela excelência, e por um compromisso firme de desenvolver os melhores produtos e serviços do mercado.
- Mudança – Na vertiginosa economia global de hoje, a mudança é constante e a inovação é essencial para a sobrevivência de uma empresa. Há 70 anos direcionamos nossos esforços para o futuro, prevendo as demandas e as necessidades do mercado, de forma que possamos conduzir nossa empresa para o sucesso a longo prazo.
- Integridade – Operar de maneira ética é a base do nosso negócio. Tudo o que fazemos é orientado por um guia moral que garante integridade, respeito por todas as partes interessadas e total transparência.
- Co-prosperidade – Uma empresa não terá sucesso a menos que crie prosperidade e oportunidade para terceiros. A empresa se empenha em ser um cidadão corporativo social e ambientalmente responsável em todas as comunidades nas quais opera no mundo todo.

### 3.2.2 Síntese do processo produtivo

A produção de aparelhos de ar condicionado possui diversas linhas que produzem diferentes partes do produto. Por exemplo, tem-se o setor *heat exchange* que é responsável pela produção das unidades condensadoras e evaporadoras, além de toda a tubulação utilizada no aparelho de ar condicionado. Existe o setor de produção de controle remoto e também o de produção dos *kits* (nome dado ao conjunto: controle remoto, manuais de usuário e instalação, e termo de garantia). Outro setor de destaque, e onde foi realizada a presente dissertação é a linha de montagem de placas de circuito impresso ou *printed board assembly* (PBA), essa linha é responsável por fornecer as placas que são colocadas na unidade interna do ar condicionado e que controla todo o funcionamento do produto. A PBA possui sub-setores, são eles: Gravação de memória, AIM e o SMT. Todos esses setores produzem produtos para serem entregues à linha *main line* onde é realizado a montagem final do produto.

Atualmente os setores *heat exchange*, AIM, SMT, gravação de memória e PBA operam em regime de turnos, são eles: 1º turno de 7:00h às 15:20h, 2º turno de 15:20h às 23:40h e o 3º turno de 23:40h às 7:00h, sendo o único tempo sem produção compreendido entre os sábados a partir das 23:40h até as 21h dos domingos, pois às 21h dos domingos o 3º turno já inicia a produção. Os setores restantes e principalmente a *main line* operam em horários comerciais, denominados comercial 1: 06:55h às 16:43h e comercial 2: 16:48h às 02:12h.

Duas grandes áreas se destacam antes que o produto chegue na PBA, são os setores de AIM e o de SMT. O que difere nestes dois setores são os componentes utilizados pelos mesmos, enquanto que no setor AIM trabalha-se com componentes tipo *Pin Through Hole* (PTH), onde é utilizado um esquema de montagem com base na tecnologia *Through-Hole* sendo os componentes inseridos em buracos abertos nas placas e soldados no lado oposto. No setor SMT utiliza-se os dispositivos de montagem superficial ou *Surface-Mount Device* (SMD), onde os componentes são montados diretamente sobre a superfície da placa, permitindo o aproveitamento de ambas as faces.

O início dá-se no setor de AIM, onde a placa é preparada para receber os componentes. As placas nuas são enviadas do estoque em malotes hermeticamente fechados. Após o recebimento desses malotes, o primeiro processo consiste em colocar ilhoses na placa nua, esse processo é realizado na linha *Eyelet* por uma máquina automática. A figura 6 mostra a placa após o processo de inserção de ilhoses.

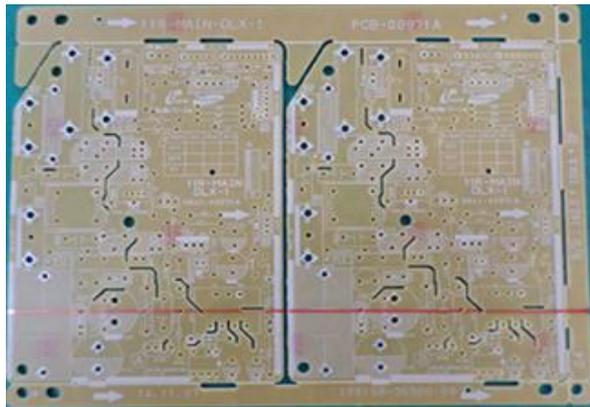


Figura 6: Placa após processada na linha Eyelet.

Antes de serem inseridos nas placas, os componentes axiais são preformados e organizados em um padrão pre-estabelecido. A linha responsável por esse processo é a Sequenciadora. Os componentes são enviados do estoque em fitas. E esses são alimentados na máquina sequenciadora. Durante o processo os terminais dos componentes são cortados no tamanho especificado e posteriormente são organizados de acordo com o padrão requerido também em forma de fita para melhor manipulação dos componentes.

Com a placa e os componentes axiais preparados, o próximo passo é inserir esses componentes axiais que passaram na máquina sequenciadora nas placas que receberam os

ilhoses. A máquina responsável por esse processo é a VCD. A figura 7 mostra a placa após o processo de inserção dos componentes axiais.

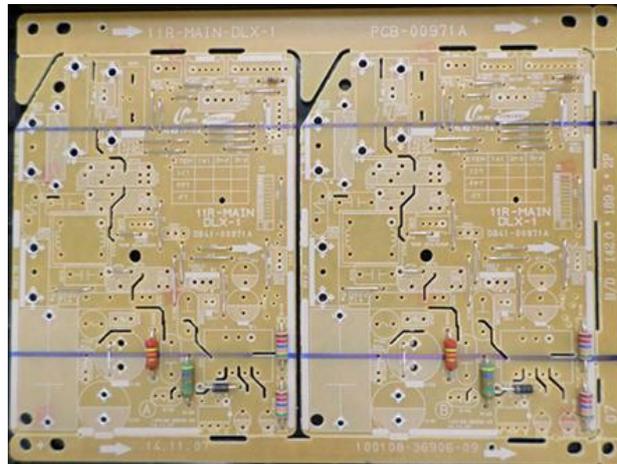


Figura 7: Placa após inserção dos componentes axiais.

Na etapa seguinte são inseridos os componentes radiais por meio da máquina RHU. Assim como na máquina sequenciadora, os componentes são enviados do estoque em fitas. E esses são alimentados na máquina RHU. A figura 8 mostra a placa após o processo de inserção dos componentes radiais.

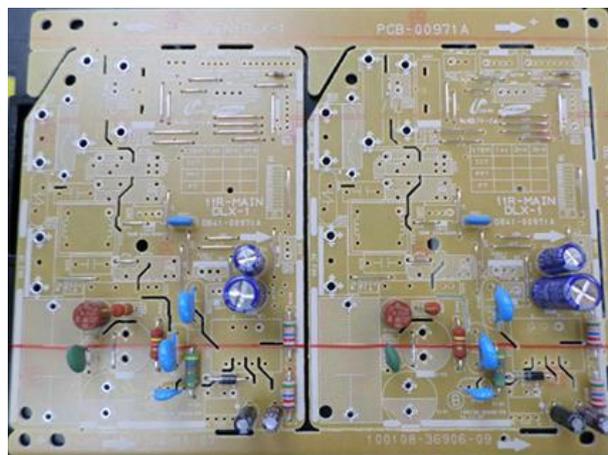


Figura 8: Placa após inserção dos componentes radiais.

Esse processo marca o fim das atividades no setor AIM. Após passar pela máquina de inserção de componentes radiais, as placas são armazenadas em magazines em uma área definida no sistema de FIFO.

Após receber as placas do setor AIM, o setor SMT inicia a produção. Diferentemente do setor AIM onde as placas mudam de linha a cada processo, no setor SMT é uma única linha que realiza todos os processos e no fim são armazenadas para posteriormente serem enviadas para a PBA. Os magazines, nome dado ao receptáculo usado para armazenar as placas, provenientes do setor AIM são colocados na *loader*. Esse equipamento carrega e envia as placas para o processo seguinte, uma por uma, usando o método de absorção de vácuo. O primeiro processo na linha SMT consiste em aplicar adesivo nos pontos que receberão os componentes SMD. A máquina responsável por esse processo é denominada *printer*. Após a *printer* existe a *glue dispenser* que é uma máquina que desempenha a mesma função que a *printer* de aplicar adesivo na placa. A *glue dispenser* é considerada um *backup* da *printer* pois o seu tempo de ciclo é muito maior que a da *printer*. Ela é utilizada apenas em casos especiais, como quando não é possível, com a *printer*, cobrir todos os pontos necessários ou quando ela está inoperante.

Na etapa seguinte são inseridos os componentes SMD por meio de duas máquinas denominadas *standard mounter* e *flexible mounter*. O que diferencia as duas são os tipos de componentes que cada uma utiliza na sua operação, a *standard mounter* opera com componentes menores como capacitores e resistores e a *flexible mounter* opera com componentes de porte médio e grande. Assim como no setor AIM, os componentes são enviados do estoque em rolos de fitas. E esses são alimentados nas duas máquinas. Anexado à *flexible mounter*, existe a máquina *tray feeder*, e o seu objetivo é inserir o Circuito Integrado (CI), gravado previamente na sala de gravação de memória. A figura 9 mostra a placa após o processo de inserção dos componentes SMD.



Figura 9: Placa após o processo de inserção dos componentes SMD.

Após inserir os componentes SMD a etapa seguinte consiste numa inspeção visual automática dos componentes inseridos na placa. Esta inspeção é realizada pela máquina M-AOI através da comparação de imagens registadas no momento do teste com imagens previamente arquivadas que servem como padrão para a comparação. Caso a máquina M-AOI identifique algum problema na inspeção, a placa não conforme é separada automaticamente em uma máquina denominada *NG buffer*. Caso não seja identificado nenhum problema na inspeção, a placa segue para o processo de soldagem na máquina de solda. A figura 10 mostra a placa após o processo de soldagem dos componentes SMD.



Figura 10: Placa após o processo de soldagem dos componentes SMD.

Após a soldagem dos componentes SMD a etapa seguinte consiste em outra inspeção visual automática dos componentes soldados. Esta inspeção é realizada pela máquina S-AOI. Assim como na máquina M-AOI, a S-AOI compara as imagens registadas no momento do teste com imagens previamente arquivadas que servem como padrão para a comparação. Caso a máquina S-AOI identifique algum problema na inspeção, a placa não conforme é separada automaticamente em outra máquina *NG buffer*. Caso não seja identificado nenhum problema na inspeção S-AOI, a placa finalizada segue para o último processo do setor SMT, a máquina *unloader* onde é feita a armazenagem das placas automaticamente em magazines e posteriormente esses magazines são designados à área de estoque do setor SMT.

Após receber as placas do setor SMD, o setor PBA inicia a sua produção. Assim como no SMD, uma única linha realiza todos os processos e no fim as placas são armazenadas para posteriormente serem enviadas para a *main line*.

A primeira parte do processo consiste na inserção manual dos componentes restantes, isso é feito por quatro operadoras (figura 11), em sequência é realizada uma inspeção visual automática dos componentes inseridos na placa. Esta inspeção é realizada pela máquina *i-cop* através da comparação de imagens registradas no momento do teste com imagens previamente arquivadas que servem como padrão para a comparação. A máquina *i-cop* é mostrada na figura 12.



Figura 11: Inserção Manual da PBA.



Figura 12: Máquina *i-cop*.

Após a revisão no *i-cop*, a placa é liberada para aplicação de fluxo, antes de entrar na máquina de solda. A função do fluxo é remover a fina camada de óxido que se forma na superfície a ser soldada criando um bom contato metal-metal. Esse fluxo é aplicado em forma de *spray* (figura 13).



Figura 13: Máquina de aplicação de fluxo.

Após a aplicação do fluxo, a placa segue para a máquina de solda e em sua saída passa por um túnel de ventilação para o resfriamento da mesma (figura 14).



Figura 14: Máquina de solda do setor PBA.

Na etapa seguinte a placa passa para o posto de revisão para ser realizada a revisão de solda por uma operadora denominada revisora. Após a revisão a placa é testada na máquina *In-Circuit Tester* (ICT), onde são verificados possíveis problemas de curto ou de componentes danificados (figura 15).



Figura 15: Revisão de solda e teste na máquina ICT.

Em seguida a placa é testada por outro equipamento denominado FPT ou FT (*Function Tester*), onde é feito o teste funcional da placa, além do teste funcional nessa etapa é feito o desmembramento das placas através de um *jig* específico (figura 16). Esse desmembramento faz-se necessário pois as placas vem em *blanks* e cada um contém duas placas.



Figura 16: Máquina FPT e jig de desmembramento de placas.

Por último, após o teste funcional e desmembramento das placas, é aplicado silicone nos componentes que podem sofrer alguma movimentação e ocasionar defeitos na placa, além de ser aplicada uma etiqueta de identificação em cada placa para então serem armazenadas e alocadas no estoque da PBA para depois serem entregues à *main line*. A figura 17 mostra a placa após o fim das atividades no processo da PBA e onde são alocadas.



Figura 17: Placa após aplicação de silicone e etiqueta de identificação armazenadas na *box*.

A Figura 18 mostra um pequeno layout da organização da linha PBA-04.

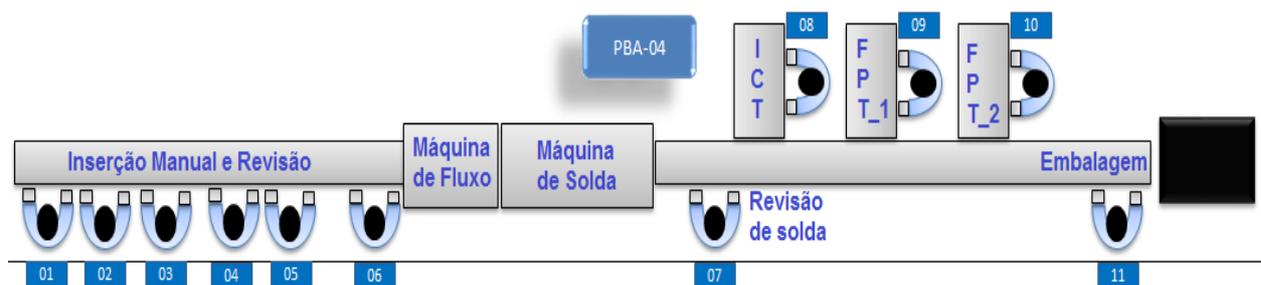


Figura 18: *Layout* da linha PBA-04.

## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO INICIAL

Neste capítulo é identificado como é feita a manutenção dos equipamentos e dos dispositivos usados na linha objeto de estudo desta dissertação. São também identificados os equipamentos que estão envolvidos na implementação dos pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planeada, além de como o setor responsável pela manutenção desses equipamentos está organizado.

### 4.1 A Função manutenção na empresa

Diferentes departamentos dão suporte à produção em relação aos equipamentos e máquinas uma vez que esta é uma empresa altamente automatizada. No caso da linha PBA-04, onde são produzidas as placas de ar condicionado, a esteira, a máquina de fluxo e a máquina de solda são de responsabilidade do departamento de manutenção, o *i-cop* é de responsabilidade da produção, os equipamentos de teste (ICT e FPT) são de responsabilidade do departamento de engenharia de circuito e o computador de *output* de placas e a impressora que gera as etiquetas de identificação são de responsabilidade do departamento GMES.

Para a escolha dos equipamentos alvos da implementação da metodologia TPM relativo aos pilares de Manutenção Autônoma e de Manutenção Planeada, foram selecionados os equipamentos que afetam diretamente o desempenho da produção, equipamentos que se apresentarem algum tipo de falha causam paragens no processo imediatamente. Assim, a equipa responsável pela manutenção desses equipamentos tem muito pouco tempo para corrigir os problemas para que a paragem do equipamento comprometa a produção da menor forma possível. Portanto, os equipamentos escolhidos são os equipamentos de teste ICT e FPT.

O organograma da engenharia de circuito referente à divisão ar condicionado, que é o departamento responsável pela manutenção dos equipamentos de teste da linha PBA-04 ICT e FPT, pode ser visualizado na figura 19.

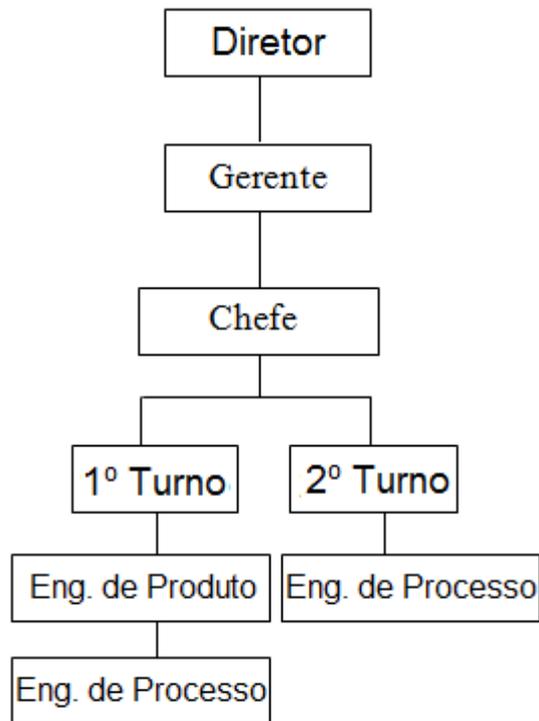


Figura 19: Organograma da engenharia de circuito, divisão ar condicionado.

Observando o organograma nota-se que no 1º turno dois engenheiros dão suporte à produção, sendo que o engenheiro de produto só atua no trabalho de manutenção quando não há introdução de novos modelos. No 2º turno apenas um engenheiro atua no suporte à produção, não somente na PBA, mas em todos os processos que envolvem o produto ar condicionado. Fica evidente que o número de funcionários indiretos (engenheiros) é insuficiente para uma boa gestão da manutenção, pois além de desenvolver as atividades relacionadas com a manutenção corretiva e preventiva, atividades como a redução no índice de defeitos e melhorias no processo também são de responsabilidade do departamento de engenharia de circuito.

Nesse cenário a implementação do pilar de manutenção autónoma torna-se fundamental, pois alivia um pouco o trabalho da engenharia para que possam realizar mais trabalhos em manutenção preventiva. Apesar da metodologia TPM no âmbito da empresa ser desconhecida, algumas atividades que aludem à manutenção autónoma são realizados por operadores mais experientes como a resolução de alguns problemas de baixa complexidade. Esses ensinamentos foram passados pelos engenheiros ao operador no momento da realização do trabalho de manutenção corretiva, quando esse julga que o operador é capaz de realizar determinada atividade.

## 4.2 Equipamentos objeto de estudo

Os equipamentos de teste ICT e FPT estão dispostos na linha PBA-04 e são responsáveis por fazer os testes nas placas de ar condicionado antes de serem enviadas à *main line*. Os equipamentos estão posicionados de forma a obedecer a sequência correta de testes.

### 4.2.1 ICT

O ICT, também chamado de AT-01, é um equipamento de teste de comparação que verifica se a placa em teste possui as mesmas características que a placa padrão através de agulhas que atuam como pontas de prova de um multímetro. Basicamente esse equipamento realiza dois tipos de teste, o primeiro denominado *short/open* verifica se há problemas de curto ou de circuito aberto por meio da medição da resistência. Na figura 20 é ilustrado um exemplo de falhas de *short/open*.

