

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE HIGIENE E
CUIDADOS PESSOAIS FOCADA EM CUSTOS.**

SERGIO AFONSO CARNEIRO

MANAUS – AM
2016

SERGIO AFONSO CARNEIRO

**OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE HIGIENE E
CUIDADOS PESSOAIS FOCADA EM CUSTOS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Silvana Dacol, Dra.

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C289o Carneiro, Sérgio Afonso
Otimização da manutenção de uma industria de higiene e cuidados pessoais focada em custo : otimização da manutenção / Sérgio Afonso Carneiro. 2016
74 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Silvana Dacol
Coorientador: Waltair Vieira Machado
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Manutenção. 2. Otimização. 3. Custos. 4. Indústria. 5. Higiene Pessoal. I. Dacol, Silvana II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

SERGIO AFONSO CARNEIRO

**OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE HIGIENE E
CUIDADOS PESSOAIS FOCADA EM CUSTOS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Silvana Dacol, Dra
Prof.^o Valtair Vieira Machado
Prof. Raimundo Kennedy Vieira

MANAUS
2016

DEDICAÇÃO

A meu pai, Fernando da Rocha Carneiro, que dedicou grande parte da sua vida à minha educação e de meu irmão e, sempre teve, apesar das dificuldades pelas quais passou, uma grandeza de caráter digna de admiração e de ser tomada como exemplo.

À minha mãe, Rosa de Jesus Afonso Carneiro, que sempre foi companheira de meu pai, criando, educando os filhos a se tornarem homens esforçados e de bom caráter.

Dedico também de forma especial esse projeto ao meu avô Alípio Carneiro, que não se encontra mais entre nós, porém com a certeza esta compartilhando isso de outro plano.

Dedicação especial a minha esposa Josenice Braga Afonso Carneiro por todo o companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais que sempre demonstraram um sentimento de família e dignidade.

Agradeço a minha esposa Josenice por se demonstrar ser uma mulher de caráter e lutadora.

À professora Dra. Silvana Docol, sempre comprometida com o trabalho, pela amizade, valiosa orientação e por acreditar na proposta da pesquisa.

Agradeço à todos os professores do programa de mestrado que contribuíram para este trabalho e na minha capacitação profissional e pessoal.

Agradeço ao coordenador do Programa, professor Phd. Waltair Vieira Machado e a todas as pessoas da secretaria do Programa.

O meu muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho desenvolve uma proposta de gestão de manutenção baseada em custos para implementação em indústrias de pequeno, médio e grande porte, fundamentada na utilização de uma ferramenta chamada, FMECA (*Failure Modes, Effectiveness and Critical Analysis*). As etapas da pesquisa foram desenvolvidas com base em estudos realizados por pesquisadores e de acordo com as necessidades observadas no Pólo Industrial de Manaus. A sistematização da proposta FMECA se desenvolveu em uma empresa de cuidados e higiene pessoal. Para tanto, foi necessário levantar o seu processo produtivo, identificar as atividades e os recursos envolvidos, estabelecer seus responsáveis e suas diretrizes, com objetivo de identificar os custos de manutenção existente. Com base na gestão de custos identificada, foi criada a proposta de análise de índices de custo e manutenção. Para validar a proposta de apuração de custos e da gestão estratégica de custos, procedeu-se a sua aplicação no setor de manutenção dessa fábrica. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o gerenciamento da manutenção baseado no FMECA e conseqüentemente em custos das atividades de manutenção de equipamentos produtivos, expõe de imediato à fragilidade dos sistemas de manutenção. Após o levantamento inicial das necessidades de reforma para trazer os equipamentos a condição ideal de trabalho, é necessário que haja um investimento substancial financeiro, o que obviamente acarretará um aumento do custo de manutenção nos primeiros anos de aplicação do FMECA, contrariando portanto a filosofia inicial do programa que é a redução de custo, mas que notadamente trará o retorno financeiro ao longo do tempo, por otimizar a utilização dos equipamentos em uma gestão de manutenção sem quebra e gastos indesejados com manutenção.

Palavras-chave: FMECA, Custo e Manutenção.

ABSTRACT

This paper develops a proposal of maintenance management based on costs for implementing in small, medium and large industries established by application of a tool named as FMECA (*Failure Modes, Effectiveness and Critical Analysis*). The stages of this research have been developed based on researchers' study according to the needs observed in the Industrial Pole of Manaus. The systematic control proposed by FMECA was developed at a hygiene and personal care Company. In order to do that, it was necessary to study its productive process, the involved activities and resources, to establish the responsible and the guidelines, aiming of identifying the existent maintenance costs.

From the cost management identified it was done a proposal of cost rating analysis and maintenance cost control. In order to validate this proposal, these concepts and analysis have been applied in the maintenance department of this factory. With the results obtained from this research it's possible to conclude that maintenance management based on FMECA and consequently on maintenance cost of productive equipments exposure immediately the fragility of a maintenance system. After concluding the initial data for repairing and bringing these equipments to an ideal condition of working, is necessary to invest a substantial financial amount, which obviously will carry a maintenance cost increase in the first years of FMECA application and which is contrary to the program's initial philosophy that is the cost reduction. But, which remarkably will bring the financial return along the time, for optimizing the usage of the

equipments in a maintenance management without breakings and undesirable expenses with maintenance.

Key Words: FMECA, Maintenance and Cost.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	I
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS	V
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VI
LISTA DE APÊNDICES	VIII
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Objetivos.....	04
2 MATERIAIS E MÓTODOS	05
3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	14
3.1 Breve Histórico da Manutenção.....	14
3.2 Tipos de Manutenção em Máquinas.....	16
3.2.1 Manutenção Corretiva.....	17
3.2.2 Manutenção Preventiva.....	17
3.2.3 Manutenção Preditiva.....	18
3.2.4 Manutenção Autônoma.....	18
3.3 O Que são Gambiarras.....	19
3.4 O Que são Ferramentas.....	19
3.5 Fatores para definição de estratégia de manutenção para equipamentos.....	19
3.6 Índices de Manutenção de Classe Mundial	22
3.7 Manutenção Custo Padrão vs Custo Ideal.....	30
3.7.1 Definições de Custo Padrão e Custo Real.....	31
3.8 Vida Útil.....	31
3.9 Análise das Falhas.....	32
3.10 FMECA.....	34
4 ESTUDO DE CASO	41
4.1 A Empresa.....	41
4.2 O Setor de Manutenção.....	41
4.3 Livro de Custo da Fábrica.....	42
4.4 Cálculo dos Índices Financeiros da Manutenção.....	43
4.4.1 Custo de Manutenção Por Faturamento.....	43
4.4.2 Comparativo Entre Custo Padrão e Custo Real.....	50
4.4.3 Custo de Manutenção Por Valor de Reposição.....	54
4.5 Índices Técnicos da Manutenção.....	54
4.6 Plano de Manutenção da Fábrica em 2003.....	55
4.7 Conclusões do Capítulo.....	55
5 PROCEDIMENTO DE IMPLEMENTAÇÃO DO FMECA	59
5.1 Definições.....	59

5.2 Responsabilidades.....	61
5.3 Implementação.....	62
5.4 Considerações Finais.....	69
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	72
7 REFERÊNCIAS.....	75

1- INTRODUÇÃO

A manutenção é uma das atividades mais antigas da humanidade, teve seu início junto com a produção através da comercialização de produtos nas épocas medievais onde os artesãos produziam móveis, armas e artesanato para através das primeiras formas de comércio organizado (MARTINS, 2005).

Derivada do latim “*manus tenere*”, significa “manter o que se faz”, presente na história humana a eras, desde o momento em que se começou a manusear instrumentos de produção. Com o advento da revolução industrial no final do século XVIII, a sociedade humana começou a crescer na sua capacidade de produzir bens de consumo. No século XX as revoluções foram diversas e variadas, sendo peculiares as ocorridas no ramo da tecnologia, cada vez mais rápido e com mais impacto no modo de vida do homem (VIANA, 2005).

Segundo Oliveira (2000), o Controle de Custos de Produção, além de apurar seus custos de fabricação para efeitos de publicação de demonstrativos financeiros e pagamento de impostos, a empresa necessita conhecer seus custos para poder controlá-los, sendo essa uma das principais preocupações do administrador no moderno ambiente empresarial. Pode se dizer, de maneira simples e concisa, que controlar significa, após conhecer dada realidade, comparar essa realidade com algo que se esperava; analisar as possíveis diferenças, identificar as causas e, se possível, tomar decisões com vista em eliminar ou reduzir as diferenças. O sistema de custeio que melhor atende a essa finalidade é conhecido como custeio padrão ou *standard*. Nesse sistema, por meio de análises técnicas de experiências passadas e das expectativas de futuro, são estabelecidas padrões ou objetivos de custo para determinados produtos ou departamentos.

Em resumo um eficiente e eficaz sistema de custos deve fornecer, entre outras informações detalhadas, precisas e confiadas sobre: custos diretos, indiretos, fixos e variáveis, atividades e processos que agregam ou não valor a seus produtos e serviços, margem de contribuição de cada produto e serviço, departamentos deficitários que precisam sofrer melhorias, combinação de produtos e preços competitivos baseados na determinação e análise no ponto de equilíbrio (OLIVEIRA, 2000).

Segundo Oliveira (2000), muitas empresas baseiam seus custos através da metodologia de custeio padrão ou *standard*, Autores de livros conceituados sobre contabilidade e custos mencionam variáveis diretas e indiretas de custo de produção,

porém nenhum deles menciona a manutenção como uma variável de custo de forma explícita ou até a manutenção como fonte de redução de custos de uma organização. Conforme Viana (2002), a manutenção hoje em dia, tem sua parcela de participação muito significativa nas empresas, ela pode ser uma importante fonte de redução de custos, de aumento de produtividade, competitividade, disponibilidade de equipamentos para novos requerimentos, segurança individual e coletiva e definitivamente se solidifica cada vez mais como uma variável importante e fundamental para os negócios de uma empresa. Com a globalização e o aumento da competitividade entre as empresas, teve início um processo de preocupação com os índices de eficiência e eficácia dos diversos negócios internos e externos de uma corporação; as mudanças mercadológicas trazem um aumento da competitividade, uma competição cada vez mais forte por fatias de mercados, ou seja, uma empresa hoje para assegurar a continuidade do seu negócio precisa tornar-se competitiva, atraentes aos clientes, fornecedores e acionistas. Em consequência dessa necessidade, tornaram-se necessárias as mudanças de gestão, a modernização dos processos, o aumento da eficiência, a redução de perdas, o enxugamento das máquinas e de seus processos administrativos e produtivos, o resultado final de todas essas ações é a redução de custos, preços e vantagens comerciais mais expressivas e a maximização dos lucros. Os gestores de hoje, têm um grau de exigência de seus resultados cada vez mais severo, e buscam maximizar cada centavo do lucro operacional das empresas.

Atualmente as empresas brasileiras e multinacionais mantêm sua visão extremamente focada no processo produtivo, porém ao analisarem o custo de suas operações não de forma macro, mas sim de forma micro, ou seja, mais detalhado, perceberam que uma grande parte de seus custos operacionais é devido a uma parcela chamada de manutenção (NEPOMUCENO, 2002).

A manutenção vem cada vez mais sendo um foco de análise dentro da empresa, ele causa alguns incômodos, porque o dinheiro gasto com ela não gera produto acabado no final da linha de produção disponível para venda no mercado, ao final de uma manutenção de um equipamento não temos um bem ou um serviço pronto para ser entregue, às vezes se quer notamos alguma mudança visual nos equipamentos (VIANA, 2002).

Os diretores de empresas começaram a questionar seus gerentes, o que acontecia na empresa, como um setor chamado de manutenção que somente devia “consertar máquinas” tinha em si um recurso alocado tão significativo, seja ele financeiro ou

humano, iniciaram então como em todos os outros setores ou departamentos um processo de redução de custos e cortes de verba de maneira bem incisiva, às vezes até indiscriminada, com o corte de recursos da engenharia de manutenção, alguns equipamentos ou processos, passaram a ser negligenciados, em consequência dessa atitude, muitos processos entraram em declínio, reduzindo sua eficiência, eficácia, aumentando as perdas, e conseqüentemente, onerando os custos da empresa e dos processos produtivos. Tornou-se então necessária a implantação de um modo de gestão administrativa de caráter profissional e moderno para a manutenção, ou seja, não era somente cortar custos cortando o orçamento de manutenção (VIANA, 2002). Assim do exposto, a questão problema é: Como se pode reduzir o custo de manutenção de uma corporação através da implementação de uma metodologia de gerenciamento de ativos?

1.1 OBJETIVOS

O Objetivo geral desse trabalho é avaliar o impacto da adoção de um Sistema de Manutenção Centrado na Análise Crítica de Equipamentos e Processos (FMECA), implantando em uma Multinacional de Grande Porte do Distrito Industrial de Manaus.

Com base nos objetivos gerais, elaboraram-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os princípios conceituais das diferentes formas da atribuição de manutenção suportados pelo FMECA.
- b) Apresentar a estrutura e os conceitos básicos da sistemática de manutenção implementados na empresa Alvo.
- c) Apresentar o modelo de implantação da manutenção suportada pelo FMECA.
- d) Aplicar essa gestão de manutenção em uma unidade fabril e desenvolver análises comparativas entre os resultados obtidos pelo modelo de gestão de manutenção anterior e o suportado pela nova metodologia.
- e) Provar o retorno financeiro gerado pela gestão da manutenção baseada no FMECA.

2. MATERIAIS E METODOS

Segundo Popper (1972), “as teorias são redes estendidas para capturar o que se convencionou chamar de *o mundo*, para racionalizá-lo, explicá-lo e dominá-lo”. Portanto, há que se promoverem esforços no sentido de investigar cientificamente o contexto em que o fenômeno se apresenta, buscando compreendê-lo e explicitá-lo, propiciando, dessa forma, bases adequadas para o seu tratamento teórico e prático. Através dos estudos de Peixoto (2000), os níveis de pesquisa variam de acordo com os objetivos a que a pesquisa se propõe, podem ser assim classificados:

- Pesquisa Bibliográfica: com base em livros e periódicos científicos, compreendem o universo de trabalho teóricos desenvolvidos em campos como o da filosofia, sociologia e antropologia.
- Pesquisa Documental: assemelha-se à pesquisa bibliográfica, todavia as fontes que a constituem são documentos e não apenas livros publicados e artigos científicos divulgados, como é o caso da pesquisa bibliográfica.
- Pesquisa Experimental: de modo geral o experimento é o mais tradicional meio de se realizar uma pesquisa, consiste em determinar um objeto de estudo e selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definindo as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto em condições determinadas.
 - a) Pesquisa Genuinamente Experimental: constituição de dois grupos: um grupo de experimento e um grupo de controle, a inclusão dos indivíduos nos grupos deve ocorrer de modo aleatório. Após a definição dos grupos, submete-se o grupo de experimento a certos aspectos ou condições (ambientais, por ex.), enquanto o grupo de controle permanece em condições normais.
 - b) Pesquisa Pré-experimental: não há comparação entre dois grupos, porque não há grupo de controle, a pesquisa é realizada com um único grupo, mudando-se apenas as condições deste grupo.
 - c) Pesquisa Quase Experimental: aproxima-se das pesquisas experimentais, embora não seja realizada por meio da descrição aleatória dos sujeitos nos grupos. Tem um rigor considerável, estabelecendo comparações entre grupos não equivalentes ou com os mesmos sujeitos antes do tratamento.
 - d) Pesquisa *Ex-Post-Facto*: Investigação sistemática e empírica na qual o pesquisador não tem controle direto sobre as variáveis

independentes, porque já ocorreram suas manifestações ou porque são intrinsecamente não manipuláveis. Neste caso são feitas inferências sobre as relações entre variáveis em observação direta, a partir da variação concomitante entre as variáveis independentes e dependentes.

