



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Yan Cunha Pereira

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E SUAS
INFLUÊNCIAS NA QUALIDADE DA MANUTENÇÃO: ESTUDO DE
MÚLTIPLOS CASOS**

**OURO PRETO - MG
2019**

Yan Cunha Pereira
yancp1995@gmail.com

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E SUAS
INFLUÊNCIAS NA QUALIDADE DA MANUTENÇÃO: ESTUDO DE
MÚLTIPLOS CASOS**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica
da Universidade Federal de Ouro
Preto como requisito para a obtenção
do título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: DSc. Washington Luís Vieira da Silva
Professor co-orientadora: DSc. Zirlene Alves da Silva Santos

OURO PRETO – MG
2019

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P436a Pereira, Yan Cunha .
Aplicação da manutenção produtiva total e suas influências na qualidade da
manutenção [manuscrito]: estudo de múltiplos casos. / Yan Cunha Pereira. Yan
Cunha Pereira. - 2020.
61 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva.
Coorientadora: Profa. Dra. Zirlene Alves da Silva Santos.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas.

1. Manutenção Produtiva Total (TPM). 3. Manutenção. 4. Vida útil (Engenharia).
I. Pereira, Yan Cunha. II. Santos, Zirlene Alves da Silva. III. Silva, Washington Luis
Vieira da. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 621



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ATA DA DEFESA

Aos 06 dias do mês de dezembro de 2019, às 18h00min, no Auditório da Fundação Gorceix, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia do aluno Yan Cunha Pereira, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Prof^o. PhD. Elisângela Martins Leal e Prof. DSc. Luís Antônio Bortolaia. O candidato apresentou o trabalho intitulado: **“Aplicação da Manutenção Produtiva Total e suas Influências na Qualidade da Manutenção: Estudo de Múltiplos Casos”**, sob orientação do Prof. DSc Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADO.

Ouro Preto, 06 de dezembro de 2019

Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva
Professor Orientador

Prof. PhD. Elisângela Martins Leal
Professor Avaliador

Prof. DSc. Luís Antônio Bortolaia
Professor Avaliador

Yan Cunha Pereira

Aluno(a)

A todos que de alguma forma me ajudaram a vencer mais essa etapa.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, que foram os maiores responsáveis por essa conquista. Ao Luann, por ter me motivado e me colocado em linha nos últimos momentos desse trabalho. Agradecimentos especiais à turma do complexo, Rodrigo, João, Bruneca, Luigi, Barna, Bera, Alcione, Leozin, Pedrão, Sisse, etc. Ao Alencar Costa, Laura Scottini e Vitor Mol por terem me dado a oportunidade de concluir esse trabalho. À Kraft Heinz por ter acreditado em mim.

"O jogo não para, só evolui"
Don Conejo

RESUMO

PEREIRA, Yan Cunha. **APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E SUAS INFLUÊNCIAS NA QUALIDADE DA MANUTENÇÃO: ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS**. 2019. Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Ouro Preto.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar as contribuições obtidas com a implantação de um sistema de Manutenção Produtiva Total em empresas de diferentes segmentos. Realizaram-se pesquisas de cunho bibliográfico, com a intenção de construir uma base teórica, sobre os temas necessários para melhor entendimento das metodologias. O trabalho assume uma abordagem qualitativa, exploratória, bibliográfica e estudo de múltiplos casos. Utilizou-se de três estudos de caso aplicados em empresas brasileiras, sendo uma do setor de metal-mecânica, uma do setor de cosméticos e outra do setor de siderurgia. Buscou-se por uma análise dos resultados obtidos nas empresas identificar quais os ganhos atingidos ao se implantar um sistema de Manutenção Produtiva Total. Apresenta-se os benefícios conquistados com a implantação de um sistema de Manutenção Produtiva Total como: aumento da disponibilidade física, do OEE (Eficiência Global do Equipamento), do tempo médio para a falha, também como redução do número de falhas, do tempo médio para o reparo e de alguns custos e riscos operacionais e de manutenção, como exemplo, no Caso 1, foram obtidas evoluções relevantes em todos esses indicadores. Já no caso 2, foi possível mensurar os custos de produção, tempo total de atendimento (ou seja, MTTR), taxa global de acidentes, treinamento dos colaboradores, OEE e índice de defeitos (em PPM) e todos também apresentaram melhoras significativas. Para o caso 3 foi possível mensurar a redução dos tempos de limpeza, processo e no número de paradas não programadas (que influenciam diretamente o MTTR), OEE e os custos de manutenção, que também mostraram evolução considerável. Conclui-se, a partir da análise dos estudos de caso que com a correta implantação dos princípios da Manutenção Produtiva Total as empresas têm benefícios competitivos dado o cenário de concorrência atual.

Palavras-chave:Manutenção Produtiva Total, TPM, Manutenção, Multiplos Casos.

ABSTRACT

The purpose of the study is to present the contributions obtained from the implementation of a Total Productive Maintenance system in companies of different segments. Bibliographical researches were carried out, with the intention of building a theoretical basis on the themes necessary for a better understanding of the methodologies. The work assumes a qualitative, exploratory, bibliographical approach and study of multiple cases. It used three case studies applied in Brazilian companies, one from the metalworking sector, one from the cosmetics sector and the other from the steel industry. An analysis of the results obtained in the companies was sought to identify the gains achieved by implementing a Total Productive Maintenance system. The benefits of implementing a Total Productive Maintenance system were presented, such as: increased physical availability, OEE, average time to failure, as well as reduced number of failures, average time to repair and some operational and maintenance costs and risks, as an example in Case 1, relevant developments were obtained in all these indicators. In case 2, it was possible to measure production costs, total service time (ie MTTR), overall accident rate, employee training, OEE and defect rate (in PPM) and all also showed significant improvements. For case 3 it was possible to measure the reduction of cleaning times, process and the number of unscheduled downtimes (which directly influence MTTR), OEE and maintenance costs, which also showed considerable evolution. It is concluded from the analysis of the case studies that with the correct implementation of the principles of Total Productive Maintenance companies have competitive benefits given the current competition scenario.

Keywords: maintenance, Total Productive Maintenance, TPM, multiple cases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Determinação do OEE Fonte: Dantas (2016)	25
Figura 2: Fluxograma da Metodologia Fonte: Pesquisa Direta (2019)	29
Figura 3: Variáveis e Indicadores Fonte: Pesquisa Direta (2019)	30
Figura 4: Checklist Fonte: Biehl e Sellitto (2015).....	34
Figura 5: Estrutura da implementação da TPM na Natura Fonte: Netto (2008)	37
Figura 6: Prêmios de Excelencia Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	38
Figura 7: Estratégia de implantação da TPM na V&M Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008).....	39
Figura 8: Estrutura de implantação da TPM na V&M Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	40
Figura 9: TPM na V&M do Brasil Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	41
Figura 10: Fluxograma esquemático Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	42
Figura 11: Tipos de paradas detectadas Fonte: Biehl e Sellitto (2015).....	45
Figura 12: Percentual das ações executada pelo time de manutenção e operação Fonte: Biehl e Sellitto (2015).....	46
Figura 13: Custo Unitários – Fábricas Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008).....	47
Figura 14: Tempo total de atendimento Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	48
Figura 15: Taxa de frequência global de acidentes Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	48
Figura 16: % de colaboradores com 40 horas de treinamento por ano Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	49
Figura 17: Evolução do OEE Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	50
Figura 18: Qualidade da produção Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008)	50
Figura 19: Redução dos custos de manutenção Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008).....	52
Figura 20: Valorização da Linha de Pintura Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008).....	53
Figura 21: Redução dos custos de manutenção Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008).....	53
Figura 22: Ganhos após a implantação da TPM Fonte: Netto <i>apud</i> UBQ (2008).....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo da manutenção % <i>versus</i> o Faturamento bruto	2
Tabela 2 - Evolução da manutenção	9
Tabela 3 - História da TPM	19
Tabela 4 - Papéis do pessoal de manutenção e operação para garantir a qualidade do TPM...21	
Tabela 5 - Fases da implementação do TPM.....	24
Tabela 7: Coleta de Dados.....	31
Tabela 8: MTBF antes e após o piloto.....	43
Tabela 9: MTTR antes e após o piloto	44
Tabela 10: Custos de manutenção antes e após o piloto.....	44
Tabela 11 - Contribuição da Implantação da TPM nos casos estudados	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	5
1.3	Objetivos.....	6
1.3.1	Geral	6
1.3.2	Específicos.....	6
1.3.3	Estrutura do Trabalho	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	Manutenção: História e Visão Geral	8
2.1.1	História da Manutenção.....	8
2.1.1.1	Primeira geração	9
2.1.1.2	Segunda geração	9
2.1.1.3	Terceira geração.....	10
2.1.1.4	Quarta geração	10
2.1.1.5	Quinta geração	11
2.1.2	Conceito da Manutenção	12
2.1.3	Tipos de Manutenção.....	14
2.1.3.1	Manutenção Corretiva.....	14
2.1.3.2	Manutenção Preventiva.....	15
2.1.3.3	Manutenção Preditiva	16
2.2	TPM – Manutenção Produtiva Total	17
2.2.1	História do TPM	18
2.2.2	Conceitos e Objetivos do TPM.....	20
2.2.3	Implementação do TPM	22
2.2.4	Indicadores de Eficiência.....	25
2.3	Considerações finais	26
3	METODOLOGIA.....	27
3.1	Tipo de pesquisa	27
3.2	Materiais e métodos.....	28
3.3	Variáveis e indicadores.....	29
3.4	Instrumentos de coletas de dados	31
3.5	Tabulação dos dados.....	31

3.6	Considerações Finais	31
4	RESULTADOS	32
4.1	Apresentação Geral dos Casos	32
4.1.1	Estudo de Caso 1	32
4.1.2	Estudo de Caso 2	35
4.1.3	Estudo de Caso 3	38
4.2	Resultado dos Casos	42
4.2.1	Resultado Caso 1	42
4.2.2	Resultado Caso 2	47
4.2.3	Resultado Caso 3	51
4.3	Contribuição da implantação da TPM	54
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	57
5.1	Conclusões	57
5.2	Recomendações	58
6	BIBLIOGRAFIA	59

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

A manutenção de um ativo é fundamental no estabelecimento de uma empresa ou indústria para que proporcione o aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, pois a interrupção da linha produtiva da empresa pode gerar impactos no seu lucro. Segundo Wyrebski (1997) as empresas japonesas, até então famosas pela fabricação de produtos de baixa qualidade e arrasadas pela destruição causada pela 2ª guerra mundial, buscaram, na excelência da qualidade, uma alternativa para reverter o quadro no qual se encontravam.

Pinto e Xavier (2017) descrevem que para um país que já é a 6ª economia mundial, mas tem imensos desafios a vencer, o enfoque empresarial é fator crítico de sucesso para a função manutenção, para a competitividade das organizações, para a empregabilidade das pessoas e para o desenvolvimento do Brasil.

O ABRAMAN (2011) destaca os custos da manutenção a partir da Figura 1.



Figura 1 – Evolução do Custo da Manutenção no Brasil
Fonte: ABRAMAN (2011)

Observa-se na Figura 1, segundo dados da Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN (2011), que cerca de 4,5% do PIB brasileiro é representado pelos investimentos em manutenção pelas indústrias em geral. Devido ao peso da manutenção em resultados diretos para a empresa, esse investimento tende a aumentar e reflete diretamente na tomada de decisão estratégica das empresas.

A Tabela 1 representa o custo de manutenção em relação ao faturamento bruto em diversos segmentos da economia para o ano de 2011.

Tabela 1 - Custo da manutenção % *versus* o Faturamento bruto

SETORES	% FATURAMENTO BRUTO
Alimento e Bebida	1,40%
Automotivo e Metalúrgico	3,46%
Borracha e Plástico	4%
Cimento e Construção Civil	3%
Eletroeletrônico e Telecomunicações	4%
Energia Elétrica	2,36%
Farmacêutico	3,33%
Fertilizante, Agroindústria e Químico	4%
Hospitalar	2,50%
Móveis	3,67%
Máquinas e Equipamentos	3,33%
Mineração	8,67%
Papel e Celulose	2,50%
Predial	1%
Petróleo	3,73%
Petroquímico	1,67%
Saneamento e Serviços	5%
Siderúrgico	6,67%
Têxtil	3%
Transporte	> 10%
MÉDIA GERAL	4,47%

Fonte: ABRAMAN (2011)

Nota-se na Tabela 1 que o custo médio da manutenção nas empresas brasileiras é de 4% em relação ao faturamento. Portanto, em um cenário em que a maioria das empresas brasileiras não controlam o quanto gastam com manutenção, como será possível analisar o impacto financeiro de uma otimização deste gasto? Para muitas empresas a lição inicial é exatamente essa.

Dados da publicação do IBGE (2016), o universo das indústrias com 1 ou mais pessoas ocupadas era composto por 321,2 mil empresas, que ocuparam 7,7 milhões de

pessoas, sendo que as atividades da indústria de transformação representaram quase a totalidade desses resultados.

Também conforme dados do IBGE (2016), de acordo com a publicação Pesquisa Industrial Mensal, em setembro de 2018, a produção industrial nacional mostrou recuo de 1,8% frente ao mês imediatamente anterior, na série livre de influências sazonais, terceira taxa negativa seguida e acumulando nesse período redução de 2,7%. Na série sem ajuste sazonal, no confronto com igual mês do ano anterior, o total da indústria apontou redução de 2,0% em setembro de 2018, interrompendo, dessa forma, três meses de resultados positivos consecutivos. Ainda assim, os índices do setor industrial foram positivos tanto para o fechamento do terceiro trimestre de 2018 (1,2%), como para o acumulado dos nove meses do ano (1,9%), ambas as comparações contra iguais períodos do ano anterior. A taxa anualizada, indicador acumulado nos últimos doze meses, ao avançar 2,7% em setembro de 2018, assinalou perda de ritmo frente aos resultados de julho (3,3%) e de agosto (3,1%), após interromper em maio último (3,0%) a trajetória ascendente iniciada em junho de 2016 (-9,7%).

Os dados da macroeconomia nacional mostram como o setor econômico flutua bastante em nosso país gerando uma dificuldade a mais para as empresas, pois nesse contexto de instabilidade a produção industrial oscila ora para maiores e em outros momentos para menores exigências na demanda industrial, necessitando em constantes ajustes de produção e consequentemente um planejamento de curto prazo mais flexível para adaptar-se ao mercado.

Kardec e Nascif (2017) relatam que nos últimos 70 anos, a atividade de manutenção tem passado por mais mudanças do que qualquer outra atividade. Estas alterações são consequências de:

A – Aumento, bastante rápido, do número e da diversidade dos itens físicos (instalações, equipamentos e edificações) que têm que ser mantidos.

B – Aumento de instrumentação, automação e monitoramento *online* nos equipamentos.

C – Projetos muito mais complexos.

D – Novas técnicas de manutenção.

E – Novos enfoques sobre a organização da manutenção e suas responsabilidades.

F – Importância da manutenção como função estratégica para melhoria dos resultados do negócio e aumento da competitividade das organizações.

G – Introdução da gestão como fator indispensável para alcançar os melhores resultados para manutenção e para a empresa como um todo.

Ainda conforme Kardec e Nascif (2017), a Manutenção Produtiva Total – TPM (*Total Productive Maintenance*) é um método de melhoria de processos de negócios, desenvolvido sob a perspectiva do gerenciamento de manutenção. O TPM concentra-se na melhoria da produtividade, principalmente por meio da maximização da disponibilidade de equipamentos. Para isso, pequenas equipes multidisciplinares melhoram passo a passo a eficácia geral do equipamento e de suas máquinas ou linhas de produção. O TPM foi aplicado pela primeira vez pela empresa japonesa Nippondenso, fornecedora da indústria automotiva Toyota.

Por muitos e muitos anos a preocupação das empresas foi com a manutenção corretiva, que segundo Braz da Silva *et al.* (2012) ocorrem em duas situações específicas: quando o equipamento apresenta um desempenho abaixo do esperado, apontado pelo monitoramento, ou quando ocorre a falha do equipamento. Dessa forma, pode-se verificar que a principal função da manutenção corretiva é restaurar ou corrigir as condições de funcionamento de um determinado equipamento ou sistema. Com isso ocorriam desperdícios, retrabalhos, perdas de tempo e de esforços humanos além de prejuízos financeiros. A partir de uma análise desse problema, passou-se a dar maior atenção na manutenção preventiva. Com base neste tipo de manutenção foi desenvolvido o conceito de Manutenção Produtiva Total, conhecido pela sigla TPM (*Total Productive Maintenance*) que se trata de um programa de manutenção preventiva e preditiva.

Wyrebski (1997) cita que a TPM, antes de tudo, deve ser encarada como uma filosofia de gestão empresarial centrada na disponibilidade total do equipamento para a produção. Tal filosofia deve ser seguida por todos os segmentos da empresa. Desde a alta gerência até o operador do equipamento. Portanto, a Manutenção Produtiva Total é a manutenção industrial que engloba todos os departamentos de uma empresa ou indústria.

Segundo Takahashi e Osada (2002), a chave para a definição e o desenvolvimento do plano básico de TPM é garantir o apoio da alta gerência, que determina os rumos da fábrica, as suas prioridades e atividades. O ponto mais importante é avaliar até que ponto a alta gerência e gerência de nível médio reconhecem a necessidade e o valor das atividades de TPM no futuro. Esses mesmos autores citam que as atividades de Manutenção Produtiva

ajudam a melhorar o controle da qualidade, a entrega dentro do prazo, a redução de custos e a diminuição do número de processos. Essas atividades são a base do gerenciamento e a essência da melhoria da produtividade. Devem ser implementadas e bem definidas antes da adoção de um novo procedimento de gerenciamento.