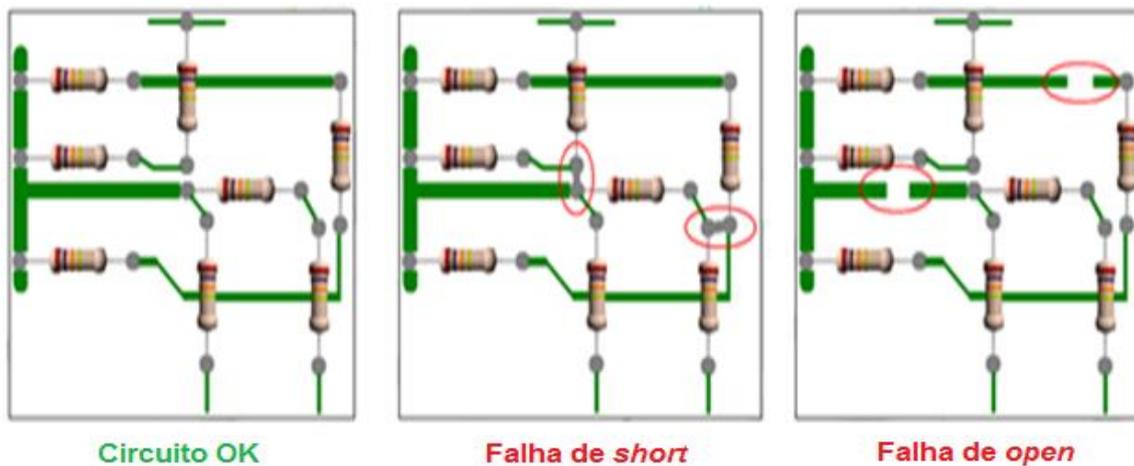


Figura 20: Falhas de *short/open*.

O segundo tipo de teste verifica se existe inserção errada, falta de inserção na placa e se o valor medido de componentes como resistores, capacitores, indutores, diodos e transistores está correto em comparação com o valor de entrada. Todos os modelos de placas de ar condicionado são testados nesse equipamento.

A figura 21 mostra o fluxograma do funcionamento do teste do ICT.

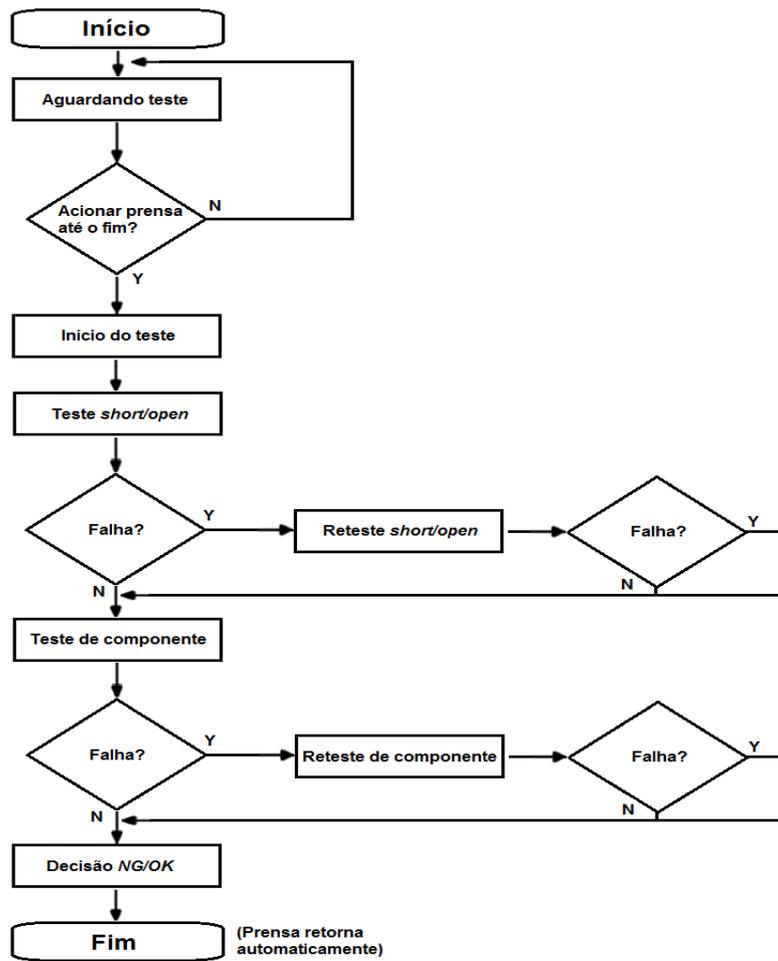


Figura 21: Fluxograma do funcionamento do teste do ICT.

O ICT com as suas principais partes destacadas é apresentado na figura 22.



Figura 22: ICT.

Esse equipamento foi projetado por um fornecedor a partir das necessidades da empresa. Foram entregues placas padrões de todos os modelos existentes assim como todas as características necessárias tais como segurança, botoeiras de acionamento bi-manual, etc. O equipamento utiliza uma cama de agulhas denominada *fixture* para medir todos os pontos necessários na placa a ser testada. O teste é realizado por meio do acionamento bi-manual que movimentam a prensa superior de forma a pressionar a placa contra o *fixture* (figura 23) e no final do seu curso inicia o teste automaticamente. No término do teste, a parte superior retorna automaticamente para a sua posição inicial. O equipamento possui uma pequena impressora caso seja necessário imprimir o resultado dos testes que não foram aprovados, a impressão contém informações dos pontos ou componentes que apresentaram divergências, facilitando o trabalho do técnico da linha.

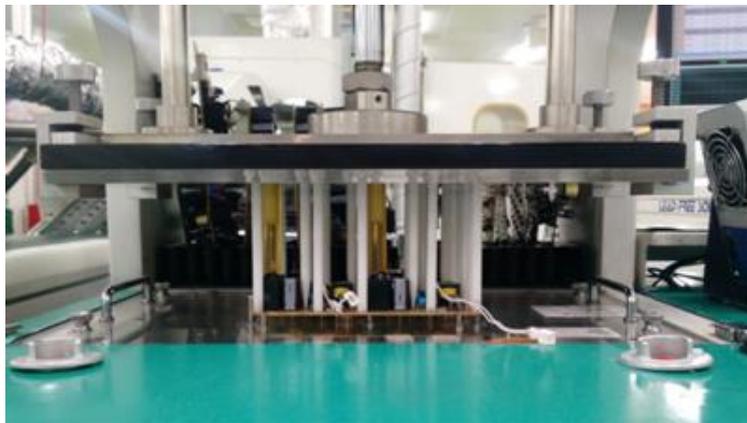


Figura 23: *Fixture* e prensa superior do ICT.

A movimentação da prensa superior é realizada por meio de um cilindro pneumático. Faz parte do equipamento um sistema de alimentação a ar comprimido que permite o funcionamento desse cilindro (figura 24).



Figura 24: Cilindro pneumático e entrada do ar comprimido do ICT.

Em conjunto com o equipamento há um computador responsável por todo o controlo do teste, interpretação das medições e pela interface visual para facilitar sua operação.

Na figura 25 é mostrado um resumo da relação dos diferentes componentes atuantes no teste do ICT.

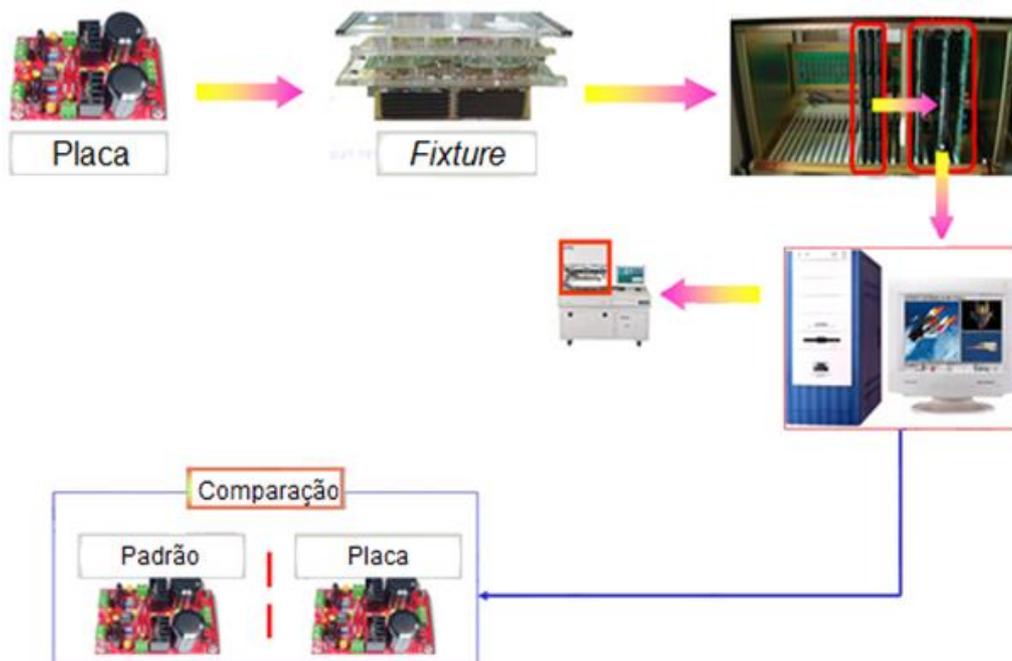


Figura 25: Resumo do funcionamento do ICT.

A conexão do *fixture* com o computador dá-se através de conectores de 100 pinos cada que são conectados manualmente pelo operador. Ao todo são seis conectores existentes, porém o número de conectores utilizados varia de acordo com o modelo de *fixture*. Na figura 26 são mostrados os conectores do ICT que são conectados ao *fixture*.



Figura 26: Conectores de 100 pinos do ICT.

Os principais motivos de paragens não programadas do ICT, segundo entrevista com os operadores e com o departamento responsável pela manutenção do equipamento, são:

- Mau contacto nas agulhas do *fixture*;
- Deformação nas agulhas do *fixture*;
- Mau contacto nos conectores de 100 pinos do *fixture*;
- Falha devido o teste de placa carregada (isso ocorre quando a placa é testada no FPT e retorna para ser testada no ICT);
- Erro na seleção do programa correto;
- Falha no sistema operacional do computador;
- Problema nos botões de acionamento bi-manual.

Enquanto o equipamento está em teste, o operador realiza uma inspeção visual na placa seguinte com o objetivo de identificar qualquer tipo de falha antes de colocá-lo em teste, em seguida, após o fim do teste o operador retira a placa do equipamento, faz a identificação de que a placa foi testada no ICT e coloca na esteira transportadora para a etapa seguinte.

#### 4.2.2 FPT

O FPT possui muitas semelhanças com o ICT, além da aparência algumas funções são idênticas, a começar pelo acionamento do teste que também utiliza uma prensa superior para pressionar a placa contra o *fixture* por meio de controle bi-manual. O funcionamento dessa prensa também é pneumático por meio de cilindros. O FPT com as suas principais partes destacadas é esboçado na figura 27.



Figura 27: FPT.

A principal diferença entre o ICT e o FPT é relativa à sua função, o FPT realiza o teste funcional da placa, aferindo se ela é capaz de realizar todas as funções para a qual foi projetada. Na figura 28 é ilustrado o fluxograma do *software* do FPT.

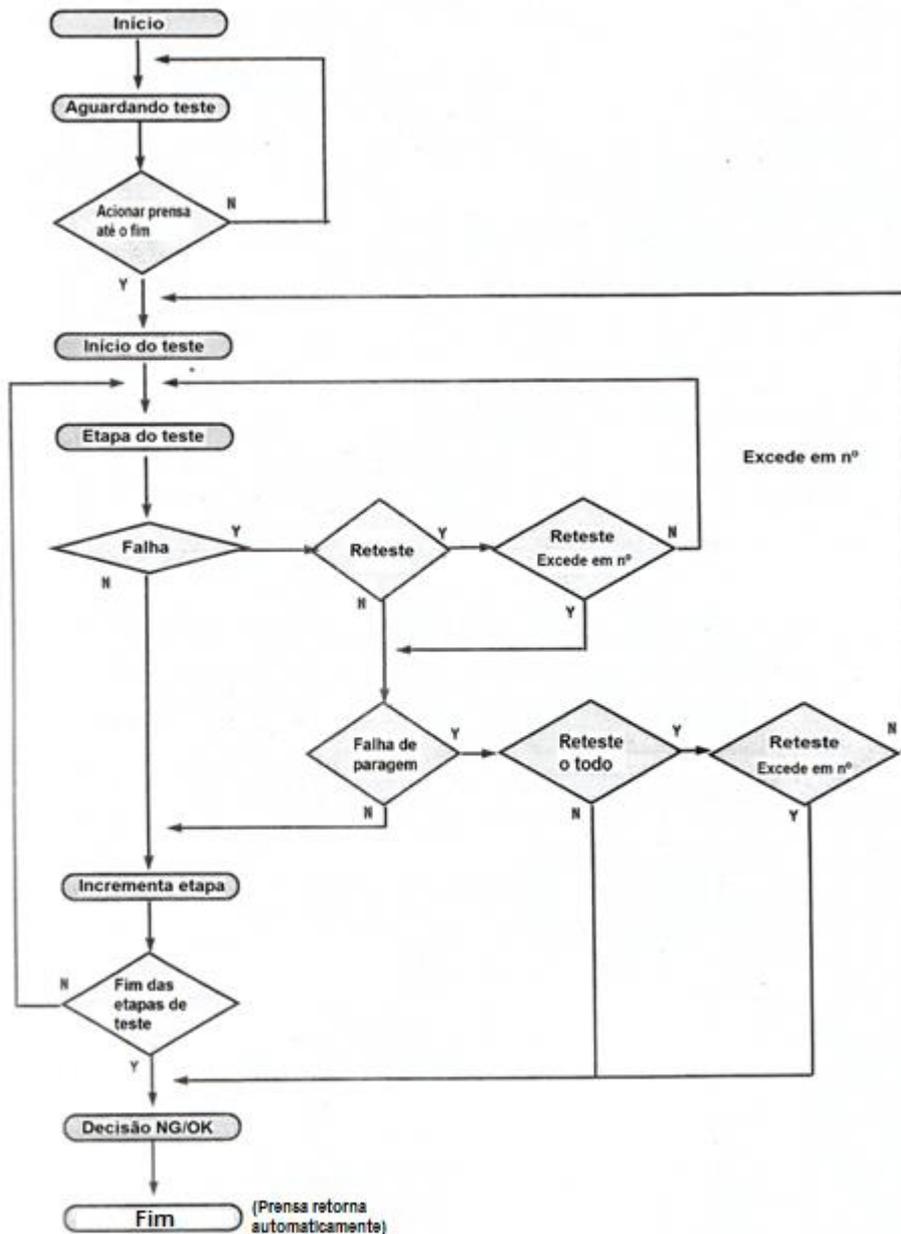


Figura 28: Fluxograma de teste do FPT.

Na PBA-04 atualmente utiliza-se dois equipamentos FPT e apenas um ICT. A necessidade de existir dois FPT dá-se pelo facto do seu teste ter um ciclo maior do que no ICT, afetando o *Takt Time* da linha diretamente. Sendo assim, para manter a fluidez optou-se por instalar um

segundo equipamento FPT. A figura 29 mostra o posicionamento dos equipamentos na linha PBA-04.



Figura 29: Posicionamento do ICT e dos dois FPT na linha PBA-04.

Internamente o equipamento conta com dois multímetros que realizam as medições. Assim como no ICT, o FPT possui um computador responsável por todo o controlo do teste, interpretação das medições e pela interface visual para facilitar sua operação. O controle do acionamento da prensa superior é realizada por um Controlador Lógico Programável (CLP) previamente programado. Na figura 30 é mostrado o FPT internamente destacando as principais partes, i.e., os módulos, CLP, multímetros e computador.



Figura 30: FPT internamente.

A figura 31 mostra o diagrama do sistema FPT.

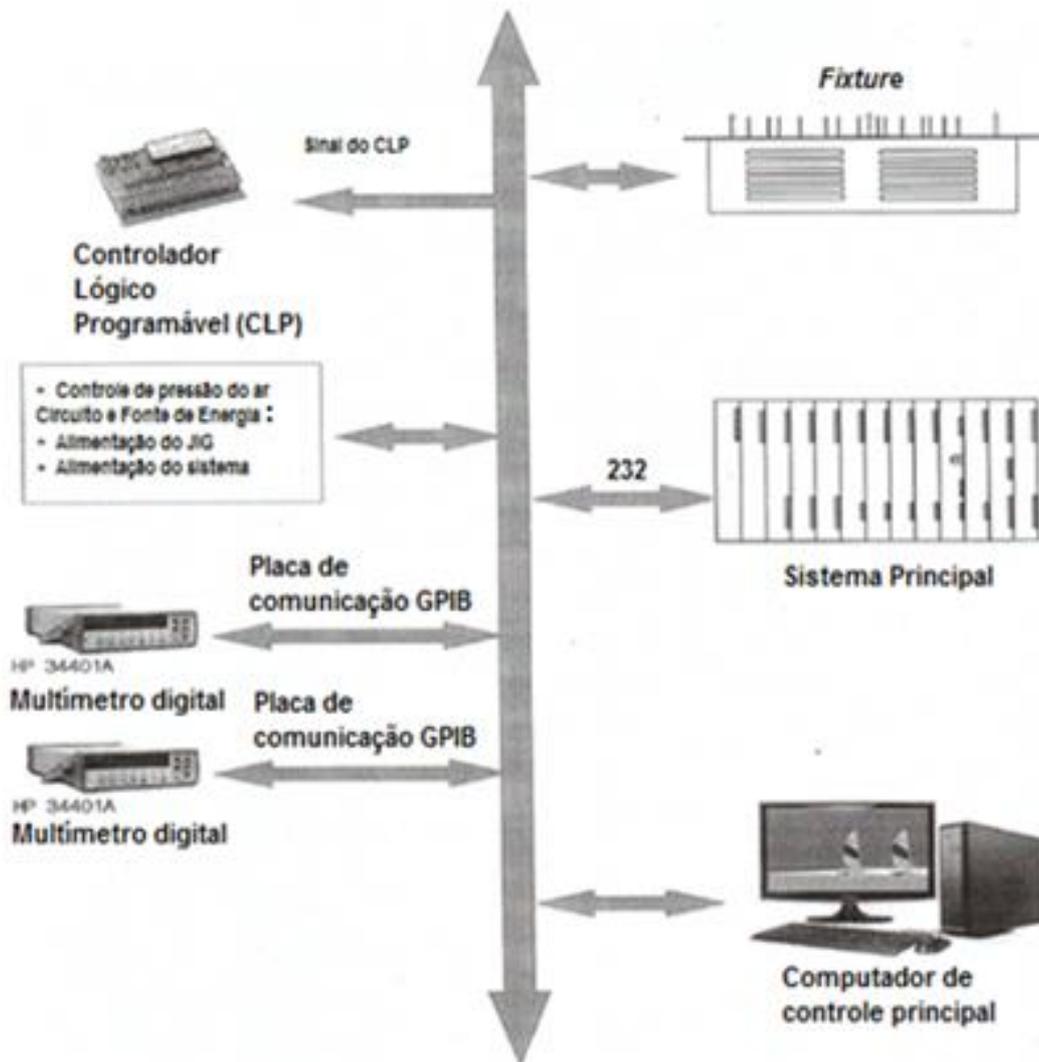


Figura 31: Diagrama do FPT.