- e) Levantamento (*Surveys*): Caracteriza-se pela interrogação direta das pessoas, cuja opinião se quer conhecer;

Vantagens: conhecimento direto da realidade, economia e rapidez, quantificação.

Limitações: ênfase nos aspectos perspectivos, pouca profundidade, limitada apreensão do processo de mudança.

- f) Estudo de Campo: Assemelha-se ao levantamento, todavia tem algumas diferenças: são mais aprofundados, apresenta maior flexibilidade, podendo ter seus objetivos reformulados ao longo do processo de pesquisa. Descrição minuciosa de informações como: sexo, idade, estado civil, escolaridade, nível de renda são importantes tanto para o levantamento, quanto para o estudo de campo. Conquanto, no estudo de campo a ênfase pode estar, p. ex., na estrutura do poder local.

- g) Estudo de Caso: Estudo aprofundado e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado.

- Quando é mais adequado?

Explorar situações da vida real;

Descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;

Explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas.

- Limitações:

Falta de rigor metodológico;

Dificuldade de generalização;

Tempo destinado à pesquisa

Segundo Vergara (2004) existem várias taxionomias para tipos de pesquisa, os dois principais propostos e suas subdivisões são:

- Quanto aos fins:

- a) Exploratória:

- Realizada em geral quanto existe pouco conhecimento acumulado e sistematizado disponível, por sua natureza de sondagem, não compara hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa.

b) Descritiva

- Expõe características de determinada população ou determinado fenômeno. Pode também esclarecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação

c) Explicativa

- Tem como principal objetivo tornar algo inelegível, justificá-lo os motivos. Visa, portanto estabelecer quais fatores contribuem, de alguma forma, para a ocorrência de determinado fenômeno.

d) Metodológica

- É o estudo que se refere aos instrumentos de captação ou de manipulação da realidade. Está, portanto, associada aos caminhos, formas, maneiras, procedimentos para atingir determinados fins. Construir um instrumento para avaliar o grau de descentralização decisória de uma organização a exemplo de pesquisa metodológica.

e) Aplicada

- É fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos, ou não, Tem, portanto finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada, sobretudo no nível de especulação.

f) Intervencionista

- A investigação intervencionista tem como principal objetivo interpor-se, interferir na realidade estudada para modificá-la. Não se satisfaz, portanto, apenas em explicar. Distingui-se da pesquisa aplicada pelo compromisso de não somente

propor resoluções de problemas, mas também de resolvê-los efetiva e participativamente.

- Quanto ao meio;
 - a) Pesquisa de campo
 - É investigação empírica realizada no local onde ocorre ou ocorreu um fenômeno ou que dispões de elementos para explicar-lo. Pode excluir entrevistas, aplicação de questionários, teses e observação participante ou não. Ex . levantar com usuários do Banco X a percepção que tem sobre atendimento a clientes no banco.
 - b) Pesquisa de laboratório
 - É a experiência localizada em local circunscrito, já que no campo seria parcialmente impossível ou impossível realizá-la. Simulações em computador estão situadas nessa classificação.
 - c) Documental
 - É a realizada em documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados de qualquer natureza, ou com pessoas: registros, anais, regulamentos, circulares, ofícios, memorandos, balancetes, comunicações informais, filmes, microfilmes, fotografias, videoteipe, informações em disquete, diários, cartas pessoais e outros. O livro editado pela Fundação Getúlio Vargas é, basicamente, apoiado em pesquisa documental, notadamente, “O Diário de Vargas”.
 - d) Bibliográfica;
 - É o estudo sistematizado desenvolvido com base em um material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma. O material publicado pode ser de fonte primária ou secundária, por exemplo o livro “Princípios de Administração Científica, de *Frederick W. Tylor*”, publicado pela editora Atlas, é fonte primária se cotejado com obras

de outros autores que desenvolvam ou analisam tais princípios. Estas, por sua vez, são fontes secundárias. O material publicado pode também ser fonte de primeira ou de segunda mão.

e) Experimental

- É a investigação empírica na qual o pesquisador manipula e controla variáveis independentes e observa as variações que tais manipulações e controles produzem em variáveis dependentes. Variável é um valor que pode ser dado por quantidade, qualidade, característica, magnitude, variando em cada caso individual. Exemplo, na expressão “sociedade globalizada” é a variável do conceito sociedade. Variável independente é aquela que influencia, determina ou afeta a dependente. É conhecida, aparece antes, é o antecedente. Variável dependente é aquela que vai ser afetada pela independente. É descoberta, é o conseqüente. A pesquisa experimental permite observar e analisar um fenômeno, sob condições determinadas. O estudo de *Elton Mayo*, em *Howthorne* é um bom exemplo de pesquisa experimental no campo. Todavia, também se pode fazer investigação experimental no laboratório.

f) *Ex post facto*;

- Refere-se a um fato já ocorrido. Aplica-se quando o pesquisador não pode controlar ou manipular variáveis, seja porque suas manifestações já ocorreram, seja porque as variáveis não são controláveis. A impossibilidade de manipulação de controle das variáveis, distingue, então, a pesquisa experimental da *ex post facto*.

g) Participante

- Não se esgota na figura do pesquisador, delas tomam parte pessoas implicadas no problema sob investigação, fazendo com que a fronteira pesquisador/pesquisado, ao contrario do que ocorre na pesquisa tradicional seja tênue.

h) Pesquisa-ação

- É um tipo particular de pesquisa participante e de pesquisa aplicada que supõe intervenção participativa na realidade social. Quanto aos fins é portanto intervencionista.
- i) Estudo de caso
- É o circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas essas como pessoas, família, produto, empresa, órgão público, comunidade ou mesmo país, tem caráter de profundidade e detalhamento. Pode ou não ser realizada no campo.

Este trabalho tem sua investigação científica classificada quanto aos fins em:

- Exploratória: realizada em geral quando existe pouco conhecimento acumulado e sistematizado disponível, por sua natureza de sondagem, não compara hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa (VERGARA, 2004).
- Descritiva: expõe características de determinada população ou determinado fenômeno. Pode também esclarecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação (VERGARA, 2004).
- Explicativa: tem como principal objetivo tornar algo inelegível, justificar-lhe os motivos. Visa, portanto estabelecer quais fatores contribuem, de alguma forma, para a ocorrência de determinado fenômeno (VERGARA, 2004).
- Aplicada: é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos, ou não, Tem, portanto finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada, sobretudo no nível de especulação (VERGARA, 2004).
- Intervencionista: a investigação intervencionista tem como principal objetivo interpor-se, interferir na realidade estudada para modificada. Não se satisfaz, portanto, apenas em explicar. Distingui-se da pesquisa aplicada pelo compromisso de não somente propor resoluções de problemas, mas também de resolve-los efetiva e participativamente (VERGARA, 2004).

Quanto aos meios de investigação, este trabalho caracteriza-se como:

- Documental: é a pesquisa que tem como base os documentos arquivados em empresas e órgãos públicos (VERGARA, 2004).
- Bibliográfica: é o estudo sistematizado desenvolvido com base em materiais publicados em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral (VERGARA, 2004).
- Estudo de Caso: é circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas essas como pessoa, família, produto, empresa, órgão público, comunidade ou mesmo país. Tem caráter de profundidade e detalhamento. Pode ou não ser realizada no campo (VERGARA, 2004).

Esta pesquisa quanto aos fins classifica-se como exploratória devido ao pouco conhecimento acumulado sobre FMECA, descritiva porque expõe características do Pólo Industrial de Manaus, explicativa quando esclarece os fatores para implantação do FMECA, aplicada ao buscar a solução dos problemas encontrados e intervencionistas porque modifica a realidade da empresa estudo.

Quanto ao meio, esta pesquisa classifica-se em documental ao buscar dados reais dos arquivos da empresa, bibliografia ao consultar publicações nacionais e estrangeiras sobre o assunto e é um estudo de caso porque investiga a implementação do sistema em uma indústria.

3. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

3.1 BREVE HISTÓRICO

O termo “manutenção”, na literatura especializada, tem origem no vocabulário militar, cujo sentido é manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material em um nível constante (MOREIRA, 2003). Segundo Rios (2002) manter é prover do necessário a subsistência, conservar, permanecer no estado original.

Com isso, Monchy (1989) apresenta a conceituação da Associação Francesa de Normalização, na qual a “manutenção é o conjunto de ações que permitem manter ou restabelecer um bem, dentro de um estado específico ou na medida para assegurar um serviço determinado”

Já a definição de manutenção pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, na norma TB-116 de 1975, define que a “manutenção é o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição específica”. Em 1994 houve uma revisão designada de NBR-5462, onde a “manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluído as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Segundo Viana (2003) “manutenção significa manter o que se tem, esta presente na história humana a eras, desde o momento em que se começou a manusear instrumentos de produção.” Com o advento da revolução industrial no final do século XVIII, a sociedade humana começou a se agigantar, no tocante a sua capacidade de produzir bens de consumo, no século XX as revoluções foram várias, sendo peculiares a ocorridas no ramo da tecnologia, cada vez mais rápidas e impactantes no *modus vivendi* do homem.

Segundo Viana (2002), no Brasil com a verdadeira abertura dos portos na década de 1990, à indústria pátria se viu obrigada a buscar a qualidade total de seus produtos e serviços, aliada a um custo operacional capaz de permitir um maior poder de competição do produto nacional com os estrangeiros que aportavam cada vez em maior número em terras brasileiras.

A globalização não é um modismo, um jogo, mas um sistema internacional, e, assim como a guerra fria, ela também têm suas próprias regras, sua lógica interna, com pressões, incentivos, oportunidades e mudanças que afetam a vida de cada país, como o Brasil, de cada comunidade, como São Paulo, e também a cada empresa seja ela de que dimensão for (VIANA,2002). Sob pressões, rapidamente são visualizadas soluções para as dificuldades, que até então habitavam o campo da suposição, e daí se começa a enxergar que não é suficiente só ter maquinário, rede de distribuição e sobrenome antigo para se alcançar o sucesso (VIANA,2002). Devido ao rápido aperfeiçoamento dos sistemas de produção e ao constante progresso dos meios de comunicação o estágio atual do capitalismo arrasta para a torrente da civilização de consumo, mesmo os países mais atrasados (VIANA,2002). Para que estes tenham condições de sobrevivência em tal contexto, é preciso que seus meios de produção se armem de tecnologia, excelentes recursos humanos, programas consistentes de qualidade, produtos competitivos e também um eficaz plano de manutenção dos instrumentos de produção e maquinários. O impacto do planejamento do controle de manutenção para a saúde de uma empresa é primordial, pois seria impossível um

atleta competir com chances de vitória, se seu organismo estivesse debilitado. A manutenção industrial cuida do interior de uma companhia, se este for eficiente, a companhia terá saúde financeira para existir e colocar seus produtos no mercado, com qualidade superior e preço competitivo.

A Figura 1 descreve a evolução da manutenção desde os anos de 1950 até os dias de hoje, onde se tem a manutenção passando por vários estágios de transformação iniciados pela simples manutenção de prevenção até a metodologia utilizada nos anos de hoje que é a manutenção baseada nas condições.

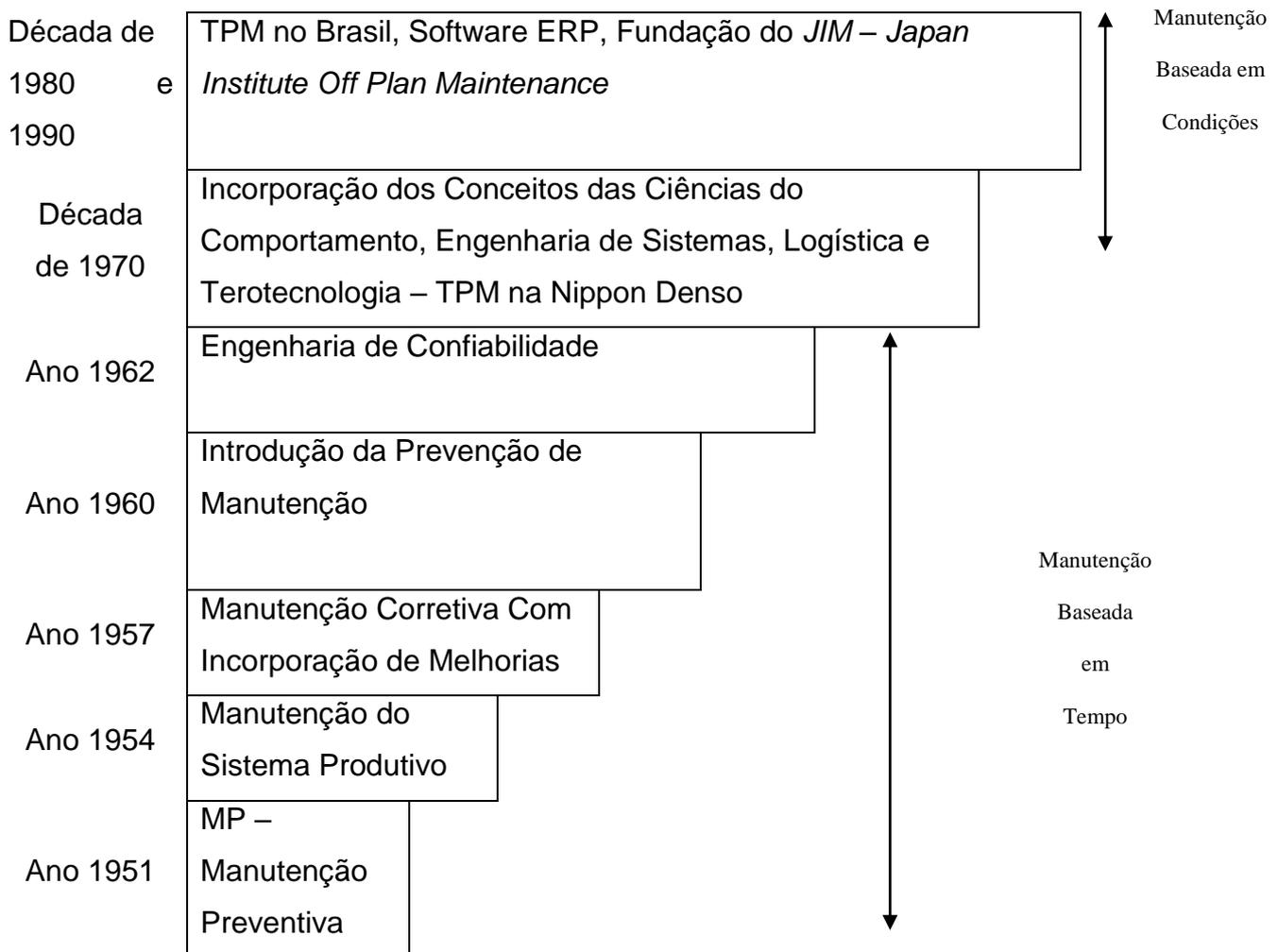


Figura 1 – A evolução da manutenção a partir da década de 1950

Fonte: VIANA (2003).