De um modo geral, um equipamento não quebra com tanta facilidade, nos processos de produção que envolvem muitas máquinas, a menos que a confiabilidade de cada componente seja tratada como parte da confiabilidade global do conjunto de máquinas, o tempo médio entre falhas dessas máquinas não será totalmente sincrônico e previsível. Assim, as avarias podem ocorrer a qualquer momento, em uma ou mais operações, diminuindo sensivelmente o índice de utilização de toda instalação.

Xenos (1998) relata que as fábricas estão se tornando cada vez mais automatizadas e complexas. Os volumes de produção e as exigências por maior qualidade são hoje bem maiores que há algumas décadas. Por isso, até mesmo as pequenas interrupções da produção podem causar grandes prejuízos. Estes desafios industriais colocaram a manutenção em evidência. A manutenção é indispensável à produção e pode ser considerada como a base de toda a atividade industrial.

De acordo com o contexto apresentado, fica claro que as indústrias estão cada vez mais a procura de métodos para garantir a qualidade da manutenção, e apesar da Manutenção Produtiva Total ser de certa forma conhecida por empresas de excelência, ainda há muito a aprender sobre o método e seus resultados.

Os estudos de caso analisados foram realizados em três empresas de diferentes setores, a primeira no segmento de metal-mecânica, a segunda no segmento de cosméticos e por fim uma no segmento siderúrgico.

Com o objetivo de entender os reais ganhos e disseminar a ideia de um sistema de Manutenção Produtiva Total, este trabalho busca responder ao seguinte questionamento:

Qual a contribuição da implementação da Manutenção Produtiva Total na qualidade da manutenção em diferentes segmentos empresariais?

1.2 Justificativa

Com a globalização do comércio, as empresas vencedoras são as que melhor gerem seus custos. A Manutenção Produtiva Total busca minimizar as perdas, garantir a

padronização dos processos para enfim aumentar a produtividade e conseqüentemente gerar redução significativa dos custos.

O entendimento do que é qualidade na manutenção e um melhor entendimento das dificuldades de implementação de um sistema de qualidade podem ser um diferencial na busca da execução constante da melhoria contínua e um diferencial competitivo.

Este trabalho se justifica por demonstrar que as soluções de melhoria contínua em qualidade garantem resultados e ganhos efetivos de produção durante e após sua execução.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar as possíveis contribuições na qualidade da manutenção devido a implementação da Manutenção Produtiva Total em empresas de diversos segmentos.

1.3.2 Específicos

- Elaborar uma revisão bibliográfica sobre Manutenção, conceitos e definições; Manutenção Produtiva Total;
- Elaborar um procedimento metodológico para averiguar a contribuição da TPM e sua implementação na qualidade da manutenção a partir dos casos relacionados;
- Verificar a aplicação da Manutenção Produtiva Total;
- Apresentar os ganhos usualmente encontrados na implementação da TPM em empresas para os casos selecionados.

1.3.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho será dividido em 5 capítulos que se apresentam da seguinte forma:

No primeiro capítulo é apresentada a formulação do problema, os objetivos do trabalho e sua justificativa. O segundo capítulo trata da fundamentação dos conceitos e teorias da manutenção e da manutenção produtiva total, suas corretas aplicações e os impactos previstos para a qualidade da manutenção.

O terceiro capítulo define os procedimentos metodológicos necessários para a realização dos estudos, bem como as ferramentas utilizadas. No quarto capítulo são analisados os resultados encontrados com a utilização dos conceitos apresentados através dos estudos de caso. O capítulo cinco apresenta as conclusões do trabalho e as recomendações para garantir o sucesso da implementação da TPM. E por fim, estão as referências bibliográficas e os anexos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o embasamento teórico relativo ao tema abordado no presente trabalho, abrangendo a história da manutenção, os conceitos de manutenção, Manutenção Produtiva Total e implementação da TPM.

2.1 Manutenção: História e Visão Geral

2.1.1 História da Manutenção

Devido a constante inovação no segmento industrial, desde a concepção de novos mecanismos, advento de máquinas até a necessidade de extensão dos processos produtivos devido ao aumento da demanda, é importante para o bom entendimento dos conceitos apresentados nesse trabalho a apresentação da evolução das formas de manutenção. Segundo Kardec e Nascif (2017), ela pode ser dividida em cinco gerações a partir da década de 1940, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Evolução da manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO												
Geração	Primeira Geração		Segunda Geração			Terceira Geração			Quarta Geração		Quinta Geração	
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2015		
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	• Conserto após a falha		• Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento			• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente			• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Gerenciar ativos • Influir nos resultados do negócio		• Gerenciar os ativos • Otimizar os ciclos de vida dos ativos • Influir nos resultados do negócio	
Visão quanto à falha do ativo	• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e por isso falham		• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira			• Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5			• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F. (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5		• Planejamento do ciclo de vida desde o projeto para reduzir falhas	
Mudança nas técnicas de manutenção	• Habilidades voltadas para o reparo		• Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção preventiva (por tempo)			• Monitoramento da condição • Manutenção preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho disciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade			• Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição • Redução nas manutenções preventiva e corretiva não planejada • Análise de falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade • Contratação por resultados		• Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição on e off-line • Participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos • Garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência • Implementar melhorias objetivando redução de falhas • Excelência em engenharia de manutenção • Consolidação da contratação por resultados	

Fonte: Kardec e Nassif (2012)

2.1.1.1 Primeira geração

Como se pode ver na Tabela 2, esta geração corresponde ao período anterior à Segunda Guerra Mundial se estendendo até o final da década de 50, época em que se tinha a concepção de que a manutenção era uma atividade de suporte secundária, onde os reparos dos equipamentos eram realizados apenas após a ocorrência da falha, segundo Tavares (1999).

Segundo Kardec e Nascif (2017), não havia manutenção sistematizada, apenas a realização de lubrificações e manutenção corretiva após a falha do equipamento.

Moubray (1997) também afirma que devido ao superdimensionamento e simplicidade dos equipamentos na época, a confiabilidade era alta a reparação fácil, de forma que as rotinas de manutenção também eram simples, como limpeza e lubrificação.

2.1.1.2 Segunda geração

De acordo Kardec e Nascif (2017) esta geração ocorre entre os anos de 50 e 70, portanto após a segunda grande guerra. As pressões do período aumentaram as demandas por diversos tipos de produtos e suprimentos, consequentemente aumento a mecanização. Ao

mesmo tempo o contingente de mão de obra industrial diminuiu consideravelmente. Começa a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, na busca de maior produtividade; a indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas. Isto levou a ideia que falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva. Tavares (1999) acredita nessa mudança, pois devido as circunstâncias da época, os gerentes e supervisores iniciaram a formação de equipes profissionais com o fim de criarem paradas obrigatórias nas máquinas.

O início da formação de sistemas de planejamento e controle da manutenção se deu logo na década de 60, onde a manutenção preventiva tomou forma inicial com intervalos fixos e intervenções periódicas nos equipamentos.

2.1.1.3 Terceira geração

A partir da década de 70, devido aceleração da indústria, era uma preocupação o número de paralisações da produção, pois diminuem a capacidade de produção, aumentam os custos e afetam a qualidade dos produtos. Associada a uma tendência e popularização mundial de sistemas *just in time* (JIT), que sofrem maior impacto devido à paralização devido aos estoques reduzidos e produção em andamento, a confiabilidade e disponibilidade se tornaram conceitos chave em setores diversos, desde saúde até telecomunicação, segundo Kardec e Nascif (2017).

Ainda sobre os mesmos autores, a necessidade da qualidade e funcionamento das instalações e máquinas trouxeram novas prioridades. Foi dada maior importância na teoria e utilização da manutenção preditiva, uma maior disseminação e aplicação do conceito de confiabilidade e aplicação dos seus conceitos em seus processos e um incremento na utilização de softwares de planejamento e controle da manutenção.

2.1.1.4 Quarta geração

Fatores almejados no decorrer da terceira geração, como disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade, ganharam ainda mais importância na quarta geração, segundo Kardec e Nascif (2017), consolidando a Engenharia da Manutenção dentro da estrutura organizacional da empresa devido a sua importância e impacto.

Com seu início no final da década de 90 as práticas de manutenção preditiva e o monitoramento das condições das máquinas se fortaleceram, e conseqüentemente as atuações de manutenção preventivas no cenário da manutenção foram limitadas, visando a redução da interrupção da produção (KARDEC E NASCIF, 2017).

2.1.1.5 Quinta geração

Para a quinta geração, segundo Kardec e Nascif (2017), as práticas adotadas na quarta geração são mantidas, mas há um maior enfoque nos resultados empresariais, sendo a razão principal para obtenção de competitividade entre as empresas, a fim de garantir a sua sobrevivência. Isso gerou um novo olhar para a sistemática da Gestão de Ativos por todas as áreas coordenadas.

Ainda pelos menos autores, a Gestão de Ativos busca garantir a produção em sua capacidade máxima, sem falhas não previstas, de modo que seja obtido o melhor Retorno sobre os Ativos (ROA – *Return on Assets*).

Em relação a manutenção ocorrem, segundo Kardec e Nascif (2017):

- Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição on-line e off-line.
- Participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos. Esse enfoque significa ter o domínio de todo o ciclo de vida dos ativos.
- Monitoramento da performance de modo a garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência.
- Constante implementação de melhorias objetivando redução de falhas.
- Aprimoramento na relação entre departamentos (tratamento de interfaces) como requisito fundamental para que a Gestão de Ativos seja praticada.
- Excelência em Engenharia de Manutenção.
- Consolidação da necessidade da boa prática gerencial;
- Consolidação da contratação por resultados.

Moubray (1997) traz a história da manutenção dividida em apenas três, mas não deixa a desejar, pois traz todas as qualificações dessa quinta geração na sua terceira, com características como confiabilidade e manutenibilidade, disponibilidade, monitoramento, modelos de falhas, sistemas avançados e trabalho em equipe.

2.1.2 Conceito da Manutenção

Para a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), segundo a NBR 5462 (1994, p. 7) define o termo manutenção “como todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter um item podendo desempenhar uma função requerida”.

Segundo Ferreira (1975), manutenção é o ato ou efeito de manter (-se). São as medidas necessárias para garantir a conservação ou permanência de algo em uma situação. Os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento normal de máquinas.

Já para Moubray (1997), a manutenção é o conjunto de técnicas que assegura que os ativos físicos (equipamentos, sistemas, instalações, etc.) continuem proporcionando o que os usuários desejam que eles façam. Reforça que os usos das técnicas corretas de manutenção buscam garantir que suas funções estejam dentro dos parâmetros de disponibilidade, qualidade, prazos, custos, vida útil adequada e de preservação do meio ambiente a fim de obter a segurança humana.

Xenos (1998, p.18), utiliza-se da ABNT (1994) para definir o conceito de manutenção em seu livro “Gerenciando a Manutenção Produtiva”, como:

A manutenção é definida como a combinação de 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 (NBR 5462-1994). Ou seja, manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para os quais foi projetado, num nível de desempenho exigido.

Kardec e Nascif (2017) não trazem a definição de manutenção, mas informam que a missão da manutenção é de preservar a função de um sistema, através da confiabilidade e disponibilidade, de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, nunca deixando de lado a segurança, a preservação do meio ambiente e os custos. Não obstante, a manutenção deve ser entendida como parte da estratégia da organização, responsável pelo atingimento dos objetivos e resolução dos problemas apresentados, elevando a empresa em patamares competitivos.

Tavares (1999) afirma que a manutenção consiste em todas as ações necessárias para manter um equipamento ou instalação conservado, de tal forma que o mesmo permaneça de acordo com uma condição pré-definida.

Já Zenha (2014) acredita que não existe um padrão para as definições de manutenção, dado que as conceituações do assunto feitas pelos autores são vieses de suas visões particulares e que o conceito de manutenção sofreu diversas alterações ao longo do tempo, sendo assim algo de difícil definição.

Lemos (2011) deixa claro que apesar da variedade de definições para o termo manutenção, existem alguns termos comumente utilizados para defini-la:

- Defeito: Eventos ocorridos em itens não impedindo o funcionamento do dispositivo, mas que ao longo do tempo podem levar à falha do mesmo;
- Função: O que é esperado ou a ação própria ou natural de um dispositivo;
- Falha: Eventos que quando ocorridos nos itens impedem o funcionamento do mesmo;

Segundo Viana *apud* Silva (2018, p. 22) ainda traz mais alguns termos usuais como:

- Defeito Crítico: Defeito que provavelmente resultará em uma falha ou resultará em condições perigosas e inseguras para pessoas, danos materiais significativos ou outras consequências inaceitáveis;
- Confiabilidade: É a capacidade de um item de desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo;
- FMEA: Ferramenta de garantia de qualidade que significa análise de efeitos e modos de falha;

Mantenabilidade: É a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas

Xenos (1998, p.18) também cita que “As atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso”.

Kelly & Harris (1980, pág.4) complementam o conceito como: “(...) uma combinação de ações conduzidas para substituir, reparar, revisar ou modificar componentes de uma fábrica de modo que esta opere dentro de uma disponibilidade especificada, em um intervalo de tempo também especificado”.

Apesar dessas diferentes concepções do termo manutenção, fica claro que todos os autores convergem para o mesmo ponto em comum em suas definições, sendo a manutenção

vista como ações que buscam manter o equipamento desempenhando uma determinada função esperada.

2.1.3 Tipos de Manutenção

Para manter a competitividade e efetividade estratégica, as empresas precisam dominar os tipos de manutenção a fim de tomar decisões assertivas na escolha dos tipos de manutenção para cada equipamento a fim de obter os melhores resultados. Xenos (1998, p. 20) reforça essa importância dizendo que “A melhor manutenção será a combinação mais adequada dos vários métodos, de acordo com a natureza e criticidade do equipamento para a produção”.

Existem diversas literaturas que tratam do tema e é comum encontrarmos divergências nos conceitos. Alguns autores tratam a manutenção de forma mais complexa focando em diferenciar cada nuance e particularidade, separando detalhadamente cada tipo de manutenção, outros já fazem uma abordagem mais genérica e concentram suas características dentro de um mesmo tipo. Por isso, neste trabalho os tipos de manutenção são divididos em: corretiva, preventiva, preditiva e produtiva total.

2.1.3.1 Manutenção Corretiva

Segundo Kardec e Nascif (2017) a manutenção corretiva pode ainda ser dividida em duas categorias: Manutenção Corretiva Não Planejada e Manutenção Corretiva Planejada. Apesar de possuírem a mesma essência, existem grandes divergências em seu foco, custo e disponibilidade. Porém nas duas, como Xenos (1998, p. 23) destaca, a manutenção “sempre é feita depois que a falha ocorreu”.

Manutenção Corretiva Não Planejada é definida pela ABNT (1994, p. 7) como “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Já a Manutenção Corretiva Planejada para Kardec e Nascif (2017, p.28) é o tipo de manutenção onde “(...) a perda de produção é reduzida ou mesmo eliminada, além de o tempo de reparo e o custo serem minimizados”.

Viana (2002, p. 10) afirma que a manutenção corretiva “(...) é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente; se configura em uma intervenção aleatória, sem definições anteriores”.

De acordo com Xenos (1998) quando se analisa pela perspectiva do custo de manutenção, a manutenção corretiva sempre é mais barata do que prevenir as falhas nos equipamentos. Mas na perspectiva global da empresa, as paradas repentinas causam perdas maiores devido a interrupção da produção.

Segundo Kardec e Nascif (2017) os motivos da manutenção corretiva planejada ter melhores resultados são a possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção, ter um melhor planejamento dos serviços e a garantia da existência de recursos humanos com a qualificação necessária para a execução dos serviços e em quantidade suficiente, que podem, inclusive, serem buscados externamente à organização.

Wyrebski (1997) cita que as desvantagens da manutenção corretiva são:

- As máquinas podem quebrar-se durante os horários de produção;
- As empresas utilizam máquinas de reserva;
- Há necessidade de se trabalhar com estoques;

Dito isso, fica claro que a função principal da manutenção corretiva é reestabelecer as condições de funcionamento de um determinado equipamento ou sistema e não é um modelo de manutenção com foco na redução das paradas, conseqüentemente dos custos.

2.1.3.2 Manutenção Preventiva

A partir da Segunda Guerra Mundial as organizações passaram a se importar cada vez mais com a interrupção da produção devido a ocorrência de falhas e desenvolveram um processo de prevenção de avarias, segundo Tavares (2014), que, por conseguinte, gerou um acréscimo significativo na produção industrial, transformando a manutenção em um ativo imprescindível.

Segundo a norma ABNT (1994, p. 7), a Manutenção Preventiva pode ser descrita como a “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um item”.

Para Araújo e Santos (2004), consiste em um trabalho de prevenção de defeitos que possam originar a parada ou um baixo rendimento dos equipamentos em operação.

Kardec e Nascif (2017, p. 42) afirmam que:

Inversamente à política de Manutenção Corretiva, a Manutenção Preventiva procura obstinadamente evitar a ocorrência de falhas, ou seja, procura prevenir. Em determinados setores, como na aviação, a adoção de manutenção preventiva é

imperativa para determinados sistemas ou componentes, pois o fator segurança se sobrepõe aos demais.