Assim como no ICT a conexão do *fixture* com o computador dá-se através de conectores de 100 pinos cada, porém o acoplamento desses conectores é feito automaticamente por meio de controle pneumático através do acionamento manual de um botão, o desacoplamento ocorre da mesma forma. Ao posicionar o *fixture* no FPT o operador pressiona o botão verde para acoplar o *fixture* no equipamento, para desacoplar é necessário pressionar o botão vermelho, ambos os botões citados estão destacados na figura 32.

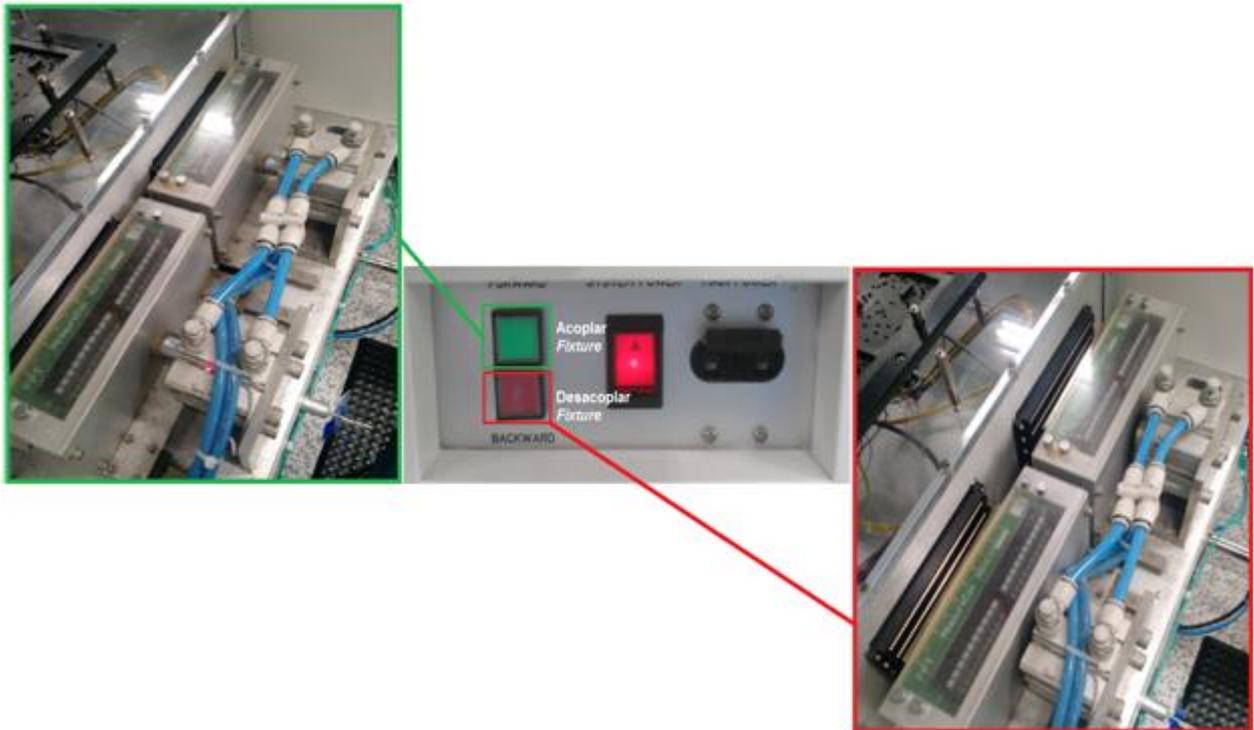


Figura 32: Controles de acoplamento do *fixture* no FPT.

Os principais motivos de paragens não programadas do FPT, tal como no ICT, em grande maioria, baseiam-se em problemas no *fixture* e nos conectores de 100 pinos. São eles:

- Mau contacto nas agulhas do *fixture*;
- Deformação nas agulhas do *fixture*;
- Mau contacto nos conectores de 100 pinos do *fixture*;
- Erro na seleção do programa correto.

Enquanto o equipamento está em teste, o operador realiza uma inspeção visual na placa seguinte com o objetivo de identificar qualquer tipo de falha antes de colocá-la em teste, em seguida, após o fim do teste o operador retira a placa do equipamento, faz a identificação de que a placa foi testada no FPT, realiza o desmembramento das placas e coloca na esteira transportadora para a etapa seguinte que consiste na aplicação de silicone, etiqueta de identificação e armazenamento.

### 4.3 Gestão da manutenção

Ao longo desta secção analisa-se como se realiza a gestão dos equipamentos de teste da PBA-04.

#### 4.3.1 Procedimentos e planeamento da manutenção

Pode-se dizer que os equipamentos de teste da linha PBA-04 não possuem um planeamento de manutenção adequado. Apesar de planeamento ser algo de extrema importância para uma boa gestão dos equipamentos, isso não é realizado de forma satisfatória. Atualmente o suporte é feito somente quando há a solicitação por parte da produção. Isso se deve ao facto do número de colaboradores ser insuficiente para uma melhor gestão da manutenção fazendo com que toda a atenção esteja voltada para a *main line*. Outro agravante é o facto do horário de produção da PBA ser diferente do setor *main line*, enquanto a PBA trabalha em turnos que abrangem os sábados a *main line* produz em horário comercial o que faz com que aos sábados não exista suporte para a PBA uma vez que a engenharia acompanha o horário da *main line*.

A manutenção preventiva é realizada somente no período de férias coletivas, ou seja, a cada seis meses, onde é feito um cronograma de atividades para a realização dos trabalhos com o intuito de prevenir os equipamentos de apresentarem problemas até o próximo período de férias dos colaboradores.

#### 4.3.2 Monitoração e controlo da manutenção

Na PBA-04 não há nenhum histórico de intervenções de manutenção seja preventiva ou corretiva. Isso impede uma análise na quantidade de falhas e da natureza dos mesmos, assim como a realização de análise de indicadores.

Cada equipamento contém um *checklist* diário que é preenchido pelo operador no início do turno para certificar que o equipamento está em perfeito estado de utilização antes de iniciar a produção. Entretanto, o que acontece é que o preenchimento desse *checklist* é feito na maioria das vezes de forma inadequada, muitas das vezes o funcionário apenas preenche o *checklist* no seu 1º intervalo, ou preenche quando há uma cobrança de um inspetor da qualidade que é o responsável por verificar se os *checklists* foram preenchidos no dia, ou preenchem de qualquer maneira apenas para se livrar desse trabalho o mais rapidamente possível. Observou-se que apesar da PBA produzir em dois turnos, só havia *checklist* para o 1º turno, o 2º turno não realizava esse procedimento. Outro problema foi a falta de padronização nos próprios *checklists*, havia diferentes tipos de *checklist* para um mesmo tipo de equipamento, como no

caso do *checklist* dos dois equipamentos FPT. No anexo I é mostrado os *checklists* atuais dos três equipamentos de teste da PBA-04.

Os manuais técnicos dos equipamentos ficam na posse do departamento de engenharia de circuito que possui um exemplar impresso de cada equipamento, além de contar com uma versão digital do manual do equipamento ICT. Na figura 33 pode-se observar os manuais do ICT e FPT em seu formato original.

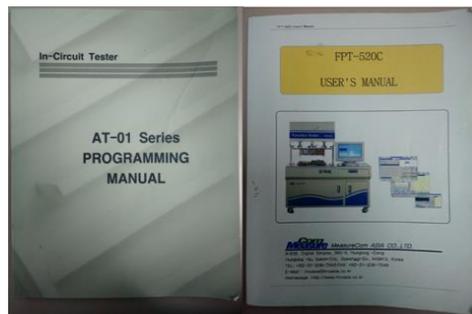


Figura 33: Manuais dos equipamentos ICT e FPT.

Existe na empresa um programa de gestão documental responsável por armazenar as instruções de trabalho elaboradas pelo departamento de engenharia de circuito de forma a disponibilizar esses documentos para qualquer pessoa que tenha acesso à essa plataforma. Cada posto de trabalho deveria possuir a sua instrução de trabalho, porém no FPT 2 não existe instrução de trabalho no posto e as instruções do ICT e FPT 1 apesar de estarem presentes estão desatualizadas ou sem o registo de formação para todos os funcionários que operam atualmente esses equipamentos. No anexo II pode-se observar o estado das instruções de trabalho encontradas no cenário atual e no anexo III os registros de formações dos equipamentos. Os *checklists* e as instruções de trabalho, quando disponíveis, estão posicionadas em local de fácil acesso na lateral de cada equipamento como mostra a figura 34.



Figura 34: Localização dos *checklists* e instruções de trabalho dos equipamentos.

### 4.3.3 Gestão de materiais

No departamento da engenharia existe uma área exclusiva para alocação de materiais de reposição. Nessa área, denominada *spareparts*, há uma pessoa responsável pela gestão desses itens. Porém o cadastro de novos itens é da responsabilidade de cada equipa de engenheiros de processo assim como a definição da quantidade do *stock* de segurança. O responsável pelo *spareparts* tem a função de manter o *stock* dos itens cadastrados superior ao limite mínimo de segurança requerido, esse controle é feito por meio de uma lista onde cada item retirado deve ser registado pela pessoa que retirou. Todos os dias essa lista é recolhida e os levantamentos de materiais são lançados numa folha de cálculo em excel contendo as quantidades e informações de todos os materiais existentes no *spareparts*. Além disso, uma vez por mês é feito um inventário para aferir as quantidades dos materiais.

Sempre que se necessita de algum item do *spareparts*, o requerente deve se deslocar até o *spareparts* e solicitar do responsável. Na figura 35 pode-se visualizar a lista de controle feita no excel dos itens de reposição referentes aos equipamentos de teste da PBA, observa-se que alguns itens estão abaixo do *stock* de segurança.

CONTROL SPARE PART LIST - AIRCON															
Item	CIS Code	IMK Code	Description (Inglês)	Specification	Description (Português)	Where use?	Price (USD)	Stock	Stock Atual	Need	Status	Valor	UN	Photo	Localização
1	-	9957013800	HDD	-	HDD	IN/OUT	75,16	5	0	5	NG	375,8	PC		-
2	Q390-064450	4302360500	DISPLAY TOUCH	CT1721C: VISUAL TOUCH CONTROLLER	Tela de Toque LCD	OUT	368,11	6	8	-2	OK	-736,22	PC		Spare Part ENG
3	Q390-039455	3302338300	Sensor Amp	E3C-LD1112M OMRON	Sensor Amplificado de leitura do RPM	IN	134,38	4	3	1	NG	134,38	PC		Arsário - Spare Part
4	Q410-035383	4107725810	Power Meter	KDX-BYC 500V, 5A	Medidor de Watts	IN	134,18	1	1	0	OK	0	PC		-
5	-	4300102500	Barcode Printer Head	[20-2208-01] 406dpi 4406 DATAMAX	Cabeça da Impressora da Label Box	IN/OUT	1070,25	2	2	0	OK	0	PC		Arsário - Spare Part
6	-	4302379400	Barcode Printer Head	406dpi EASYCODER PX41 INTERMEC	Cabeça da Impressora das Labels	IN/OUT	455,74	2	0	2	NG	911,48	PC		-
7	Q390-046270	3302338200	Sensor Head	[E3C-LD1112M] OMRON	Cabeça do Sensor Medidor de RPM (Rotações por minuto)	IN	128,33	5	4	1	NG	128,33	PC		-
8	Q430-037685	9940853300	Multi Monitor Module	[MULTI-2CH] MULTI-USB VIDEO CARD, HOT-PLUG, USB HUB 2PC/RT, 1400x1050dpi	Multi Monitor de entrada USB e saída VGA	OUT	167,02	2	2	0	OK	0	PC		Spare Part ENG
9	Q390-044936	4108223100	Pressure Transducer	[P201H V0035KCOD] T35kg/cm2, 4720mA	Medidor de Pressão de Gás	OUT	141,20	3	3	0	OK	0	PC		Spare Part do Aircon - Proteção
10	-	4302720700	Barcode Printer	EASYCODER PX41 406dpi INTERMEC	Impressora da Sala de Etiqueta do Aircon	IN/OUT	2611,79	1	1	0	OK		PC		-

Figura 35: Lista de controle dos itens de reposição referentes aos equipamentos de teste da PBA.

## **5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA**

Ao longo do capítulo 5 é descrita a implementação dos pilares de manutenção autónoma e de manutenção planeada, destacando as formações realizadas aos colaboradores. Também são apresentadas soluções para os problemas descritos no capítulo 4, assim como algumas propostas de melhoria.

### **5.1 Implementação da manutenção autónoma**

A implementação da manutenção autónoma nos equipamentos de teste da linha PBA-04 seguiu um plano pré-definido onde foram determinadas todas as fases do projeto e o que seria necessário realizar em cada uma delas. O projeto baseou-se nos sete passos da manutenção autónoma. O primeiro passo consistiu na implementação dos 5S visando a limpeza dos equipamentos selecionados eliminando todo o pó e a sujeira. No segundo passo buscou-se eliminar possíveis fontes de sujeira e pó de modo a prevenir sua dispersão, melhorar a acessibilidade para a limpeza e com isso otimizar o tempo de limpeza. No terceiro passo foi feito um levantamento através de entrevistas aos operadores e verificação dos equipamentos pela engenharia a respeito dos problemas existentes com o objetivo de eliminá-los e deixar as máquinas em perfeito estado de operação. O quarto passo consistiu em treinar os operadores a respeito da manutenção autónoma, foi elaborado um plano geral das atividades a serem realizadas, além da definição dos tempos e dos recursos necessários. O quinto passo foi a implementação da manutenção autónoma onde foi feito o acompanhamento da realização das atividades de manutenção autónoma planeadas. O sexto passo focou-se na padronização por meio da gestão visual do local de trabalho de forma a tornar mais visível os eventos e ao mesmo tempo acompanhar as atividades de manutenção autónoma. Por fim na fase sete procedeu-se à análise dos resultados obtidos.

Para que as formações necessárias à implementação do pilar de Manutenção Autónoma atingissem os objectivos e metas estabelecidos, foi elaborado um cronograma de formação para os operadores de produção e para os líderes de produção do primeiro e do segundo turno. As formações definidas como sendo necessárias foram:

- Formação sobre os 5S;
- Formação sobre o ICT;
- Formação em Manut. Autónoma;
- Formação sobre o FPT.

O cronograma de formações é apresentado no quadro 13.

Quadro 13: Cronograma de formações.

Cronograma de Formações – Segundo semestre de 2015						
Formação	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total (horas)
5S	21	-	-	-	-	2
Manutenção Autónoma	28	-	-	-	-	2
ICT	-	4	-	-	-	2
FPT	-	4	-	-	-	2
					Total	8

#### 5.1.1 Formação e implementação dos 5S

A empresa procura manter a organização e a limpeza adotando uma ferramenta denominada PRO-3M<sup>+</sup> que possui sua definição como sendo uma ferramenta de inovação para obter o máximo de eficiência do sistema homem/máquina e para eliminar os desperdícios. Por meio dessa ferramenta os conceitos da metodologia 5S são aplicados. Complementando a metodologia 5S, também é adotada a metodologia 3R (*Right product, Right quantity, Right location*) que contribui para a organização do ambiente de trabalho. Em diversos meios de comunicação internos como painéis e televisores os conceitos e os objetivos da ferramenta PRO-3M<sup>+</sup> são expostos aos funcionários. Em reunião realizada com os operadores dos equipamentos de teste da linha PBA-04 foi feito um levantamento a respeito do entendimento de cada um sobre o assunto em questão, o resultado foi que todos possuíam uma grande noção sobre os 5S, entretanto esse conhecimento não era colocado em prática. Com base nisso, foi realizado uma formação onde foi utilizado o material da própria empresa para ensinar os operadores sobre o PRO-3M<sup>+</sup>. No Anexo IV é possível visualizar o conteúdo da apresentação teórica a respeito da ferramenta PRO-3M<sup>+</sup> e das metodologias 5S+3R. Além disso, as condições atuais da área de trabalho de cada equipamento foram expostas por meio de fotografias aos presentes. Na figura 36 pode-se observar a condição em que o ICT se encontrava.



Figura 36: ICT antes da aplicação dos 3'S.

Antes da limpeza e arrumação executadas havia vários itens como papéis, ferramentas, material de limpeza e placas que não necessitavam estar dispostos da maneira que estavam. Após essa primeira reunião, os operadores foram convidados a praticar os três primeiros S's referentes à triagem, organização e limpeza. Em seguida foi realizada uma nova reunião com os funcionários ilustrando o antes e o depois da aplicação dos 3 S's e foi explicado a importância dos 2 S's restantes referentes à padronização e disciplina que destaca a necessidade da prática diária da conservação para que os resultados alcançados não retornassem à condição anterior. Na figura 37 pode-se observar o ICT após a aplicação dos 3S's.



Figura 37: ICT após a aplicação dos 3'S.

As placas de teste utilizadas como padrão foram separadas e organizadas num local próximo de melhor acesso e sem risco de sofrerem quedas como acontecia quando estavam dispostas no equipamento ICT. Na figura 38 é ilustrada a nova área de armazenamento das placas padrões de teste.



Figura 38: Nova área de armazenamento das placas padrões de teste.

Os dois equipamentos de teste funcional FPT 1 e FPT 2 também foram alvo da realização de atividades de limpeza e organização. As condições encontradas nestes equipamentos eram parecidas com as do ICT. Foram encontradas ferramentas, materiais de limpeza e itens de uso pessoal dos colaboradores armazenados em local inapropriado, além de sujeira excessiva. As figuras 39 e 40 resumem a situação antes da intervenção dos colaboradores nos equipamentos.



Figura 39: FPT 1 antes da aplicação dos 3'S.

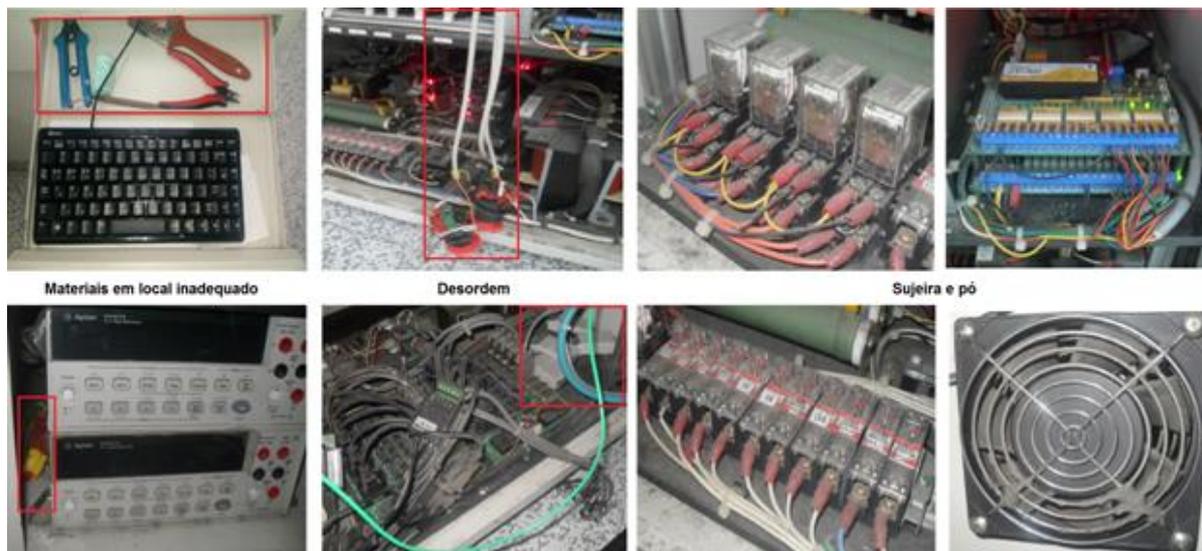


Figura 40: FPT 2 antes da aplicação dos 3'S.