3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS

Segundo VIANA (2003), muitos autores abordam os vários tipos de manutenções possíveis que nada mais são do que formas como são encaminhadas as intervenções

nos instrumentos de produção. Observa-se que há um consenso, com algumas variações irrelevantes, em torno da seguinte classificação:

- Manutenção corretiva,
- Manutenção Preventiva,
- Manutenção Preditiva,
- Manutenção Autônoma,

3.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

De acordo com a ABNT, Manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a re-colocar um item em condições de executar uma função requerida.

A dita manutenção corretiva, é uma intervenção necessária imediata para evitar graves conseqüências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador, ou ao meio ambiente; se configura em uma intervenção aleatória, sem definições anteriores, sendo mais conhecida nas fábricas como “apagar incêndios” (VIANA, 2003).

3.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Pode-se classificar como manutenção preventiva todo o serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isso em condições operacionais ou em estado de zero defeito, 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, esse tipo de manutenção planejada oferece uma série de vantagens para um organismo fabril, com relação a corretiva já alencada (VIANA, 2003).

3.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Segundo VIANA (2003), são tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e também prever a proximidade da ocorrência da falha. O objetivo de tal tipo de manutenção é determinar o tempo de serviço correto da necessidade da

intervenção mantenedora, com isso evitando desmontagens para inspeção e utilizar o componente até o máximo de sua vida útil.

3.2.4 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Muitos profissionais da área de manutenção autônoma defendem que esse tipo de manutenção por si só, configurando-se no máximo como um dos alicerces da Manutenção Preventiva Total, entretanto, no momento em que há um planejamento e programação para a realização dos serviços por parte dos operadores, tem-se uma atividade mantenedora presente e efetiva no organismo produtivo, daí se tem a sua caracterização como tipo de manutenção, influenciando decisivamente na política de manutenção a ser encaminhada por uma empresa (VIANA, 2003).

Na manutenção autônoma vale a máxima: “da minha máquina cuido eu”, que é adotada pelos operadores que passam a cuidar e executar serviços de manutenção no maquinário que operam, esses serviços vão desde as instruções de limpeza, lubrificação e tarefas elementares de manutenção, até serviços mais complexos de análise e melhoria de instrumentos de produção (VIANA, 2003).

3.3 GAMBIARRAS

A definição no mundo da manutenção diz que sem dúvida, não tem nada a ver com as definições clássicas dos dicionários, pois para os mecânicos, encanadores, montadores e técnicos de manutenção, a gambiarra é a improvisação feita para não deixar que a produção ou o equipamento pare (SANTOS, 1999).

3.4 FERRAMENTAS

São dispositivos criados para ajudar na montagem e manutenção de máquinas e equipamentos, sem elas os técnicos não conseguiriam fazer nada. (SANTOS, 1999).

3.5 FATORES PARA DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA EQUIPAMENTOS

Segundo VIANA (2003), a determinação da estratégia, ou estratégias de manutenção, a serem aplicadas no processo produtivo, e seus subprocessos, é a base da política

de manutenção, claro que o termo política de manutenção envolve um leque bem maior de variáveis do que apenas a escolha da forma de se fazer intervenções em máquinas. As ferramentas organizacionais que tornam possível o perfeito exercício da manutenção, as técnicas de planejamento, o perfil formativo do militante da área, os índices de qualidade e o sistema de gerenciamento formam as bases da estruturação da manutenção industrial de uma empresa (VIANA, 2003).

O primeiro passo na formação da nossa política de manutenção é escolher que estratégia de manutenção trabalhará em nossos equipamentos, e para tanto é preciso levar em consideração nessa escolha alguns fatores (VIANA, 2003):

- **Recomendações do Fabricante:** é necessário se ater ao que o projetista do equipamento recomenda sobre a sua conservação, a frequência de manutenção, os ajustes e calibrações, os procedimentos de correção de falhas e etc (VIANA, 2003).
- **Segurança do Trabalho e Meio Ambiente:** as exigências legais para manuseio de equipamentos devem ser observadas, bem como sua interação com o meio ambiente, objetivando sempre a interação perfeita entre Homem – Máquina – Meio Ambiente (VIANA, 2003).
- **Características do Equipamento:** devem-se observar as características da falha, tempo médio entre a ocorrência das falhas, vida mínima e a modalidade de falha, as características do reparo devem também ser levadas em consideração, bem como o tempo médio de reparo, o tempo disponível após a pane antes que a produção seja afetada, e o nível de redundância (VIANA, 2003).
- **Fator Econômico:** o custo de manutenção propriamente dito é composto dos custos humanos, de material, de interferência na produção e de perdas no processo; o custo de interferência no processo é o quanto deixará de produzir com o tempo de parada do sistema produtivo, atualmente em todas as indústrias há a transformação do tempo em produto, e conseqüentemente, em dinheiro, já que literalmente hoje na economia mundial, tempo é dinheiro. (VIANA, 2003). O custo de recursos humanos e o material é quanto gastamos com as horas de colaboradores, peças de reposição e outros itens consumidos na manutenção, e por fim, o custo de perdas é referente aos refugos de produção e de desperdício de insumos e matéria-prima devido a falhas no maquinário (VIANA, 2003).

De acordo com VIANA (2003), após a análise desses fatores escolhemos para nossos equipamentos uma ou mais, das três opções de estratégia de manutenção que se possui, para tratar com a falha:

1° Simples Corretiva: efetuar a troca depois da pane, usando o componente até a sua exaustão, arcando com os materiais e os recursos humanos para a intervenção; observa-se que nesta opção o custo de produção não é relevante (VIANA, 2003).

2° Simples Periódica: agir preventivamente, procedimento à manutenção periodicamente, evitando assim a parada indesejável da produção, neste caso o custo de manutenção será basicamente os materiais utilizados, o custo da mão de obra de manutenção com maior incremento que na opção anterior, devido à instalação de equipamentos permanentes manutenção e a compra periódica de componentes para manutenção (VIANA, 2003).

3° Ação Preditiva: acompanhamento da condição dos instrumentos de produção, desta forma usando o componente em toda a sua vida útil possível, estendendo ao máximo o tempo de troca planejada, não há desta forma perda de tempo de produção, mas os custos de manutenção serão altos comparados com as duas primeiras opções de manutenção, pois para o acompanhamento teremos que fazer o uso de ferramentas e técnicas sofisticadas, mantendo-os sempre atualizados (VIANA, 2003).

3.6 ÍNDICES DE MANUTENÇÃO CLASSE MUNDIAL

Segundo TAVARES (1999), chama-se “Índices de Classe Mundial” aqueles que são utilizados segundo a mesma expressão em todos os países, dos seis índices de classe mundial, quatro se referem à análise da gestão de equipamentos e dois se referem à gestão de custos.

Segundo VIANA (2003), existem seis “Índices de Classe Mundial” e tal denominação encontra justificativa no fato de que na maioria dos países do ocidente os utiliza, são eles: MTBF (do inglês *Mean Time Between Failures*), MTTR (do inglês *Mean Time Between Repair*), TMPF (Tempo Médio Para Falha), DF (Disponibilidade Física do Equipamento), CMFT (Custo de Manutenção por Faturamento) e CMVR (Custo de Manutenção por Valor de Reposição).

- **MTBF** (*Mean Time Between Failures*)

Traduzindo para o português temos: TMEF – Tempo Médio Entre Falhas

Segundo TAVARES (1999), é a relação entre o produto do número de itens por seus tempos de operação e o número total de falhas nesses itens no período observado.

É definido com o tempo médio entre as falhas, que é a divisão da soma das horas disponíveis que o equipamento tem para operação denominada de (HD), pelo número de intervenções corretivas neste equipamento em um período de tempo, denominado de (NC) (VIANA, 2003).

$$MTBF = (HD) \div (NC)$$

A serventia desse índice é a de observar o comportamento do maquinário, diante das ações mantenedoras, se o valor de MTBF com o passar do tempo for aumentando, será um sinal positivo para a manutenção, pois indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo, e consequentemente o total de horas disponíveis para a operação vem aumentando (VIANA, 2003).

Esse índice deve ser usado para índices que são reparados após a ocorrência de uma falha.

- **MTTR** (*Mean Time Between Repair*)

Traduzindo para o português temos: TMPR – Tempo Médio Para Reparo

De acordo com TAVARES (1999), é a relação entre o tempo total de intervenção corretiva em um conjunto de itens com falha e o número total de falhas detectadas nesses itens, no mesmo período observado.

VIANA (2003), define como Tempo Médio de Reparo, o elidisse que é dado como sendo a divisão da soma das horas de indisponibilidade para operação devido a manutenção, denominado de (HIM), pelo número de intervenções corretivas no período, denominado de (NC).

$$MTTR = (HIM) \div (NC)$$

Esse índice deve ser usado para itens que os quais os tempos de reparo ou substituição é significativo em relação ao tempo de operação (TAVARES, 1999).

Segundo VIANA (2003) é simples deduzir que quanto menor for o índice MTTR no passar do tempo, melhor o andamento da manutenção, pois os reparos corretivos demonstram ser cada vez menos impactantes na produção.

- **TMPF (*Average Time to Failure*)**

Traduzindo para o português temos: TMPF – Tempo Médio Para Falha

Existem determinados componentes que não sofrem reparos, ou seja, após falharem são descartados, e substituídos por novos, tendo então um MTTR igual a zero; o tempo médio para falha tem como enfoque este tipo de componente, consistindo na relação entre o total de horas disponíveis do equipamento para a operação (HD) dividido pelo número de falhas detectadas em componentes não reparáveis (VIANA, 2003).

É a relação entre o tempo total da operação de um conjunto de itens não reparáveis e um número total de falhas detectadas nesses itens, no período observado (TAVARES, 1999).

$$\text{TMPF} = (\text{HD}) \div (\text{Número de Falhas})$$

Vale ressaltar que o TMPF e o MTBF são distintos devido ao fato de este levar em consideração falhas em componentes reparáveis, e aqueles não reparáveis (VIANA, 2003).

Esse índice deve ser usado para itens que são substituídos após a ocorrência de uma falha (TAVARES, 1999).

É importante observar a diferença conceptual entre os índices Tempo Médio Para Falha e Tempo Médio Entre Falhas; o primeiro (TMPF) é calculado para itens que não são reparados após a ocorrência de uma falha, ou seja, quando falham são substituídos por novos, em consequência se o tempo de reparo é zero o segundo (MTBF) são calculados para itens que são reparados após a ocorrência da falha,

portanto, os índices são mutuamente exclusivos, ou seja, o cálculo de um exclui o cálculo do outro para itens iguais (TAVARES, 1999).

- **DF (*Machine Available*)**

Traduzindo para o português temos: DF – Disponibilidade Física ou Disponibilidade de Equipamentos.

De acordo com ABNT (NBR 5462 de 1994), disponibilidade é a capacidade de um item de estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado.

Segundo TAVARES (1999), Disponibilidade de Equipamentos é a relação entre a diferença do número de horas do período considerado (horas de calendário) com o número de horas de intervenção pelo pessoal de manutenção (manutenção preventiva por tempo ou por estado, manutenção corretiva e outros serviços) para cada item observado e o número total de horas do período considerado.

O Índice de Disponibilidade também é identificado como “Performance ou Desempenho de Equipamentos” e, para itens de operação eventual, pode ser calculado como a relação entre o tempo total de operação de cada um e a soma deste tempo com o respectivo total de manutenção do período (TAVARES, 1999).

A fórmula do cálculo da disponibilidade varia de um setor produtivo para outro, e até mesmo de uma empresa concorrente para outra; de maneira geral a disponibilidade física (DF) representa o percentual de dedicação para a operação de um equipamento, ou de uma planta em relação as horas totais do período (VIANA, 2003).

Observando a Figura 2, a seguir pode-se visualizar melhor o conceito:

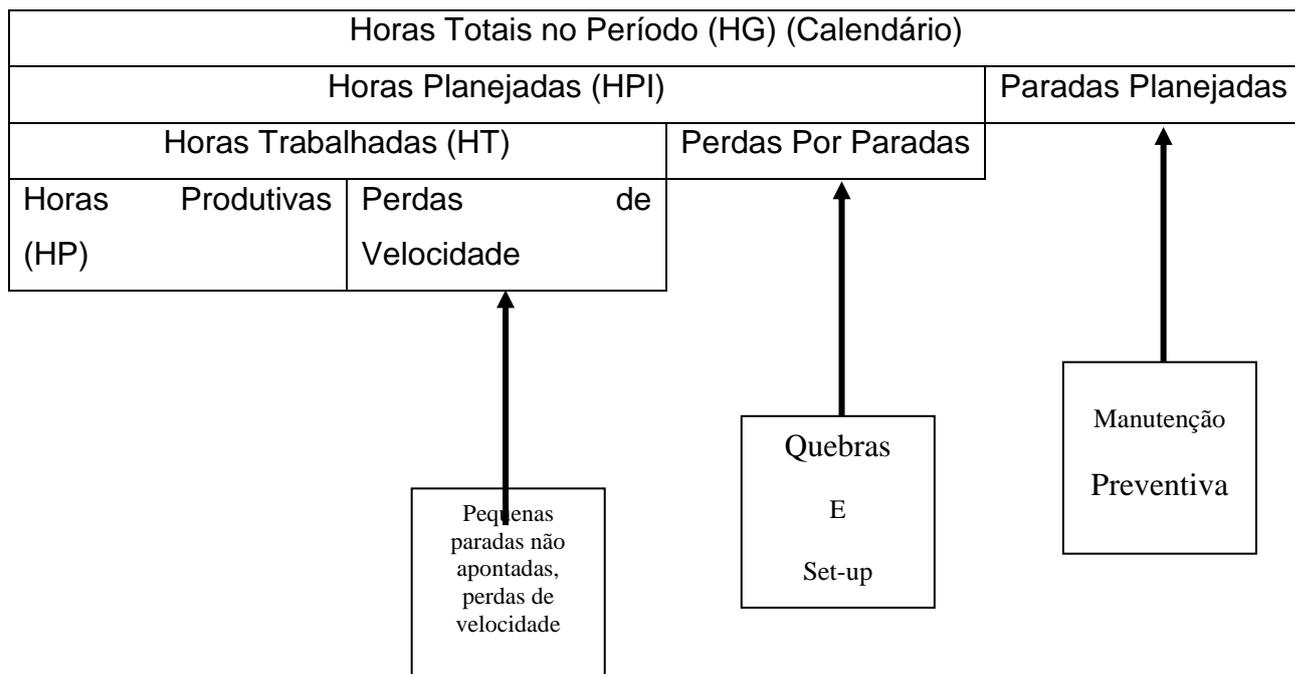


Figura 2 – Estratificação da Disponibilidade Física

Fonte: VIANA (2003).