Para Slack *et al* (2007) a manutenção preventiva é feita antes da ocorrência de falhas e visa eliminar ou moderar as probabilidades de parada por manutenção das instalações em período de intervalos planejados.

Viana (2002) completa:

São serviços efetuados em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha, desta forma proporcionando uma “tranquilidade” operacional necessária para o bom andamento das atividades produtivas.

Quanto maior forem os custos de falhas; quanto mais as falhas forem prejudiciais a produção; quanto maior for a simplicidade de reposição e quanto maiores forem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional, mais conveniente será a manutenção preventiva, segundo Kardec e Nascif (2017).

Após todas as definições fica claro que a manutenção preventiva visa evitar a falha do equipamento, de maneira oposta à corretiva. Tem como premissa, a parada planejada realizada nos equipamentos que não estejam em falha a fim de prever e mitigar possíveis anomalias.

2.1.3.3 Manutenção Preditiva

Através da consultada norma NBR 5462 (1994), a manutenção preditiva é definida como a “manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”.

A manutenção preditiva visa a realizar manutenção somente quando as instalações precisarem dela (Slack et al., 2007). Deste modo, a manutenção preditiva detecta as falhas antes mesmo delas se tornarem críticas, gerando um maior controle e assertividade do planejamento. Bolgenhagen et al. (2011) também concorda com essa definição e afirma que o objetivo principal deste tipo de manutenção é evitar a ocorrência da falha previamente, como forma de prevenção e melhora da confiabilidade da máquina.

Kardec e Nascif (2017) apresentam quatro técnicas bastante usadas nas indústrias nacionais que buscaram fazer uso da manutenção preditiva, sendo elas: Ensaio por Ultra-som; Análise de vibrações mecânicas; Análise de óleos lubrificantes e Termografia.

Xenos (1998, p. 24) aborda a questão econômica deste tipo de manutenção de forma otimista:

A manutenção preditiva é uma modalidade mais cara olhando apenas o custo da manutenção, pois as peças e componentes dos equipamentos são trocadas ou reformadas antes de atingirem seus limites de vida. A manutenção preditiva permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida.

Para Arato Jr. (2004), o monitoramento de parâmetros que constituem o estado de funcionamento das máquinas é a característica básica da manutenção preditiva. Onde os métodos empregados utilizam-se de técnicas e procedimentos de medição desses parâmetros, tal qual seu acompanhamento e análise posterior para evitar a ocorrência de falha. Também é conhecida como manutenção preventiva baseada na condição. Kardec e Nascif (2017) expõem ainda alguns tipos de técnicas bastante utilizadas em indústrias que aplicaram a manutenção preditiva, como ensaios por ultra-som, análises de vibrações mecânicas, de óleos lubrificantes e termografia.

A manutenção preditiva nada mais é que um complemento à manutenção preventiva, segundo Xenos (1998), com o intuito de inspecionar os equipamentos.

Segundo Wyrebski (1998), a vantagem da manutenção preditiva é que os elementos da máquina são aproveitados ao máximo, tendo somente a substituição ou reforma das peças danificadas de forma planejada.

2.2 TPM – Manutenção Produtiva Total

Principal tema deste trabalho, a TPM – Total Productive Maintenance ou também Manutenção Produtiva Total, segundo Wyrebski (1998), apresenta a manutenção produtiva com o envolvimento de todos os colaboradores da empresa, cada um com sua responsabilidade, desde o operário até o presidente.

Nascimento *apud* Marroco (2013, p. 23), definem:

TPM é uma sigla em inglês para Total Productive Maintenance que traduzindo livremente significa Manutenção Produtiva Total. Esta metodologia visa melhorar a “performance” (desempenho) e a produtividade

dos equipamentos de uma fábrica. Todos na fábrica, em qualquer nível, devem se envolver na cultura e nas atividades; por isso da palavra Total em seu nome.

2.2.1 História do TPM

O TPM tem seu início ao final da Segunda Guerra Mundial, época em que a necessidade de reconstrução do Japão pressionou o governo a tomarem medidas agressivas em relação a produtividade das linhas, forçando as empresas japonesas a se adaptarem e se tornarem seguidoras leais das técnicas americanas de gestão e de produção, segundo Nakajima (1989).

De acordo com Suzuki (1994), a tendência de automatização alinhada com o sistema *just in time*, estimularam o engajamento em melhorar a gestão da manutenção nas indústrias japonesas. Dessa forma, originou-se a Manutenção Produtiva Total, uma forma de manutenção que engloba atividade de todos os colaboradores.

Já em 1950 as empresas japonesas tiveram os primeiros contatos com a Manutenção Preventiva e deixaram de utilizar apenas a Manutenção Corretiva de forma emergencial, originada de uma influência americana. Uniram-se também a Manutenção Preventiva os conceitos de Prevenção da Manutenção, Manutenção Produtiva e Manutenção do Sistema de Produção, que visavam o aumento da capacidade produtiva das máquinas, reafirma Nakajima (1989).

Consultando o mesmo autor, a evolução da manutenção no Japão ocorreu em quatro fases diferentes, sendo elas:

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção do Sistema Produtivo;
- TPM.

Já para Kardec e Nascif (2017) a empresa japonesa Nippon Denso co do grupo Toyota foi a primeira empresa a efetivamente implantar a Manutenção Produtiva Total em 1971.

Na Tabela 3, pode-se visualizar as diferentes fases da TPM.

Tabela 3 - História da TPM

	1ª Geração 1970	2ª Geração 1980	3ª Geração 1990	4ª Geração 2000
Estratégia	Máxima eficiência dos equipamentos		Produção e TPM	Gestão e TPM
Foco	Equipamento		Sistema de produção	Sistema geral da companhia
Perdas	Perda por falhas	Seis principais perdas nos equipamentos	Dezesseis perdas (equipamentos, fatores humanos e recursos na produção)	Vinte perdas (processos, inventário, distribuição e compras)

Fonte: Palmeira (2012)

A primeira geração da TPM, segundo Moraes (2004) surgiu quando o departamento responsável pela operação da máquina, também se tornou responsável por seu manutenção básico a fim de evitar a ocorrência de falhas e maximizar sua eficácia. Já na segunda geração da TPM foram criados seis novos conceitos de perda, sendo eles:

- Perda por quebra ou falha;
- Perda por preparação e ajuste;
- Perda por operação em vazio e pequenas paradas;
- Perda por velocidade reduzida;
- Perda por defeitos no processo;
- Perda no início da produção.

Segundo o mesmo autor, na terceira geração da TPM são englobados mais tipos de perdas, também com a preocupação com o sistema de produção, são elas divididas em: oito perdas ligadas aos equipamentos; cinco perdas ligadas as pessoas e três perdas ligadas aos recursos físicos de produção. A quarta geração é iniciada nos anos 2000 e se diferencia em 20 grandes perdas distribuídas entre compras, inventário, processos e distribuição, ou seja, passa a incluir mais setores da empresa e englobar ainda mais a organização nas atividades de manutenção e eliminação de ocorrências por falhas.

2.2.2 Conceitos e Objetivos do TPM

O conceito básico de TPM consiste na reformulação da estrutura organizacional da empresa, das pessoas e dos equipamentos, a partir do envolvimento nas atividades de manutenção por parte de todos os níveis hierárquicos, segundo Tavares (1999).

Nakajima (1989) acredita que essa estrutura deve ter participação de todos da empresa, desde a alta direção até os postos operacionais de todas as áreas, isso se chama PM – Prevenção da Manutenção, com o envolvimento de todos.

Willmott (1994, p. 38) diz que o objetivo da TPM é “melhoria da estrutura empresarial mediante a melhoria da qualidade de pessoal e de equipamento”. Wyrebski (1998) completa que para concretizar a melhoria da qualidade do equipamento é necessário primeiro realizar a melhoria da qualidade do pessoal.

Takahashi (1993, p. 21) reafirma o conceito do TPM como “uma MP (manutenção preventiva) mais ampla, baseada na aplicabilidade econômica vitalícia de equipamentos, matrizes e gabaritos que desempenham os papéis mais importantes na produção”

Para Slack *et al.* (2002) a TPM tem como principal objetivo garantir a constância nos processos de produção, onde a principal causa de variação é pela ocorrência de falhas e paradas não planejadas.

Para Wyrebski (1998, p. 29) o objetivo do TPM é a eliminação de todas as perdas. Para que isso se concretize, o autor define as atividades da TPM como:

Para atingir a eficiência global do equipamento, o TPM visa a eliminação das perdas, que a prejudicam. Tradicionalmente a identificação das perdas era realizada ao se analisar estatisticamente os resultados dos usos dos equipamentos, objetivando a determinação de um problema, só então investigar as causas. O método adotado pela TPM examina a produção de “inputs” como causa direta. Ele é mais pró-ativo do que reativo, uma vez que corrige as deficiências do equipamento, do operador e o conhecimento do administrador em relação ao equipamento.

Kardec e Nascif (2017) definem o método do TPM como:

A TPM tem o objetivo de envolver todos os níveis e funções em uma organização para maximizar a eficácia global dos equipamentos de produção. Este método abrange os processos e equipamentos existentes em uma planta industrial, sempre com o intuito de reduzir falhas em máquinas, acidentes de trabalho e possíveis perdas na produção, além disso, todos devem passar por treinamentos específicos e mudar sua mentalidade, comprometendo-se mais com as tarefas do dia a dia.

Para Pereira (2009), estes objetivos somente são alcançados quando há um ambiente propício para a realização de melhorias contínuas dentro das empresas e que também forneçam aos colaboradores os treinamentos e conhecimento necessários para tal.

Slack *et al.* (2002) dizem que é necessário que o operador de cada equipamento haja como dono e tome responsabilidades por elas, executando as atividades rotineiras e reparos simples, a fim de garantir o seu funcionamento.

A forma como o TPM busca atingir o seu objetivo é através da transformação do operador em dono do próprio equipamento, atribuindo-o responsabilidades simples e consequentemente liberando os responsáveis pela manutenção para focar no desenvolvimento de qualificações para o sistema de manutenção. Dessa forma, o pessoal da manutenção consegue focar em atividades mais complexas e faz com que o operador domine as atividades básicas de cuidado do próprio equipamento (KARDEC e NASCIF, 2017; SLACK *et al.*,2002).

Na Tabela 4, é apresentada as funções do pessoal da manutenção e operação.

Tabela 4 - Papéis do pessoal de manutenção e operação para garantir a qualidade do TPM

	Pessoal de manutenção	Pessoal de operação
Papéis	Para desenvolver: – ações preventivas – manutenção corretiva	Para assumir: – domínio das instalações – cuidado com as instalações
Responsabilidade	Treinar os operadores Planejar a prática de manutenção Solução de problemas Avaliar a prática operacional	Operação correta Manutenção preventiva de rotina Manutenção preditiva de rotina Detecção dos problemas

Fonte: Slack *et al.* (2002)

Fica claro através da tabela 4 as funções de cada colaborador para garantir o sucesso da execução da Manutenção Produtiva Total, com diferenças entre as responsabilidades do pessoal da manutenção e da operação.

Slack *et al* (2002) sintetiza bem quais são os objetivos do sistema através de cinco metas que devem ser almeçadas em uma indústria que utiliza o sistema de TPM.

1. Aperfeiçoar a Eficácia dos Equipamentos: Realizado através do diagnóstico completo das perdas que intercorrem de acordo com a contribuição das instalações e seus impactos na eficiência da produção.

2. Execução da Manutenção Autônoma: Responsabilizar as áreas de produção e manutenção pela atividade e desempenho do processo como um todo, onde a equipe tem responsabilidades em conjunto tanto em melhorias de produção quanto na performance da manutenção, como mostrado na tabela 4.
3. Planejamento da Manutenção: Todas as ações, desde as responsabilidades da manutenção e operação, padrões de manutenção preditiva e preventiva de cada equipamento devem ser planejados e elaborados previamente.
4. Treinamento e Educação: Treinamentos completos e recorrentes com foco nos atributos mais relevantes para que a operação e a manutenção consigam lidar adequadamente com suas atividades rotineiras.
5. Gestão dos equipamentos e máquinas desde o início da aplicação: Envolver todos os níveis da organização durante o projeto do equipamento, tendo em foco conseguir prever as prováveis causas de falhas e a manutenibilidade ainda na fase de projeto.

2.2.3 Implementação do TPM

Apesar das diferenças entre os segmentos e empresas, para garantir a eficaz implementação da TPM, é necessário conhecer e entender quais são os oito pilares que sustentam essa metodologia. Eles são apresentados na Figura 1:

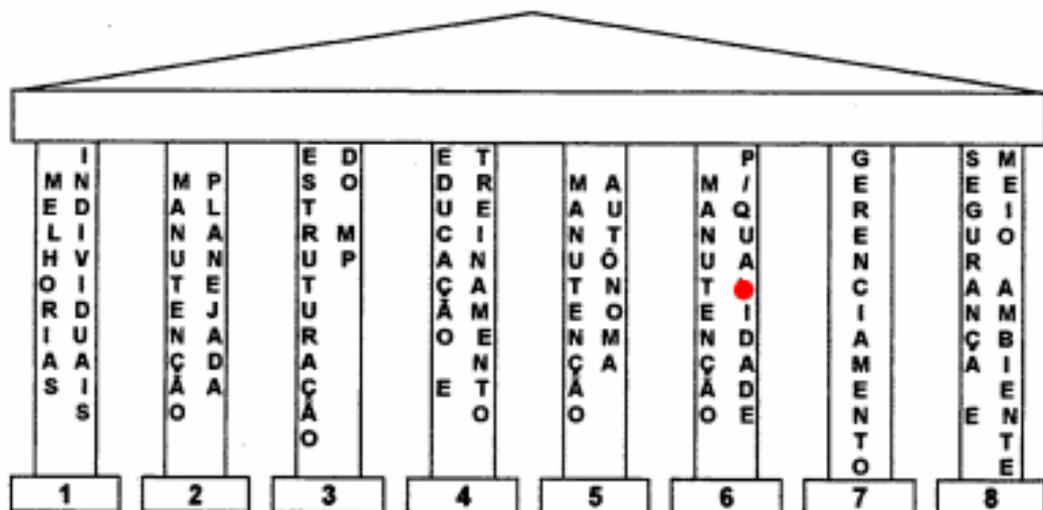


Figura 1 - Os oito pilares que sustentam a TPM
Fonte: Suzuki (1994)

Nakajima (1998), Pereira (2009) e Kardec e Nassif (2017) explicam esses pilares:

- i. O primeiro pilar, de melhoria focada, se trata da manutenção corretiva de melhorias em casos de falhas crônicas;
- ii. O segundo pilar, da manutenção planejada, tem como principal ativo a gestão das rotinas através de um sistema de planejamento da programação diária e do planejamento de paradas, com objetivo de garantir a disponibilidade, confiabilidade e controle dos custos;
- iii. O terceiro pilar, da gestão antecipada, tem como propósito estabelecer um sistema a fim de prever as possíveis necessidades de manutenção de um equipamento na fase ainda de projeto, com o intuito de minimizar o seu impacto na produção;
- iv. O quarto pilar tem como foco garantir a implementação dos treinamentos em toda equipe, ampliando a capacitação tanto de viés técnico como comportamental e gerencial;
- v. O quinto pilar refere-se aos treinamentos realizados com foco de garantir que os operadores tenham capacidade de realizar a manutenção autônoma, trabalhando de forma proactiva na detecção de possíveis falhas;
- vi. O sexto pilar é responsável pela relação entre qualidade e confiabilidade, dos produtos e máquinas, respectivamente. Garantindo que a máquina não pare durante o período em que foi programada para trabalhar.
- vii. O sétimo pilar busca a melhoria dos processos administrativos, focando nos sistemas de gestão e conseqüentemente na qualidade e efetividade dos procedimentos de manutenção.
- viii. O oitavo e último pilar tem como foco a melhoria contínua o trabalhador e suas condições de trabalho, bem como os riscos ambientais. É suportado pela execução assertiva dos pilares anteriores.

Kardec e Nassif (2017) apresentam na Tabela 5 quais são as etapas para implementação do TPM em uma empresa:

Tabela 5 - Fases da implementação do TPM

Fase	Nº	Etapa	Ações
	1	Comprometimento da alta administração	<ul style="list-style-type: none"> • Divulgação da TPM em todas as áreas da empresa • Divulgação através de jornais internos
	2	Divulgação e treinamento inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Seminário interno dirigido a gerentes de níveis superior e intermediário • Treinamento de operadores
	3	Definição do Órgão ou Comitê responsável pela implantação	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturação e definição das pessoas do Comitê de Implantação
	4	Definição da Política e Metas	<ul style="list-style-type: none"> • Escolha das metas e objetivos a serem alcançados
	5	Elaboração do Plano Diretor de Implantação	<ul style="list-style-type: none"> • Detalhamento do plano de implantação em todos os níveis
Introdução	6	Outras atividades relacionadas com a introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Convite a fornecedores, clientes e empresas contratadas
	7	Melhorias em máquinas e equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de área e/ou equipamentos e estruturação das equipes de trabalho
	8	Estruturação da Manutenção Autônoma	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação da Manutenção Autônoma, por etapas, de acordo com programa • Auditoria de cada etapa
	9	Estruturação do Setor de Manutenção e condução da Manutenção Preditiva	<ul style="list-style-type: none"> • Condução da Manutenção Preditiva • Sobressalentes, Ferramentas e Desenho...
	10	Desenvolvimento e capacitação de pessoal	<ul style="list-style-type: none"> • Treinamento de pessoal de operação para desenvolvimento de novas habilidades relativas a manutenção • Treinamento de pessoal de manutenção para análise, diagnóstico, etc. • Formação de líderes • Educação de todo o pessoal
	11	Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão do fluxo inicial • LCC (Life Cycle Cost)
Consolidação	12	Realização da TPM e seu aperfeiçoamento	<ul style="list-style-type: none"> • Candidatura ao Prêmio PM • Busca de objetivos mais ambiciosos

Fonte: Kardec e Nassif (2017)

Conforme Kardec e Nascif (2017), a Engenharia de Manutenção incorpora critérios que aumentam a confiabilidade e a disponibilidade garantida nas atividades de manutenção, em que são desenvolvidos planejamento e controle da manutenção, com o intuito de prever ou prevenir falhas, ou ainda de aperfeiçoar a atuação das equipes de execução de manutenção, enfim, são atribuições que desenvolvem, implantam e analisam os resultados através de sistemas informatizados de manutenção.