Com a implementação dos 3 S's foram eliminados os itens que se encontravam em locais inadequados e foi efetuada a limpeza geral das duas máquinas. As figuras 41 e 42 ilustram a situação depois da implementação dos 3 S's.



Figura 41: FPT 1 após a aplicação dos 3'S.



Figura 42: FPT 2 após a aplicação dos 3'S.

Com a aplicação dos 3 S's houve de facto uma melhora no ambiente de trabalho. Diversos itens não condizentes com a operação realizada foram realocados ou descartados. Também foi disponibilizado dois pontos de pistola a ar comprimido (figura 43) para auxiliar na limpeza dos equipamentos a pedido da produção, os dois pontos estão dispostos no ICT e no FPT 2.



Figura 43: Pistolas a ar comprimido para auxílio na limpeza dos equipamentos da PBA 04.

### 5.1.2 Melhorias nos equipamentos e processo

Nesta etapa foi feita uma análise dos problemas evidenciados pelos operadores por meio de entrevista individual e pela observação e análise da engenharia de cada equipamento. A seguir serão relatados os problemas levantados e a solução dos mesmos de forma a melhorar e a facilitar o trabalho dos operadores das máquinas.

#### *Dificuldade no setup de modelos*

Um dos principais problemas identificado pelos operadores, principalmente os com pouco tempo na empresa, foi a falta de informação quanto aos modelos existentes produzidos e quais *fixtures* utilizar em cada modelo. Isso interferia diretamente no tempo de *setup* pois o operador não tinha a informação de qual *fixture* correto a ser utilizado no modelo seguinte, necessitando buscar orientação com o líder do processo ou de outro funcionário mais experiente.

Com base nisso, foi elaborado um quadro relacionando todos os modelos de placas produzidos na linha atualmente com o seu *fixture* correspondente e disponibilizado em cada equipamento para servir de consulta quando necessário. Na figura 44 pode-se observar o documento disponibilizado à produção.

Lista de modelos e fixtures do RAC\_2015

<b>Tipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Fixture</b>	<b>OBS</b>
Main	DB93-10859A	DB41-00971A	
	DB93-10859D		
	DB93-10859L		
	DB93-12825P		
	DB93-10860A	DB41-00973A	
	DB93-10860B		
	DB92-03443G	DB41-01292A	ICT = 12R-STD3 FPT = 14R_MAIN_DLX-3
DB92-03467A	DB41-01296A	14R_STD_5_BLDC	
Display	DB93-11009A	DB41-00866A	
	DB93-10861A	DB41-01017A	
HVPS	DB93-11027A	DB41-01021A	

Elaborado por: Fernando San Martin

Figura 44: Documento relacionando o modelo com o seu respectivo *fixture*.

Outro problema relatado foi a falta de organização e a existência de muitos modelos repetidos ou modelos não utilizados que atrapalhavam na escolha do modelo correto a ser produzido no programa de cada máquina.

Sendo assim, foi solicitado à engenharia que solucionasse essa questão realizando a organização de forma a facilitar o *setup* nos equipamentos de teste. Na figura 45 é mostrado o antes e o depois da organização dos modelos de teste no ICT.

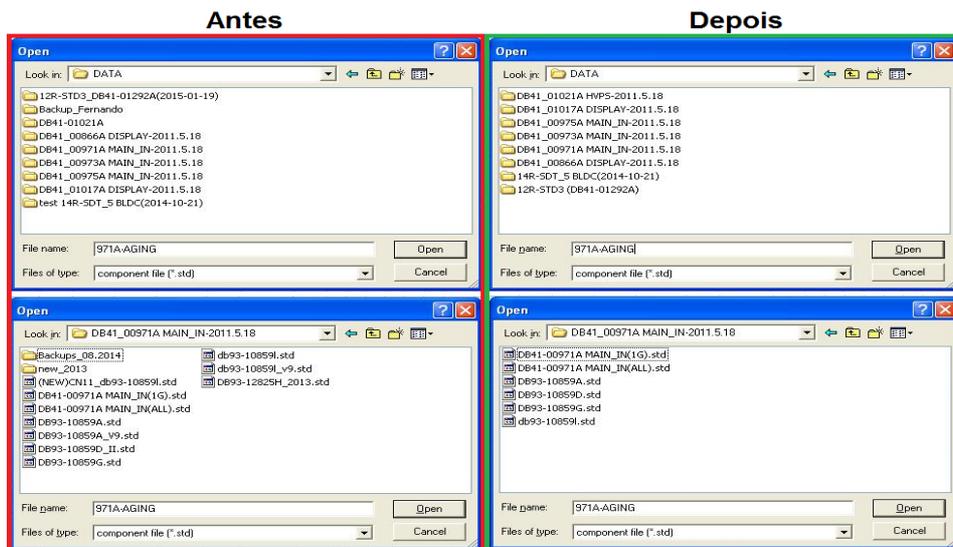


Figura 45: Antes e depois da organização dos modelos no ICT.

Na figura 46 pode-se ver o mesmo trabalho realizado para os equipamentos FPTs.

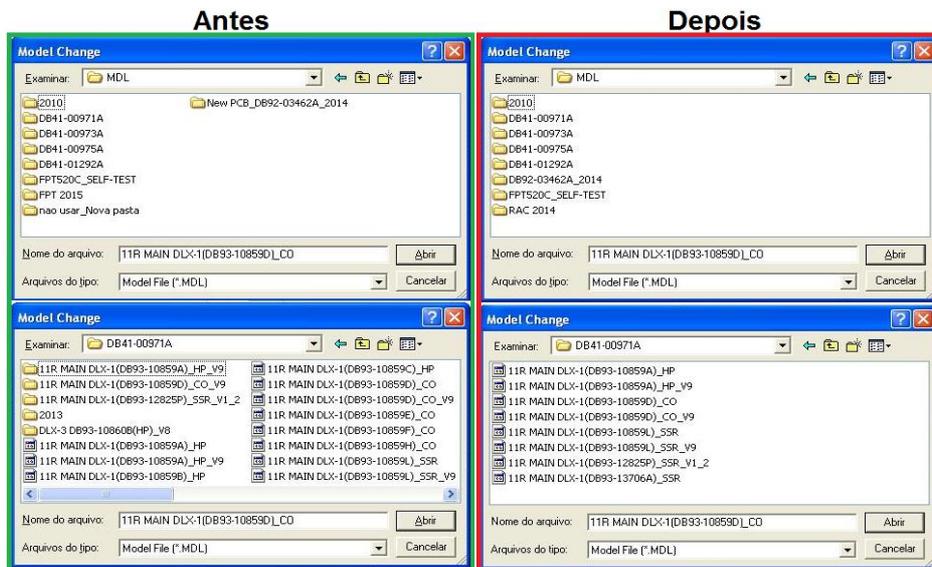


Figura 46: Antes e depois da organização dos modelos no FPT.

### **Checklists**

Para a melhoria em relação aos *checklists* dos equipamentos foi realizada uma reunião com os funcionários para explicar a importância do preenchimento do *checklist* de forma correta, evitando que os mesmos fossem preenchidos de qualquer forma e que deixasse de ser considerado como uma atividade que não agrega valor algum. Também foi realizada a padronização e atualização no conteúdo dos *checklists*, além de adicionar um campo para que o segundo turno também realizasse o preenchimento do *checklist*, diferentemente da situação anterior onde apenas o primeiro turno realizava o preenchimento do *checklist*. No anexo V é possível visualizar o novo *checklist* de preenchimento diário elaborado.

### **Instruções de trabalho**

Para a melhoria em relação às instruções de trabalho dos equipamentos foi solicitado ao departamento de engenharia de circuito a atualização das instruções de trabalho e o treinamento aos funcionários que operam essas máquinas, além de disponibilizar as novas instruções no programa de gestão documental responsável por armazenar as instruções de trabalho para facilitar o acesso em caso de perda. Também foi solicitado uma lista do departamento de produção dos funcionários titulares de cada equipamento em cada turno assim como de um funcionário de reserva para cada equipamento para que tanto os titulares quanto os funcionários de reserva recebam a formação adequada. No anexo VI é possível visualizar as novas instruções de trabalho elaboradas pelo pessoal da engenharia de circuito e no anexo VII os respectivos registros de formação de cada uma das instruções.

### **Botões de acionamento bi-manual do ICT**

Outro problema sinalizado na entrevista com os operadores a respeito dos problemas nos equipamentos refere-se ao acionamento bi-manual do equipamento ICT. Os operadores solicitaram a troca dos botões de acionamento pelo mesmo utilizado no FPT 1, que utiliza um tipo de botão que oferece uma melhor ergonomia. Na figura 47 pode-se observar o botão utilizado anteriormente e o novo tipo de botão de acionamento.



Figura 47: Antes e depois da troca dos botões de acionamento bi-manual do ICT.

### *Falha no sistema operacional do computador*

Esse foi um problema sinalizado pelo departamento de engenharia de circuito, onde eventualmente os computadores das máquinas de teste apresentam algum problema no seu sistema operacional, ocasionando a paragem de linha devido à necessidade de tentar fazer a restauração do sistema operacional ou, quando não há outra possibilidade, preparar um novo *hard drive* para substituir o existente que apresentou problema.

Como esse problema ocorre independentemente da manutenção preventiva, optou-se por fazer *backups* dos *hard drives* das três máquinas de teste e deixá-los no próprio computador para facilitar na hora da manutenção. Esse *backup* é feito através de um software que realiza um clone do *hard drive* desejado. Na figura 48 pode-se visualizar os *hard drives* titular e reserva do computador da máquina ICT.

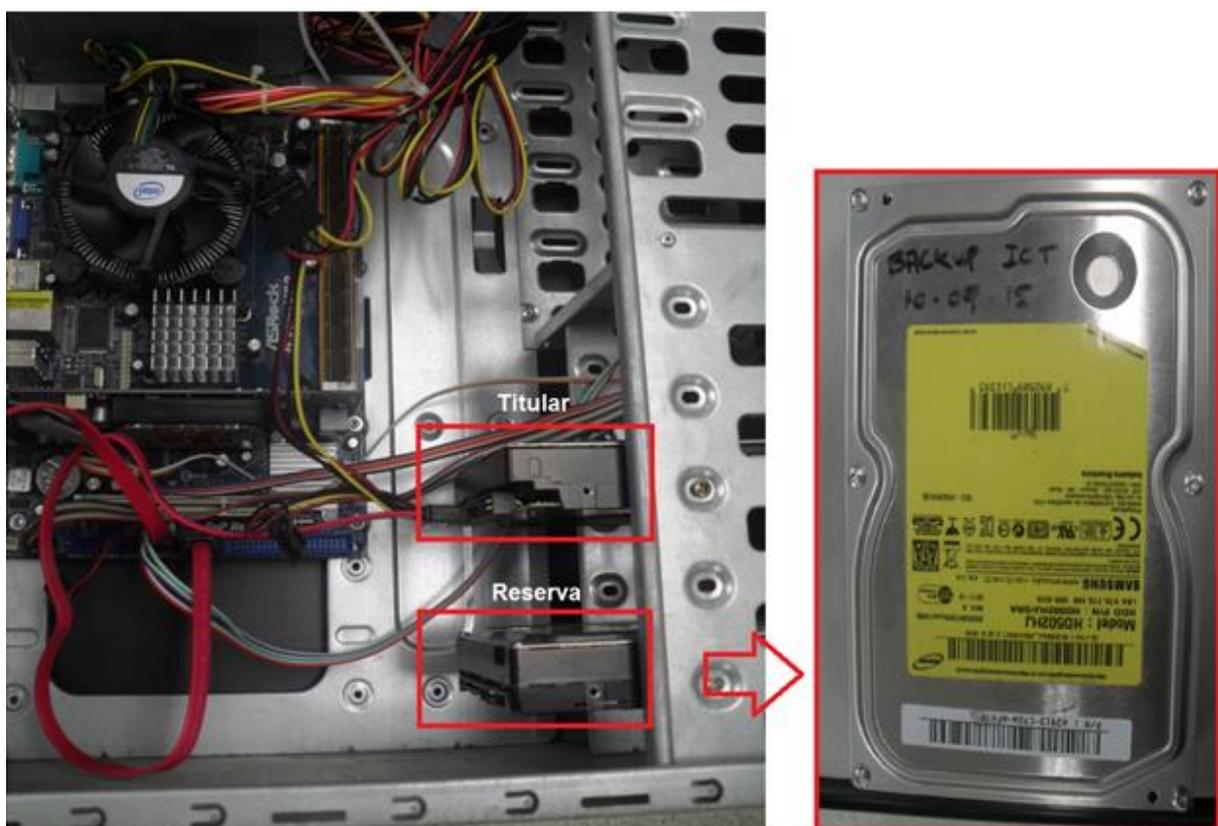


Figura 48: *Hard drives* do computador ICT.

### 5.1.3 Formação em manutenção autónoma

A formação envolve a aquisição de competências por parte dos trabalhadores para levar a cabo uma revisão geral do equipamento com base em normas e manuais. Ela exige a participação dos trabalhadores na formação teórica e prática de manutenção autónoma. Após a realização de formações aos operadores de máquina, estes passam a realizar atividades simples relacionadas com a manutenção dos equipamentos.

Para a formação, foi realizada uma apresentação ministrada aos colaboradores sobre a metodologia TPM com particular ênfase na manutenção autónoma explicando alguns conceitos e a importância desse tipo de manutenção. O objetivo principal foi o de proporcionar o entendimento necessário aos envolvidos sobre a manutenção autónoma uma vez que os mesmos não possuíam esse conhecimento. Além disso, a formação possibilitou ainda ouvir a opinião dos operadores e das suas dificuldades. No Anexo VIII é possível analisar o conteúdo da apresentação teórica.

Foi explicado como funcionaria a manutenção após as alterações realizadas e foi apresentada as normas para a limpeza, inspeção e manutenção, onde os operadores puderam retirar as suas dúvidas e sugerir algumas pequenas alterações. Oito colaboradores participaram na formação sobre manutenção autónoma, sendo seis operadores e dois líderes de linha compreendendo os dois turnos de produção. No decorrer da formação surgiram questões sobre as novas responsabilidades que seriam assumidas pelos colaboradores, como por exemplo, se haveria tempo suficiente para realizar as atividades de manutenção autónoma, uma vez que, segundo os próprios operadores não há tempo nem sequer para fechar a produção diária. No entanto, foi usado o argumento de que se as atividades de manutenção autónoma fossem realizadas corretamente o número de paragens diminuiria dando espaço para a realização das atividades preventivas.

Após finalizado a formação teórica, realizou-se uma formação prática no posto de trabalho acompanhando a realização das atividades de manutenção. Através desta formação prática foram definidos os tempos de realização de cada uma das atividades de manutenção em conjunto com os operadores, além da disponibilização das ferramentas necessárias.

Como os dois tipos de equipamentos são muito semelhantes em termos de manutenção e operação, as normas de limpeza, inspeção e manutenção são praticamente iguais. No quadro 14 é possível visualizar a distribuição das tarefas de manutenção autónoma diárias do ICT após o término de cada turno.

Quadro 14: Distribuição das tarefas de manutenção autónoma diárias do ICT.

<b>Atividade</b>	<b>Duração da atividade (min)</b>
Limpar a máquina em geral*	2
Verificar visualmente o estado dos conectores de 100 pinos. Utilizar o limpador de contatos caso necessário	1
Verificar o estado das agulhas do fixture quanto a deformações e sujeira. Utilizar a mangueira de ar caso necessário	1
Verificar se existem fugas de ar nos vários componentes pneumáticos	1
Realizar o <i>self-test</i> no equipamento	1
Realizar o teste dos relés do equipamento	1
Verificar se os grampos de sustentação da prensa superior estão firmemente fixados	1

\*Realizar esta atividade com o equipamento completamente desligado e somente no segundo turno.

No quadro 15 apresenta-se a distribuição das tarefas de manutenção autónoma diárias do FPT e os respetivos tempos para a realização das tarefas.

Quadro 15: Distribuição das tarefas de manutenção autónoma diárias do FPT.

<b>Atividade</b>	<b>Duração da atividade (min)</b>
Limpar a máquina em geral*	2
Verificar visualmente o estado dos conectores de 100 pinos. Utilizar o limpador de contatos caso necessário	1
Verificar o estado das agulhas do fixture quanto a deformações e sujeira. Utilizar a mangueira de ar caso necessário	1
Verificar se existem fugas de ar nos vários componentes pneumáticos	1
Verificar se os grampos de sustentação da prensa superior estão firmemente fixados	1

\*Realizar esta atividade com o equipamento completamente desligado e somente no segundo turno.

#### 5.1.4 Formação relativa aos equipamentos ICT e FPT

Em complemento à formação relativa ao pilar de Manutenção Autónoma, foi realizado também formação específica sobre os equipamentos de teste ICT e FPT com o objetivo de ampliar o conhecimento do equipamento a quem os opera. A formação foi teórica e prática supervisionada pela equipa de engenharia de circuito. Assim como na formação relativa às atividades de limpeza e inspeção, houve questionamentos quanto à viabilidade da realização de atividades extras, entretanto foi informado que apenas pequenas reparações de grau baixo ou moderado seriam realizadas pelos operadores.

Foi elaborada uma lista que relaciona os problemas que ocorrem mais comumente com as consequências observadas e com as ações que devem ser tomadas quanto ao ICT (quadro 16) e FPT (quadro 17).

Quadro 16: Problemas mais comuns no ICT.

No.	Problema	Ação
1	Sem imagem no monitor	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar se o monitor está ligado.</li><li>- Verificar o cabo de alimentação do monitor.</li><li>- Verificar o cabo de vídeo entre o monitor e o computador.</li></ul>
2	Prensa superior não atua	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar as conexões pneumáticas.</li></ul>
3	Teste não apresenta valores de medição	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar se o <i>fixture</i> está conectado ao equipamento.</li></ul>
4	Alteração no valor medido no teste	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar a conexão da agulha.</li><li>- Trocar a agulha.</li><li>- Realizar <i>self-test</i>.</li><li>- Realizar o teste de relés.</li></ul>
5	Teste não inicia automaticamente	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar se o modo automático está habilitado.</li></ul>
6	Prensa superior não retorna automaticamente	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar se o modo retorno automático está habilitado.</li></ul>
7	Teclado/Mouse não atua	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar conexão com o computador.</li></ul>
8	Equipamento danificando a placa	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verificar o posicionamento do <i>fixture</i>.</li></ul>

Quadro 17: Problemas mais comuns no FPT.

No.	Problema	Ação
1	Sem imagem no monitor	- Verificar se o monitor está ligado. - Verificar o cabo de alimentação do monitor. - Verificar o cabo de vídeo entre o monitor e o computador.
2	Prensa superior não atua	- Verificar as conexões pneumáticas. - Verificar se o <i>fixture</i> está conectado ao equipamento.
3	Teste não apresenta valores de medição	- Verificar se os multímetros estão ligados. - Verificar o funcionamento dos multímetros após iniciado o teste.
4	Alteração no valor medido no teste	- Verificar a conexão da agulha. - Trocar a agulha.
5	Teste não inicia automaticamente	- Verificar se o modo automático está habilitado.
6	Prensa superior não retorna automaticamente	- Verificar o cabo DIO do computador
7	Teclado/Mouse não atua	- Verificar conexão com o computador.