A partir da figura, podemos dizer que a disponibilidade é a relação entre a horas trabalhadas (HT) e as horas totais no período (HG) (VIANA, 2003).

$$DF = (HT) \div (HG) \times 100\%$$

Segundo VIANA (2003), pode ser definida também como sendo a relação entre o total de horas acumuladas de operação e o total de horas transcorridas, ou seja:

$$DF = (HO) \div (HO \div (HM)) \times 100\%$$

Onde (HO) é o tempo total de operação, e (HM) corresponde ao tempo de paralisações, preventivas e corretivas. As perdas por subvelocidade não afetam a disponibilidade física, recaindo na produtividade (VIANA, 2003).

Este índice se reveste de fundamental importância para a área de manutenção, pois o principal produto é a disponibilidade física, ou seja, disponibilizar o maior número de hora possíveis do equipamento para a operação; o mesmo tempo deve ser utilizado para verificar o comportamento operacional da maquinaria, desta forma identificada “equipamentos – problema”, aqueles que tiram mais DF da planta (VIANA, 2003).

- **CMFT (Custo de Manutenção Por Faturamento)**

Segundo VIANA (2003), até 1993 a composição dos custos de manutenção era formada de gastos com pessoal, material e contratação de serviços externos; com o advento do conceito da Manutenção de Classe Mundial, foram incluídas a depreciação e a perda de faturamento.

- **Pessoal:** despesas com salários, direitos, encargos sociais e benefícios concedidos pela empresa. Incluem-se também os gastos com aperfeiçoamento de efetivo (VIANA, 2003).

- **Materiais:** custo com reposição de itens, energia elétrica, consumo de água e capital imobilizado (indiretos), custos ligados à administração do almoxarifado e setor de compras (VIANA, 2003).

- **Contratação de Serviços Externos:** contratos com empresas externas para serviços permanentes ou circunstanciais (VIANA, 2003).

- **Depreciação:** custos diretos de reposição ou investimentos de equipamentos e ferramentas, custos indiretos de capital imobilizado, custos administrativos com o setor contábil da empresa (VIANA, 2003).

- **Perda de Faturamento:** são os custos da perda de produção, e custos com desperdícios de matéria-prima (VIANA, 2003).

No Brasil, ainda não temos uma cultura de acrescentar os componentes como Depreciação, Perda de Faturamento na composição do custo de manutenção (VIANA, 2003)..

Pode-se observar essa tendência através de pesquisa realizada pela ABRAMAN, divulgada em seu documento nacional de 1999, que demonstra os custos com pessoal e material como sendo os mais importantes no custo total da manutenção, contribuindo em cerca de 2/3 do valor. (VIANA, 2003)

Segundo TAVARES (1999), o Custo Total por Faturamento, é a relação entre o custo da manutenção e o faturamento total da empresa.

$$CMFT = ((CTMN) \div (FTEP)) \times 100\%$$

Onde, CTMN é o custo da manutenção e FTEP é o faturamento total da empresa.

Esse índice é de fácil cálculo, uma vez que os valores, tanto do numerador quanto do denominador, são normalmente processados pelo órgão de contabilidade da empresa (TAVARES, 1999).

Segundo uma pesquisa realizada pela ABRAMAN em 1999, constatou-se o seguinte quadro geral de custo de manutenção por faturamento no Brasil (VAIANA, 2003):

Ano	Custo Total de Manutenção / Faturamento Bruto
1999	3,56%
1997	4,39%
1995	4,26%

Figura 3 – Custo Total de Manutenção Por Faturamento Bruto no Brasil

Fonte: VIANA (2003).

- **CMVR (Custo de Manutenção Por Valor de Reposição)**

Este índice consiste na relação entre o custo total da manutenção de um determinado equipamento com o seu valor de compra, devemos calcular o custo de manutenção por valor de reposição para equipamentos com criticidade alta, em uma instalação industrial existem uma gama de equipamentos muito grande, tornando-se dispendioso e pouco preciso o controle de todos eles.

Seguindo a linha de TAVARES (1999), o Custo de Manutenção Por Valor de Reposição é a relação entre o custo total acumulado na manutenção de um determinado equipamento e o valor de compra desse equipamento novo (valor de reposição).

$$\text{CPMV} = ((\text{Custo total de manutenção}) \div (\text{Valor da compra do equipto.})) \times 100\%$$

Um valor aceitável desse indicador seria um CPMV < 6% no período de um ano, dependendo é claro do retorno financeiro e estratégico dado pelo equipamento analisado, que pode vir a justificar um custo de manutenção considerado alto (VIANA, 2003).

Este índice deve ser calculado para os itens mais importantes da empresa (que afetam o faturamento, a qualidade dos produtos ou serviços, a segurança ou o meio ambiente), uma vez que, como indicado, é personalizado para o item e se utilize de

valores acumulados, o que torna seu processamento mais demorado que os demais, não justificando desta forma ser utilizado pra itens secundários (TAVARES, 1999). Seu resultado deve ser acompanhada por forma gráfica (gráfico de linha ou superfície) com a indicação de sua variação em, pelo menos, nos doze últimos meses para a tomada correta de decisão (TAVARES, 1999).

3.7 CUSTO PADRÃO VS CUSTO REAL

Segundo MOREIRA, 2003, este item é embasado no gasto real da Engenharia de Manutenção tem para manter uma fábrica comparada ao orçamento que a manutenção tem, a informação desse item monitora os gestores como comparativo financeiro, onde relata o quanto e gasto em cada tipo de manutenção (Preditiva, Preventiva e Corretiva); podemos analisar nesse item, por exemplo, os poucos e volumosos da manutenção, ou seja, os equipamentos principais que são responsáveis por grande parte das despesas dos setores de manutenção.

A demonstração matemática desse item é:

Custo Real

$$\text{Vs} \quad = \quad (\text{Gasto Com a Manutenção} / \text{Previsão Orçamentária}) \times 100\%$$

Custo Standard

3.7.1 DEFINIÇÕES DE CUSTO PADRÃO E CUSTO REAL

- **Custo Padrão:** é o montante de recursos que a empresa reserva e espera gastar para produzir uma quantidade definida de produtos, nessa verba entram materiais de produção direta, inspeção, acessórios, mão de obra e manutenção .
- **Custo Real:** é o montante de recursos que a empresa realmente gastou para produzir uma quantidade definida de produtos, esses gastos são compostos por materiais de produção direta, inspeção, acessórios, mão de obra e manutenção.
- **Milheiro de Produto Fabricado:** é a quantidade de 1.000 peças boas de qualquer produto que a empresa produziu.
- **Custo Padrão Por Milheiro Fabricado:** é o montante de recursos financeiros que a empresa espera dispor para produzir 1.000 (um mil unidades) de um determinado produto.

- **Custo Real Por Milheiro de Produto Fabricado:** é o montante financeiro que a empresa realmente gastou para produzir 1.000 (um mil unidades) de um determinado produto.

3.8 VIDA ÚTIL

O termo vida útil designa o tempo de vida durante o qual um dispositivo qualquer deve operar de maneira satisfatória, obedecendo às especificações de projeto e com ampla segurança desde que sujeito a um processo da manutenção como o identificado pelas instruções do fornecedor, sem ser submetido a condições ambientais ou esforços superiores aos limites especificados. A vida útil de um dispositivo teoricamente representa a predição que uma determinada proporção dos elementos produzidos operará de maneira satisfatória durante o período indicado. Tal proporção é indicada pelo mínimo admissível ou, em termos probabilísticos, é utilizado um limite inferior à confiança. É bastante comum associar a vida útil de um produto a uma garantia, caso em que a determinação da proporção mencionada anteriormente deve ser levada em consideração dado o custo de substituição ou reparo das unidades que apresentam falhas antes do período esperado. (NEPOMUCENO, 2002)

3.9 ANALISE DAS FALHAS

Segundo MARTINS (2005), a análise das falhas é uma técnica a ser utilizada para prevenir ou para analisar não-conformidades em projetos, processos e produtos. A metodologia obedece a sete fases:

- Fase 1: a especificação do problema é realizada respondendo as perguntas:
 - . o que falhou?
 - . qual a falha?
 - . onde ocorreu a falha?
 - . quando ocorreu a falha?
 - . como ocorreu a falha?
 - . qual a magnitude da falha?
 - . o que é e o que não é característico da falha?

- Fase 2: uma vez especificado o problema, devem ser enunciadas as hipóteses de causa. Não importa se essas hipóteses são ou não razoáveis, o que importa é a geração das hipóteses.

- Fase 3: cada hipótese enunciada na fase anterior deve ser verificada com relação à especificação do problema, devendo-se iniciar a investigação da causa pela hipótese que mais bem explica o problema.

- Fase 4: análise dos controles existentes para impedir a ocorrência de falhas; devem ser verificados os controles existentes.

- Fase 5: avaliação dos índices de ocorrência, severidade, detecção de riscos para as falhas. Os índices podem ser estabelecidos de acordo com a seguinte escala:
 1. .ocorrência de falha: de 1 (baixa probabilidade de ocorrência) a 10 (alta probabilidade de ocorrência)
 2. . severidade da falha: 1 (pouco grave) a 10 (muito grave)
 3. . detecção da falha: 1 (grande probabilidade de ser detectada antes de alcançar o cliente) a 10 (pequena probabilidade de ser alcançada antes de alcançar o cliente)
 4. . risco: é a multiplicação dos três índices anteriores

- Fase 6: desenvolvimento das ações corretivas e preventivas. As ações preventivas atuam removendo a causa e impedindo que ela ocorra novamente, e, portanto resolvem definitivamente o problema. As ações corretivas e de contenção atuam sobre o problema, diminuindo seus efeitos.

- Fase 7: acompanhamento das ações especificadas, todas as ações especificadas devem ser monitoradas, verificando-se se de fato estão sendo seguidas. (MARTINS, 2005)

3.10 FEMCA (*Failure Mode Effects and Criticality Analysis*)

O. FMECA significa a Análise de Modo, Causa, Falha, Efeito e Criticidade, a partir disto se pode obter o quanto crítico é um determinado equipamento, componente, ou modo de falha (TAVARES, 2004).

A detecção de falhas é uma das tarefas mais difíceis e desafiadoras para a confiabilidade dos equipamentos e processos (MOREIRA, 2003).

Os profissionais da manutenção trabalham no intuito de prever, mitigar, e até eliminar por completo as falhas que possam ocorrer em horas indevidas, podendo comprometer seriamente os programas de produção e os custos de muitas organizações (BROCHADO, 2002).

Para compreensão do que é FMECA, antes é preciso sedimentar conceitos sobre manutenções, tipos de manutenções e suas variáveis, para posteriormente entender o que é e porque a utilização do método FMECA (MOREIRA, 2003).

Segundo Salvador (2001), a FMECA - é uma metodologia de análise técnico/financeira dos ativos da empresa, ela foi desenvolvida para ser aplicada principalmente a componentes de equipamentos instalados em indústrias, cujo objetivo primordial é radiografar cada um dos componentes de um sistema a fim de levantar todas as maneiras pelas quais o componente possa vir a falhar e avaliar quais os efeitos que estas falhas acarretam sobre os demais componentes e sobre o sistema (instalação, equipamento, entre outros.).

O FMECA é um método de análise estruturada para documentar de forma organizada os modos e os efeitos de falhas de componentes, ou seja, investiga-se o componente a fim de levantar todos os elementos, incluindo as ações inadequadas do ser humano, que possam interromper ou degradar o seu funcionamento e/ou do sistema ao qual o componente está inserido (MOREIRA, 2003).

Apesar de ser uma técnica de análise essencialmente derivada do FMEA(Failure Mode Effects Analysis), denominada análise de modos, efeitos e criticidade de Falhas, em Inglês FMECA, pode fornecer também estimativas para as frequências da ocorrência dos modos de falhas, bem como, o grau (categoria, classe) de severidade dos seus efeitos. O modelo não provê cálculo da confiabilidade total do sistema, mas pode servir como entrada de outras análises de Confiabilidade (em geral análise por Árvore de Falhas) (MOREIRA, 2003).

A análise do modo de falha visa estudar cada falha ou possível falha que venha ocorrer de um equipamento ou componente. Busca como resultado montar uma árvore de falhas, através da árvore de falhas, planos de manutenção são construídos de

maneira que as intervenções de manutenção ocorram no instante imediatamente anterior a uma possível falha (MOREIRA, 2003)

No FMECA, podem ser enfocados tanto os aspectos relacionados com a confiabilidade do sistema como com a segurança da instalação, assim pode ser avaliada a gravidade dos efeitos das falhas sobre a continuidade operacional do sistema, sobre a qualidade do produto e sobre a segurança dos operadores, da população que circunvizinha a fábrica ou dos demais equipamentos; a técnica indutiva que analisa todos os modos de falhas dos componentes de um sistema e indica os efeitos e a criticidade destas falhas sobre outros componentes e sobre o sistema (MOREIRA, 2003).

Técnica sistemática, simples e estruturada com ênfase nas falhas de equipamentos ou componentes, que se preocupa com erros, falhas e melhorias e registra o conhecimento operacional dos sistemas (MOREIRA, 2003).

Segundo Salvador (2001), os principais objetivos do FMECA, são:

- Identificação dos Modos de Falhas dos Componentes de um Sistema;
- Avaliação das Causas e dos Efeitos das Falhas;
- Aumentar a Segurança Funcional, Operacional e Ambiental;
- Aumentar a Confiabilidade;
- Produção em Série com Menores Índices Globais de Falhas;
- Diminuir os Custos de Garantia e Cortesia;
- Ciclos de Desenvolvimento de Produto mais Curtos;
- Aumentar o Cumprimento dos Prazos Estabelecidos;
- Melhorar a Comunicação Interna;
- Melhorar a Assistência Técnica;
- Produzir com Menores Custos;
- Como Detectar, como Corrigir etc.
- Desenvolver e capacitar a equipe técnica.
- Gerar sempre que possível a manutenção autônoma.

Segundo Moreira (2003), o FMECA pode ser aplicado em vários níveis, ou seja, componentes, equipamentos ou sistemas, dependendo do grau de detalhamento desejado, esta técnica pode ser usada:

- Na fase de projeto de sistemas visando detectar possíveis falhas e melhorar a confiabilidade do sistema;
- Na revisão de segurança de sistemas/unidades em operação procurando verificar a propagação das falhas sobre os outros componentes do sistema e as implicações para a segurança das instalações.
- No contexto de uma análise global de riscos, tanto de sistemas na fase de projeto, como de sistemas em operação ou em fase de ampliação;

O FMECA é uma das ferramentas de engenharia de manutenção que pode ser usada para avaliar um projeto, pois identifica os efeitos de cada modo de falha sobre os demais componentes e sobre o sistema e estabelece sugestões de melhorias do projeto no sentido de evitar ou mitigar os efeitos das falhas, critérios para realização de testes, programas de manutenção e elaboração de rotinas operacionais (MOREIRA, 2003).

A análise de FMEA/FMECA é desenvolvida pela pergunta: Como pode esta unidade (componente, subsistema,...) falhar? Para assumir uma análise sistemática e completa, é prático utilizar um formulário especial de FMEA/FMECA, o qual lista as informações necessárias (Apostila, FMEA-FMECA, Petrobras, 2001).