2.2.4 Indicadores de Eficiência

É de extrema importância a gestão e acompanhamento dos indicadores de performance ou KPIs para mensurar a evolução da metodologia do TPM.

Segundo Shirose (1992), o principal indicador que relaciona e consolida o resultado de outros três grandes KPIs: de Disponibilidade, Performance Operacional e Qualidade dos Produtos e conseqüentemente que abrange as perdas nas máquinas e sistemas produtivos é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), ou Rendimento Operacional Global (ROG).

A figura 1 resume como é feito o cálculo do OEE:

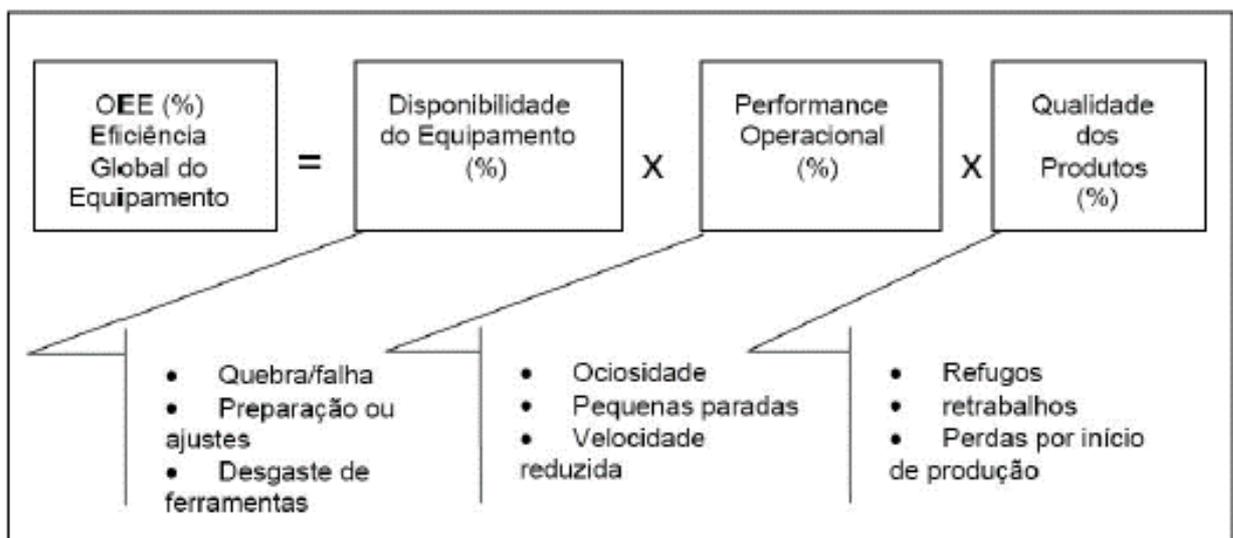


Figura 1: Determinação do OEE
Fonte: Dantas (2016)

O OEE, segundo Nakajima (1988), resulta da multiplicação de três fatores, como mostrado na figura 1, disponibilidade, performance operacional e qualidade dos produtos. Abaixo a equação:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance Operacional} \times \text{Qualidade dos Produtos}$$

A norma NBR 5462 (1994) define disponibilidade como “capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado”. Para Kardec e Nascif (2007) disponibilidade representa a relação entre a quantidade de tempo que o equipamento ou máquina ficou desimpedido e capaz de produzir em relação ao tempo total.

Viana (2006) afirma que a disponibilidade física representa o quanto houve de dedicação para o funcionamento de um equipamento ou máquina em relação ao tempo total do período. É a relação entre o tempo em que o equipamento ou máquina operou dividido pelas horas total, multiplicada por 100, como representado abaixo:

$$\text{Disponibilidade} = \text{Tempo Trabalhado} \times 100 / \text{Tempo Totais} \quad (1)$$

A qualidade, segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), é o cumprimento das especificações de projeto e manufatura com a menor variabilidade possível, tornando possível a satisfação das necessidades dos clientes

Resumindo, a Qualidade representa a quantidade de produtos que possuem as necessidades de conformidades preenchidas. O Desempenho relaciona a velocidade de trabalho do equipamento versus a sua capacidade nominal. A Disponibilidade é o tempo que o equipamento teve disponível para produzir em relação ao tempo total planejado para produção, e por fim o OEE, que engloba todos esses indicadores a fim de definir um KPI global de desempenho da manutenção (ZUASHKIANI, 2011).

2.3 Considerações finais

Neste capítulo foi apresentada a revisão bibliográfica sobre manutenção, sua história e seus tipos, também sobre a história, conceitos e objetivos, implementação e indicadores de qualidade da TPM. Apontando também algumas práticas, modelos e ferramentas para a implementação da TPM de forma eficaz.

No próximo capítulo serão mostradas as classificações referentes ao tipo de pesquisa, apresentando as ferramentas e técnicas utilizadas para realizar o estudo da Manutenção Produtiva Total. Apontando também todos os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento efetivo da pesquisa. Além de apresentar a área em que ocorre esta pesquisa e também a forma como foi realizada a coleta e tabulação dos dados obtidos.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será descrito as características de desenvolvimento de uma pesquisa, abordando suas principais classificações, objetivos e procedimentos técnicos utilizados no trabalho, além das considerações finais.

3.1 Tipo de pesquisa

Esta pesquisa tem como objetivo apresentar a metodologia de estudo das etapas que compõem as decisões, planos e atividades que foram aplicadas em estudos de casos que demonstram a contribuição da implementação de um sistema de TPM em empresas de diversos segmentos.

Uma pesquisa pode ser classificada de duas formas, qualitativa ou como quantitativa.

De acordo com Gressler (2004), em pesquisa qualitativa são utilizadas informações sobre os fenômenos investigados com o uso de estudos de casos, históricos de ocorrência dos fatos e entrevistas para descrever a complexidade de um problema, não havendo manipulação de indicadores variáveis ou experimentos.

Segundo Fonseca (2002, p.32):

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Já uma pesquisa quantitativa, segundo Gil (2008) utiliza-se de recursos e ferramentas estatísticas para representar em números, as opiniões e informações a fim de classificá-las e extrair suficiente conteúdo para análise.

Disto isso, a presente pesquisa se caracteriza como qualitativa, que se baseia majoritariamente em pesquisa bibliográfica e estudos de casos práticos que demonstram a efetividade e os resultados da implementação da TPM em uma empresa

Gil (2008), também afirma que existem tipos de classificação de uma pesquisa de acordo com seus objetivos, sendo elas:

- Exploratórias;
- Descritivas;
- Explicativas.

Segundo o mesmo, uma pesquisa exploratória tem por objetivo explicitar o problema e desenvolver maior familiaridade com o tema, de tal forma que seja possível gerar hipóteses ao final do trabalho. Esse tipo pode envolver pesquisa bibliográfica, estudos de caso e entrevistas com pessoas experientes na área estudada.

Já a pesquisa descritiva é pautada em inúmeras informações sobre o que é pesquisado. Ele busca descrever os fatos e fenômenos de uma determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987).

E a pesquisa explicativa tem a sua base tem por objetivo, segundo Gil (2008), registrar os fatos, analisá-los, interpretá-los e identificar suas causas.

O tipo de pesquisa utilizado neste trabalho, segundo Gil (2008), é exploratória, pois são realizados estudos de múltiplos casos a fim de identificar as melhores práticas e procedimentos aplicados ao tema de Manutenção Produtiva Total e sua implementação e impacto na qualidade da manutenção.

Resumindo, este trabalho consiste em uma pesquisa exploratória qualitativa.

3.2 Materiais e métodos

O procedimento e metodologia abordado para o desenvolvimento do trabalho é representado pelos passos apresentados na Figura 2.



Figura 2: Fluxograma da Metodologia
 Fonte: Pesquisa Direta (2019)

Como demonstrado na Figura 2, primeiro é realizada a identificação de um problema, que neste caso é impacto da implementação da TPM na qualidade da manutenção. Para a resolução deste problema, foi feita uma revisão bibliográfica para embasamento teórico, visando a resolução do problema em questão. O seguinte passo foi a metodologia utilizada, definida como “qualitativa, exploratória, bibliográfica, documental e estudo de múltiplos casos”. Após essas etapas, foram feitas as coletas dos dados por meio de artigos sobre o assunto e posteriormente a análise dos mesmos e avaliação dos resultados. E então foram apresentados os resultados.

3.3 Variáveis e indicadores

É de grande importância considerar algumas variáveis e indicadores para garantir a possibilidade de analisar o procedimento da manutenção e os impactos de um sistema de TPM na qualidade da manutenção.

De acordo com Lakatos e Marconi (2003) uma variável pode ser considerada uma classificação ou medida: uma quantidade que varia; um conceito operacional, que apresenta ou contém valores; um aspecto; um conceito operacional; uma quantidade que varia; um fator ou propriedade, discernível em algum objeto de estudo.

Para Takahashi e Osada (2002, p.32):

O processo de definição de metas e planos de implementação específicos deve ser totalmente analisado, em termos das circunstâncias reais, bem como das considerações sobre a melhoria da produtividade relevantes para o gerenciamento e o funcionamento de cada fábrica.

Também segundo os mesmos autores, para que as atividades de TPM evoluam, é preciso tratar dos problemas de avaliação de sua eficácia.

Tadachi e Flores (1997, p.19) classificam indicadores como maneiras de representar de forma quantificável as características de produtos e processos, que geralmente são utilizados pelas organizações com o intuito de gerir e melhorar a qualidade e o desempenho dos seus produtos ao longo do tempo.

Variáveis	Indicadores	
Gestão da Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> - DF: Disponibilidade Física; - MTBF: Tempo entre falhas; - MTTR: Tempo médio de reparo; - Número de ocorrência; - Ciclo de vida dos equipamentos; - OEE 	
Manutenção Produtiva Total	Característica do planejamento	<ul style="list-style-type: none"> - Atividades planejadas; - Atividades não planejadas; - Eficácia da mão de obra; - Trabalho em hora-extra;
	Volume do trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Volume de trabalho atual; - Volume de trabalho total; - Manutenção preventiva; - Manutenção geral;
	Custos	<ul style="list-style-type: none"> - Custos de reparo; - Custos de MP; - Custos diretos; - Custos indiretos;
	Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> - Taxa de manutenção produtiva; - Perdas por paralisação; - Taxa do custo de produção; - Taxa do tempo real de produção

Figura 3: Variáveis e Indicadores

Fonte: Pesquisa Direta (2019)

Observa-se na Figura 3 os principais indicadores a serem observados para que seja mensurado a qualidade da manutenção após a implementação do TPM, de forma a quantificar a importância do mesmo.

3.4 Instrumentos de coletas de dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas coletas de dados que partiram da concepção de um roteiro de pesquisa com os atributos e etapas necessárias para sua finalização, seguido do estudo bibliográfico e da análise de artigos que apresentam resultados implantação da Manutenção Produtiva Total. A Tabela 7 apresenta como os dados obtidos são tabulados.

Tabela 6: Coleta de Dados

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Disponibilidade Física			
Confiabilidade			
OEE			
MTBF			
Nº de Falhas			
MTTR			

Fonte: Pesquisa Direta (2019)

Observa-se na Tabela 7 os principais indicadores da TPM, a fim de obter melhor assimilação de sua importância neste estudo.

3.5 Tabulação dos dados

Os dados obtidos e documentados na pesquisa serão registrados no *software Microsoft Word*, e tabulados pelo *software Microsoft Excel* para uma melhor visualização das informações relevantes ao trabalho.

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento deste estudo, cujos instrumentos escolhidos, estão de acordo com o objeto. Logo, a metodologia descrita deverá servir como guia para a obtenção dos resultados e conclusão do trabalho. No próximo capítulo serão abordados os estudos de casos, a aplicação prática proposta na metodologia e os resultados obtidos.

4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados casos que expõem o assunto abordado neste trabalho, obtendo-se assim a ideia de como é realizada a implantação da TPM no Brasil e os possíveis resultados que podem ser obtidos com um sistema de TPM bem elaborado.

4.1 Apresentação Geral dos Casos

4.1.1 Estudo de Caso 1

O trabalho “TPM e Manutenção Autônoma: Estudo de Caso em uma Empresa da Indústria Metal-Mecânica”, realizado por Biehl e Sellitto (2015), expõe um caso de aplicação da TPM em uma área-piloto de uma empresa do segmento de metal-mecânica.

A empresa estudada por Biehl e Sellitto (2015) possui mais de 70 anos no mercado, dispõe de mais de 4.500 colaboradores e está entre as três maiores fabricantes de armamentos do mundo, onde atua tanto no mercado civil (como defesa pessoal ou caça esportiva) quanto no mercado para policiais e forças militares, possuindo diversos modelos de armas. A empresa também atua no exterior, por meio de exportação para inúmeros países, já tendo inclusive sido premiada internacionalmente por entidades prestigiadas do segmento devido a qualidade de seus produtos. A empresa é pioneira na utilização de polímeros de titânio na fabricação dos armamentos devido aos seus grandes investimentos em projeto e tecnologia.

Para elaboração da pesquisa, Biehl e Sellitto (2015) utilizaram a seguinte metodologia:

- Revisão bibliográfica sobre TPM e manutenção autônoma;
- Estabelecimento do método de implantação, baseado na revisão da obra de Nakajima (1988);
- Descrição das atividades conduzidas em campo e relato dos resultados numéricos até agora obtidos (sessão 3.1);
- Análise dos resultados até agora obtidos e projeção de continuidade.

Os autores utilizaram o seguinte método de implantação da manutenção autônoma:

1. Comprometimento da alta administração;
2. Divulgação dos procedimentos a serem adotados;
3. Definição do comitê responsável pelo projeto;
4. Determinação das políticas e metas básicas;
5. Definição do plano diretor;

6. Início propriamente dito da implantação;
7. Instrução dos operadores;
8. Definição de procedimentos pelos grupos de trabalho;
9. Escolha de equipamentos-piloto para medição de eficácia;
10. Desenvolvimento da manutenção autônoma;

Durante o diagnóstico inicial, Biehl e Sellitto (2015) comentam que foram encontrados os seguintes problemas:

- Grande número de quebra de máquinas;
- Falta de registros e estatísticas destas quebras;
- Má condição das máquinas;
- Falta de instrução de operadores.

Após estes resultados, a diretoria declarou oficialmente a implantação da TPM e realizou a divulgação dos objetivos, completando o passo 1.

A implantação se iniciou em 2013, retrata Biehl e Sellitto (2015), a partir da definição dos líderes e responsáveis pelos primeiros passos do programa em cada área e foram realizados treinamentos com uma consultoria externa com as lideranças a fim de abordar os temas necessários para o sucesso da implantação do programa TPM, completando os passos 2 e 3.

Iniciada a implantação do programa, Biehl e Sellitto (2015) revelam que os objetivos gerais foram: redução no número e na gravidade das avarias em máquinas, redução da quantidade de intervenções emergenciais em máquinas, redução no tempo total gasto com máquinas paradas, redução dos custos totais de manutenção e mudança de cultura das equipes quanto a responsabilidades e comprometimentos com a situação e o estado dos equipamentos de produção.

Para introdução do programa, foi selecionada uma área de usinagem com os seguintes objetivos específicos, de acordo com Biehl e Sellitto (2015):

- Redução do tempo até o reparo das máquinas;
- Aumento do intervalo entre falhas das máquinas;
- Redução de custo total de manutenção das máquinas.

Com essas atividades, foram implementados os passos 4, 5 e 6.

Para implementação do passo 7, segundo Biehl e Sellitto (2015), os líderes da área-piloto realizaram treinamentos para os supervisores e colaboradores da produção abordando os principais conceitos da TPM e atividades de conscientização da sua importância. Após o treinamento teórico, foi realizado um treinamento prático na fábrica para que os operadores testassem e interpretassem as atividades propostas, incluindo o preenchimento de um checklist que contém os pontos chaves de inspeção dos equipamentos escolhidos, completando o passo 8 e 9.

A Figura 4 apresenta o checklist utilizado.