Os defeitos encontrados pelo operador da máquina que pode ser resolvido facilmente devem ser eliminados imediatamente pelo próprio operador. Para defeitos que necessitam a intervenção do pessoal da engenharia de circuito foi elaborada uma ficha onde serão preenchidas as informações do problema e da respetiva solução. A ficha contém duas partes diferenciadas por cores. A parte azul destina-se a ser preenchida pelos operadores e a parte verde é preenchida pelo colaborador da engenharia que resolveu o problema. Ficou convencionado em reunião que essa ficha será recolhida mensalmente pelo líder da linha que passará para o formato digital e enviará para o pessoal de engenharia para serem analisadas e arquivadas. A ficha de preenchimento pode ser visualizada no quadro 18.

Quadro 18: Ficha de preenchimento de anormalidades.

<b>FICHA DE ANORMALIDADES</b>					
<b>Equipamento:</b>			<b>Mês de referência:</b>		<b>Ano: 2015</b>
<b>Nr.</b>	<b>Operador</b>	<b>Data de Notificação</b>	<b>Descrição do Problema</b>	<b>Solução</b>	<b>Data da Eliminação do Problema</b>

Para assegurar o cumprimento das atividades de manutenção autónoma foi elaborado um documento para preenchimento por parte dos operadores, ou seja, uma folha de verificação diária. O operador deve concluir a atividade e assinalar na caixa adequada. No anexo IX é possível visualizar as folhas de verificação de manutenção autónoma do ICT e dos FPTs.

## **5.2 Implementação da manutenção planeada**

Para a implementação do pilar de manutenção planeada foi realizada uma reunião com o departamento de engenharia de circuito para definir as atividades de prevenção. Como dito anteriormente no item 4.3.1 o planeamento da manutenção baseia-se nos períodos de paragem da produção, bem como nas datas de férias coletivas. Com isso os períodos entre as intervenções de manutenção eram demasiadamente longos fazendo com que o equipamento ficasse mais suscetível a falhas e quebras.

Um ponto positivo relacionado com a manutenção planeada é referente aos *fixtures* dos equipamentos, estes possuem um planeamento que é realizado tendo como responsável o departamento de produção. Na figura 49 pode-se visualizar o cronograma semanal de intervenções de manutenção dos *fixtures* da PBA. Esse cronograma e as atividades são realizados por um único funcionário e abrange todas as linhas da PBA.

Cronograma de manutenção de jigs								
ARCON/ICTs e APTs			W37					RESP.
Item	Modelo jig	Codigo do JIG	SEG 7-Sep	TER 8-Sep	QUA 9-Sep	QUI 10-Sep	SEX 11-Sep	
1	BN41-00973A-59A/59L/60B	ICT-01		OK				GUARACY
2		FPT-01		OK				GUARACY
3		FPT02		OK				GUARACY
4								
5	BN41-00971A-59D/25P	ICT-01		OK				GUARACY
6		FPT-01		OK				GUARACY
7		FPT-02		OK				GUARACY
8								
9	DB92-03467A	ICT-01			OK			GUARACY
10		ICT-02			OK			GUARACY
11		FPT-01			OK			GUARACY
12		FPT-02			OK			GUARACY
13								
15	DB41-01292A	ICT-01				PL		GUARACY
16		ICT-02				PL		GUARACY
17		FPT-01				PL		GUARACY
18		FPT-02				PL		GUARACY
19								

Figura 49: Cronograma de intervenções de manutenção dos *fixtures* da PBA .

Além do cronograma de manutenção preventiva existe também, para os *fixtures*, o histórico de intervenções de manutenção corretiva. O histórico pode ser visualizado no anexo X.

Na reunião realizada com o departamento de engenharia de circuito foi elaborado um novo plano de manutenção preventiva trimestral tomando como base o planeamento já existente semestral (anexo XI) e acrescentando novas atividades preventivas julgadas necessárias. O objetivo principal foi o de encurtar o tempo entre as intervenções de manutenção uma vez que, por entendimento da equipa de engenharia, o planeamento anterior era considerado insuficiente para evitar falhas que aconteciam por falta de manutenção preventiva no tempo correto pois o intervalo entre as intervenções de manutenção era demasiadamente longo. Como não há folga e nem é possível a realização de horas extras, ficou decidido que as intervenções de manutenção seriam realizadas nos horários de almoço e jantar da linha para o 1º e 2º turno respetivamente. O novo planeamento pode ser visualizado no anexo XII. Por se tratar de uma organização de nível mundial tendo os seus superiores a nível de diretoria em

sua grande parte formada por estrangeiros, optou-se por realizar o cronograma na língua inglesa. Para o controlo das atividades, após a realização de cada atividade de manutenção, deve-se marcar o cumprimento das atividades para a saúde do sistema de manutenção planeada. Para isso, a versão impressa foi disponibilizada em cada posto de trabalho para além de também existir a versão digital disponível no servidor da engenharia de circuito de forma a estar acessível a todos os membros da equipa de engenharia. Outro ponto importante na implementação do pilar da manutenção planeada foi a conscientização acerca dos registos de anomalias, utilizando-se o histórico de falhas gerado com o preenchimento do registo de anomalias apresentadas pelos equipamentos pela equipa de engenharia passa-se a controlar o processo por meio de indicadores de manutenção adequando-se as tarefas de manutenção planeadas às análises dos indicadores de manutenção de forma a maximizar a eficácia dos equipamentos.

### **5.3 Avaliação do desempenho da manutenção**

Um dos principais problemas identificados no capítulo 4 foi a impossibilidade de criação de indicadores de manutenção devido a falta de registos de dados.

Para isto, foram criadas fichas de preenchimento mensais para cada equipamento de forma a se obter um histórico das atividades de manutenção realizadas. No fim de cada mês as fichas são recolhidas e registadas em formato digital pelos líderes de linha e enviadas ao pessoal de engenharia para que possam analisar toda a informação. Além disso, é fundamental a realização das atividades de manutenção autónoma pelos operadores. Sendo assim, para que seja possível obter maior controlo sobre a realização das tarefas de manutenção autónoma sugeriu-se que o inspetor da qualidade tenha a responsabilidade de verificar diariamente o cumprimento da realização das atividades de manutenção autónoma uma vez que é o responsável por verificar o preenchimento dos *checklists*.

Até ao momento da realização da dissertação apenas foi possível recolher e analisar a informação do primeiro mês após a implementação da manutenção autónoma e planeada, no entanto faz-se necessário a continuidade do trabalho realizado para que se obtenha dados concretos que ao serem analisados ilustrem o desempenho do processo.

Ao nível da gestão da manutenção também se verificaram alguns pontos passíveis de melhoria para que o departamento de engenharia pudesse gerir e organizar o trabalho de forma mais eficiente.

Inicialmente fez-se necessário formar o pessoal de engenharia quanto à gestão da manutenção de forma a se obter maior empenho tanto na realização das atividades de manutenção planeadas, quanto no preenchimento das fichas de anomalias após a realização das atividades de manutenção corretivas. Assim, para facilitar a monitorização e controlo da realização das atividades de manutenção, tornou-se necessário a adoção de indicadores de manutenção. Inicialmente sugeriu-se o uso dos seguintes indicadores:

### **MTBF**

O indicador tempo médio entre avarias (*mean time between failures* – MTBF) exprime o tempo médio entre duas avarias consecutivas, ou seja, o tempo que decorre entre o final da última avaria e o início da avaria seguinte. O MTBF para um determinado período pode ser calculado segundo a fórmula:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Número total de falhas}}$$

### **MTTR**

O indicador tempo médio de reparação do sistema (*mean time to repair* – MTTR) expressa o tempo médio necessário para que o equipamento volte ao seu estado de funcionamento. O MTTR para um determinado período pode ser calculado segundo a fórmula:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tempo total de inatividade}}{\text{Número total de falhas}}$$

## **6. RESULTADOS OBTIDOS**

Neste capítulo serão apresentados os resultados alcançados com a implementação dos pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planeada nos equipamentos de teste da linha PBA-04 e das formações realizadas.

### **6.1 5S**

A metodologia japonesa 5S é tão importante que é considerada por muitos autores como o alicerce para a implementação do TPM. Com a realização da formação foi possível reforçar os conceitos e objetivos dessa metodologia que não são de total desconhecimento dos funcionários, uma vez que todos ao serem contratados passam por uma integração que possui duração de uma semana onde são realizados diversas formações incluindo a formação a respeito dos 5S, além das informações disponíveis serem expostos nos diversos meios de comunicação internos.

Com a formação e implementação dos 5S foi possível observar a necessidade de orientação contínua aos funcionários até que os mesmos tomassem para si como hábito os ensinamentos dessa metodologia.

Na formação foi compreendido pelos operadores, principalmente após serem apresentadas por meio de fotografias as condições anteriores de limpeza e organização da área de trabalho de cada equipamento executados pelos funcionários, a importância da higiene e da organização do seu local de trabalho para o bom fluxo das suas atividades com a execução dos três primeiros "S" (Seiri, Seiton e Seiso).

No fim todos adquiriram os conhecimentos necessários para a realização dos 5S. Através da organização mitigou-se perdas quanto à localização de ferramentas e através da limpeza apresentou-se a todos um ambiente saudável e higiênico.

### **6.2 Manutenção autônoma**

A implementação da manutenção autônoma no processo produtivo aconteceu ao primeiro momento de forma satisfatória com a compreensão e o comprometimento dos funcionários sendo o envolvimento da alta gerência fundamental por esses dois aspetos, uma vez que as

decisões *top-down* possuem impacto significativo nas equipes. Como o próprio nome sugere a formação em manutenção autónoma buscou a autonomia dos operadores na realização das atividades preventivas nos equipamentos mostrando-os a importância dos aspetos relativos a esse tipo de manutenção.

Sendo este pilar considerado como o mais importante, a formação realizada forneceu todas as informações necessárias de modo a não deixar dúvidas sobre o trabalho que passaria a ser realizado. Com a formação em TPM e conseqüentemente em manutenção autónoma, os funcionários passaram a entender a metodologia antes desconhecida por eles e a praticar as atividades predefinidas em conjunto com a equipe de engenharia relativas às normas de limpeza, inspeção e manutenção, de forma eficiente. O facto de se sentirem envolvidos no processo como um todo, pois um dos conceitos do TPM refere-se à total participação de todos os funcionários e de todos os departamentos e não apenas de operar a máquina, motivou-os para a realização das tarefas.

### **6.3 Formação acerca dos equipamentos ICT e FPT**

A formação específica acerca dos equipamentos de teste ICT e FPT foi um complemento à manutenção autónoma de forma a criar operadores especializados no equipamento com o objetivo de proteger o seu próprio equipamento. O facto dos operadores já serem experientes facilitou a formação pois algumas atividades já eram realizadas por eles por já conhecerem algumas falhas simples e suas soluções. Outras falhas um pouco mais complexas, porém possíveis de serem solucionadas pelo pessoal de produção, de acordo com a engenharia de circuito, foram exemplificadas na formação acerca dos equipamentos, principalmente na formação prática onde foram feitas simulações dos problemas mais comuns.

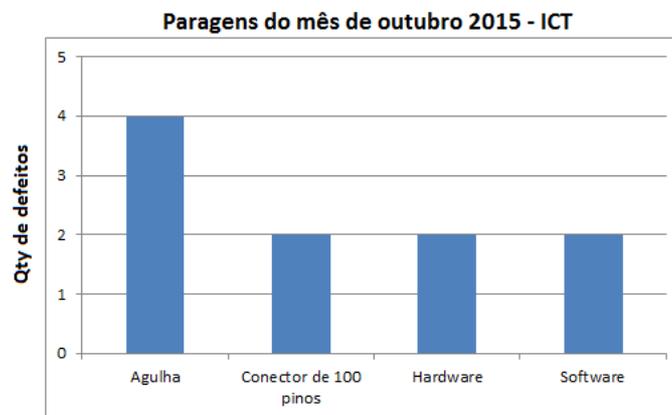
Além das simulações, os quadros 16 e 17 que relacionam os problemas mais comuns e possíveis soluções nos equipamentos de teste foram de grande ajuda, segundo a opinião dos operadores. O acompanhamento inicial do pessoal de engenharia contribuiu para tornar os operadores mais confiantes e motivados para a realização da manutenção autónoma. Nas formações foi enfatizado os direitos e deveres dos funcionários na implementação da manutenção autónoma, sendo considerado como deveres o correto preenchimento dos *checklists* no início dos turnos, a realização das atividades autónomas e o preenchimento da folha de verificação diária dessas atividades ao fim dos turnos e o preenchimento da ficha de

anormalidades quando essas existirem. E os direitos entendem-se como sendo o acesso às instruções de trabalho atualizadas, formações periódicas e a manutenção de seus equipamentos conforme o cronograma de intervenções de manutenção planeada de forma a garantir a maximização da eficácia do equipamento.

Após as formações aos operadores foram analisadas as fichas de anormalidades dos equipamentos referentes ao mês de outubro (anexos XIII e XIV) onde foram verificadas a quantidade de defeitos apresentados e o tempo de paragem de cada equipamento. No gráfico 1 pode ser observado a quantidade de defeitos apresentados pelo ICT para o mês de outubro.

Gráfico 1: Quantidade de paragens do ICT em outubro de 2015.

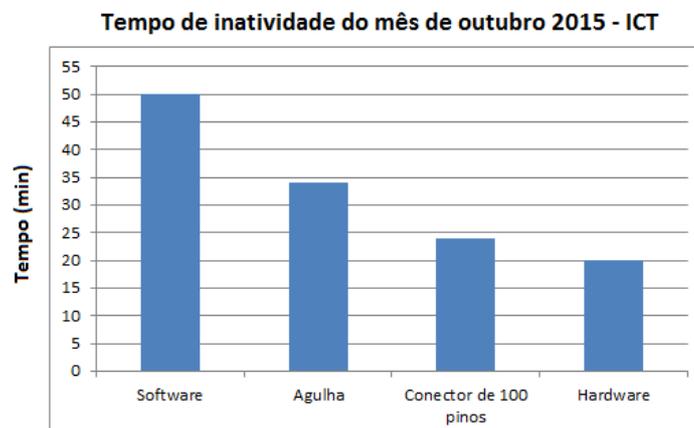
(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento)



No gráfico 2 pode ser observado o tempo que o equipamento ICT ficou inoperante conforme o tipo de defeito apresentado para o mês de outubro.

Gráfico 2: Tempo inativo do ICT em outubro de 2015.

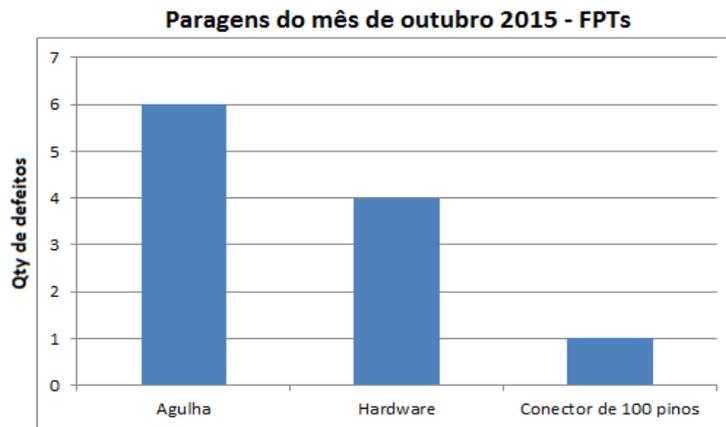
(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento)



No gráfico 3 pode ser observado a quantidade de defeitos apresentados pelos equipamentos FPT 1 e FPT 2 para o mês de outubro.

Gráfico 3: Quantidade de paragens dos FPTs em outubro de 2015.

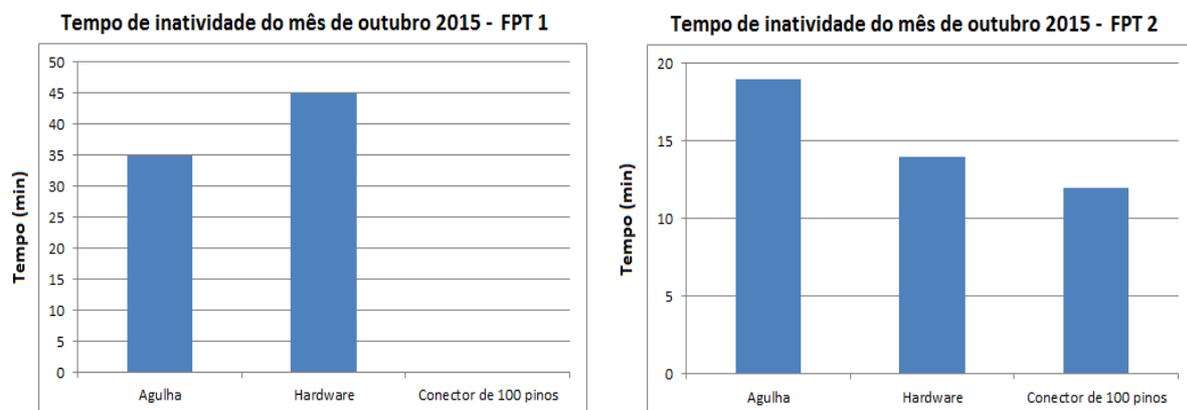
(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento)



No gráfico 4 pode ser observado o tempo que os equipamentos FPT 1 e FPT 2 ficaram inoperantes conforme o tipo de defeito apresentado para o mês de outubro.

Gráfico 4: Tempo de inatividade dos FPTs em outubro de 2015.

(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento)



## 6.4 Manutenção planeada

A implementação da manutenção planeada nos equipamentos de teste da linha PBA-04 visou possibilitar uma maior confiabilidade dos equipamentos do processo produtivo. Sendo assim, realizou-se uma reestruturação na gestão da manutenção preventiva, tanto através do encurtamento no intervalo das intervenções de manutenção, como nas atividades necessárias para manter os equipamentos no seu estado ideal de operação. Além disso, aumentar a

disponibilidade das máquinas e procurar alcançar o custo de manutenção ideal, reduzir o estoque de peças de reposição e melhorar a confiabilidade e facilidade de manutenção das máquinas são outros objetivos adquiridos ao implementar de forma satisfatória a manutenção planeada.

Com a manutenção planeada deixa-se de realizar um trabalho quase que em sua totalidade reativo para um proativo e o pessoal de manutenção passa a ajudar a formar os operadores para melhor manter os equipamentos fazendo-os executar as condições básicas de manutenibilidade, bem como esforçar-se na identificação precoce de indícios de anormalidades nos equipamentos durante a produção e correta operação, eliminando-os. Fazendo isto o pessoal de engenharia responsável pela manutenção dos equipamentos obtêm mais tempo para realizar as atividades de manutenção planeada uma vez que esse tipo de manutenção requer pessoal treinado e completamente dedicados a esta atividade. Esta afirmação pôde ser confirmada ao se analisar que as intervenções de manutenção estavam sendo realizadas conforme o plano de manutenção preventiva trimestral.