Segundo Moreira (2003), dados de campo que precisam ser levantados, tornando-se essenciais para a fase inicial do FMECA, um levantamento de dados bastante detalhado gera uma base inicial mais sólida e confiável, abaixo temos alguns exemplos de dados que devem ser levantados no campo (MOREIRA, 2003).

- Idade do Equipamento – medida em anos, esse fator ajuda a determinar o tipo de tecnologia e recursos empregados na construção do equipamento(MOREIRA, 2003)..
- Tempo de uso após a última intervenção de reforma – medida em anos, é mais um fator que ajuda a determinar o estado de conservação do equipamento(MOREIRA, 2003)..
- Tempo de utilização diária do equipamento – medida em horas, determina a jornada de trabalho diária do equipamento e o grau de exigência a que ele está submetido(MOREIRA, 2003)..
- Importância do Equipamento no processo produtivo – determina o quanto ele é importante na cadeia de fabricação(MOREIRA, 2003)..
- Nacionalidade do Equipamento – determina onde o equipamento foi manufaturado(MOREIRA, 2003)..

- Valor do Ativo – serve como balizador para tomada de decisão quanto a reforma ou compra de um novo equipamento(MOREIRA, 2003)..
- Logística de Reposição de Peças - com esse fator temos o Lead-Time para reposição de peças e componentes de reparos(MOREIRA, 2003)..
- Custo de manutenção – dividido entre peças e mão de obra, esse fator mostra o quanto de recursos teremos que alocar para reparos do equipamento(MOREIRA, 2003).
- Custo de Oportunidade Perdida ou Custo de Parada Emergencial – essencialmente este aspecto mostra o quanto se deixa de ganhar ou faturar pela paralisação da cadeia de produção(MOREIRA, 2003)..
- MTBF – Maintenance Time Between Failures – através do tempo médio entre falhas podemos determinar a quantidade média de intervenções de um determinado ativo por um intervalo de tempo(MOREIRA, 2003)..
- MTTR – Maintenance Time To Repair - com esse item se determina quanto tempo em média se permanece sem o equipamento(MOREIRA, 2003).
- OEE – Overall Equipment Effectiveness - é um número bastante complexo que engloba fatores como produtividade, perdas de qualidade, eficiência, true put loss, e manutenção, uma manutenção mal planejada pode comprometer de forma bastante significativa o OEE (MOREIRA, 2003).
- Eficiência - a eficiência é um produto que depende de inúmeros fatores em um processo produtivo, mas com certeza um fator que influencia de maneira bastante significativa na sua redução ou aumento é a manutenção inoportuna ou até mesmo uma manutenção realizada de forma incorreta, seja incorreto tecnicamente ou no foco(MOREIRA, 2003)..
- Perda - em um processo produtivo a perda esta relacionada a muitos fatores, tal qual a eficiência, sendo afetada pela manutenção da mesma forma que ela, a manutenção pode afetar também diretamente essa variável produtiva(MOREIRA, 2003)..
- True Put Loss - se uma manutenção for perfeitamente definida e corretamente realizada, reduzimos significativamente os números de avarias não planejadas, conseqüentemente reduziremos o número de horas que o equipamento se encontra parado para manutenção emergencial(MOREIRA, 2003).

Após a realização da FMECA para os equipamentos, determinam-se quais os tipos de manutenção e de que forma se pode aplicá-los, os tipos de manutenção indicados pela (ProftiAbility Engineers, 2001), são:

- OTF – *Operation Time Failute*: é denominado de reação as falhas, ou mais frequentemente chamado de manutenção emergencial, esse tipo de manutenção geralmente traz em si o maior custo agregado(ProftiAbility Engineers, 2001).
- FTM – *Fix Time Maintenance*: mais conhecido como manutenção preventiva, é feita através de intervalos fixos que podem ser por calendário ou até por unidades produzidas de uma determinada máquina(ProftiAbility Engineers, 2001).
- CBM – *Condition Based Maintenance*: é a manutenção chamada de preditiva, que se realiza conforme a necessidade, ou seja, através de mecanismos de verificação se determina o momento mais próximo da falha e se realiza a manutenção antes da falha ocorrer (ProftiAbility Engineers, 2001).
- DOM – *Design Out Maintenance*: é o tipo de manutenção que determina a mudança de um processo, máquina ou componente(ProftiAbility Engineers, 2001).
Através dos tipos de manutenção citados acima é percebida a necessidade de rever procedimentos e rotinas de manutenções com base nos resultados obtidos através dos FMECA'S (ProftiAbility Engineers, 2001).

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A EMPRESA

Este estudo é baseado em uma multinacional do setor de higiene e cuidados pessoais instalada no pólo industrial da Zona Franca de Manaus. A empresa tem mais de 75 anos de existência no Brasil e mais de 30 no Amazonas. No último trimestre do ano de 1999, consolidou suas operações em Manaus, transferindo sua unidade de fabricação de lâminas de barbear da Cidade do Rio de Janeiro - RJ para Manaus - AM.

A fábrica conta com um efetivo aproximado de 1500 funcionários com uma produção anual de 3 bilhões de lâminas, é líder de mercado com mais de 80% de participação no segmento.

Neste trabalho, à fábrica de lâminas de barbear será o foco, doravante denominada de “Fábrica Alfa”, onde nesse capítulo aborda-se a forma com que sua manutenção era gerida, planejada e controlada até 2003, ano esse que foi o último ano antes da implementação do FMECA e a certificação da unidade como manutenção de classe mundial.

Nesta Fábrica, produzem-se todas as lâminas que são montadas em aparelhos descartáveis e sistemas de barbear no Brasil, chamadas de lâminas fio simples, além das antigas lâminas duplo fio, também conhecidas como “lâminas de barbeiro”.

4.2 A MANUTENÇÃO

A manutenção na Empresa Alfa até o 1º semestre do ano de 2003, era a manutenção chamada de tradicional, ou seja, sua sistemática de manutenção e seus planos de manutenção foram elaborados em conformidade para atender os requisitos da ISO 9000, e continham basicamente pequenas manutenções preventivas não representativas e as demais ocorriam através do sistema de manutenção corretiva.

O único fator que era gerenciado ou controlado de forma acurada era o chamado de custo de manutenção, que nada mais era comparar o valor gasto em manutenção e reparos (peças de reposição) ao valor que se tinha disponível para gastar, não observando em momento nenhum a eficácia da manutenção realizada.

Nesta época, todos os índices de manutenção que foram demonstrados neste trabalho no capítulo 2, não eram calculados, não se tinha o conhecimento técnico suficiente para elaboração desses índices.

Com base nos dados históricos da época, nos próximos subitens, se demonstrara a evolução desses índices, através de um levantamento realizado para balizar e servir como comparativo dos resultados obtidos nesse estudo científico.

4.3 LIVRO DE CUSTO DA FÁBRICA

O Livro de Custos da Fábrica é um documento financeiro gerado pela contabilidade industrial interna da empresa, onde estão resumidos todos os tipos de custo e despesas praticados pela empresa, e receitas padrão da empresa.

Ele está dividido basicamente em duas colunas, que são as colunas de previsão padrão de gastos e despesas e a coluna de gastos reais efetivos da empresa.

Os valores Padrão gerados por esse livro são na verdade uma combinação de fatores e taxas previamente estabelecidas de gasto por milheiro de produto produzido, ou seja, após o volume de produção ser determinado, o total padrão é feito por uma simples multiplicação entre o volume e o valor da taxa padrão para um volume de mil unidades produzidas.

Ou seja, o padrão adotado na organização é sempre calculado levando-se em conta a base de 1.000 (um mil) peças produzidas.

4.4 CÁLCULOS DOS ÍNDICES FINANCEIROS DA MANUTENÇÃO

Para a empresa Alpha os índices de manutenção (custo de manutenção por faturamento, custo de manutenção por milheiro de produto produzido, e comparação entre custo real e custo padrão) são calculados com base no livro de custos. O custo de manutenção é a soma dos subitens de reparos da fábrica mais a mão de obra técnica de manutenção (mecânicos, eletrônicos e técnicos de processo).

Todos os valores financeiros são expressos em € (*EUROS*) para ser possível a comparação de custos entre todas as unidades espalhadas pelos continentes.

4.4.1 CUSTO DE MANUTENÇÃO POR FATURAMENTO

Como já mencionado no item 3.6, segundo TAVARES (1999), o custo total por faturamento, é a relação entre o custo da manutenção e o faturamento total da empresa. Ele é dividido entre Padrão e Real. O CTMN Padrão é aquele previsto pela empresa e o CTMN Real é o ocorrido no período.

Para a empresa Alpha o CTMN padrão e Real são apresentados nas tabelas (5 à 9) a seguir, para os anos de 2003 à 2006.

Na figura 4 abaixo, tem-se demonstrado o valor do CTMN Padrão.

Ano	CTMN Padrão
2003	10,0%
2004	10,3%

2005	9,1%
2006	9,1%
Acumulado	9,6%

Figura 4 – Custo de Manutenção Por Faturamento Padrão (CTMN Padrão).

Fonte: Dados Levantados

Na figura 5 abaixo, demonstra-se de forma gráfica do valor de CTMN Padrão.

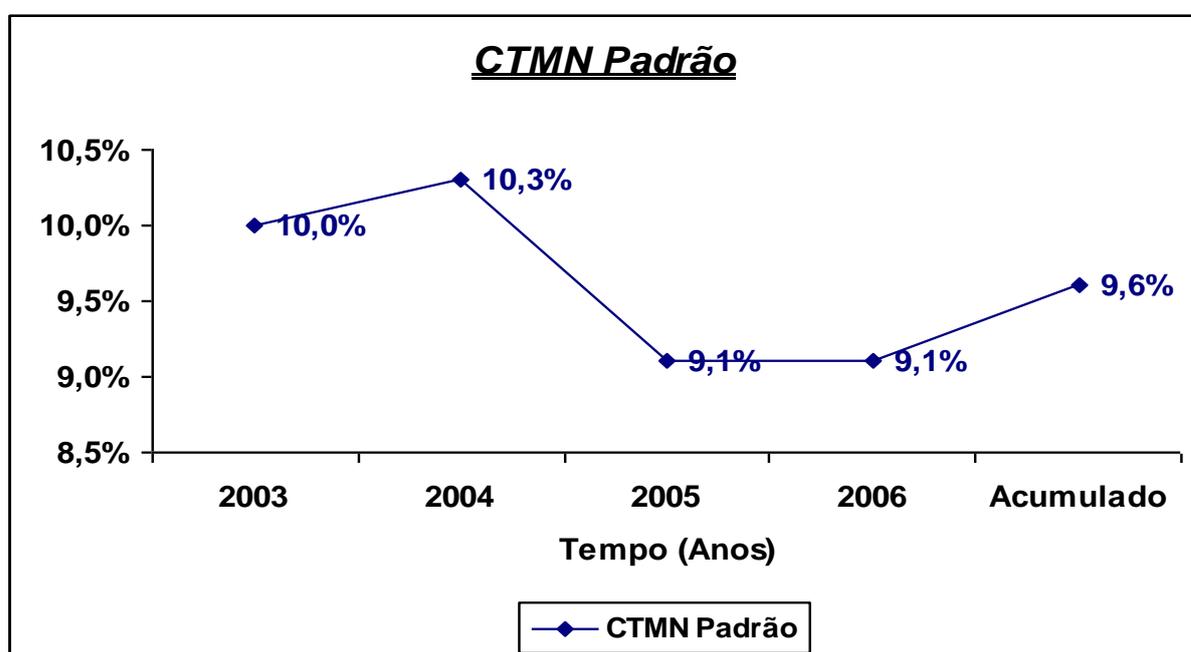


Figura 5 – Gráfico do Custo de Manutenção Por Faturamento Padrão (CTMN Padrão).

Fonte: Dados Levantados

Na figura 6, a seguir, tem-se demonstrado o valor do CTMN Real.

Ano	CTMN Real
2003	9,1%
2004	11,5%
2005	10,4%
2006	9,7%
Acumulado	10,2%

Figura 6 – Custo de Manutenção Por Faturamento Real (CTMN Real).

Fonte: Dados Levantados

Na figura 7 abaixo, demonstra-se de forma gráfica o valor do CTMN Real.

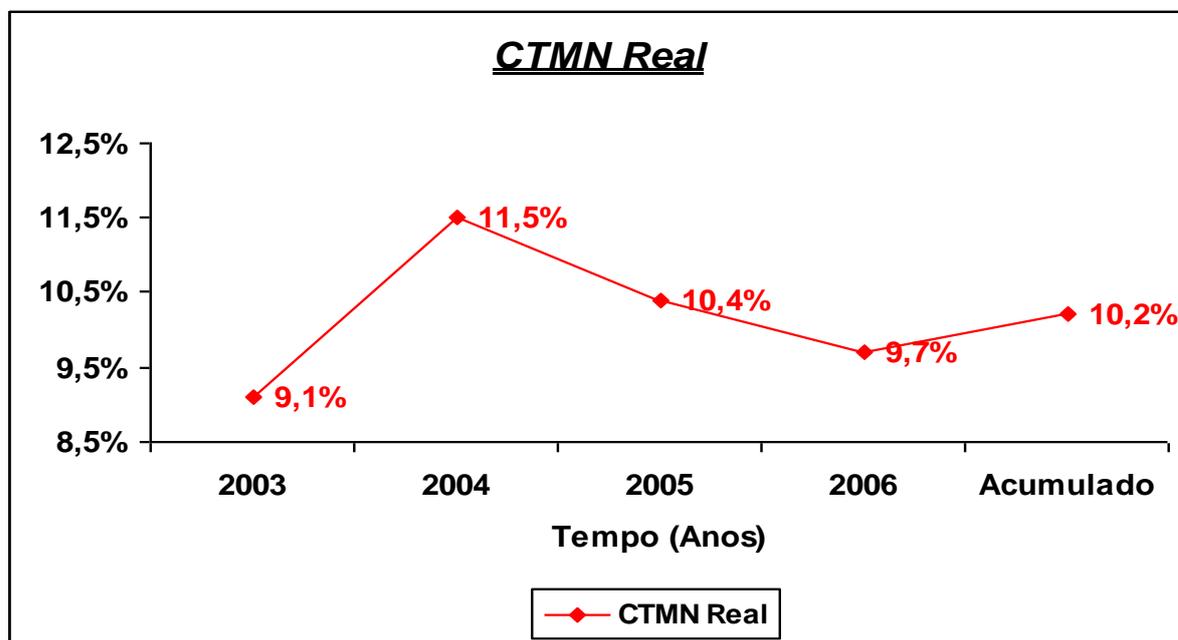


Figura 7 – Gráfico do Custo de Manutenção Por Faturamento Real (CTMN Real).

Fonte: Dados Levantados

Na figura 8 abaixo a seguir, tem-se o Custo de Manutenção Por Faturamento Real vs o Custo de Manutenção Por Faturamento Padrão e a resultado obtido da comparação deles.

Ano	CTMN Padrão	CTMN Real	Diferença
2003	10,0%	9,1%	-0,9%
2004	10,3%	11,5%	1,2%
2005	9,1%	10,4%	1,3%
2006	9,1%	9,7%	0,6%
Acumulado	9,6%	10,2%	0,6%

Figura 8 – Comparação entre Custo de Manutenção Por Faturamento Real (CTMN Real) vs Custo de Manutenção Por Faturamento Padrão (CTMN Padrão) e o resultado obtido da comparação.