VERIFICAÇÃO OPERACIONAL - TPM														FII cc 2240 ver. 1 - Fev/13	
ITENS A SEREM VERIFICADOS PELO OPERADOR DIARIAMENTE															
MAQUINA PARADA				MAQUINA EM FUNCIONAMENTO				Equip: C.U. ROMI D600				Patrimônio: 3165			
A- Nível de Óleo - Unidade Hidráulica				I- Pressão da Unidade Hidráulica				Relativo ao mês:							
B- Nível de Óleo - Unidade de Lubrificação				J- Pressão da Bomba de Refrigeração											
C- Verificar Unidade de Conservação				L- Verificar Vazamentos: Ar/Óleo											
D- Limpeza do Reservatório da Refrigeração*				M- Verificar Ruído											
E- Limpeza da Máquina				N- Verificar Vibração											
F- Cones das Ferramentas															
G- Filtro do Painel Elétrico															
H- Proteções e Coberturas Articuladas															
*Conforme manual do equipamento, a limpeza do reservatório deve ser realizada semestralmente, ou antes deste período se necessário.															
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.
A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-
B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-
C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-
D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-
E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-
F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-
G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-
H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-
M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.
I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-
J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-
L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-
M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-
N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-
op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:
TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:
Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.

*A verificação desta deve ser firmada pelo líder do setor/turno **Cada coluna é referente ao dia verificado ***Op: n° de chapa.

Figura 4: Checklist
 Fonte: Biehl e Sellitto (2015)

Após todos os 9 passos completados, executaram-se as primeiras atividades em conjunto com os supervisores, líderes de área, equipe de gestão do TPM, manutenção e os operadores, completando o passo 10.

Assim, os resultados obtidos na implementação de um sistema de manutenção autônoma na área piloto da empresa serão apresentados no Capítulo 4.2.1.

4.1.2 Estudo de Caso 2

Para o estudo de caso 2, será analisado o artigo “A IMPORTÂNCIA E A APLICABILIDADE DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) NAS INDÚSTRIAS”, Netto (2008) realiza o estudo da implantação da TPM e seus resultados na qualidade da manutenção nas empresas Natura e Vallourec & Mannesmann. Nesta parte será estudado o caso da Natura.

A Natura é uma empresa brasileira que está presente em diversos países na América Latina como Brasil, Argentina, Chile, Colômbia, México, Peru, Venezuela e também na Europa e Estados Unidos, além de outros 63 países de forma indireta. A empresa atua no setor de produtos cosméticos, entre eles estão produtos para tratamento do rosto, como maquiagens, do corpo, como sabonetes, desodorantes, óleos corporais, perfumes, protetores solares e também para barba e cabelos. Foi fundada em 1969 por Antônio Luiz Seabra e atualmente o número de colaboradores é de aproximadamente 7.000 e o de consultoras considerado em 1,5 milhão.

Em 2015, a Natura recebeu o prêmio internacional *Champions of the Earth 2015* dentro da classe “Visão Empreendedora”, conferido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), dado o seu comprometimento em antever e contemplar o desenvolvimento sustentável dentro da sua estratégia de negócios. Este prêmio reconhece as principais lideranças mundiais que focam em programas ambientais inspiradores.

Segundo Netto (2008), os valores e as crenças da Natura possuem três pilares como base:

1. Resultados econômicos;
2. Resultados ambientais;
3. Resultados sociais.

Estes pilares têm como foco o compromisso com a verdade, o respeito à diversidade, à empresa como organismo vivo, o desenvolvimento sustentável, a contribuição com a evolução da sociedade, a busca da beleza, o aperfeiçoamento contínuo e o encadeamento das relações (NETTO, 2008).

Segundo Netto (2008) o objetivo da Natura com a implantação da TPM é otimizar os resultados, melhorar produtividade, aumentar a qualidade, eficiência e confiabilidade dos

processos de manutenção, com foco em zero falhas, defeitos e acidentes por meio de capacitação dos colaboradores. Os principais objetivos são:

1. Reduzir quebras;
2. Eliminar riscos de acidentes ambientais;
3. Aumentar a eficiência dos equipamentos;
4. Otimizar os fluxos de materiais;
5. Reduzir e eliminar os acidentes de trabalho;
6. Melhorar a qualidade dos processos e produtos;
7. Melhorar a utilização dos ativos;
8. Capacitar as pessoas e promover o bem estar e estar bem.

O mesmo autor explicita que para a implementação da Manutenção Produtiva Total, a Natura adota como estratégia as oito frentes de gestão da TPM, sendo os principais pilares operacionais:

- Manutenção Autônoma;
- Manutenção Planejada;
- Educação e Treinamento;
- Segurança, Saúde e Meio ambiente.

Ainda de acordo com Netto (2008) os pilares operacionais influenciam significativamente na confiabilidade do sistema produtivo da empresa. Já a área tática, com foco em decisões de curto prazo, tem os seguintes pilares de execução:

- Melhoria Específica;
- Manutenção da Qualidade;
- Área Administrativa;
- Controle Inicial.

A estrutura de implementação da TPM na Natura é demonstrada na figura 3.

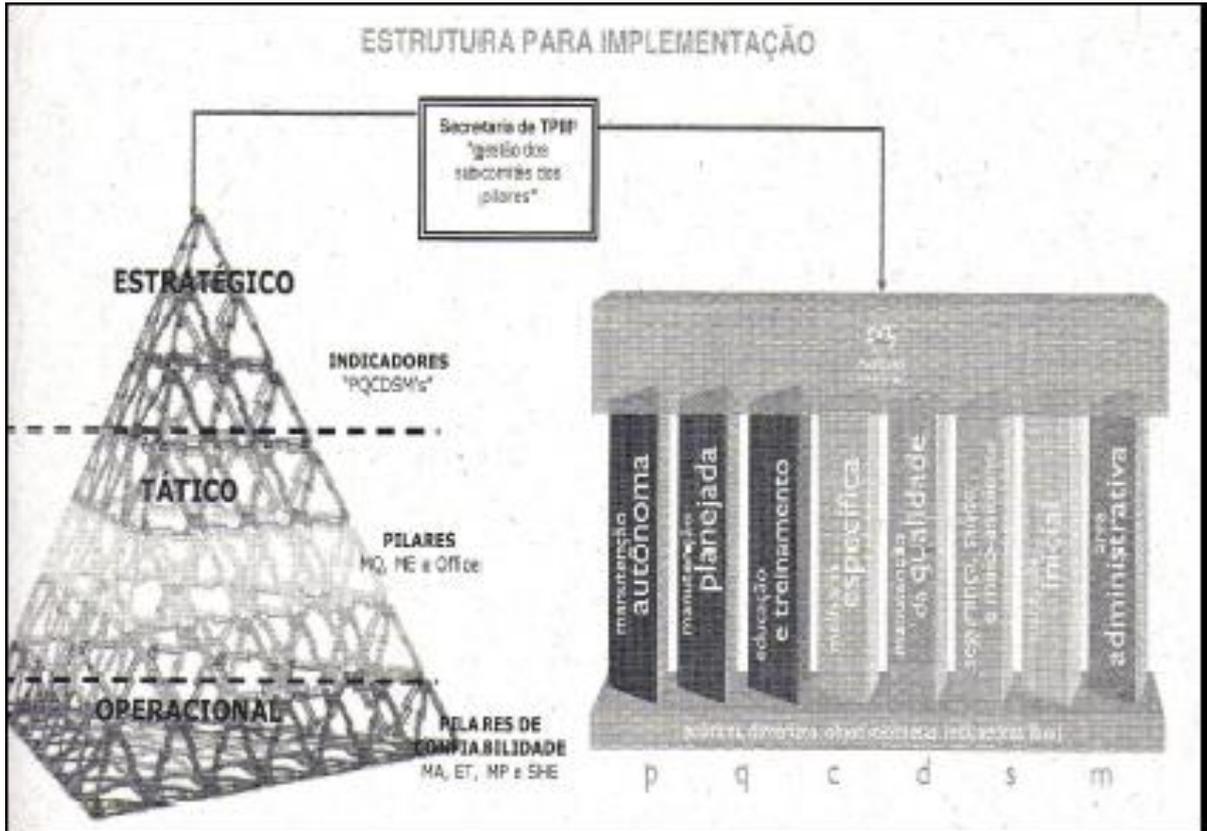


Figura 5: Estrutura da implementação da TPM na Natura
Fonte: Netto (2008)

Netto (2008) relata que o objetivo da Natura é conquistar os prêmios *Excellence Award*, *Consistent Award* e o *Special Award* da JIPM pela utilização da TPM. E o plano para cumprir a implantação da TPM e garantir os prêmios citados é apresentado na figura 4.

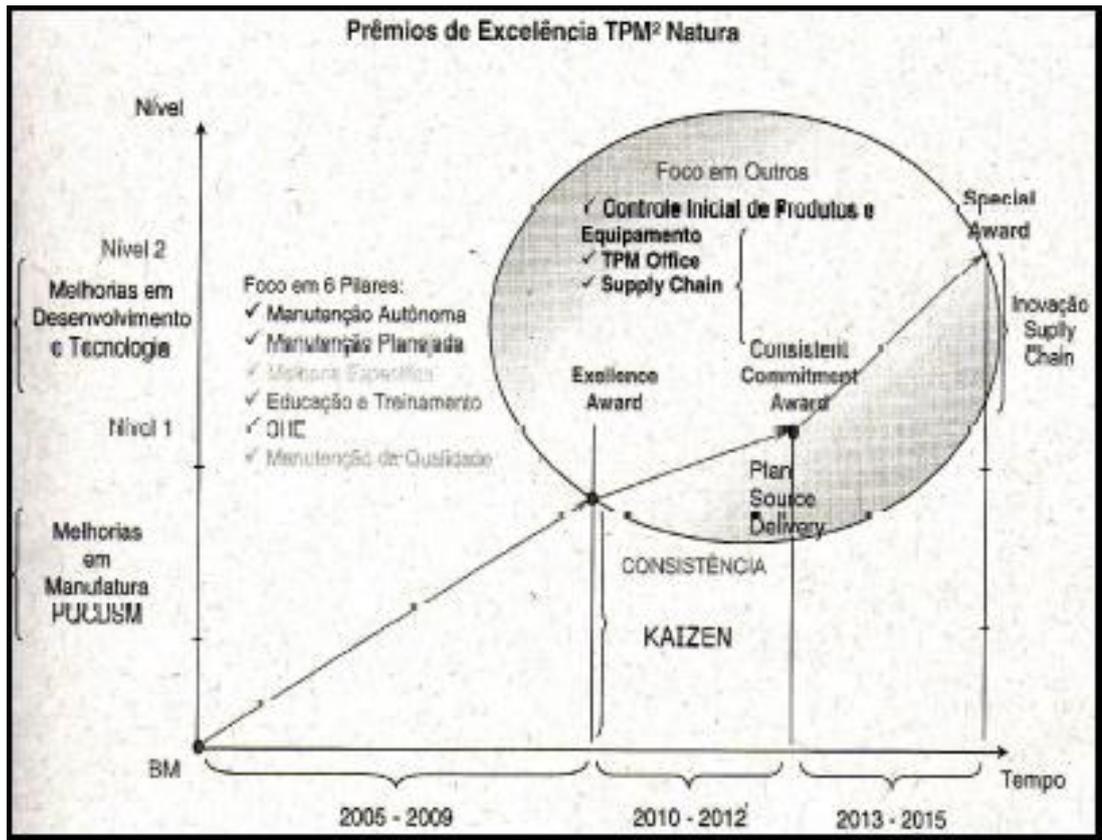


Figura 6: Prêmios de Excelencia
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

4.1.3 Estudo de Caso 3

Dando continuidade ao artigo “A IMPORTÂNCIA E A APLICABILIDADE DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) NAS INDÚSTRIAS” de Netto (2008), onde o autor realiza o estudo da implantação da TPM nas indústrias da Natura e Vallourec & Mannesmann e quais foram seus resultados na qualidade da manutenção. Nesta parte, será estudado o caso da Vallourec & Mannesmann (V&M).

A V&M foi fundada em 1952 em Belo Horizonte com o intuito de preencher a demanda de tubos de aço sem costura da indústria petroquímica em ascensão à época, a Petrobras. Através da fusão entre o grupo francês Vallourec e do alemão Mannesmannrohrwerk, originou-se a V&M conhecida atualmente, com as subsidiárias V&M do Brasil, V&M Florestal e V&M Mineração.

De acordo com Netto (2008), o portfólio da V&M do Brasil inclui os seguintes produtos:

1. *Casing*: com foco em revestimento de poços de petróleo;
2. *Line Pipe*: aplicado na condução da indústria petrolífera;

3. Revestidos: para condução em tubulações com necessidade de proteção anti-corrosiva e mecânica;
4. Condução Industrial: construções em geral;
5. Tubulações Estruturais: para construção civil;
6. Cilindros de Gás: para indústrias petroquímicas e gás natural veicular;
7. Termo Geração: são condensadores e trocadores de calor, aquecedores e super-aquecedores para aplicação em serviços de baixa e alta temperatura.

Netto (2008) elucida que o programa de implementação da TPM na V&M do Brasil teve seu início em 2001, a partir da estratégia de melhoria contínua da empresa. A figura 7 apresenta essa estratégia.

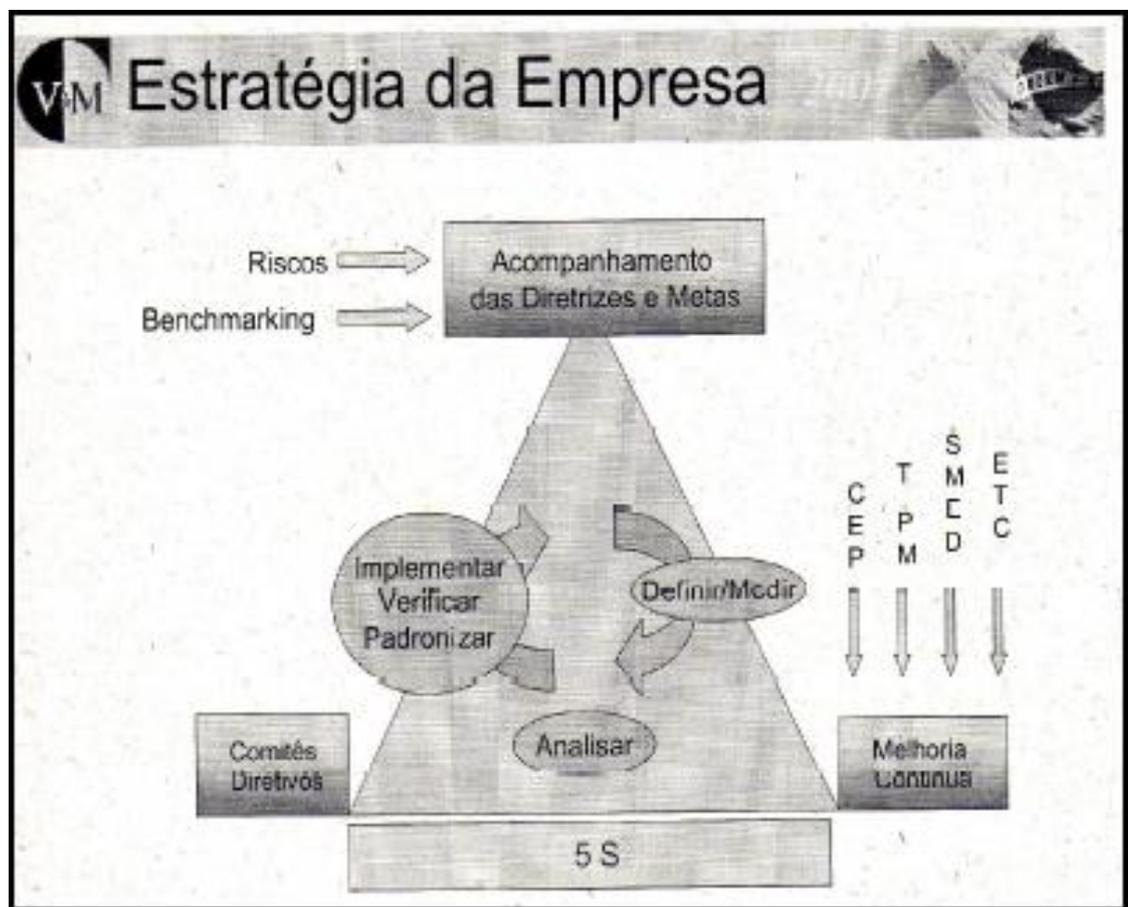


Figura 7: Estratégia de implantação da TPM na V&M
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

O primeiro passo, de acordo com Netto (2008), foi a contratação de uma consultoria externa, com o fim de desenvolver um programa de TPM que se adequasse a realidade da empresa através de estudos da estrutura física, organizacional e cultura da empresa. O segundo passo foi a notificação para toda a companhia do início do projeto de implementação da TPM e a divulgação de quais seriam os próximos passos a serem executados. Após a

finalização das ações citadas anteriormente, o seguinte passo foi definir duas áreas piloto da empresa para realizar um teste inicial da implementação da TPM, onde todo o processo foi acompanhado e coordenado de forma corporativa, com participação ativa da alta direção. Na figura 8 é apresentada a estrutura final da implantação da TPM na V&M.