Pode então dizer-se que esta formação contribuiu para instruir os envolvidos a seguir à risca um processo de planeamento disciplinado de forma a fornecer dados para a avaliação da gestão da manutenção por meio de indicadores de manutenção como os popularmente conhecidos MTBF e MTTR.

## **6.5 Indicadores de manutenção**

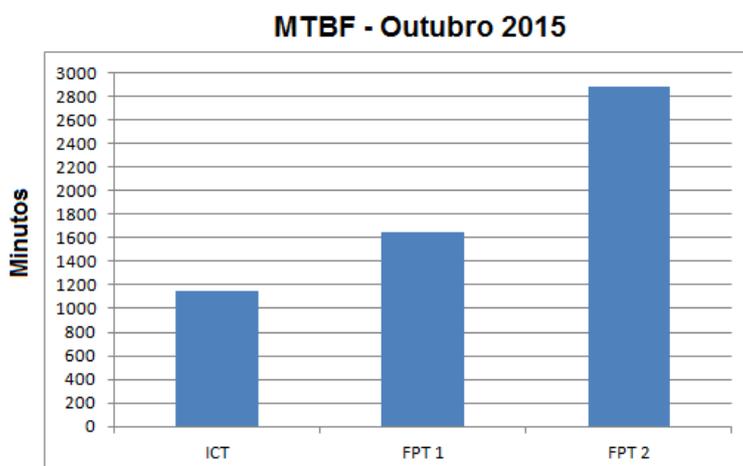
É importante analisar o processo por meio de indicadores de manutenção. Nesta análise foi considerado o primeiro mês após a implementação dos projetos pilotos de manutenção autónoma e manutenção planeada.

### **6.5.1 MTBF**

O primeiro indicador a ser analisado é o MTBF. No gráfico 5 pode ser observado os valores de tempo médio entre falhas de cada equipamento para o mês de outubro.

Gráfico 5: MTBF em outubro de 2015.

(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento)

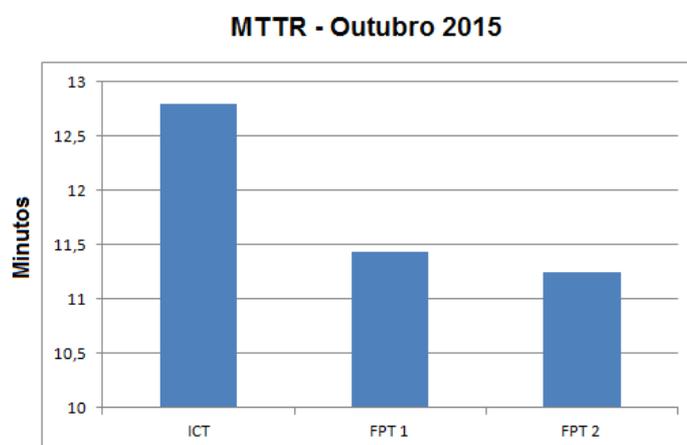


### 6.5.2 MTTR

Em seguida analisou-se o MTTR do mês de outubro. No gráfico 6 pode ser observado os valores de tempo médio de reparos de cada equipamento para o mês de outubro.

Gráfico 6: MTTR em outubro de 2015

(Fonte: Ficha de anormalidades do equipamento)



Nos gráficos apresentados de MTBF e MTTR temos o tempo médio entre as falhas e o tempo médio de cada parada. Portanto, através da análise dos gráficos a empresa sabe que, a cada "X" minutos, o sistema deverá ficar indisponível por "Y" minutos. Como por exemplo no ICT, a cada aproximadamente 1150 minutos o equipamento ficará indisponível por aproximadamente 12,8 minutos. Ter ciência das limitações do processo é o primeiro passo para eliminá-las.

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste tópico são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido ao longo do projeto. Além disso, posteriormente são ainda apresentadas algumas sugestões de trabalho futuro de forma a buscar a melhoria contínua.

A introdução de um programa de manutenção eficaz tende a sofrer resistências principalmente quando há a necessidade de mudança cultural aliada a quebra de paradigmas. A implementação do TPM na linha de produção de placas de ar condicionado está no seu início e para o seu sucesso o empenho de todos é fundamental, assim como a necessidade de formação intensiva para que o que foi ensinado não caia em esquecimento. Através de formações desenvolve-se a ideia de posse dos operadores pelas suas máquinas ocasionando a realização de tarefas de manutenção preventivas automáticas.

O desenvolvimento do projeto surgiu da necessidade de se obter uma melhor gestão dos equipamentos de teste aumentando a disponibilidade e a eficiência dos mesmos e diminuindo o número de falhas e avarias. Apesar da ideia de implementação da metodologia partir da alta gerência (*top-down*) para que as metas e projeções sejam atingidas necessita-se da participação *bottom-up*.

No início da implementação do projeto foi realizado um estudo característico da empresa onde observou-se o seu processo e funcionamento além também da sua filosofia de produção e a forma como a linha objeto de estudo se relaciona com os demais setores. Posteriormente verificou-se o funcionamento do departamento responsável pela gestão da manutenção dos equipamentos de teste da linha PBA-04.

Com a análise crítica da situação inicial realizada no capítulo 4, analisou-se o funcionamento do departamento de engenharia e como era realizada a gestão da manutenção, também foram identificados vários problemas, tanto ao nível de registos, como relacionados com os próprios equipamentos que posteriormente foram alvo de melhorias.

Um dos principais problemas identificados foi a falta de registos impossibilitando assim análises por indicadores de manutenção. Além disso, verificou-se falta de formações aos

operadores e deficiências nos documentos de suporte como nos *checklists* que não possuíam padronização, nem englobavam os dois turnos de produção e nas instruções de trabalho que estavam desatualizadas ou até eram inexistentes nos postos de trabalho de alguns equipamentos.

De forma a resolver estes problemas realizou-se intervenções de manutenção pontuais nos equipamentos tanto os evidenciados pelos operadores, como os sinalizados pelo pessoal de engenharia. Para o problema de falta de registo de intervenções de manutenção nos equipamentos, foi criada uma ficha para preenchimento de anormalidades para que desse modo se consiga registos fiáveis de todas as intervenções de manutenção realizadas. Os *checklists* e as instruções de trabalho passaram por atualizações e foram disponibilizados nos postos de trabalho adequados. Foram ministradas formações aos operadores para que adquirissem todas as informações necessárias para o cumprimento das atividades que passariam a ser realizadas. Com a formação em manutenção autónoma foram criadas as normas de limpeza, inspeção e manutenção diárias que passaram a ser realizadas pelos operadores dos equipamentos de teste. A implementação do pilar de manutenção planeada buscou diminuir a quantidade de falhas reativas de forma a garantir a fluidez do processo produtivo por meio da reestruturação do cronograma de atividades preventivas existente.

Assim como na natureza só sobrevivem os seres que melhor se adaptam à ela, no ambiente industrial não é diferente. Durante todo o processo de implementação da metodologia TPM ficou entendido pelos operadores de equipamentos que com a atual exigência do mercado global não há mais espaço para operadores que simplesmente operam suas máquinas, como se fossem robôs, esse tipo de mão-de-obra está repleta no mercado de trabalho. As empresas buscam diferenciais nos seus funcionários, como por exemplo funcionários com habilidades ou com potencial de aprendizagem de forma a trabalhar em conjunto com o pessoal de manutenção para a eficiência geral do equipamento que opera.

Infelizmente não há como traçar um comparativo do antes e depois da implementação dos pilares de manutenção autónoma e manutenção planeada pois antes não havia registos de atividades de manutenção. Entretanto, agora passa-se a gerar um histórico de intervenções de manutenção que servirão de parâmetros para as análises por indicadores de manutenção.

O desenvolvimento da implementação da manutenção autónoma e da reestruturação da manutenção planeada, assim como as intervenções de manutenção pontuais nos equipamentos fizeram com que se percebesse uma redução no número de falhas nos equipamentos. Melhoria essa percebida não somente pelo pessoal de produção, mas também pelo pessoal de engenharia que recebeu menos solicitações de suporte do setor PBA.

O processo de implementação do TPM, torna-se, portanto, uma importante ferramenta que tem seu foco voltado para o sistema produtivo. Seus objetivos indicam que uma eficiente gestão dos processos promove a queda significativa do número de quebras dos equipamentos e conseqüentemente o aumento na produtividade.

Com base nesse trabalho, para elaboração de trabalhos futuros pode-se:

- Implementar um programa de formação contínua em TPM aos funcionários para que as atividades de 5S e manutenção autónoma continuem a serem realizadas.
- Implementar um programa de registo digital de dados de manutenção, para que os registos de intervenções de manutenção realizadas sejam introduzidos digitalmente diretamente.
- Expandir a implementação do TPM às demais linhas da fábrica, começando pela *main line*, onde é realizada a montagem final do produto.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, R., & Kamaruddin, S. (2012). An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application. *Computers & Industrial Engineering*, 63(1), 135-149.
- Ahuja, I. P. S. (2009). Total productive maintenance. In *Handbook of Maintenance Management and Engineering* (pp. 417-459). Springer London.
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709-756.
- Almeanazel, O. T. R. (2010). Total productive maintenance review and overall equipment effectiveness measurement. *JJMIE*, 4(4), 517-522.
- Alsyouf, I. (2009). Maintenance practices in Swedish industries: Survey results. *International Journal of Production Economics*, 121(1), 212-223.
- Al-Turki, U. M., Ayar, T., Yilbas, B. S., & Sahin, A. Z. (2014). Maintenance in Manufacturing Environment: An Overview. In *Integrated Maintenance Planning in Manufacturing Systems* (pp. 5-23). Springer International Publishing.
- Arabian-Hoseynabadi, H., Oraee, H., & Tavner, P. J. (2010). Failure modes and effects analysis (FMEA) for wind turbines. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 32(7), 817-824.
- Ashayeri, J., Teelen, A., & Selenj, W. (1996). A production and maintenance planning model for the process industry. *International Journal of Production Research*, 34(12), 3311-3326.
- British Standards Institution (1993), BS3811:1993, British Standard Glossary of Maintenance Management Terms in Terotechnology, BSI, Hemel Hempstead.
- Cakir, G. S. (2011). Development of a condition based maintenance decision model by data mining. School of Industrial Engineering, TUE.
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71-94.
- Ellis, B. A. (2008). Condition based maintenance. The Jethro Project, 1-5.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2004). Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. *Applied energy*, 79(4), 385-401.

- Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance management: literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 205-238.
- Greenwood, D. J., & Levin, M. (2006). *Introduction to action research: Social research for social change*. SAGE publications.
- Jain, A., Bhatti, R., Deep, H. S., & Sharma, S. K. (2012). Implementation of TPM for Enhancing OEE of Small Scale Industry. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research*, 1.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems-the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1), 55-78.
- Katila, P. (2000). Applying total productive maintenance-TPM principles in the flexible manufacturing systems. Date Unknown, Lulea Tekniska Universitet, 1-41.
- Kmenta, S., & Ishii, K. (2000). Scenario-based FMEA: a life cycle cost perspective. In *Proc. ASME Design Engineering Technical Conf.* Baltimore, MD.
- Krawczyk, J. (2013). The Autonomous Maintenance. *International Journal of Innovations in Business*, 2(8), 762-777.
- Kumar, U., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 233-277.
- Labib, A. W. (1998). World-class maintenance using a computerised maintenance management system. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 4(1), 66-75.
- Marquez, A. C., & Gupta, J. N. (2006). Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars. *Omega*, 34(3), 313-326.
- McKone, K. E., & Weiss, E. N. (1998). TPM: planned and autonomous maintenance: bridging the gap between practice and research. *Production and Operations Management*, 7(4), 335-351.
- McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (1999). Total productive maintenance: a contextual view. *Journal of Operations Management*, 17(2), 123-144.
- McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (2001). The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of operations management*, 19(1), 39-58.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535.

- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295-302.
- Murthy, D. N. P., Atrens, A., & Eccleston, J. A. (2002). Strategic maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(4), 287-305.
- NBR 5462. (1994). NBR 5462, Norma Brasileira da Confiabilidade e Manutenibilidade.
- Ncube, M. (2006). The Impact of Total Productive Maintenance (TPM) on manufacturing performance at the Colt section of DaimlerChrysler in the Eastern Cape (Doctoral dissertation, Nelson Mandela Metropolitan University).
- Neves, M. L., Santiago, L. P., & Maia, C. A. (2011). A condition-based maintenance policy and input parameters estimation for deteriorating systems under periodic inspection. *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), 503-511.
- Nilsson, J., & Bertling, L. (2007). Maintenance management of wind power systems using condition monitoring systems—life cycle cost analysis for two case studies. *Energy Conversion, IEEE Transactions on*, 22(1), 223-229.
- Pomorski, T. R. (2004). Total productive maintenance (TPM) concepts and literature review. Brooks Automation, Inc.
- Rausand, M. (1998). Reliability centered maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, 60(2), 121-132.
- Rhee, S. J., & Ishii, K. (2003). Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability. *Advanced Engineering Informatics*, 17(3), 179-188.
- Richard, C. M., Tse, P., Ling, L., & Fung, F. (2000). Enhancement of maintenance management through benchmarking. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 6(4), 224-240.
- Roberts, J. (1997). Total productive maintenance (TPM). *The Technology Interface*.
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1), 276-279.
- Safi, S., & Mozar, S. (2004). From Reactive Maintenance to Proactive Preventive Maintenance System. *ICOMS-2004, Sydney*, 1-8.
- Shahanaghi, K., & Yazdian, S. A. (2009). Analyzing the effects of implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in the manufacturing companies: a system dynamics approach. *World Journal of Modelling and Simulation*, 5(2), 120-129.
- Stringer, E. T. (2007). *Action research*. Sage.

- Sun, H., Yam, R., & Wai-Keung, N. (2003). The implementation and evaluation of Total Productive Maintenance (TPM)—an action case study in a Hong Kong manufacturing company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 22(3-4), 224-228.
- Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics*, 70(3), 237-244.
- Tripp, D. (2005). Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e pesquisa*, 31(3), 443-466.
- U.S. Department of Energy (2010). *Operations & Maintenance Best Practices: A Guide to Achieving Operational Efficiency*. Release 3.0.
- Endereço Eletrônico: [http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/omguide\\_complete.pdf](http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/omguide_complete.pdf)
- Acessado em: 19/03/2015.
- Venkatesh, J. (2007). An introduction to total productive maintenance (TPM). *The plant maintenance resource center*, 3-20.
- Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. *International journal of production economics*, 77(3), 299-313.
- Wakjira, W., & Ajit Pal Singh, M. (2012). Total productive maintenance: A case study in manufacturing industry. *Global Journal of researches in engineering*, 12(1-G).
- Weber, A., & Thomas, R., (2006). *Key Performance Indicators: Measuring & Managing the Maintenance Function*. Ivara Corporation.
- Wheelwright, S. C. (1992). *Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency, and quality*. Simon and Schuster.
- Yamashina, H. (1995). Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(1), 27-38.
- Yang, S. K. (2003). A condition-based failure-prediction and processing-scheme for preventive maintenance. *Reliability, IEEE Transactions on*, 52(3), 373-383.



Checklist do FPT 1:

CHECK LIST FUNCTION TEST		POSTO DE TRABALHO / EQUIPAMENTO	LINHA	MÉS / ANO	PERIODICIDADE		TÉCNICO / OPERADOR							SUPERVISOR																							
					DIÁRIO	SEMANAL	23	24	25	26	27	28	29		30	31																					
ATIVOS FIXOS:		FT	PBA 04	JULHO/15	<input checked="" type="checkbox"/> DIÁRIO	<input type="checkbox"/> SEMANAL	FABRICANTE:							TELMMA																							
		NÚMERO DE SÉRIE:		FPT 520 F11041																																	
PONTOS DE VERIFICAÇÃO		INÍCIO / FIM	HORA:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
1	Checar as condições de limpeza das agulhas e remover a sujeira usando uma mangueira de ar													OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
2	Checar a ausência de agulhas no jig também a existência de agulhas danificadas													OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
3	Checar se placa padrão (GOOD SAMPLE) e verificar se os jig's estão ligados caso isso não aconteça acionar a engenharia													OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
4	Colocar a placa a ser testada na plataforma, verificar se a posição da placa está correta													OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
5	Verificar se o programa é o mesmo que placa irá ser testada													OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
6	Verificar se os comandos do pressor estão funcionando corretamente pressionando os botões UP (azul) e DOWN (vermelho) ao mesmo tempo pra descer e o botão UP (azul) pra subir													OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
7	Verificar a atuação da chave START/STOP para que o teste seja inicializado, certifique-se de que o comando foi acionado (START KEY) para iniciar o teste													OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
15																																					
LEGENDA:		P/ OUTROS EQUIPAMENTOS OK - ITEM DE ACORDO X - ITEM APRESENTOU FALHA Obs.: ao apresentar Falha, comunique imediatamente ao supervisor																																			
DATA		HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO																																			
ESPECIFICAÇÃO DA PEÇA		OBSERVAÇÃO																																			





# ANEXO II – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DOS EQUIPAMENTOS DE TESTE DA PBA-04.

Instrução de trabalho do ICT:

COPIA CONTROLADA  
REPRODUÇÃO PROIBIDA

INSTITUIÇÃO DE TRABALHO			
MONTAGEM DA MAIN BOARD - ICT TEST			
<b>Título</b>	MONTAGEM DA MAIN BOARD - ICT TEST		
<b>Modelo Base:</b> DB93-10859A/D, DB93-10859L, DB93-10860A/B, DB93-10950A, DB93-11009A, DB93-10861A	<b>Chassis:</b> MAX (NON INV) E MALDIVES (INV)	<b>Nº Q-WEB:</b> ADY-0113P	<b>Revisão IT:</b> 0 <b>IT No.</b> 16
<b>Resp. Emissão:</b> ENGENHARIA ELÉTRICA	<b>Proc. Produção:</b> PBA LINE	<b>Linha:</b> RAC	<b>Folha:</b> 1 / 1
<b>FFT TEST</b>			
<p><b>ATENÇÃO!</b> # ESPECIFICAÇÕES DO TESTE ICT SÃO DETERMINADAS PELA ENGENHARIA, NÃO PODENDO SER ALTERADAS PELA MANUFATURA.</p> <p>1-Pegar o blanking PCB da linha, avaliar a condição de revisão de solda; 2-Em seguida posicionar o blanking PCB na cama de agulhas do ICT; 3-Pressionar simultaneamente ambos botões do ICT para que o fixture desça e inicie o teste das placas no equipamento de teste. 4-Verifique o resultado na tela do monitor: READY &gt; STATUS(PASS ou FAIL); # Se <b>PASS</b>: O BLANKING PCB esta "OK". Identifique a placa e passe para o proximo posto de trabalho. # Se <b>FAIL</b>: O BLANKING PCB esta "NG". Identifique o defeito utilizando a placa de referência e em seguida encaminhe para o técnico.</p>			
			
			
		<b>MÉTODO UTILIZADO</b>	
<p><b>POINOS CRÍTICOS</b></p> <p>1-Verificar a gaveta de retenção e respadeiras; 2-Verificar com atenção o modelo na placa e no equipamento ICT; 3-O Clasp do Fixture deve estar bem firme; 4-Certifique-se ao pressionar os botões de acionamento, o cilindro desce corretamente sobre a placa.</p>		<p>1. PILSERA ANTI-ESTÁTICA 2. DEDILHAS ANTI-ESTÁTICAS 3. LUVAS</p>	