Fonte: Dados Levantados

Abaixo na figura 9, tem-se Custo de Manutenção Por Faturamento Real (CTMN Real) e o Custo de Manutenção Por Faturamento Padrão (CTMN Padrão).

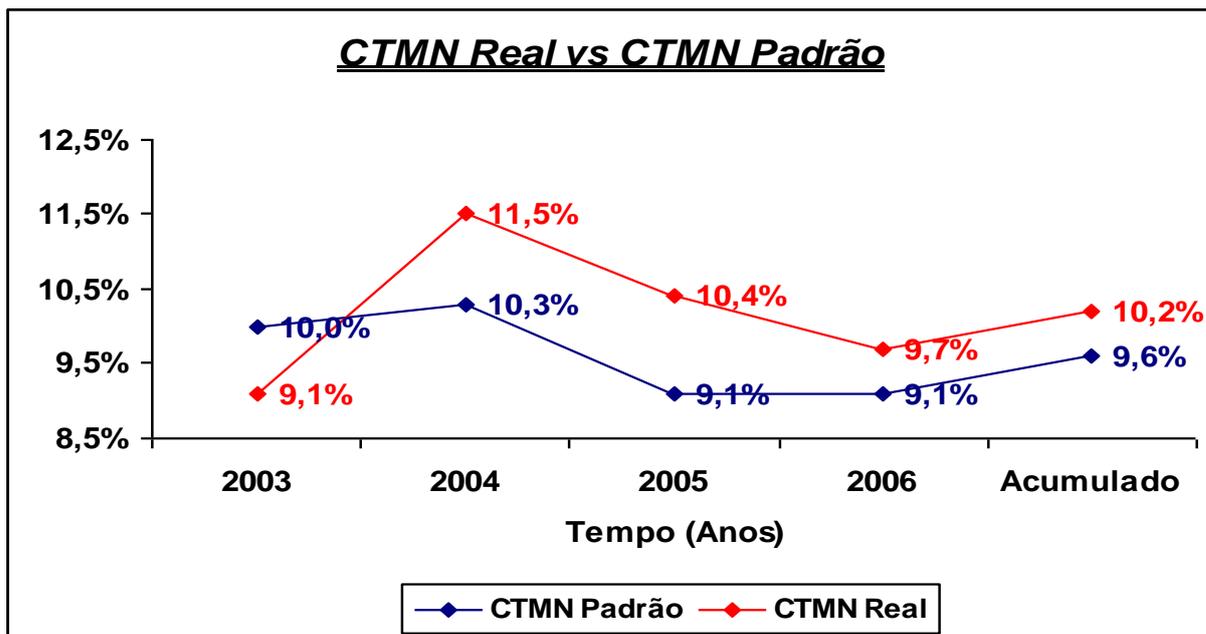


Figura 9 – Gráfico do Custo de Manutenção Por Faturamento Real (CTMN Real) vs Custo de Manutenção Por Faturamento Padrão (CTMN Padrão)

Fonte: Dados Levantados

Abaixo na figura 10, tem-se a resultante entre Custo de Manutenção Por Faturamento Real (CTMN Real) e o Custo de Manutenção Por Faturamento Padrão (CTMN Padrão).

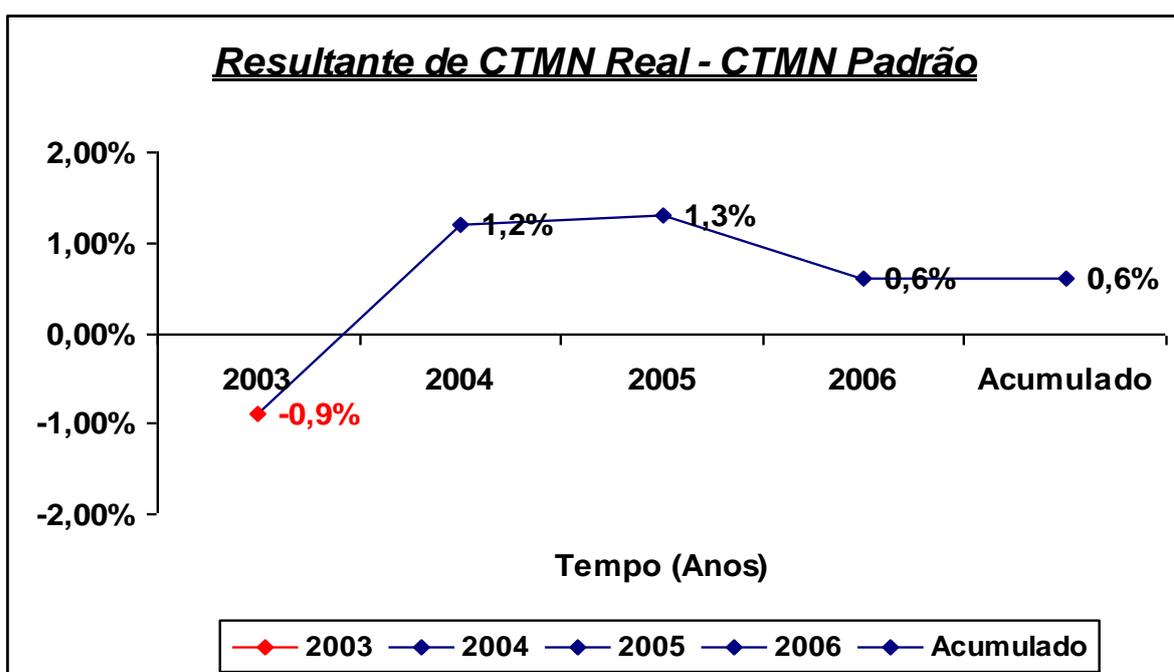


Figura 10 – Gráfico da resultante entre o Custo de Manutenção Por Faturamento Real (CTMN Real) vs Custo de Manutenção Por Faturamento Padrão (CTMN Padrão)

Fonte: Dados Levantados

Não foi encontrado nenhum valor nas bibliografias pesquisadas considerado como adequado para esse item como Manutenção de Classe Mundial. O único índice encontrado foi à tabela abaixo, que somente menciona os índices para os anos de 1995, 1997 e 1999 encontrados no Brasil no setor industrial, não tecendo nenhum comentário adicional, se os índices são aceitáveis ou não.

A seguir, temos a figura 11 com os índices de manutenção de classe mundial, segundo Vaiana (2002).

Ano	Custo Total de Manutenção / Faturamento Bruto (CTMN)
1999	3,56%
1997	4,39%
1995	4,26%

Figura 11 – Custo Total de Manutenção Por Faturamento Bruto no Brasil

Fonte: VIANA (2003).

Na Figura 12, a seguir, temos o demonstrativo do Custo de Manutenção Por Faturamento Real e Padrão, mensalmente em um período de 42 meses. Assim pode-se ter uma visão geral de como o custo de manutenção flutua ao longo do tempo.

Custo de Manutenção Por Faturamento											
Meses	Previsto	Real	Meses	Previsto	Real	Meses	Previsto	Real	Meses	Previsto	Real
jan/2003	9,7%	6,5%	jan/2004	12,9%	14,0%	jan/2005	8,9%	8,7%	jan/2006	9,2%	7,7%
fev/2003	10,2%	10,3%	fev/2004	13,4%	11,9%	fev/2005	9,3%	11,1%	fev/2006	8,7%	10,9%
mar/2003	9,9%	7,5%	mar/2004	9,8%	12,8%	mar/2005	9,3%	10,1%	mar/2006	9,7%	9,2%
abr/2003	10,9%	8,3%	abr/2004	9,8%	9,6%	abr/2005	9,1%	12,0%	abr/2006	8,7%	10,1%
mai/2003	10,4%	8,0%	mai/2004	9,9%	11,7%	mai/2005	9,0%	10,1%	mai/2006	9,1%	11,7%
jun/2003	10,1%	8,3%	jun/2004	9,6%	11,8%	jun/2005	8,9%	8,5%	jun/2006	8,9%	9,2%
jul/2003	9,9%	9,7%	jul/2004	10,2%	13,9%	jul/2005	8,9%	11,6%	jul/2006	-	-
ago/2003	9,9%	11,0%	ago/2004	9,8%	10,7%	ago/2005	9,4%	11,4%	ago/2006	-	-
set/2003	9,5%	12,1%	set/2004	10,1%	9,8%	set/2005	8,5%	7,2%	set/2006	-	-
out/2003	10,0%	8,8%	out/2004	10,0%	12,1%	out/2005	9,2%	13,5%	out/2006	-	-
nov/2003	10,0%	11,4%	nov/2004	10,0%	10,4%	nov/2005	9,5%	11,9%	nov/2006	-	-
dez/2003	10,1%	8,6%	dez/2004	9,9%	11,3%	dez/2005	9,4%	10,6%	dez/2006	-	-

Figura 12 – Custo de Manutenção Por Faturamento Real e Padrão da Industria Alpha durante 42 meses

Fonte: Dados Levantados

A seguir temos a figura 13, com a demonstração gráfica dos dados obtidos da tabela da figura 12.

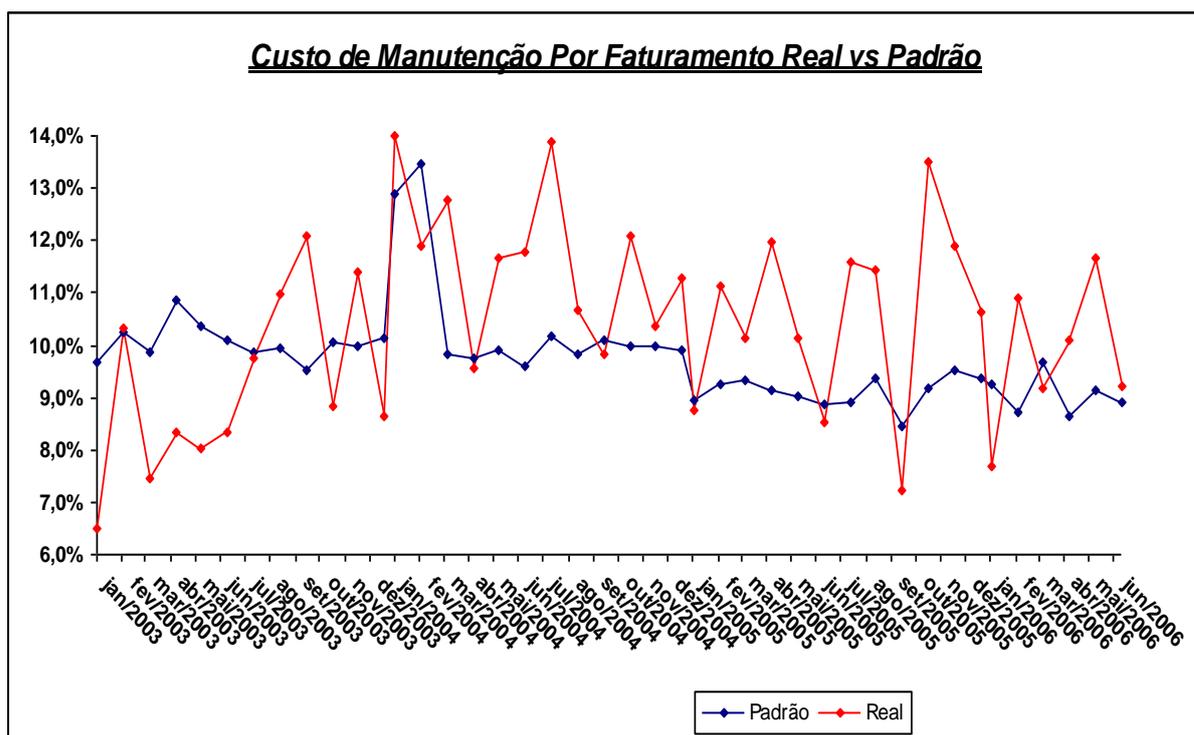


Figura 13 – Gráfico Custo de Manutenção Por Faturamento Real e Padrão da Industria Alpha durante 42 meses

Fonte: Dados Levantados

No ano de 2003 iniciou-se a implementação do sistema de manutenção de classe mundial na empresa. Essa metodologia baseou-se principalmente no FMECA e na análise ativos, gerou uma expectativa na alta direção da empresa de redução de custos, o que não foi verificado até o momento.

Com o início do sistema de manutenção de classe mundial, verificou-se a necessidade de reforma dos equipamentos produtivos, uma vez que não atingiam o desempenho esperado, esse fato acarretou um aumento dos gastos e investimentos com a manutenção, justificando-se assim a tendência contrária ao esperado nos custos de manutenção.

Um fato comprovado por esse estudo é que o fato de se implementar um sistema de controle de ativos e manutenção buscando a redução de custo pode não ser verdade, pelo menos nos primeiros anos, a fábrica Alpha teve seus custos aumentados em 26,4% no primeiro ano de 2004 (ano de conclusão da implementação do sistema), continuou 14,3% maior no ano de 2005 e em 2006 estão 8,7% acima de 2003. A redução de gastos é alcançada, mas pode ter um período de 3 anos ou mais para começar a obter alguma forma de retorno.

4.4.2 COMPARATIVO ENTRE CUSTO PADRÃO E CUSTO REAL

Com base no levantamento de dados feito na fábrica Alpha, teremos a seguir a demonstração da evolução dos Custos de Manutenção Por Faturamento no período de janeiro de 2003 até junho de 2006:

Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado											
Meses	Previsto	Real	Meses	Previsto	Real	Meses	Previsto	Real	Meses	Previsto	Real
jan/2003	€ 1,11	€ 0,73	jan/2004	€ 1,62	€ 1,70	jan/2005	€ 1,11	€ 1,03	jan/2006	€ 1,09	€ 0,88
fev/2003	€ 1,25	€ 1,26	fev/2004	€ 1,58	€ 1,35	fev/2005	€ 1,07	€ 1,24	fev/2006	€ 1,10	€ 1,30
mar/2003	€ 1,30	€ 0,88	mar/2004	€ 1,20	€ 1,53	mar/2005	€ 1,07	€ 1,09	mar/2006	€ 1,08	€ 1,00
abr/2003	€ 1,14	€ 0,82	abr/2004	€ 1,25	€ 1,17	abr/2005	€ 1,04	€ 1,37	abr/2006	€ 1,15	€ 1,34
mai/2003	€ 1,22	€ 0,88	mai/2004	€ 1,18	€ 1,36	mai/2005	€ 1,08	€ 1,14	mai/2006	€ 1,07	€ 1,38
jun/2003	€ 1,27	€ 0,99	jun/2004	€ 1,21	€ 1,44	jun/2005	€ 1,15	€ 1,03	jun/2006	€ 0,46	€ 0,47
jul/2003	€ 1,27	€ 1,22	jul/2004	€ 1,15	€ 1,57	jul/2005	€ 1,06	€ 1,36	jul/2006	-	-
ago/2003	€ 1,23	€ 1,26	ago/2004	€ 1,18	€ 1,30	ago/2005	€ 1,08	€ 1,33	ago/2006	-	-
set/2003	€ 1,28	€ 1,57	set/2004	€ 1,17	€ 1,08	set/2005	€ 1,17	€ 0,99	set/2006	-	-
out/2003	€ 1,23	€ 1,07	out/2004	€ 1,16	€ 1,38	out/2005	€ 1,07	€ 1,67	out/2006	-	-
nov/2003	€ 1,26	€ 1,43	nov/2004	€ 1,16	€ 1,18	nov/2005	€ 1,02	€ 1,29	nov/2006	-	-
dez/2003	€ 1,22	€ 1,04	dez/2004	€ 1,20	€ 1,34	dez/2005	€ 1,03	€ 1,17	dez/2006	-	-

Figura 14 – Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado Padrão e Real da Industria Alpha durante 42 meses

Fonte: Dados Levantados

Na figura 15 a seguir, teremos a informação do Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado Padrão e Real através da forma gráfica.