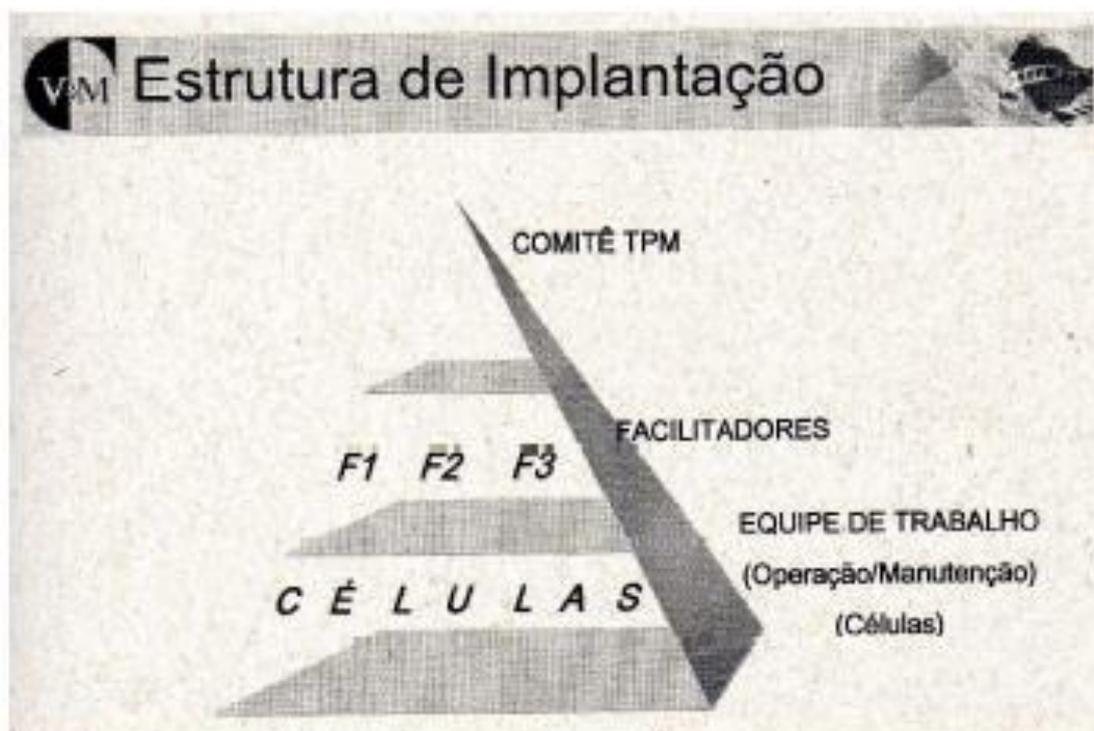


Figura 8: Estrutura de implantação da TPM na V&M
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

Foram estruturados, de acordo com Netto (2008), comitês TPM em cascata, desde a alta administração da empresa (denominado como Comitê do Diretor de Manutenção), passando pelos superintendentes, gerentes e facilitadores de cada área (denominado como Comitê da Superintendência), até os coordenadores e facilitadores (denominado como Comitê Central).

A figura 9 apresenta a estrutura da TPM na V&M, baseada de acordo com os oito pilares clássicos da Manutenção Produtiva Total.

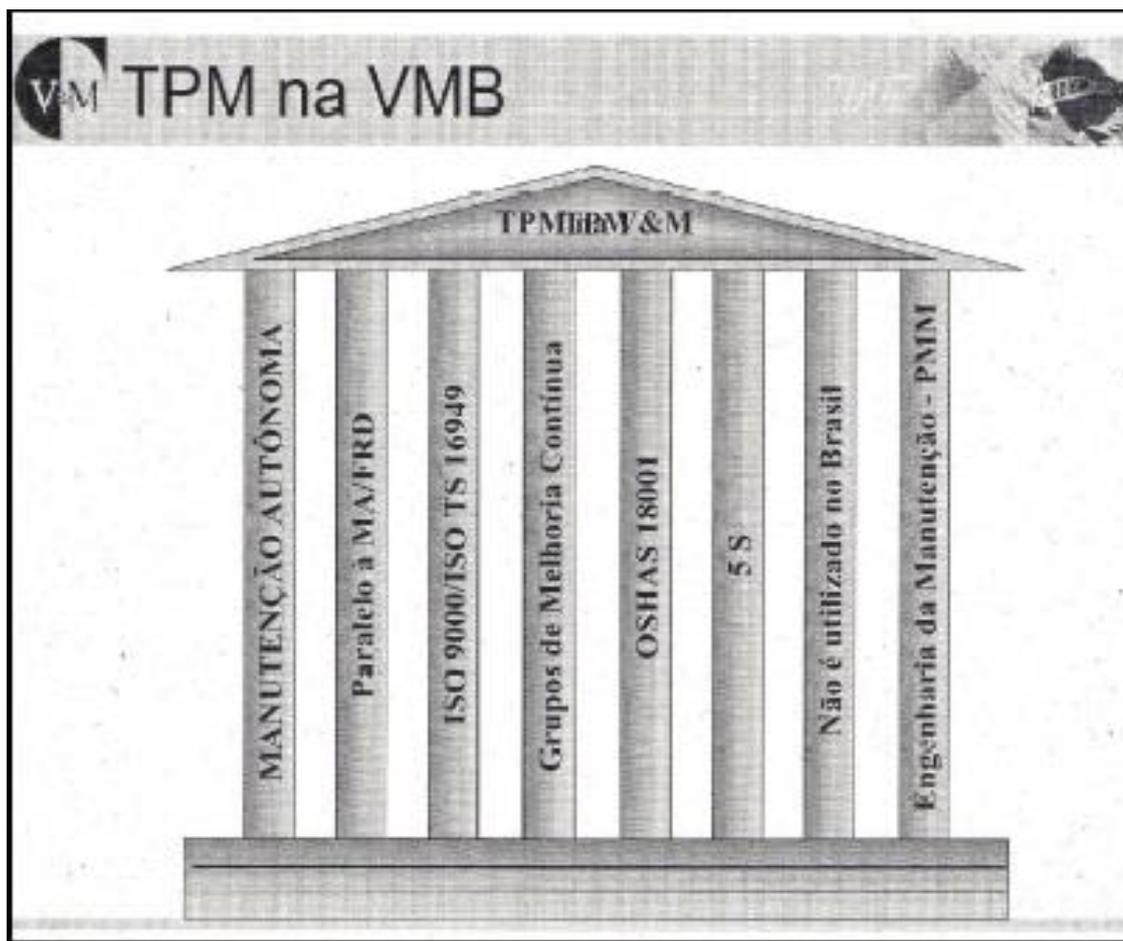


Figura 9: TPM na V&M do Brasil
 Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

Ainda consoante à Netto (2008), são seguidos sete passos para a implantação da Manutenção Autônoma na V&M do Brasil, sendo eles:

1. Limpeza Geral da Máquina;
2. Eliminação de fontes de sujeira em locais de difícil acesso;
3. Levantamento dos pontos fracos;
4. Inspeção geral;
5. Inspeção voluntária;
6. Organização e ordem;
7. Consolidação da manutenção autônoma.

Tendo a metodologia estrutural sido estipulada, a etapa seguinte para a implantação da TPM na V&M do Brasil era definir quais as máquinas e equipamentos estariam no piloto e de que forma eles seriam inseridos na metodologia. Em conformidade com os critérios definidos e os processos chave da empresa, como necessidade de aumento da produtividade, de

melhoria da eficiência da manutenção e do aumento do tempo de utilização do equipamento (NETTO, 2008)

Conforme explicitado por Netto (2008), a metodologia TPM foi aplicada de acordo com a relevância dos equipamentos para da operação geral de toda a planta da Vallourec & Mannesmann do Brasil. O fluxograma da metodologia é apresentando abaixo na Figura 10.

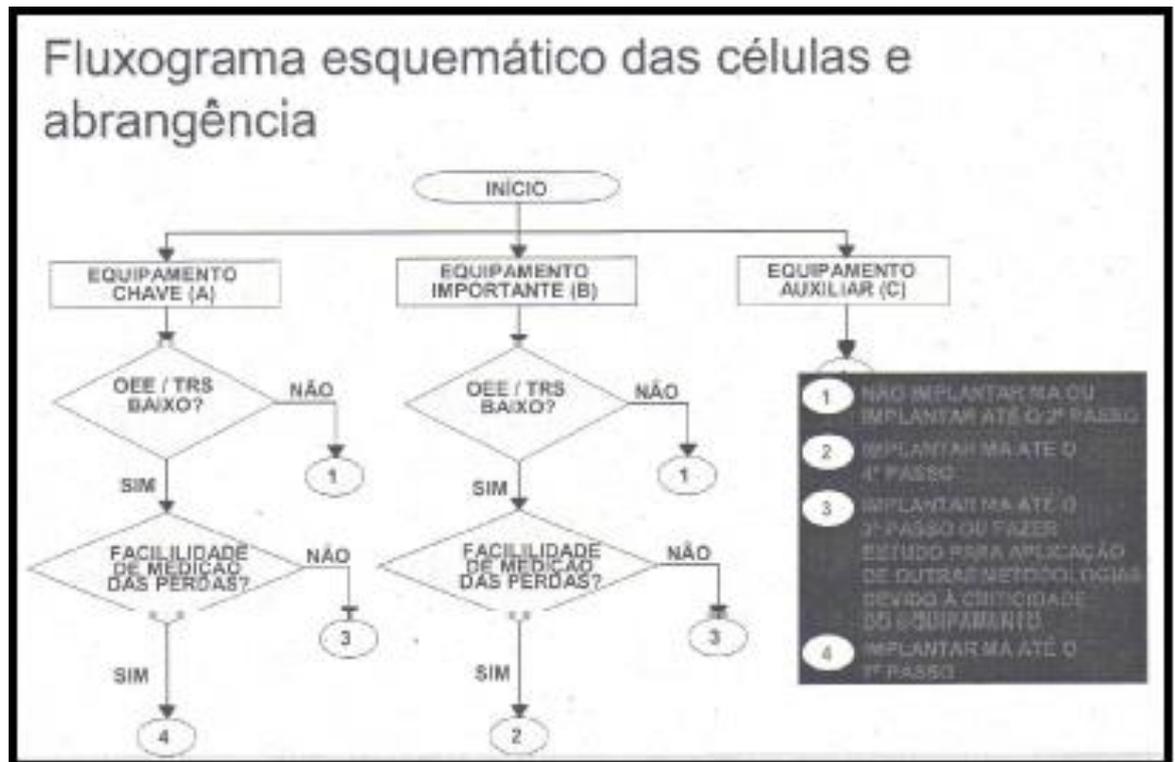


Figura 10: Fluxograma esquemático
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

4.2 Resultado dos Casos

4.2.1 Resultado Caso 1

Após um período de cento e vinte dias a partir da implementação da manutenção autônoma, entre março e agosto de 2013, obtiveram-se os resultados e então foram comparados com um período de sessenta dias antes do início do piloto, entre novembro e dezembro de 2012. Estes resultados foram analisados através dos indicadores de desempenho MTBF (*Mean Time Between Failures*, tempo médio entre falhas), do MTTR (*Mean Time to Repair*, tempo médio de reparo), do custo de manutenção e consequentemente através destes dados consegue-se encontrar a disponibilidade da máquina (BIEHL e SELLITTO, 2015).

As máquinas escolhidas para o piloto foram a TM 16488, TM 20500 e TM 18375, e o resultado do tempo médio entre falhas antes e após o piloto é apresentado na tabela 8, disposto em horas.

Tabela 7: MTBF antes e após o piloto

Equipamentos	MTBF			
	Antes da implantação		Após a implantação	
	Horas	Dias	Horas	Dias
TM 16488	46:33:55	1,9	314:35:04	13
TM 20500	58:16:39	2,4	395:68:17	16,5
TM 18375	63:43:57	2,6	505:22:43	21
Média		2,3		16,8

Fonte: Biehl e Sellitto (2015)

Após o início do programa, os equipamentos apresentaram um crescimento substancial no tempo médio entre falhas, onde a máquina TM 16488 saiu de uma média de 2 dias para 13 dias, já as máquinas TM 20500 e TM 18375 de menos de 3 dias para 16 e 21 dias, respectivamente. Isso equivale a um tempo médio de 16,8 dias entre falhas, aumento em mais de sete vezes. Segundo Biehl e Sellitto (2015), foram constatadas também que 80% das falhas são ocasionadas por desgastes das peças, mau uso ou falta de atenção por parte do time de operações e preparação das máquinas.

A tabela 8 apresenta os dados coletados para fins de comparação entre as máquinas do piloto em relação ao tempo médio até o reparo, em horas.

Tabela 8: MTTR antes e após o piloto

MTTR		
Equipamentos	Antes da implantação	Após da implantação
	Horas/ minutos	Horas/ minutos
TM 16488	3:02:01/ 182	1:55:42/ 115
TM 20500	1:32:00/ 92	0:54:17/ 54
TM 18375	2:15:27/ 135	1:06:65/ 66
Média	136 minutos	78 minutos

Fonte: Biehl e Sellitto (2015)

É possível perceber que, após implantação do programa, houve uma economia de tempo de 155 minutos, sendo que para o equipamento TM 16488 o reparo aproximado médio foi de 01 hora e 55 minutos, já o equipamento TM 20500 teve um reparo aproximado médio de 54 minutos e o TM 18375 de 01 hora de 06 minutos. De acordo com Biehl e Sellitto (2015), houve uma elevação das médias devido a falta de estoque na empresa das peças quebradas e também na necessidade de acionar o time central de manutenção. O tempo médio de reparo caiu mais de 40% durante o período analisado.

Os custos totais de manutenção em R\$ são apresentados na Tabela 10, a fim de comparar o cenário antes e após o piloto de implementação da manutenção autônoma.

Tabela 9: Custos de manutenção antes e após o piloto

Custos de Manutenção		
Equipamentos	Antes da implantação	Após a implantação
	R\$	R\$
TM 16488		
TM 20500	12.570	5.390
TM 18375		
Média mensal	6.285	2.695

Fonte: Biehl e Sellitto (2015)

Como demonstrado na Tabela 9, nota-se que o custo total de manutenção após a implementação da manutenção autônoma dos três equipamentos foi reduzido em 60% do valor antes do piloto. Para o cálculo dos custos, Biehl e Sellitto (2015) contabilizaram os custos dos materiais e custos de mão-de-obra externa contratada para garantir a produção.

Segundo Biehl e Sellitto (2015), as expressivas melhorias no MTBF, MTTR e nos custos de manutenção se devem às intervenções planejadas da manutenção que contribuíram para solucionar as falhas ostensivas e possíveis falhas ocultas. Note-se também um maior senso de responsabilidade e comprometimento por parte do time operacional com o estado das máquinas, dado que antes apenas o time de manutenção era cobrado.

A utilização do *check-list* foram essenciais para a evolução da identificação dos problemas das três máquinas, afirmam Biehl e Sellitto (2015). Na Figura 11, é possível visualizar quais foram as formas e a periodicidade dos problemas detectados pela rotina de *check-list* nos três equipamentos.

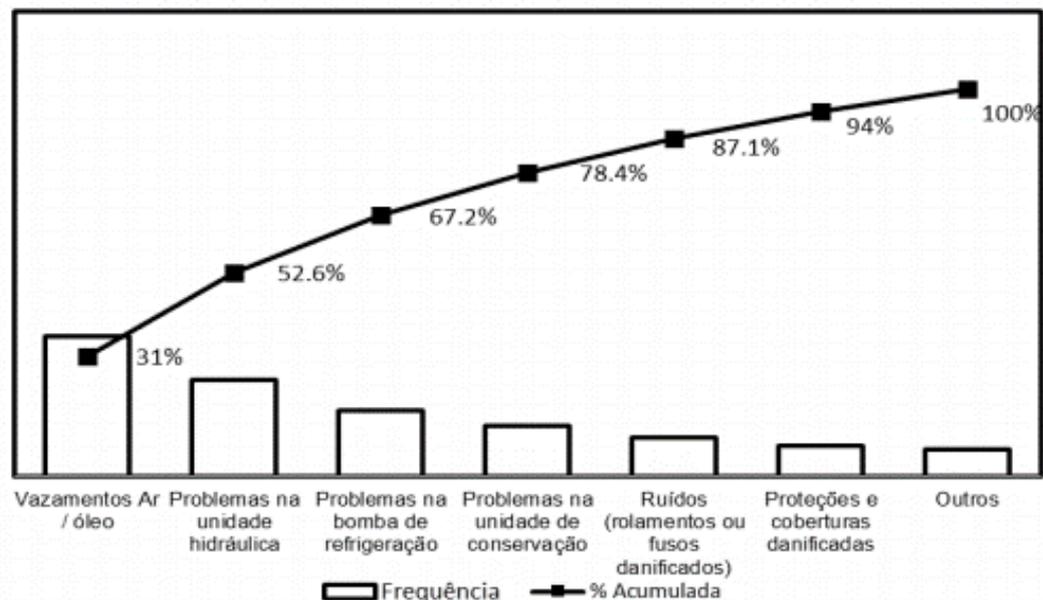


Figura 11: Tipos de paradas detectadas
Fonte: Biehl e Sellitto (2015)

Um dos principais motivos da redução do MTTR foi a disponibilidade de estoque no almoxarifado, já o MTBF foi fortemente reduzido devido a detecção precoce de possíveis falhas, levando o time de manutenção a realizar as atividades de correção evitando paradas não-programadas, comentam Biehl e Sellitto (2015).

A figura 12 retrata a evolução da responsabilidade da equipe operacional.