Elaborado Por: Wellington Castro

BSF-1020 (30/09/03) REV-5

**CÓPIA CONTROLADA  
REPRODUÇÃO PROIBIDA**

## MONTAGEM DA MAIN BOARD - FPT TEST

<b>Título</b>	<b>MONTAGEM DA MAIN BOARD - FPT TEST</b>		
<b>Modelo Base:</b> Todos	<b>Chassis:</b> VIVALDI	<b>N° Q-WEB:</b> ADIY-0001P	<b>Revisão IT:</b> 0
<b>Resp. Emissão:</b> ENGENHARIA ELÉTRICA	<b>Proc. Produção:</b> PBA LINE	<b>Linha:</b> RAC	<b>IT No.:</b> 11
			<b>Folha:</b> 1 / 3

**FPT TEST**

**ATENÇÃO!**

# ESPECIFICAÇÕES DO TESTE FPT SÃO DETERMINADAS PELA ENGENHARIA NÃO PODENDO SER ALTERADAS PELA MANUFATURA.

- 1- Testar a pulseira anti-estática e colocá-la;
- 2- Verificar se o Ar comprimido esta funcionando corretamente;
- 3-Ligar a Chave Main Power e em seguida System Power(item 1);
- 4-Execute o programa FPT-520C do monitor (item 2);
- 5- Após clicar no icone o programa iniciará (item 3);
- 6-Clique em MODEL para ver as opções de modelo (item 4);

Obs: Quando você pressiona o icone modelo, abaixo da janela irá aparecer uma tela que vai mostrar os arquivos de todos os modelos;

- 7- Na tela com todos os modelos, escolha um deles de acordo com o plano de produção (item 5);



CABOS E CONECTORES  
Não encostar, conectar,  
desconectar, inverter ou  
ligar sem a pulseira anti-estática  
ou o equipamento desligado

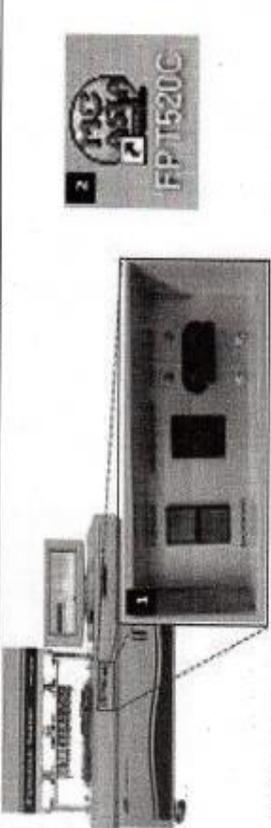


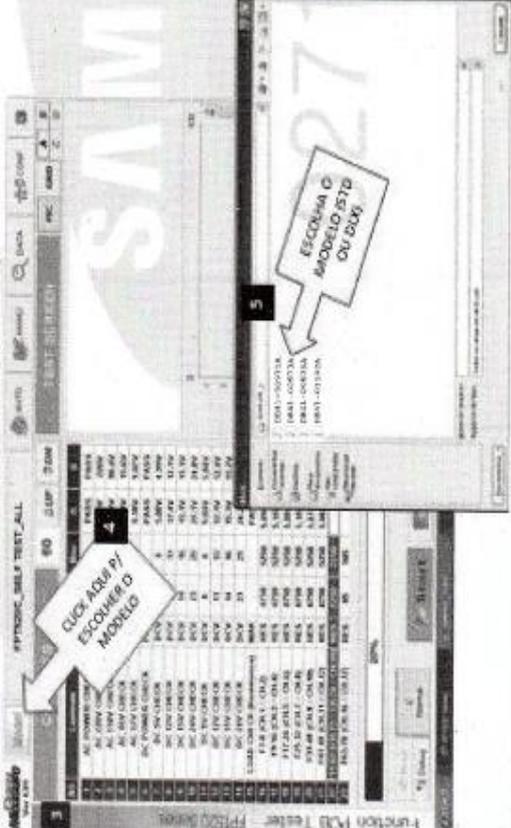
PT

Modelo PBA	Modelo PCB	Modelo
DB93-10859A	DB41-00971A	AQ09/12/18UWBU*
DB93-10859D	DB41-00971A	AS09/12/18UWBU*
DB93-10859L	DB41-00973A	ASV12/AQV09/12PSB*
DB93-10860A	DB41-00973A	AQ24UWBU*
DB93-10860B	DB41-00975A	AS24UWBU*
DB93-10956C	DB41-01102A	ASV18/24/AQV18/24PSB*
DB93-12825P	DB41-01102A	ASV09PSBUXAZ

**MEIOS UTILIZADOS**

1. PULSEIRA ANTIESTATICA
2. DEDEIRAS ANTI-ESTATICAS
3. LAVAS





**PONTOS CRITICOS**

- 1-Verificar a válvula de retenção e mangueiras;
- 2-Verificar com atenção o modelo na placa e no equipamento FPT;
- 3-O Clamp do Fixtore deve estar bem firme;
- 4- Certifique-se de pressionar os botões de acionamento, o cilindro desce corretamente sobre a placa.

Elaborado Por:  068721376572688





## ANEXO IV – TREINAMENTO DE PRO-3M<sup>+</sup> PARA OS FUNCIONÁRIOS DA PBA-04.

**TREINAMENTO PRO-3M**  
(PBA)  
(bBV)

By: MARCELO ADRIANO CARDOSO DOS SANTOS  
Innovation Factory Group  
www.wondershare.com

### Principais Objetivos do PRO-3M<sup>+</sup>

□ **Definição** : Ferramenta de inovação para obter o Máximo de Eficiência do Sistema Homem/Máquina para eliminar os desperdícios .

#### Competitividade no Mercado

**Realização de Melhorias e eliminação dos desperdícios na fábrica com atividades conjuntas para cada STEP**

Eliminar o Desperdício + Cumprir instrução de Trabalho+ Gestão da Manutenção

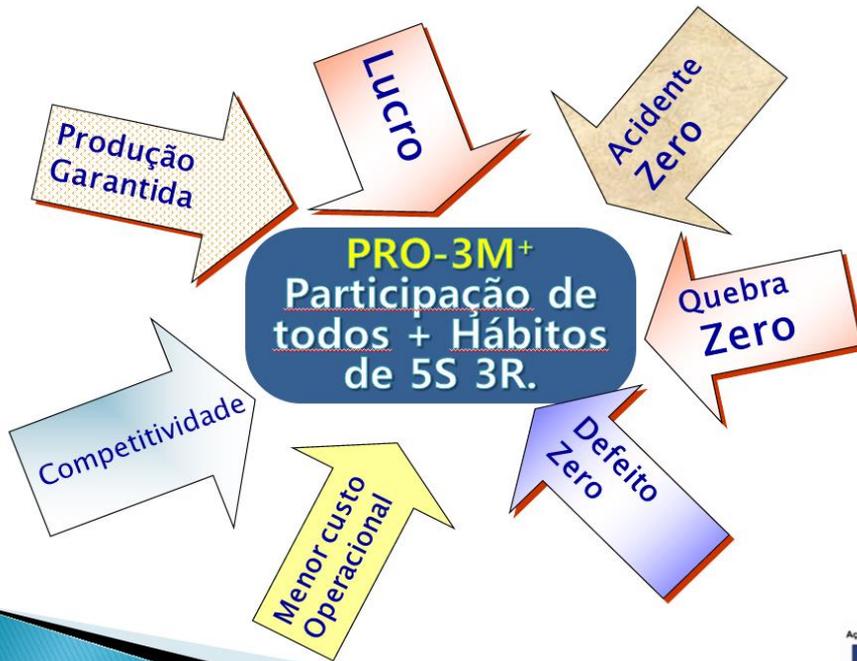


PRO-3M<sup>+</sup> Participação de todos + Hábitos de 5S 3R.

www.wondershare.com



## Principais Vantagens do PRO-3M<sup>+</sup>

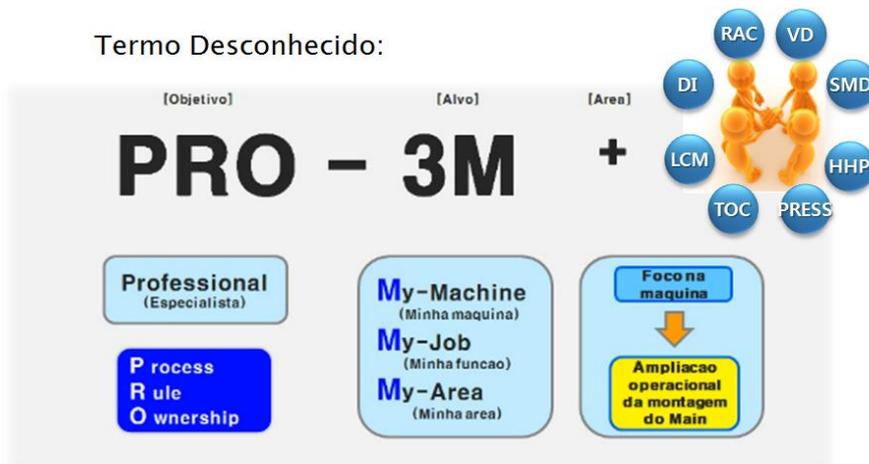


www.wondershare.com



## O que significa a sigla PRO-3M<sup>+</sup> ?

Termo Desconhecido:



www.wondershare.com

## Método de aplicação do PRO-3M<sup>+</sup>

□ PRO-3M<sup>+</sup> Plano de mudanças: Médio/Longo prazo (Máquinas & Equipamentos).

Categoria	Preparação	Introdução	Expansão	Performance	Estabelecimento	Nota
	6 meses	6 meses	6 meses	6 meses	6 meses	Continuação
Introdução/ Preparação	<b>0 STEP</b> Construir um ambiente Básico de Trabalho					
Atividades Básicas (PRO-3M)	<b>Atual</b>	<b>1 STEP</b> Condição Básica dos Equipamentos	<b>2 STEP</b> Equipamentos Livres de Resíduos	<b>3 STEP</b> Forma padrão comportamental	<b>4 STEP</b> Auto-Disciplina/Compromisso	<b>Re-Cycle</b> Usar o conhecimento depois do trabalho
Treinamento educacional	Instrução sobre 5S&3R e atividades de Grupo	Conhecimento básico 6 Sigma, Basic-Checking Training	Melhoria individual com análise da ferramenta 6 Sigma	Total hábito de melhorias contínuas	Constantes treinamentos educacionais	
Principais atividades	Sistema de limpeza voluntária, uso de ferramentas de limpeza, organização do material	Combater o uso irracional dos equipamentos, remoção de degradação, causa raiz/solução.	Prevenção a degradação de equipamentos, melhoria nas máquinas antigas	Uso de Gráfico de logísticos, como padrão da performance de trabalho	Qualidade no desenvolvimento de equipamentos de pequeno porte para eliminar sujeiras.	Consentire-se em atividades Básicas/ Reciclar o conhecimento

www.wondershare.com

## A necessidade da prática do 5s

# 5S

Preparação
6 meses
<b>0 STEP</b> Construir um ambiente Básico de Trabalho
<b>Atual</b>
Instrução sobre 5S&3R e atividades de Grupo
Sistema de limpeza voluntária, uso de ferramentas de limpeza, organização do material



## Os 5 Sensos

Trata-se de uma sigla formada pelas iniciais de cinco palavras japonesas

- S**eri **Utilização**
- S**eiton **Organização**
- S**eisou **Limpeza**
- S**eiketsu **Saúde/Padronização**
- S**hitsuke **Auto-Disciplina**

www.wondershare.com

## O Que é 5S?

### >> Como surgiu?

O 5S surgiu no Japão no início dos anos 1950. Trata-se de uma sigla formada pelas iniciais de cinco palavras japonesas, tendo como principais objetivos: liberar áreas, evitar desperdícios, melhorar relacionamentos, facilitar as atividades.

- No Brasil, passou a ser divulgado nos anos de 1980.

### >> O QUE É O 5S?

É uma metodologia que possibilita desenvolver a sistemática de ordem e limpeza, permitindo assim de imediato maior PRODUTIVIDADE, SEGURANÇA, QUALIDADE e, conseqüentemente, gerando MELHORIA ORGANIZACIONAL.

### >> PROPÓSITO - 5S

- Separar o que é necessário do desnecessário, organização, limpeza e identificar materiais e espaços, além de realizar a manutenção de melhoria do próprio 5S.

www.wondershare.com

## SEIRI - Senso de Utilização

**“Separar o útil do inútil, (Descarte)”.**

Vamos retirar tudo que não é necessário! .



www.wondershare.com

## O Que é 3R?

### ● Significado de 3R

– Três melhores elementos para organizar o ambiente de trabalho

3R(3定)

Item  
Necessário  
do produto

Quantidade  
Correta

Localização  
Correta

[Inglês] Right Product

Right Quantity

Right Location ➤ 3R

www.wondershare.com

## Como Usar o 3R ?

### ● Mostre a Localização e o Item - Exemplo

1. Designe o local



2. Coloque Placas  
(para mostrar a  
quantidade)



3. Coloque o  
Endereço  
(para explicar itens)



Right Product



Right Quantity

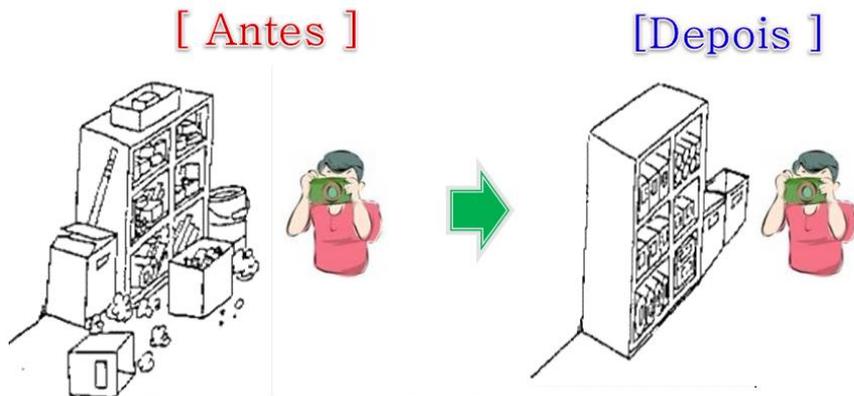


Right Location

www.wondershare.com

## Como registrar as Melhorias?

- **Fotografe na mesma direção e o mesmo local**
  - Num primeiro momento, fotografe a condição atual, depois compare o antes e o depois.



※ Fotografe na mesma direção e o mesmo local para uma comparação precisa

# Thank You!

A liderança é a capacidade de conseguir que as pessoas façam o que não querem fazer e gostem de o fazer.

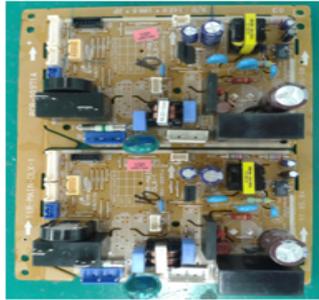
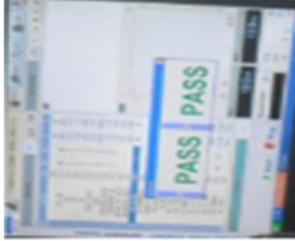
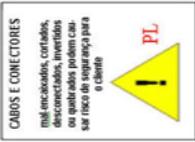






Nova instrução de trabalho do FPT 1 & 2:

CÓPIA CONTROLADA  
 REPRODUÇÃO PROIBIDA

INSTRUÇÃO DE TRABALHO		NÚMERO DE CONTROLE		TÍTULO		TESTE FPT		MODELO	ELABORADO	REVISADO	APROVADO		
Produto REF.		DATA 2016.08.12		PROCESSO PROJETO		RACHBA MAXIMILIANES		TODOS	FERNANDO SAMMARTINI WELLINGTON CASTRO	VELLINGTON CASTRO	MUNHVEDK-CHOI		
N° DE PROCESSO N° DE Q-WEB		N° DE PROJETO LINHA		RESPONSÁVEL ADY-0103P		PBA-04 FERNANDO SAMMARTINI							
 <p>FIGURA 01</p>				 <p>FIGURA 03</p>									
 <p>FIGURA 02</p>													
Tipo		Descrição		ESPEC.		Modo de Inspeção							
Inspeção Sequencial		Todos os modelos		ETIQUETA DO MODELO		-							
Sequencia e Regras		1-Pegar o blank PCB da linha e posicionar na cama de agulhas (fixture) do FPT (figura 1); 2-Pressionar simultaneamente ambos os botões de acionamento da prensa do FPT até que a mesma afinja o seu fim de curso para que o teste seja iniciado (figura 2). 3-Aguarde o fim do teste e verifique o resultado na tela do monitor: PASS ou FAIL (figura 3);  OBS: Se PASS – O BLANK PCB está "OK". Identifique a placa e passe para o próximo posto de trabalho. Se FAIL – O BLANK PCB está "NG". Identifique como defeito utilizando a placa de referência e em seguida encaminhe para o técnico.											
Teste de Autonomia													
Inspeção de Fonte de Poluição		1. Verificar se há avarias na caixa. 2. Verificar se há avarias no kit.		Sem avarias		Visual							
Decisão		Tipo		Critério de Decisão		Modo de Inspeção							
		Inspeção Sequencial		1. Verificar se a TAG do Kit corresponde ao modelo corrente em produção.		Visual							
		Tete de Autonomia											
Observações Complementares								1. Sempre verificar a polaridade do componente conforme a foto. 2. Sempre checar a correta especificação do componente. 3. Não inserir componente com terminal torço ou danificado					

LISTA DE COMPONENTES			FERRAMENTAS OU EQUIPAMENTOS			HISTÓRICO DE REVISÃO			
N°	DESCRIÇÃO	QTD	CÓDIGO	No	DESCRIÇÃO	CONTROLE / ESPEC	N°	DATA	MENTARIO DE REVRESP.
1	Pulseira anti-estática			1			0	7/27/2016	DO MODELO ARCONIMICO SAM
2	Luvas			2					
3	Dedelas anti-estáticas			3					









## ANEXO VIII – FORMAÇÃO SOBRE A METODOLOGIA TPM COM PARTICULAR ÊNFASE NA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA PARA OS FUNCIONÁRIOS DA PBA-04.



### TPM – TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Elaborado por: Fernando San Martin

#### SUMÁRIO

- Definições
  - Tipos de manutenção
  - Manutenção corretiva e preventiva
  - TPM ou MPT
  - Definição do TPM
  - Objetivos do TPM
  - Pilares do TPM
  - Benefícios diretos e indiretos do TPM
  - Manutenção autónoma
- 

## DEFINIÇÕES

Segundo a NBR 5462 (1994):

- **Manutenção:** Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.
- **Defeito:** Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos.
- **Falha:** Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.

## MANUTENÇÃO

- **Tipos de Manutenção:**



(Fonte: Adaptado de Cakir, 2011 citado em Niu et al., 2010)

## MANUTENÇÃO

- Manutenção Corretiva: é aquela em que se espera que o equipamento apresente um problema para que seja feita a manutenção.
- Manutenção Preventiva: A norma brasileira NBR 5462 (1994) define a manutenção preventiva como a "Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item".