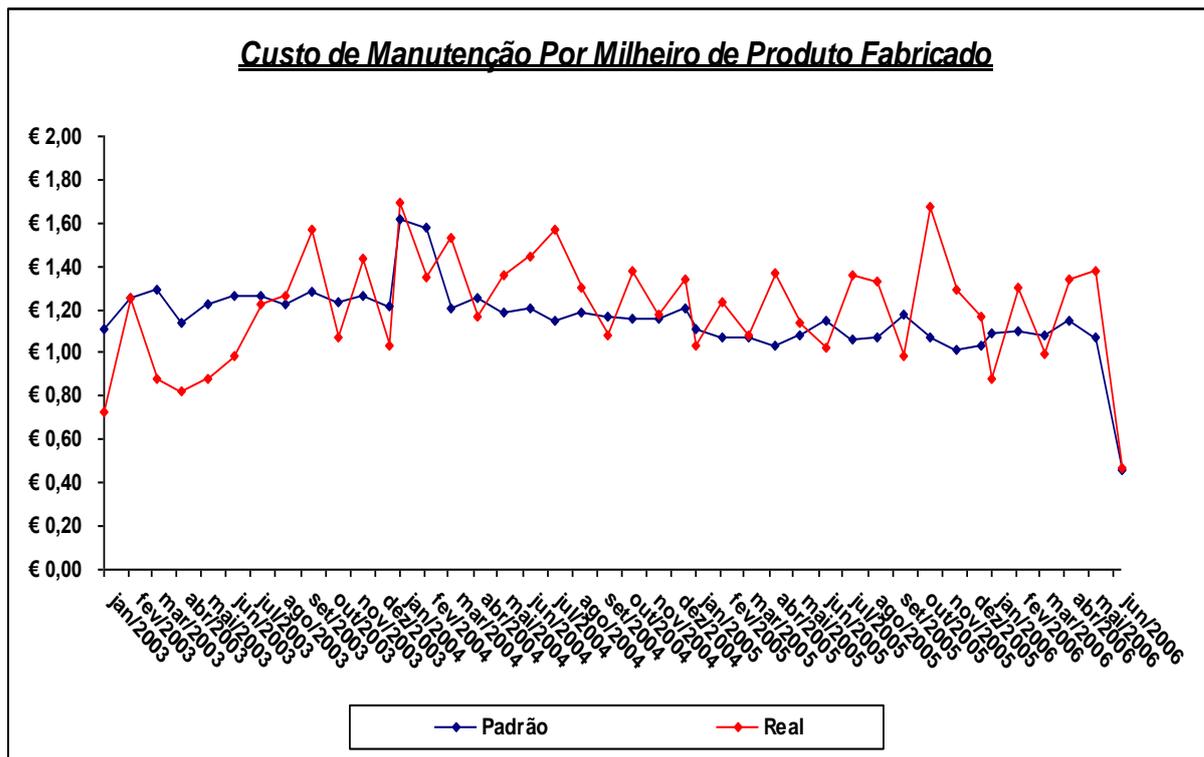


Figura 15 – Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado Padrão e Real da Industria Alpha durante 42 meses – forma gráfica

Fonte: Dados Levantados

Resumindo as informações acima para melhor visualização, teremos ano a ano:

Custo Por Milheiro Fabricado Padrão vs Custo Por Milheiro Fabricado Real				
Ano	Custo Padrão	Custo Real	Diferença	Diferença %
2003	€1,23	€1,08	€0,15	12,2%
2004	€1,24	€1,35	- €0,11	-8,9%
2005	€1,08	€1,21	- €0,13	-12,0%
2006	€0,88	€0,92	- €0,04	-4,5%

Figura 16 – Comparativo entre Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado Padrão e Real

Fonte: Dados levantados

Na figuras 17, 18 e 19 a seguir, temos a representação gráfica do Custo de Manutenção Por Milheiro Real e Padrão.

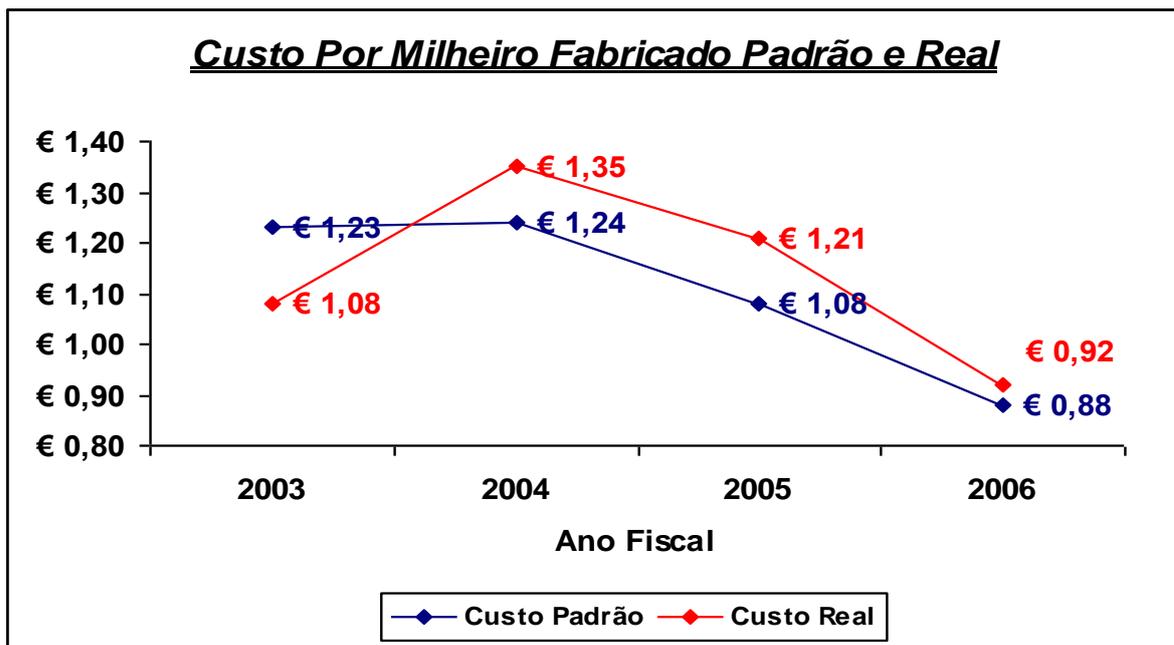


Figura 17 – Comparativo entre Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado Padrão e Real

Fonte: Dados levantados

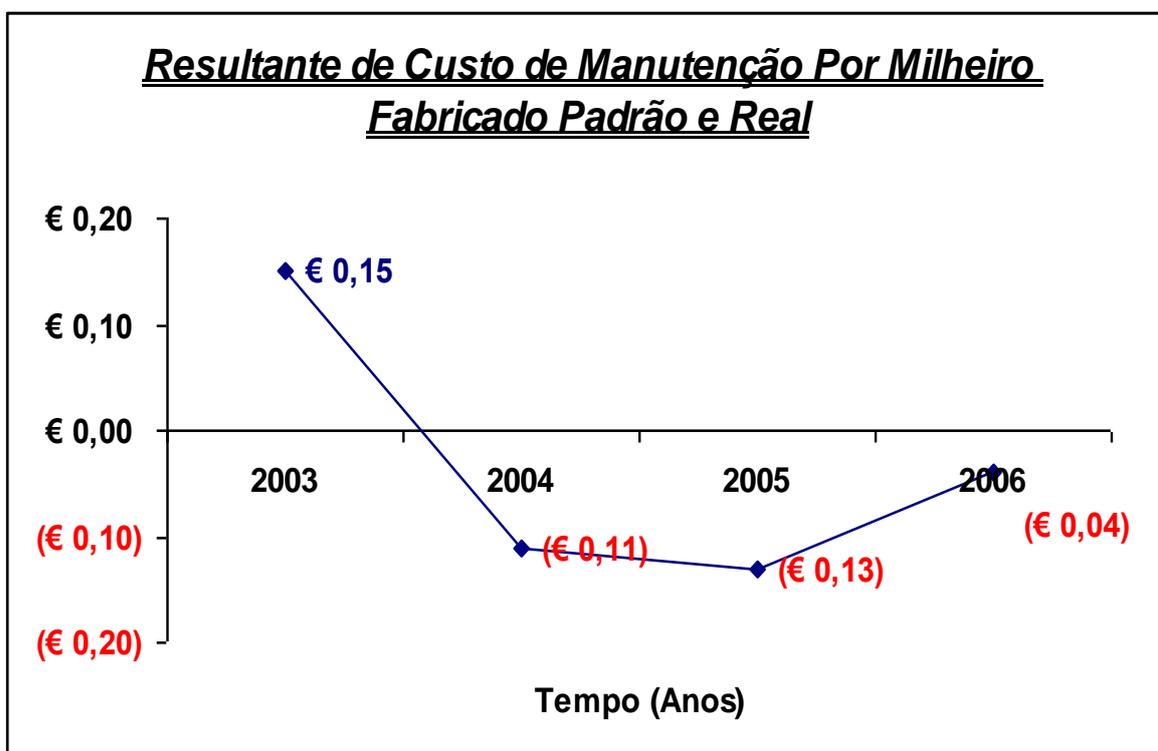


Figura 18 – Comparativo entre Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado Padrão e Real

Fonte: Dados levantados

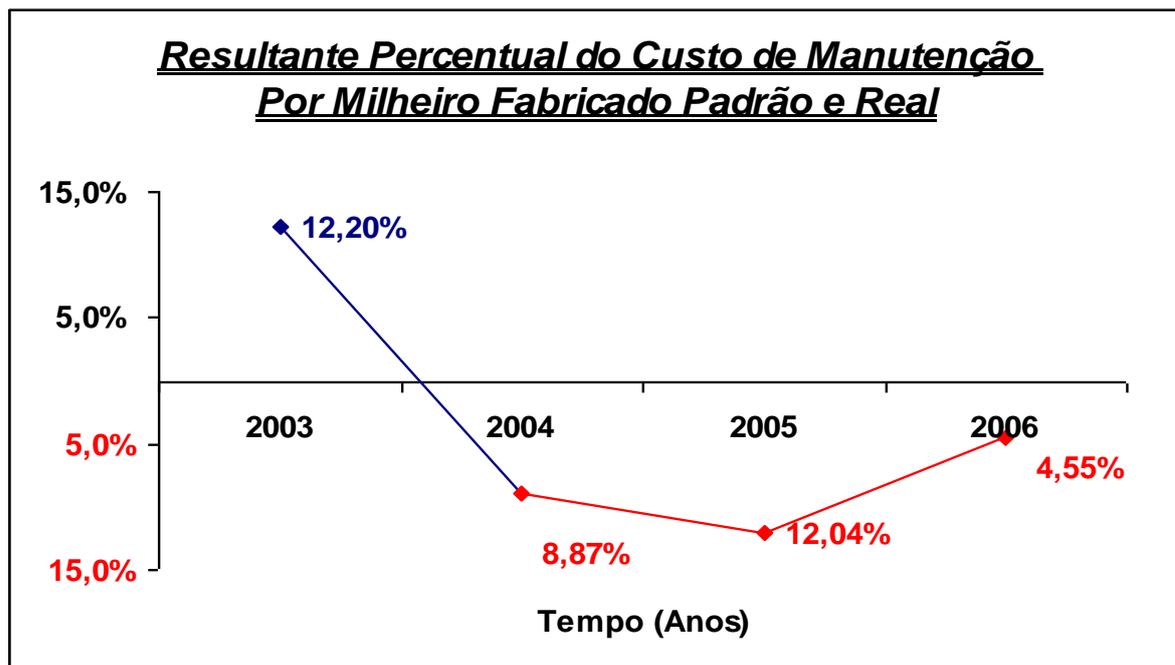


Figura 19 – Diferença percentual entre Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado Padrão e Real

Fonte: Dados levantados

Nota-se que somente no ano de 2003, antes e durante a primeira fase do processo de implementação o custo real estava menor que o padrão em 12,2%, o ano de 2004 essa tendência inverteu fortemente devido à reforma de equipamentos produtivos, mantendo a tendência até o primeiro semestre do ano de 2006.

Somente no ano de 2006, a diferença entre padrão e real passou a ser menor que 5%, porém ambos foram reduzidos quando comparados aos valores de 2003.

Identifica-se que nos custos de manutenção por milheiro de produto fabricado da fábrica Alpha ao longo dos 4 últimos anos e em especial nos anos de 2003 e 2004, a alta direção da empresa fez uma projeção de gastos mais elevada para absorver os gastos com reforma e recuperação de equipamentos.

No ano de 2005 iniciou-se então a diminuição dos custos previstos com manutenção, que não foi acompanhada pelos valores reais, somente no primeiro semestre de 2006 que se iniciou a diminuição dos custos com manutenção, nota-se que mesmo no ano de 2006, os gastos reais estavam 4,5% acima do previsto.

Novamente comprova-se que a introdução de um novo sistema de gerenciamento de ativos como um todo pode aumentar mesmo que por alguns anos o custo de manutenção de uma fábrica, devido à reforma de equipamentos.

4.4.3 Custo de Manutenção Por Valor de Reposição – CMVR

Esse índice financeiro, não pode ser calculado, uma vez que os equipamentos são de fabricação interna da companhia, não são equipamentos comerciais, logo, o custo do equipamento varia de forma bastante significativa quando fabricado. O valor do equipamento é fruto de uma cotação entre vários fornecedores, assim fabricam-se os equipamentos e é possível calcular esse custo. Nesse trabalho, não será possível uma vez que os custos originais dos equipamentos não estão disponíveis.

4.5 ÍNDICES TÉCNICOS DA MANUTENÇÃO

Nesse item, serão calculados os índices técnicos da manutenção (índices de classe mundial) para o ano de 2003, aqueles que por ventura não puderem ser calculados por falta de informação controlada da época, as fórmulas não serão demonstradas.

4.6 PLANO DE MANUTENÇÃO DA FÁBRICA EM 2003.

Neste item teremos o resumo do plano de manutenção preventiva da fábrica no ano de 2003, durante esse período as manutenções preventivas eram feitas apenas por calendário, ou seja, não se verificava o estado do equipamento, simplesmente se trocava o componente independente de seu estado, todas as outras manutenções eram corretivas e não controladas.

Os equipamentos produtivos da fábrica listados e seus respectivos tempos para os planos de manutenção catalogados, divididos em manutenções mecânicas ou eletrônicas, por calendários semanais, mensais, trimestrais, semestrais e anuais encontram-se no apêndice 01.