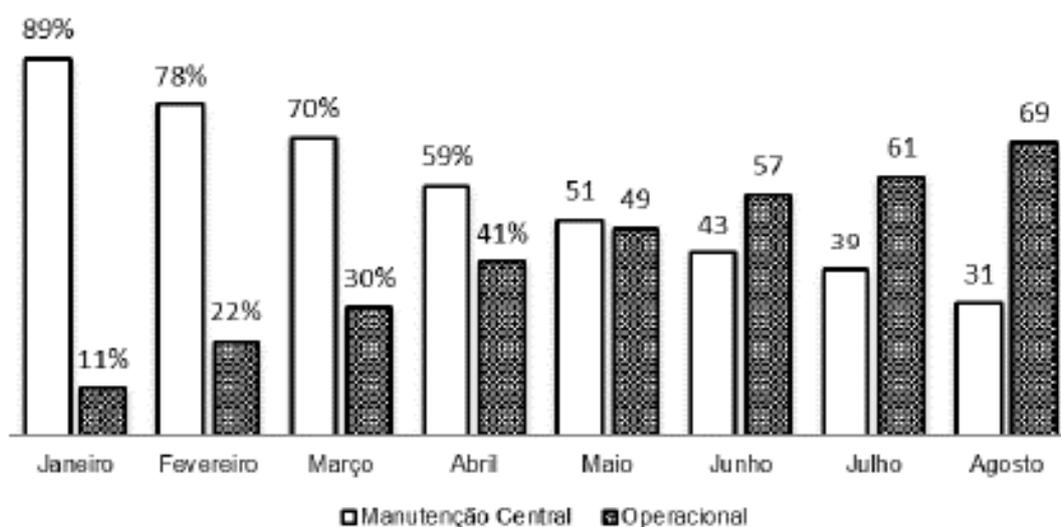


Figura 12: Percentual das ações executada pelo time de manutenção e operação
 Fonte: Biehl e Sellitto (2015)

Biehl e Sellitto (2015) constataam que após a realização do piloto, o time de execução operacional passou a ser mais ativo em relação às atividades de manutenção corretiva, liberando maior tempo e disponibilidade para o time de manutenção central para focar nas atividades de manutenção preventiva e planejamento da manutenção, gerando maior eficiência em todo o processo de manutenção e operação.

Inicialmente, os funcionários da empresa tiveram baixa aceitação do novo programa de manutenção autônoma. Não obstante, ao decorrer do projeto, houve maior entendimento aos ganhos no novo programa e à nova filosofia (BIEHL e SELLITTO 2015).

De acordo com os dados apresentados anteriormente, fica claro que o projeto piloto de implantação da manutenção autônoma foi um sucesso, dispondo de resultados tanto qualitativos quanto quantitativos. Dos resultados qualitativos, pode-se observar, de acordo com Biehl e Sellitto (2015), que os maiores destaques foram: a evolução do senso de responsabilidade e autogestão dos recursos de produção; um aumento significativo no grau de engajamento por parte do time de operadores em busca de uma condição impecável de falhas zero nas máquinas e zero imperfeições em relação ao produto; e advento de maior envolvimento e parceria entre os operadores e os técnicos da manutenção em prol do mesmo objetivo, garantir a evolução dos processos produtivos e de manutenção.

Entre os resultados qualitativos, houveram melhoras expressivas em relação aos indicadores de manutenção. Foi apontado um aumento de mais de 700% no intervalo entre as falhas e redução de mais de 40% dos tempos de reparo dos equipamentos. Dado os resultados nos indicadores de MTBF e MTTR, conseqüentemente houve um aumento relevante na

disponibilidade das máquinas participantes do piloto. Constatou-se que, para os ativos estudados, sendo antes do piloto equivalente a 94,2% e demonstrando uma evolução e chegando a 99,7%. Para completar, também houve uma redução de quase 60% no custo de materiais da manutenção (BIEHL e SELLITTO, 2015).

Biehl e Sellito (2015) consideraram um turno de dezesseis horas diárias e seis dias por semana para os ativos do piloto e dado a evolução de cinco pontos percentuais verifica-se que foi acrescentada cerca de mais de vinte horas mensais de produção da máquina.

Os resultados apresentados durante o piloto e o que a revisão apresentou confirmam que as atividades de TPM e em particular de manutenção autônoma, possuem grandes chances de aumentar a capacidade de disponibilidade dos ativos de uma companhia para produção, maior eficiência e eficácia no processo e qualidade da manutenção e casualmente prescindir de novos investimentos.

4.2.2 Resultado Caso 2

Durante o piloto realizado na Natura, foram observados inúmeros benefícios após a implantação da TPM, obtendo melhorias de produtividade, custos, qualidade, tempo, segurança e responsabilidade do time de operações e manutenção. Nas figuras 13 a 18 são apresentados os gráficos com os resultados.

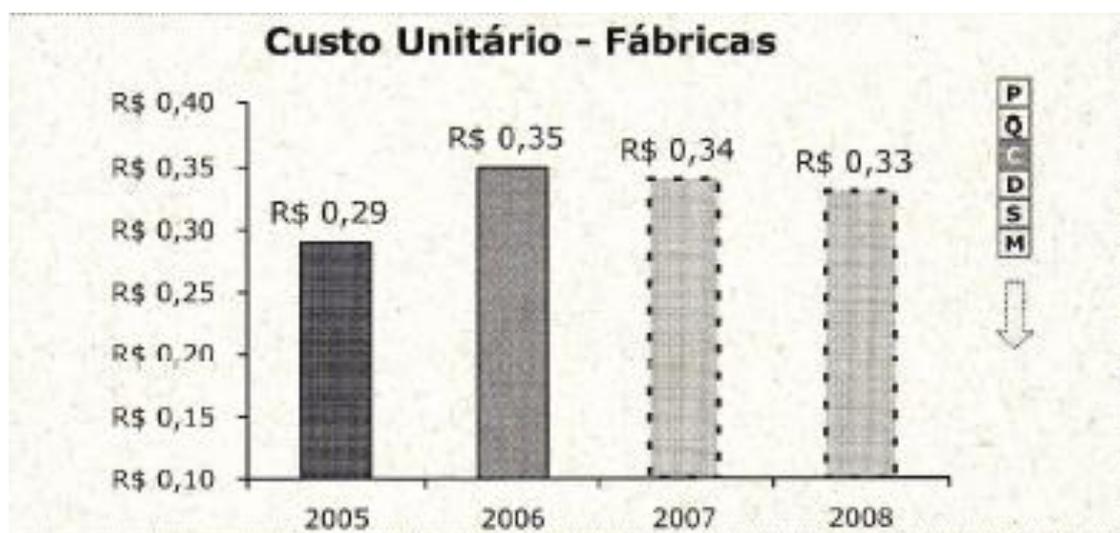


Figura 13: Custo Unitários – Fábricas
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

Na Figura 13 é possível verificar o custo unitário das fábricas. Verifica-se que, apesar de um crescimento do custo unitário devido aos investimentos iniciais e mobilização da equipe a fim de garantir a implantação da TPM, após esse período (2005) foi estabelecido

como desafio uma redução de custo unitário de 3% ano contra ano após a implantação da TPM nas fábricas da Natura.

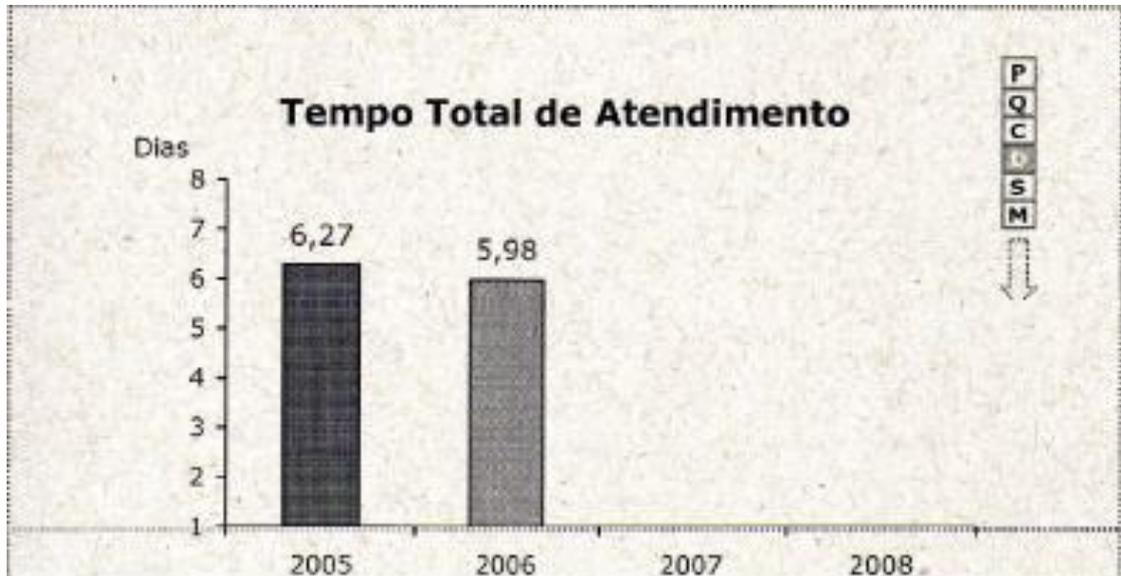


Figura 14: Tempo total de atendimento
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

É notório, diante dos dados representados no gráfico da Figura 14, que houve uma redução também no tempo total de atendimento após o início da implementação dos conceitos de TPM.

A Figura 15 apresenta a evolução da taxa de frequência global de acidentes nas fábricas da Natura.

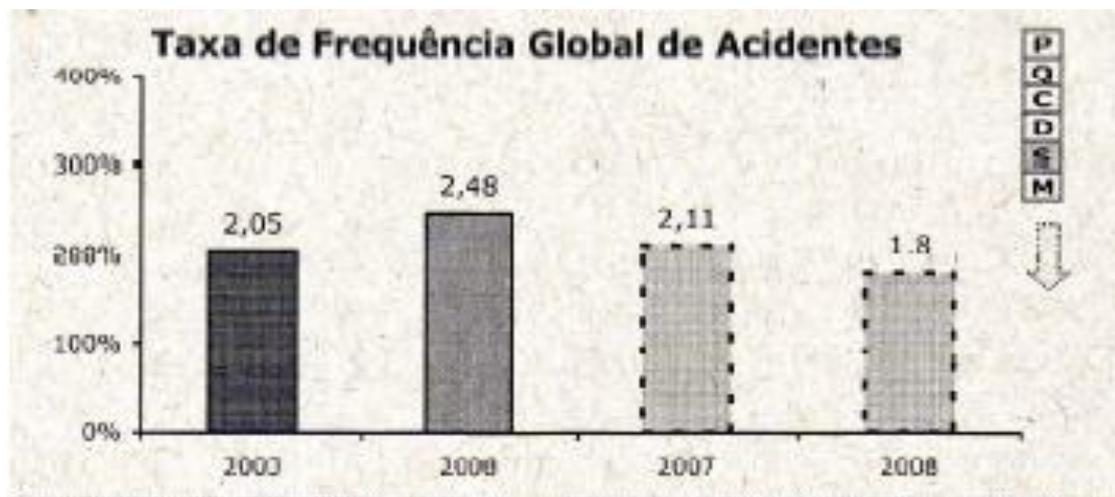


Figura 15: Taxa de frequência global de acidentes
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

Há um relevante esforço para redução da taxa de frequência global de acidentes, de acordo com a Figura 15. Após o início da implantação da TPM, observa-se um desafio em 2007 e 2008 de queda de 15% ao ano do número de acidentes.

Houve também um evidente comprometimento com o treinamento dos colaboradores, a Figura 16 representa esses dados.

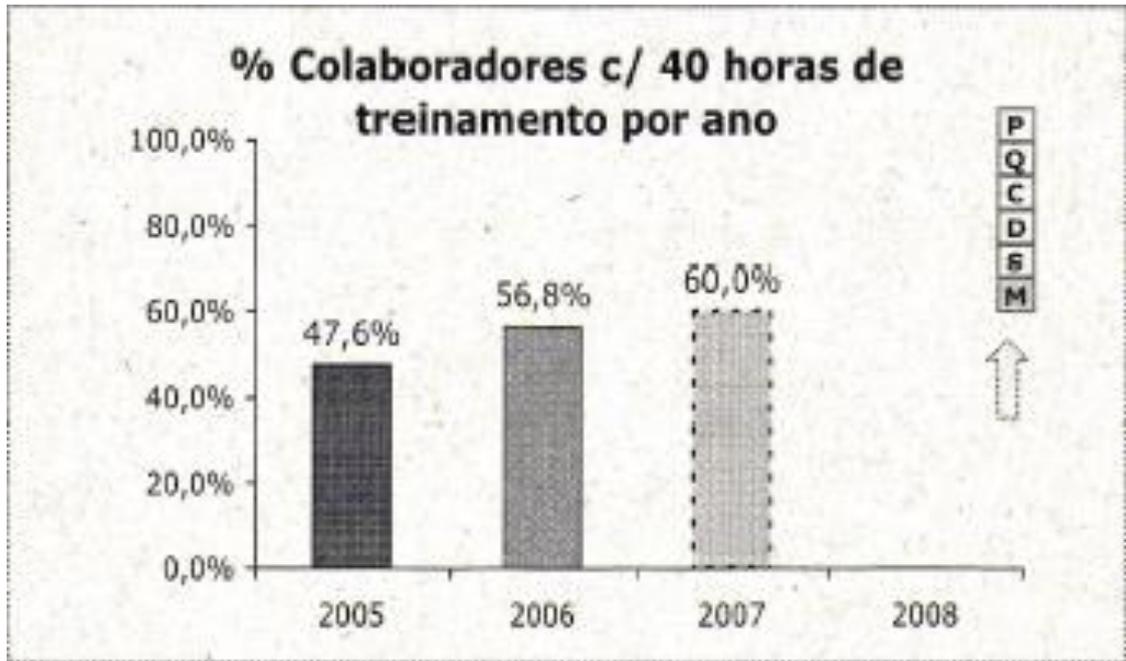


Figura 16: % de colaboradores com 40 horas de treinamento por ano
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

A Figura 16 deixa claro que após o início da implantação da TPM nas dependências fabris da Natura, houve um maior engajamento de toda empresa em prol da educação e treinamento de seus colaboradores, chegando a 56,8% dos funcionários em 2006 dispondo de ao menos 40 horas de treinamento por ano e o desafio para 2007 é de no mínimo 60% dos colaboradores.

A evolução do OEE é apresentada na Figura 17.

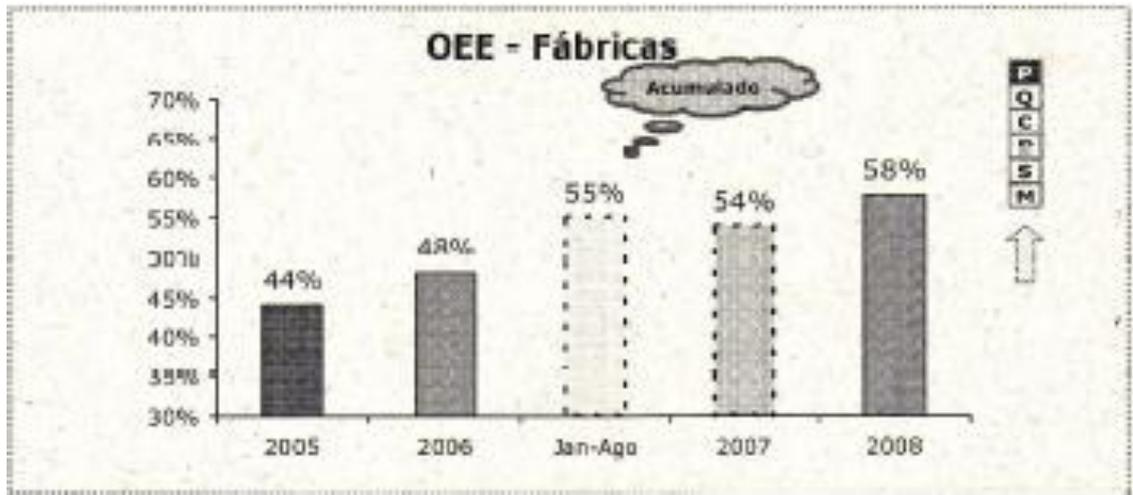


Figura 17: Evolução do OEE
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

A partir da visualização do gráfico apresentado na Figura 17, constata-se uma significativa evolução de 10% no OEE das fábricas da Natura entre 2005 e 2006. No período entre janeiro e agosto de 2007 o valor acumulado do indicador de OEE é de 55%, sendo a previsão de 54% ao término do ano. Para 2008 foi definida uma meta de 58% de OEE, que representa um crescimento de 10% *versus* 2007.

Em relação à evolução nos indicadores de qualidade, é apresentado na Figura 18, o índice de defeitos em partes por milhão (PPM).