## TPM

- TPM – Total Productive Maintenance

Ou

- MTP – Manutenção Produtiva Total

## TPM

### o O que é?

Pode ser considerada como a ciência médica das máquinas, sendo a mesma um programa de manutenção que envolve conceitos recentemente definidos para a manutenção de plantas e equipamentos (Venkatesh, 2007).

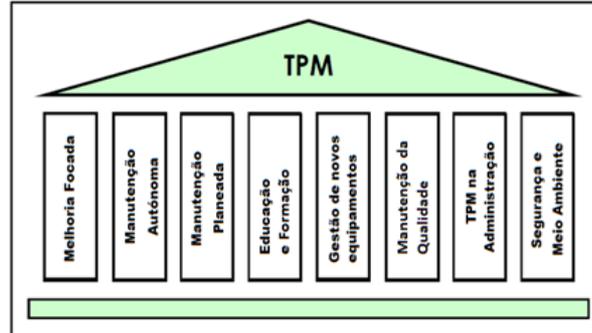
## TPM

### o Objetivos (McKone, Schroeder & Cua, 1999).

1. Envolver os departamentos de produção e de manutenção de forma a trabalharem em conjunto para estabilizar as condições e evitar a deterioração dos equipamentos.
2. Partilhar as responsabilidades das tarefas diárias críticas de manutenção através de um desenvolvimento eficaz entre os departamentos de produção e de manutenção.
3. Ajudar os operadores a conhecerem os equipamentos que operam, ao ponto de serem capazes de identificar possíveis problemas e de evitá-los.
4. Promover o envolvimento dos operadores através da preparação para se tornarem parceiros ativos tanto da manutenção quanto da engenharia para melhorar o desempenho e a confiabilidade do equipamento.

## TPM

### ○ Pilares:



(Fonte: Adaptado de Pomorski, 2004)

## TPM

### 1. Melhoria Focada:

- Identificação sistemática e eliminação das 16 perdas
- Análises estruturadas de FMEA e 5-Porquês
- Aumentar a eficiência do sistema
- Melhorar a Eficácia Global dos Equipamentos em sistemas de produção

### 2. Manutenção Autônoma

- Estimular a ideia de propriedade no operador
- Realizar limpeza, lubrificação, apertos, ajustes, inspeção, reajustes nos equipamentos da produção

### 3. Manutenção Planeada

- Planejar programas de manutenção eficientes e eficazes ao longo do ciclo de vida do equipamento
- Estabelecer pontos de verificação preventivos
- Melhorar os tempos médios de reparação e o tempo médio entre falhas

### 4. Educação e Treinamento

- Transmitir controle de qualidade e habilidades interpessoais
- Multi-qualificação dos funcionários
- Alinhar os funcionários às metas organizacionais
- Atualização e avaliação periódica de competências

## TPM

### 5. Gestão de Novos Equipamentos

- Problemas mínimos e funcionamento no tempo determinado de novos equipamentos
- Utilizar o conhecimento relativo aos sistemas existentes para iniciativas de melhoria nos novos sistemas

### 6. Manutenção da Qualidade

- Atingir o índice de zero defeitos
- Rastrear e endereçamento de problemas de equipamentos e causas raiz
- Definir as condições 3M (Máquina, Material, Homem)

### 7. TPM na administração

- Melhorar a sinergia entre as várias funções da empresa
- Remover dificuldades processuais
- Concentrar no tratamento de questões relacionadas com os custos
- Aplicar 5S no escritório e nas áreas de trabalho

### 8. Segurança e Meio Ambiente

- Certificar um ambiente de trabalho seguro
- Proporcionar um ambiente de trabalho adequado
- Eliminar incidentes, lesões e acidentes
- Fornecer procedimentos operacionais padrão

## TPM

Venkatesh (2007), lista os benefícios diretos e indiretos na implementação do TPM, são eles:

### Benefícios diretos

- Aumento na produtividade e na eficiência fabril em 1,5 ou 2 vezes.
- Redução das reclamações dos clientes.
- Redução nos custos de manufatura em 30%.
- Satisfação das necessidades dos clientes em 100% (Entregando a quantidade correta no tempo correto, na qualidade exigida).
- Redução no número de acidentes.
- Maior atenção às medidas de controle de poluição.

## TPM

### Benefícios indiretos

- Aumento no nível de confiança dos funcionários.
- Local de trabalho limpo, arrumado e atrativo.
- Mudança favorável na atitude dos operadores.
- Alcance das metas através do trabalho em equipa.
- Implementação de um novo conceito em todas as áreas da organização.
- Partilha de conhecimento e experiência.
- Os trabalhadores obtêm um sentimento de propriedade sobre o equipamento que opera.

## MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

### O que é?

Segundo Pomorski (2004) citando Shirose (1996), a manutenção autónoma é o processo onde os operadores de equipamentos aceitam e dividem a responsabilidade (com o pessoal de manutenção) do desempenho e saúde dos seus equipamentos.

## MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

O Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) descreve as habilidades fundamentais que o operador de manutenção autónoma deve possuir:

- Habilidade para descobrir anormalidades.
- Habilidade para corrigir anormalidades e restaurar o funcionamento do equipamento.
- Habilidade para configurar o equipamento para funcionar nas suas condições ideais.
- Habilidade para manter as condições ideais.

## MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

Krawczyk (2013) citando Shirose (1992), Tajiri & Gotoh (1999) e Brzeski & Figas (2006), fornece os sete passos da manutenção autónoma:

- Inspeccionar e limpar a máquina;
- Eliminar fonte de poeira;
- Manter as máquinas em perfeito estado;
- Treinar os operadores de máquinas;
- Manutenção individual feita pelo operador;
- Garantir a qualidade;
- Garantir a melhoria contínua.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO!

## REFERÊNCIAS

Krawczyk, J. (2013). The Autonomous Maintenance. *International Journal of Innovations in Business*, 2(8), 762-777.

McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (1999). Total productive maintenance: a contextual view. *Journal of Operations Management*, 17(2), 123-144.

NBR 5462. (1994). NBR 5462, Norma Brasileira da Confiabilidade e Mantabilidade.

Pomorski, T. R. (2004). Total productive maintenance (TPM) concepts and literature review. Brooks Automation, Inc.

Venkatesh, J. (2007). An introduction to total productive maintenance (TPM). The plant maintenance resource center, 3-20.



# ANEXO IX – FOLHAS DE VERIFICAÇÃO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA.

ICT:

Manutenção Autónoma	POSTO DE TRABALHO / EQUIPAMENTO		Linha	Mês / Ano	PERIODICIDADE		TÉCNICO / OPERADOR	SUPERVISOR																													
	ICT	PBA-04			<input checked="" type="checkbox"/> DIÁRIO <input type="checkbox"/> MENSAL	<input type="checkbox"/> SEMANAL <input type="checkbox"/> OUTROS																															
ATIVO FIXO: _____		NÚMERO DE SÉRIE: _____		FABRICANTE: _____																																	
PONTOS DE VERIFICAÇÃO		Turno	HORA INÍCIO	HORA FIM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	Limpar a máquina em geral (somente 2º turno e equipamento desligado)	1º			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
2	Verificar visualmente o estado dos conectores de 100 pinos. Utilizar o limpador de contactos caso necessário	1º			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
3	Verificar o estado das agulhas do fixture quanto a deformações e sujeira. Utilizar a mangueira de ar caso necessário	1º			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
4	Verificar se existem fugas de ar nos vários componentes pneumáticos	1º			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
5	Realizar o self-test no equipamento	1º			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
6	Realizar o teste dos relés do equipamento	1º			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
7	Verificar se os grampos de sustentação da prensa superior estão firmemente fixados	1º			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
LEGENDA:																																					
OK - ITEM DE ACORDO																																					
X - ITEM APRESENTOU FALHA																																					
Obs.: ao apresentar falha, comunicar imediatamente ao supervisor																																					
BSF-1303 (11/11/2002) Rev-4																																					



ANEXO X – HISTÓRICO DE INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO CORRETIVA NOS FIXTURES DA PBA.

Histórico de Manutenção Corretiva - PBA JIG										
Modelo	SIN	Data	Semana	Itens Trocados	Código	CIS Code	IMK Code	QTD	Observações	Responsável
MX-F850 FRONT	2014-0086-02	17/04/2015	W16	CABO TESTE AUXILIAR MCM/AD TEM/CCO		-	-	2	Cabo de teste auxiliar e mic danificados, com problemas de má atuação no teste dos mesmos, podendo assim passar defeitos para a main line, como falhas, excesso e curto de solda.	Guaracy
ICT-APCCO	DB41-00870A	17/04/2015	W16	Receptáculo e Agulhas	G1700W-01	G1700W-01	Receptáculo	2	Receptáculo quebrado estava ocasionado defeito no teste,	Guaracy
						G1353-280G	Agulhas	2	Disjuntor amarrado e o teste fluiu normalmente.	
MX-J640 FRONT	2015-1225-02	20/07/2015	W30	CABO AUXILIAR USB	-	-	-	2	Cabo de teste USB danificado, com problemas de má atuação no teste do mesmo, podendo assim passar defeitos para a main line, como curto de solda.	Guaracy
MX-J640 APT	2015-0109-08	21/07/2015	W30	BABLE FLAT	121030	63MM	FFC 23PIN	1	Cable Flat danificado, com problema de má conectividade.	Guaracy
MX-J730 APT	2015-0105-01	21/07/2015	W30	BABLE FLAT DECK	E308032	60V	FFC 23PIN	1	Cable Flat danificado, com problema de má conectividade, mais já recuperado	Guaracy
MX-J730 APT	2015-0105-02	21/07/2015	W30	BABLE FLAT	121030	63MM	FFC 23PIN	1	Cable Flat danificado, com problema de má conectividade.	Guaracy
MX-J5000 APT	2015-0117-08	27/07/2015	W31	-	-	-	-	-	Problema de AUDIO, mais já resolvido OK.	Guaracy
MX-H 6500 APT	2014-0182-02	29/07/2015	W31	Placa fonte SMP5	AH31-12770A	-	-	1	Placa de SMP5 do lig queimada no processo, ocasionado pelo conector com	Guaracy
MX-H 6500 APT	2014-0182-05	29/07/2015	W31	Placa fonte SMP5	AH31-12770A	-	-	1	com curto de solda da placa main.	
MX-F8000 VFD	2013-0087-02	30/07/2015	W31	CONEXÃO DE AR	-	-	-	1	conexão de ar comprimido da base com vazamento, foi trocado, jig OK	Guaracy
MX-F8000 MAIN	2013-0083-04	30/07/2015	W32	Placa fonte SMP5	-	-	-	1	placa fonte SMP5 queimada, ocasionada por curto de solda de SMD.	Guaracy



# ANEXO XI – CRONOGRAMA SEMESTRAL DE INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA LINHA PBA-04.

Activity		W51					W52					W01					W02					Person in charge	Comment	Report Attach					
		sep-15	nov-16	jan-17	mar-18	mai-19	ago-20	out-21	fev-22	abr-23	jun-24	set-25	nov-26	fev-27	abr-28	jun-29	set-30	nov-31	fev-01	abr-02	jun-03				ago-04	out-05	nov-06		
1	Make Vipe dress and cleaning in Main Line Indoor & Outdoor																									Well Fernando / Allan	Request support from Production		
2	Change all outlet and PPM Sensor of the Indoor Line																										Well Fernando / Allan		
3	Make copy of the HD's and clean the PC of the Indoor Line. Qty: 09 pc																										Well Fernando / Allan	HD Copy only; PC Rack, MPI, Noise Test	
4	To do organization of the folder programs, file of the PC Main Line Indoor																										Well Fernando / Allan		
5	Make copy of the HD's and clean the PC of the Outdoor Line. Qty: 11 pc																										Well Fernando / Allan		
6	Make organization of the folder programs, file of the PC Main Line Outdoor																										Well Fernando / Allan		
7	Make copy of the HD's and clean the PC of the FPT and ICT : PBA Aircon. Qty: 3 pc																										Well Fernando / Allan		
8	Make organization of the folder programs, file of the PC FPT & ICT																										Well Fernando / Allan		
8	Maintenance in ICT and FPT PBA Line.																										Well Fernando / Allan	Request network point.	
9	Installation of the board interface in PC Spare Part Qty: 2; Industrial & Desk.																										Well Fernando / Allan	Make PC Industrial & PC Desk Spare Part	
10	Inventory all items spare part electrical parts.																										Well Fernando / Allan		
11	Training about ICT & FPT Machine																										Fernando		
12	Training about product, print labels, indoor test system indoor and outdoor.																										Fernando	Make training to Allan and Wellington	
13	Training about Indoor & Outdoor Line																										Fernando		
14	Create a History Control Program Indoor & Outdoor																										Wellington		
15	Create a Check List to Eeprom Download Machine and training the operator																										Allan Dimitri		
16	Check the process line and systems to production 2016.																										Well Fernando / Allan		
17	Start production 2016.																										Well Fernando / Allan		

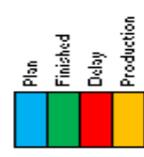
Check by: \_\_\_\_\_  
Approval by: \_\_\_\_\_





ANEXO XII – NOVO CRONOGRAMA DE INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA LINHA PBA-04.

2015 – Schedule Maintenance PBA Aircon Line – Circuit Eng.															
Activity	Outubro			Novembro				Dezembro			Person in charge	Conclusion Date	Comment		
	W41	W42	W43	W44	W45	W46	W47	W48	W49	W50				W51	W52
1 Wire dress and clean ICT equipment															
2 Wire dress and clean FPT1 equipment															
3 Wire dress and clean FPT2 equipment															
4 Wire dress and clean ICT PC															
5 Wire dress and clean FPT1PC															
6 Wire dress and clean FPT2 PC															
7 Make organization of the folder programs and files of FPT's & ICT PC's															
8 Make copy of the HD of ICT															
9 Make copy of the HD of FPT1															
10 Make copy of the HD of FPT2															
11 Check and update work instructions															
12 Check and update list of models and fixtures															
13 Inventory ICT and FPT's spare parts															



Check by:	Approval by:



**ANEXO XIII – FICHA DE ANORMALIDADES DO EQUIPAMENTO ICT - OUTUBRO 2015.**

<b>FICHA DE ANORMALIDADES</b>					
<b>Equipamento: ICT</b>			<b>Mês de referência: Outubro</b>		<b>Ano: 2015</b>
<b>Nr.</b>	<b>Operador</b>	<b>Data de Notificação</b>	<b>Descrição do Problema</b>	<b>Solução</b>	<b>Data da Eliminação do Problema</b>
1	Katiane	05/10/2015 - 7:00	Programa não inicia	Realizado a reinstalação do programa de teste. (Reuel)	05/10/2015 - 7:33
2	Elizangela	08/10/2015 - 16:52	Teste acusando falso defeito	Agulha n.12 deformada. Realizada troca da mesma. (Fernando)	08/10/2015 - 17:00
3	Elizangela	08/10/2015 - 21:05	Teste acusando falso defeito	Problema no arquivo do modelo 10859D. Foi criado um novo arquivo de teste para o modelo. (Fernando)	08/10/2015 - 21:22
4	Katiane	13/10/2015 - 11:22	Acionamento bi-manual não atua	Terminal de alimentação desprende-se. O mesmo foi soldado para evitar de soltar novamente. (Reuel)	13/10/2015 - 11:31
5	Elizangela	16/10/2015 - 17:18	Teste acusando falso defeito	Mau contato nos conectores do fixture devido a restos de borracha, foi realizada a limpeza dos mesmos. (Fernando)	16/10/2015 - 17:24
6	Katiane	17/10/2015 - 08:10	Teste acusando falso defeito	Agulha deformada. Realizada troca da mesma. (Bismarck-Tec)	17/10/2015 - 08:17
7	Katiane	17/10/2015 - 09:08	Teste acusando falso defeito	Agulha deformada. Realizada troca da mesma. (Bismarck-Tec)	17/10/2015 - 09:23
8	Elizangela	19/10/2015 - 15:42	Teste acusando falso defeito	Conector do fixture mau encaixado devido a falta do pino de referência. Foi colocado um novo pino. (Wellington)	19/10/2015 - 16:00
9	Elizangela	22/10/2015 - 22:25	Teste acusando falso defeito	Agulha n.33 com restos de solda ocasionando mau contato. Realizada troca da mesma. (Fernando)	22/10/2015 - 22:29
10	Katiane	27/10/2015 - 7:05	Teste acusando falso defeito	Relé 122 colado devido teste de placa carregada. Placa relé retirada e realizado reparo. (Reuel)	27/10/2015 - 7:16
11					
12					
13					
14					
15					



**ANEXO XIV – FICHA DE ANORMALIDADES DOS EQUIPAMENTOS FPT 1 E FPT 2  
- OUTUBRO 2015.**

<b>FICHA DE ANORMALIDADES</b>					
<b>Equipamento: FPT 1 e FPT 2</b>			<b>Mês de referência: Outubro</b>		<b>Ano: 2015</b>
<b>Nr.</b>	<b>Operador</b>	<b>Data de Notificação</b>	<b>Descrição do Problema</b>	<b>Solução</b>	<b>Data da Eliminação do Problema</b>
1	Jennifer - FPT1	06/10/2015 - 15:12	Teste acusando falso defeito	Fusível queimado. Foi feita a troca do fusível. (Fernando)	06/10/2015 - 15:20
2	Ralcifran - FPT2	07/10/2015 - 7:00	Teste acusando falso defeito	Agulha n.30 deformada. Realizada troca da mesma. (Wellington)	07/10/2015 - 7:10
3	Maria Paula - FPT1	07/10/2015 - 13:10	Teste acusando falso defeito	Agulha n.11 deformada. Realizada troca da mesma. (Wellington)	07/10/2015 - 13:18
4	Maria Paula - FPT1	12/10/2015 - 7:00	Teste não realiza medições	Mau contato na placa power do equipamento. A mesma foi retirada para limpeza. (Reuel)	12/10/2015 - 7:15
5	Jennifer - FPT1	14/10/2015 - 21:20	Teste acusando falso defeito	Agulha n.36 com restos de solda ocasionando mau contato. Realizada troca da mesma. (Fernando)	14/10/2015 - 21:27
6	Francilane - FPT2	15/10/2015 - 17:13	Teste acusando falso defeito	Mau contato no conector de 100 pinos. Realizado limpeza no mesmo. (Fernando)	15/10/2015 - 17:25
7	Jennifer - FPT1	19/10/2015 - 22:50	Teste não realiza medições	Multiteste não atuando no lado B. Foi feita a troca da placa NPIB. (Fernando)	19/10/2015 - 23:12
8	Jennifer - FPT1	24/10/2015 - 18:00	Teste acusando falso defeito	Agulha n.02 deformada. Realizada troca da mesma. (Bismarck-Tec)	24/10/2015 - 18:08
9	Maria Paula - FPT1	26/10/2015 - 7:00	Teste acusando falso defeito	Agulha n.14 deformada. Realizada troca da mesma. (Wellington)	26/10/2015 - 7:12
10	Ralcifran - FPT2	28/10/2015 - 8:10	Teste acusando falso defeito	Agulha n.08 deformada. Realizada troca da mesma. (Reuel)	28/10/2015 - 8:19
11	Ralcifran - FPT2	30/10/2015 - 14:40	Teste acusando falso defeito	Fixture com fio solto internamente. Foi feito a ressoldagem na agulha. (Reuel)	30/10/2015 - 14:54
12					
13					
14					
15					