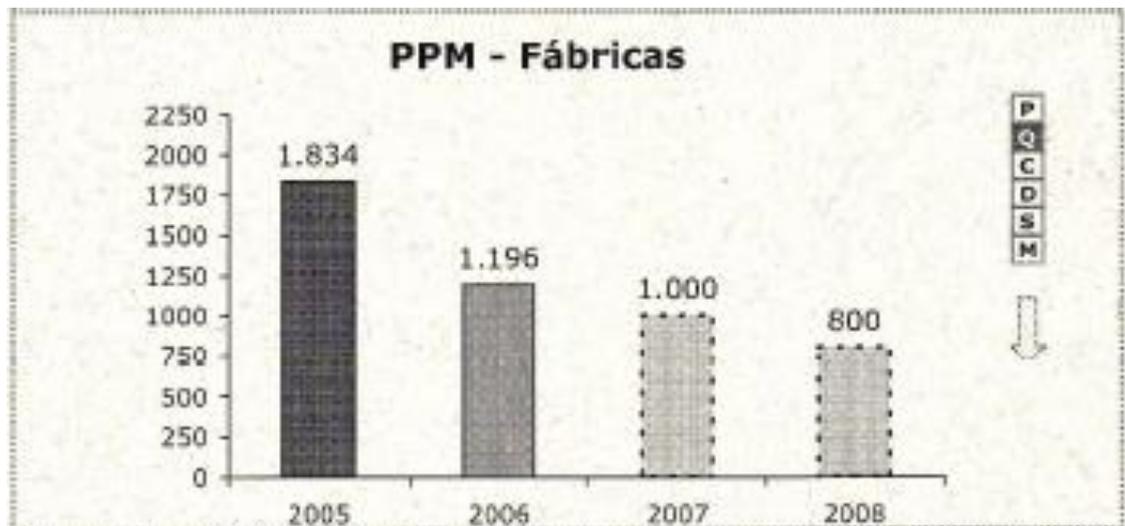


Figura 18: Qualidade da produção
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

O indicador com maior evolução dentre todos os outros avaliados no presente trabalho foi o índice de defeitos (em PPM), que representa a qualidade da produção da Natura. Após o início da implantação da TPM, nota-se uma redução de 35% neste indicador em 2006 *versus*

2005, partindo de 1834 PPM para 1196 PPM e os desafios para os anos de 2007 e 2008 são de uma redução de ao menos 10% ano contra ano, de 1000 e 800 PPM, respectivamente.

Netto (2008) destaca que para o caso da Natura, através da aplicação da TPM: houve otimização dos resultados, melhoria da produtividade, da qualidade, eficiência e confiabilidade dos processos com foco na capacitação dos colaboradores a fim de conquistar zero anomalias, zero falhas e zero acidentes. O método aplicado pela empresa tem como ponto central envolver todo o sistema de gestão da corporação, muito engajada com as concepções da quarta fase da TPM e tem como principal objetivo alcançar os prêmios mais importantes da JIPM em relação a implantação e melhoria contínua através da TPM. Fica claro que o envolvimento de toda estrutura organizacional da empresa, passando pelos diversos níveis estratégicos, táticos e operacionais é um grande responsável pelo sucesso da implementação da TPM.

O principal ganho intangível da Natura foi a crescente valorização e senso de responsabilidade por parte de todos os colaboradores para com os benefícios esperados e a evolução da produtividade apresentados, malgrado a Natura tenha obtido resultados positivos em todos os graus de parâmetros da empresa (NETTO 2008).

Fica evidente que no estudo de caso da Natura confirma-se que a implantação da Manutenção Produtiva Total contribui ativamente para a evolução de todas as taxas dos indicadores de desempenho e redução de custos, mostrando que a TPM é eficaz no que ela se propõe e por isso é tão utilizada por diversos segmentos industriais.

4.2.3 Resultado Caso 3

Através de pesquisas e avaliações realizadas por Netto (2008) apresentam-se nas Figuras 17 a 20 os resultados obtidos após o início da implantação da TPM na V&M do Brasil. Até o momento, foram implementadas três etapas da TPM e já foram confirmados ganhos relevantes nos resultados do projeto, sendo eles:

- Redução do tempo de limpeza em 64,4%;
- Aumento do OEE em 54,9%;
- Redução do tempo de processo em 14,7%;
- Redução do número de paradas não programadas em 34,1%;
- Valorização da linha de pintura em R\$ 1.572.334,00;
- Redução de 62,5% no custo de manutenção, equivalente a R\$ 213.917,18.

Devido a todos os ganhos obtidos com a implantação da TPM na V&M, o ganho total da empresa é de R\$ 1.786.924,25.

Na Figura 19, é possível entender qual a evolução dos custos de manutenção entre 2005 e 2007.

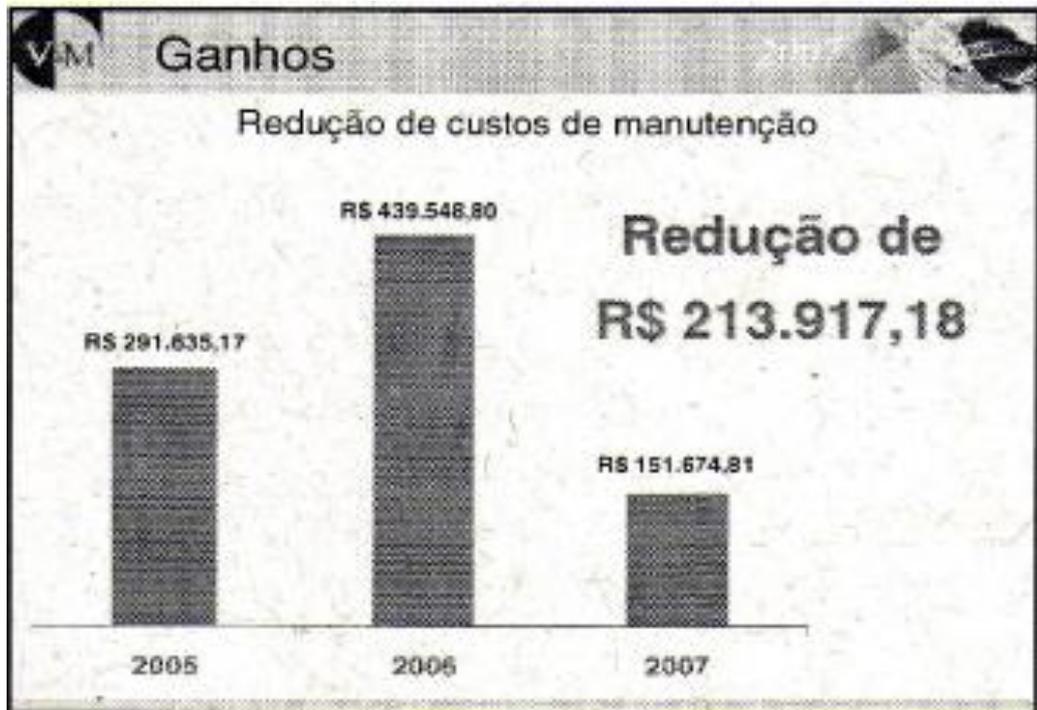


Figura 19: Redução dos custos de manutenção
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

Verifica-se através da Figura 19 que houve uma redução significativa, como dito anteriormente, dos custos de manutenção, totalizando uma redução absoluta de R\$ 213.917,18 em 2007 *versus* o ano de 2006.

Um outro ponto de grande contribuição para o ganho total foi a valorização da linha de pintura, representado na Figura 20.



Figura 20: Valorização da Linha de Pintura
 Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

Na Figura 21 é apresentado a evolução dos custos de manutenção percentual.



Figura 21: Redução dos custos de manutenção
 Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

Os ganhos totais devido a implantação da TPM na V&M são divididos em ganhos de custo e ganhos de produção, como indicado no Figura 22.



Figura 22: Ganhos após a implantação da TPM
Fonte: Netto *apud* UBQ (2008)

A V&M do Brasil, reforça Netto (2008), através da TPM como ferramenta de melhoria contínua, dá mais foco para o setor de manutenção em detrimento do setor de produção. É possível dizer que a segunda etapa da TPM é priorizada e há também uma maior atenção para o pilar de Manutenção Autônoma, sendo considerado a principal parte da execução da TPM. Tão forte é o seu princípio de que a Manutenção Autônoma é o mais importante elemento da TPM que a V&M utiliza apenas os sete passos de implantação da Manutenção Autônoma como forma de garantir a implementação bem-sucedida da TPM.

4.3 Contribuição da implantação da TPM

Serão apresentadas a seguir, de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho e com a utilização dos instrumentos de coleta de dados elaborados e observados no Capítulo 3.4, quais foram as contribuições da implantação da Manutenção Produtiva Total na qualidade da manutenção das empresas analisadas através da Tabela 11.

Tabela 10 - Contribuição da Implantação da TPM nos casos estudados

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
Disponibilidade Física	Aumento	Aumento	Aumento
Confiabilidade	Aumento	-	-
OEE	-	Aumento	Aumento
MTBF	Aumento	Aumento	Aumento
Nº de Falhas	Redução	Redução	Redução
MTTR	Redução	Redução	Redução

Fonte: Pesquisa Direta (2019)

Verifica-se na Tabela 10 que após a implantação inicial da Manutenção Produtiva Total, os indicadores mais relevantes para a qualidade da manutenção mostraram evolução expressiva nas empresas estudadas neste trabalho.

Ademais, vários avanços puderam ser calculados, como o tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio de reparo (MTTR), Disponibilidade Física, OEE, Número de Falhas e Custos de Manutenção, além de contribuir para um melhor senso de responsabilidade por parte dos times de manutenção e operação, através de um envolvimento de toda a organização em busca de um modelo de manutenção que busca zero defeitos, zero falhas e zero acidentes. Estes resultados foram obtidos em todos os casos analisados, comprovando a real efetividade do modelo de Manutenção Produtiva Total na qualidade da manutenção.

No Caso 1, foram obtidas evoluções relevantes em todos os principais indicadores de qualidade da manutenção. Durante o piloto verificou-se um incremento de 700% no intervalo médio entre as falhas (MTBF) e redução de mais de 40% no tempo de reparo dos equipamentos (MTTR). De acordo com os resultados obtidos de MTBF e MTTR, por conseguinte houve um crescimento considerável na disponibilidade física, sendo inicialmente pré-piloto de 94,2% e chegando a 99,7%. Além disso, também houve redução de aproximadamente 60% no custo de materiais da manutenção. É o primeiro exemplo de como a Manutenção Produtiva Total pode contribuir positivamente para a qualidade da manutenção.

Já no caso 2, foi possível mensurar os custos de produção, com desafio de redução de 3% ao ano; o tempo total de atendimento (ou seja, MTTR), com redução de 6,27 para 5,98 dias; taxa global de acidentes, com desafio de redução de 15% ao ano; treinamento dos 56,8% dos colaboradores e desafio de 60% para o próximo ano; aumento do OEE e desafio de crescimento de 10% ao ano; e redução de 35% no índice de defeitos (em PPM).

Para o caso 3 foi possível mensurar durante o período estudado a redução dos tempos de limpeza em 64,4%, redução no tempo de processo de 14,7% e redução no número de

paradas não programadas (que influenciam diretamente o MTTR) em 34,1%. Durante o piloto também houveram ganhos no aumento da OEE em 54,9% e redução de 62,5% nos custos de manutenção, totalizando R\$ 213.917,18 e por fim houve a valorização da linha de pintura em R\$ 1.572.334,00.

Dessa maneira, fica clara a importância da implantação da Manutenção Produtiva Total no cenário industrial e organizacional atual.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Este trabalho teve o objetivo de analisar os resultados obtidos, em três empresas de diferentes setores, uma da metal-mecânica, outra da indústria de cosméticos e outra de siderurgia com a implantação de um sistema de Manutenção Produtiva Total com base nas normas do JIPM, para fins de responder à questão problema apresentada no primeiro capítulo.

Para isso, foi realizado um estudo de revisão teórica sobre os assuntos necessários para melhor entendimento das metodologias e assuntos apresentados pelos autores dos estudos de caso, assim sendo exequível identificar as contribuições obtidas com a implantação da Manutenção Produtiva Total e realizar recomendações necessárias para o melhor desenvolvimento e execução de um modelo sistemático de Manutenção Produtiva Total.

A partir da metodologia desenvolvida e apresentada, foi viável responder à questão principal deste trabalho: Qual a contribuição da implementação da manutenção produtiva total na qualidade da manutenção em diferentes segmentos empresariais?

Os estudos de caso apontados corroboraram que a implantação de um sistema de Manutenção Produtiva Total de acordo com os requisitos e fundamentos estudados e analisados podem contribuir para o desenvolvimento do desempenho das empresas nos indicadores de qualidade da manutenção mais relevantes dentro das empresas, como tempo médio entre falhas, tempo médio de reparo, disponibilidade física, confiabilidade, OEE, número de falhas, custo da manutenção, além de contribuir para um melhor senso de responsabilidade por parte dos times de manutenção e operação, através de um envolvimento de toda a organização em busca de um modelo de manutenção que busca zero defeitos, zero falhas e zero acidentes.

Portanto, este trabalho atingiu os objetivos aos quais se propôs, demonstrando a importância de um sistema de manutenção tendo como base as normas da Manutenção Produtiva Total e apresentando suas contribuições, de grande importância no sucesso de uma empresa, desenvolvendo a qualidade da manutenção, obtidas pela implantação correta da TPM.

5.2 Recomendações

De acordo com o estudo elaborado no seguinte trabalho, segue recomendações de títulos para trabalhos posteriores:

- A influência da TPM na disponibilidade física e na confiabilidade dos equipamentos;
- Manutenção Produtiva Total, planejamento e implantação em diversos setores industriais;
- Requisitos mínimos da Manutenção Produtiva Total com fim de conquistar os diversos prêmios que abordam a TPM do JIPM.

6 BIBLIOGRAFIA

- ABRAMAN. **A Situação da manutenção no Brasil**. Documento Nacional 2011.
- ARATO JUNIOR, A. **Manutenção Preditiva: Usando Análise de Vibrações**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2004.
- ARAÚJO, Igor Mateus de; SANTOS, Crisluci Karina Souza. **Manutenção elétrica industrial**. Disponível em: <<http://www.dee.ufrn.br/~joao/apostila/cap03.htm>>. Acesso em: 22 out. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Norma Brasileira Regulamentadora 5462 – NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BIEHL, N. C.; SELLITTO, M. **A TPM e a Manutenção Autônoma: Estudo de Caso em uma Empresa da Indústria Metal-Mecânica**. Florianópolis, Santa Catarina: Revista Produção Online, 2015.
- BOLGENHAGEN, A.; Silva, A. C. T.; Neves, L. A. P.; Dias, A. P. **Gestão da manutenção de equipamentos em micro e pequenas empresas** via web. Revista Qualidade Emergente, v. 2, n.1, p. 30-45, 2011.
- CAMPOS, V. F. (2004). **TQC - Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Nova Lima, Minas Gerais: INDG Tecnologia e serviços.
- CORRÊA, H. L. (2007). **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Atlas.
- DANTAS, José Cesar. **Aplicação da Manutenção Produtiva Total (TPM) em linha de envase de cosméticos**. São Paulo – SP. IPT, 2016.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1975.
- FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. – **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Elsevier Ed., 2009.
- FONSECA, J. J. (2002). **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC.
- GIL, A. C. (2008). **Como elaborar projetos de pesquisa** (3 ed.). São Paulo: Atlas.
- JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. **Japan Institute of Plant Maintenance**. JIPM. Disponível em: <<http://www.advanced-eng.com.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

- JURAN, J. M. (1992). **Controle da Qualidade**. São Paulo, São Paulo: Juran, J. M.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. (2017). **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda.
- KELLY, A. & HARRIS, M. J.. **Administração da Manutenção Industrial**. Instituto Brasileiro do Petróleo – IBP. Rio de Janeiro, 1980.
- LAKATOS, E. M; MARCONI, M, A. **Metodologia científica**. 6ª Ed. – São Paulo: Atlas Editora, 2011.
- LEMONS, Mateus Albernaz. **Qualidade na manutenção**. Belo Horizonte – MG. UENF (2011).
- MORAES, P.H.A. (2004) **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté.
- MOUBRAY, J. **Reliability centered maintenance**. 2ª Ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.
- MAROCCO, G. S. **A importância da manutenção produtiva total na melhoria contínua do processo: um estudo de caso**. Juiz de Fora – MG. UFJF (2013). Acesso em: 19 out. 2019.
- PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. **Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002.
- SCHULTZ, J. R. (2006). **Medindo a performance da Indústria: Conceitos Básicos**.
- SHIROSE, K. **TPM para Mandos Intermédios de Fábrica**. Madrid: Productivity Press. 1994.
- SIQUEIRA, I. P. (2009). **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JHONSTON, R. (2007). **Administração de Produção**. São Paulo: Atlas.
- SUZUKI, Tokutaro. **TPM in Process Industries**. Portland (OR - EUA): Productivity Press, Inc., 1994.

- TADACHI, N.T., e FLORES, M.C.X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho**. 1ª.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997. 100p.
- TAKAHASHI, Y; OSADA, T. (2002). **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAM.
- TAVARES, L. A. **Administração Moderna da Manutenção**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.
- TAYLOR, F. (1995). **A administração científica de Taylor**. Boston.
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. 4ª Ed. – São Paulo: Atlas, 1987.
- UBQ (União Brasileira da Qualidade – MG). **Coletânea dos Estudos de Caso apresentado na 7º Convenção Mineira de TPM / 4º Convenção Brasileira de TPM**. Belo Horizonte, 2007.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualimark Editora Ltda., 2002.
- XENOS, H. (1998). **Gerenciando a manutenção produtiva**. Nova Lima, Minas Gerais: Editora FDG.
- WILLMOTT, Peter. **The TQM Magazine - Total Quality with Teeth**. MCB University Press, 1994.
- WYREBSKI, J. **Manutenção Produtiva Total - Um Modelo Adaptado**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- ZENHA, Taiana Moreira. **Desenvolvimento de um Sistema de gerenciamento da manutenção: O caso de um laboratório de pesquisa**. 2014. 94 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, DECAT, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.
- ZUASHKIANI, A., RAHMANDAD, H., & Jardine, A. K. **Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2011.

Certifico que o aluno **Yan Cunha Pereira**, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado “**Aplicação da Manutenção Produtiva Total e suas influências na qualidade de manutenção: Estudo de múltiplos casos**”, efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

Washington Luís Vieira da Silva

DSc. Washington Luís Vieira da Silva

Orientador

Ouro Preto, 19 de dezembro de 2019