4.7 CONCLUSOES DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foram demonstrados e analisados todos os índices financeiros da manutenção nos períodos de Janeiro de 2003 a Junho de 2006.

O período cronológico fica assim dividido:

- Ano 2003 – ano usado como base de comparativo, a manutenção nesse ano não foi administrada pelo FMECA.
- Ano 2004 – ano de implementação do FMECA
- Ano de 2005 – primeiro anos de gestão completa pelo FMECA
- Ano de 2006 – segundo ano de gestão do FMECA

Tomando como base os dados demonstrados no item 4.4.1. Custo de Manutenção Por faturamento, temos que no ano de 2003, identifica-se que o CTMN Padrão estava em cerca de 10% e o Real em 9,1%, porém nesse período as manutenções eram basicamente corretivas, trazendo assim um alto índice de equipamentos parados sem programação.

No ano de 2004, os custos de manutenção aumentaram drasticamente devido a reformas que se tornaram necessárias nos equipamentos produtivos, durante o ano de 2005 ainda foram realizadas algumas reformas em equipamentos. Somente no ano de 2006 é que a manutenção estava totalmente gerida pelo FMECA, nesse ano identificam-se os menores custos de manutenção.

Abaixo se tem a figura 20, onde se identifica as linhas de tendência dos custos de manutenção por milheiro de produto fabricado.

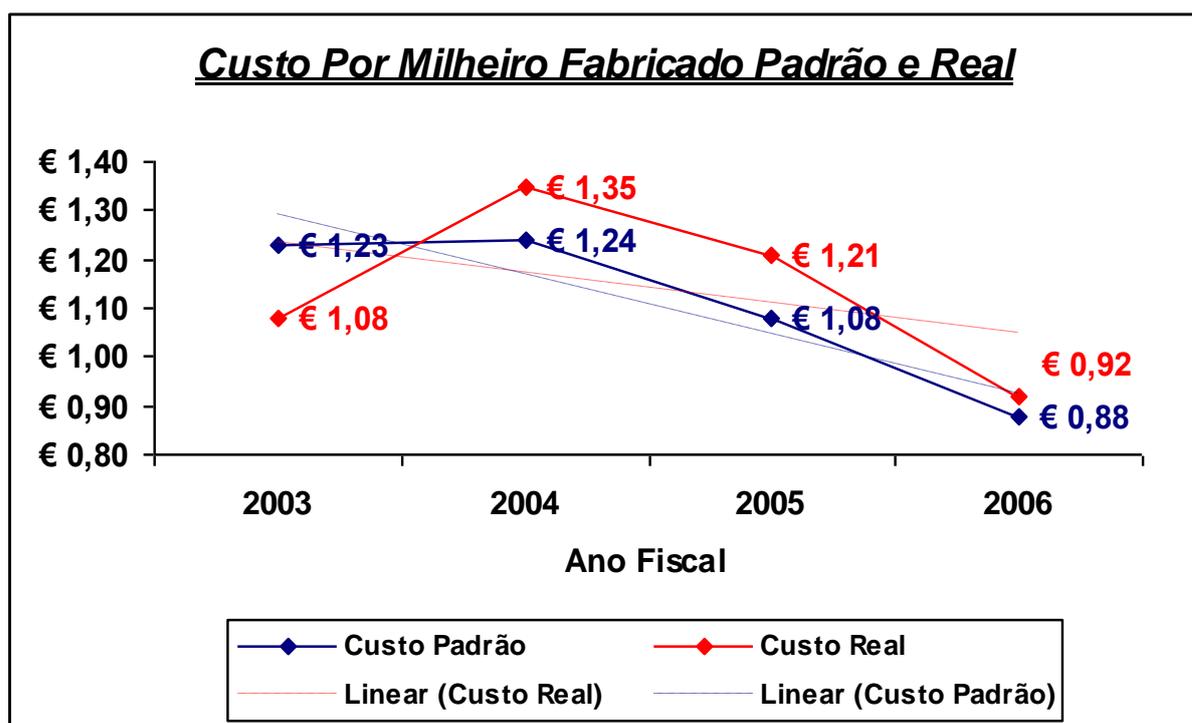


Figura 20 – Tendências de Custo de Manutenção Por Milheiro de Produtos Fabricados

Fonte: Dados levantados

Conclui-se com a figura 21, que após a implementação do FMECA e da Manutenção de Classe Mundial, os custos de manutenção por milheiro de produto fabricado foram reduzidos de maneira bastante significativa, saíram de €1,23 por milheiro de produto fabricado para €0,88, ou seja, após a implementação do FMECA, reduziu-se €0,35 cerca de 28,5% do custo de manutenção por milheiro.

Projetando-se uma produção de 3 Bilhões de unidades boas por ano tem-se o seguinte panorama:

Projeção Dos Custos de Manutenção				
Ano	Custo Por 1.000 peças		3 Bilhões de Peças Boas	
Fiscal	Padrão	Real	Padrão	Real
2003	€ 1,23	€ 1,08	€ 3.690.000	€ 3.240.000
2004	€ 1,24	€ 1,35	€ 3.720.000	€ 4.050.000
2005	€ 1,08	€ 1,21	€ 3.240.000	€ 3.630.000
2006	€ 0,88	€ 0,92	€ 2.640.000	€ 2.760.000

Figura 21 – Projeção dos Custos de Manutenção

Fonte: Dados levantados

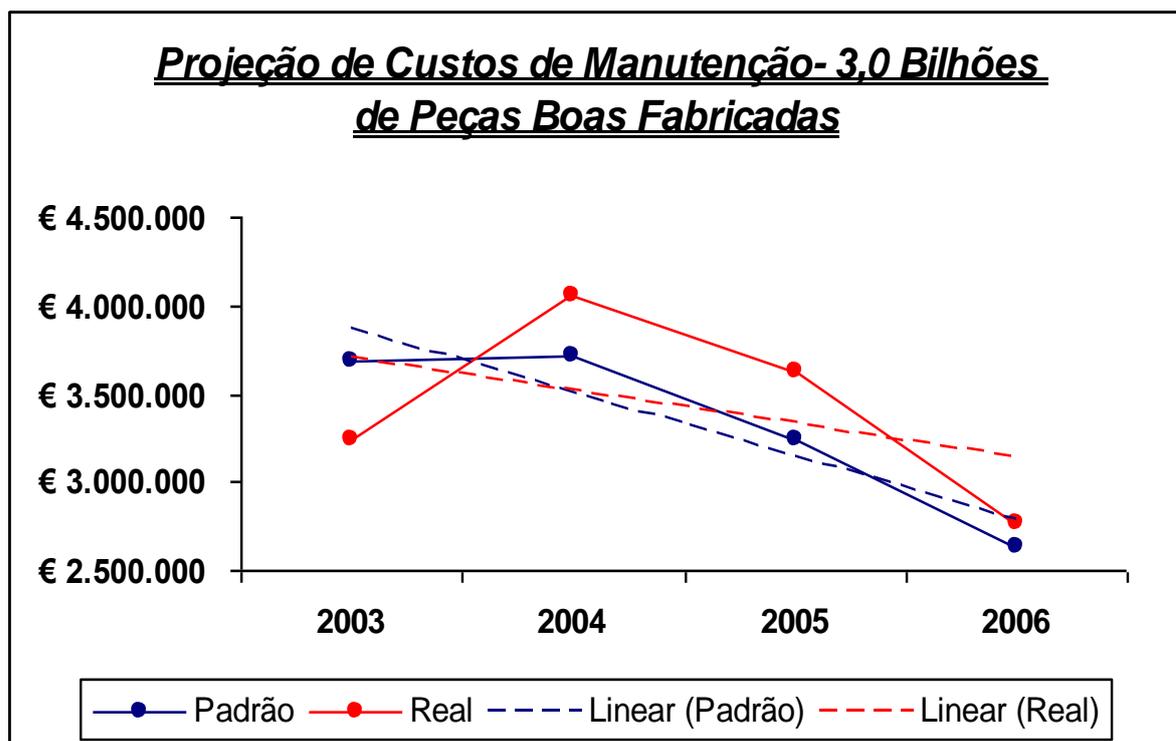


Figura 22 – Tendência da Projeção dos Custos de Manutenção

Fonte: Dados levantados

Com base na figura 23, tem-se uma redução de custo de manutenção do ano de 2006 para o ano de 2003, ou seja:

Custo de Manutenção		Custo de Manutenção	
2003	-	2006	= Resultante de Custo
3 bilhões unidades		3 bilhões unidades	

$$€3.690.000 - €2.640.000 = €1.050.000$$

Tem-se uma redução de €1.050.000 no custo de manutenção em 3 anos, ou seja, a implementação da Manutenção de Classe Mundial e a implementação do FMECA reduziu em cerca de 28,5% o custo de manutenção.

5 PROCEDIMENTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO FMECA

Consolidando-se as informações adquiridas ao longo da implementação desde o ano de 2003, torna-se possível a elaboração de um procedimento de implementação para o FMECA para indústrias de pequeno, médio e grande porte. Após o ano de 2003, o foco da área de manutenção e a maneira de gerir os equipamentos foi sendo modificada através de análise de índices financeiros já mencionados nos itens anteriores, com base nesse progresso chega-se ao modelo de implementação abaixo.

5.1 DEFINIÇÕES

- FMECA

Modos de Falha, Efeitos e Análise de Criticidade em Equipamentos.

Estudo para determinação do tipo de manutenção de equipamentos, baseando-se nos modos de falha, causas, efeitos e criticidades. “FMECA I” é uma análise efetuada para equipamentos críticos. “FMECA II” é uma análise menos detalhada que o FMECA I, destinada aos equipamentos não-críticos.

- FTM

Manutenção por tempo fixo. É a manutenção por período, seja por calendário ou horas de funcionamento, onde, independentemente da condição do equipamento, a atividade é realizada.

- CBM

Manutenção condicional. É a manutenção realizada quando limites estabelecidos são atingidos.

- DOM

Manutenção de modificação de equipamentos/processos. É a manutenção onde, em função dos resultados das análises de FMECA, executa-se modificação na condição atual, objetivando eliminar ou mitigar as causas/efeitos de um problema.

- OTF

Reação às falhas. É a manutenção que aguarda o momento em que o equipamento apresenta o problema para a realização da atividade.

- PONTO DE MEDIDA

Lugar físico na máquina onde é realizado algum tipo de inspeção relacionada à manutenção tipo CBM.

- PLANO DE TRABALHO

Recurso do sistema Máximo (Software de gerenciamento de cronograma de manutenção) que contém dados Padrão relativos às atividades de manutenção, como: equipamentos, operações, materiais, mão-de-obra necessária.

- MP

Manutenção Preventiva. Recurso do sistema Máximo que contém o plano de trabalho de uma atividade. A MP gera as Ordens de Serviço (O.S.), no sistema.

5.2 RESPONSABILIDADES

1. Gerentes

- Assegurar a elaboração de FMECA's em todas as áreas descritas no item Alcance.
- Aprovar as Definições de Criticidade e Critério de Promoções, a Criticidade de Equipamentos e os Critérios para Classificação de Equipamentos.

2. Supervisor de Manutenção

- Elaborar em conjunto com os técnicos de manutenção os FMECA's dos equipamentos, revisando-os conforme descrito neste procedimento.
- Revisar as Definições de Criticidade e Critério de Promoções (Apêndice 2), a Criticidade de Equipamentos (Apêndice 3) e os Critérios para Classificação de Equipamentos (Anexo III).

3. Planejadores e Técnicos de Manutenção

Apoiar o supervisor de manutenção durante a elaboração dos FMECA's.

5.3 IMPLEMENTAÇÃO

O primeiro passo para a implementação do FMECA, é a elaboração e análise da criticidade dos equipamentos. A criticidade é baseada em um conjunto de fatores que são pontuados pelos gestores, após a pontuação são compilados os resultados para a obtenção da criticidade, os passos a serem seguidos estão divididos de um a seis e são os seguintes:

1. Os seguintes fatores são considerados na determinação da criticidade dos equipamentos:

- Segurança e meio-ambiente
- Utilização
- Volume de produção
- Alternativa
- Custo de manutenção
- Spare parts – Logística de fornecimento
- Tempo médio entre falhas (MTBF)
- Tempo médio para reparos (MTTR)

2. Cada um dos fatores possui uma determinada pontuação.

No apêndice 4, encontramos o exemplo de pontuação dos fatores citados, juntamente com o critério de promoção de equipamentos que são caracterizados como exceções.

3. Os equipamentos são listados no apêndice 3, Criticidade de Equipamentos, recebendo a pontuação de acordo com a tabela do apêndice 2. Os pontos são multiplicados e os equipamentos classificados em ordem decrescente de pontuação.

4. De acordo com a tabela existente no apêndice 4, Critérios para Classificação de Equipamentos, os equipamentos recebem a classificação como A, B ou C. Os equipamentos classe A são considerados como “críticos” e os equipamentos classe B e C são considerados como “não-críticos”.

5. Os equipamentos críticos recebem análises mais detalhadas, denominadas de FMECA I e FMECA II. Os equipamentos não-críticos recebem análises menos detalhadas, denominadas FMECA II.

6. FMECA 1

As informações necessárias para a elaboração do FMECA I estão no próprio formulário (apêndice 5).

1. Informações preliminares relativas ao equipamento:

- Dados do equipamento: descrição, fábrica onde está instalado, grupo de máquinas, fabricante, unidade/número do equipamento, N° de série, função, modelo.
- Gravidade: taxa de severidade considerada altamente crítica (ver item 4 seguinte).
- MTBF médio: valor de MTBF considerado como normal para o equipamento.
- Nível de RPN: valor de RPN considerado como normal para o equipamento (ver item 4 seguinte).

2. O equipamento a ser analisado deve ser dividido em conjuntos e subconjuntos. Para cada subconjunto deverão ser informados os seguintes dados:

- Modo de falha: problemas com probabilidade de ocorrência. Exemplos: “travado”, “queimado”, “obstruído”, “sujo”, “saturado”
- Efeito de falha: consequência dos modos de falha. Exemplos: “parada do sistema”, “contaminação do ambiente”, “contaminação de óleo”.
- Causa da falha: evento que motivou a ocorrência do modo de falha. Exemplo: “falta de lubrificação”, “sobrecarga”, “fadiga”, “impurezas”.

3. Para cada causa relacionada, deverão ser informados os seguintes dados:

- Característica de deterioração: informar se a causa é “desgaste” (se a falha acontecer por ação do tempo ou uso) ou “ocasional” (se a falha ocorrer aleatoriamente).
- Aviso de pré-falha: caso algum sintoma da falha possa ser detectado antes da ocorrência da mesma, informar “sim”. Caso contrário, informar “não”.
- Valor do MTBF esperado: período de tempo (em semanas) considerado como aceitável entre falhas.
- Semanas MTBF: valor de MTBF atual.
- Perceptível: informar “S” caso a falha (devido à respectiva causa) seja detectável aos sentidos humanos. Caso contrário, informar “N”.
- Taxa de ocorrência: é um valor atribuído à causa da falha de acordo com a frequência de falhas. Para obter o valor, ver tabela Taxa de Ocorrência (Apêndice 7).
- Taxa de severidade: é um valor atribuído à causa da falha de acordo com o grau de impacto aos negócios da corporação. Para obter o valor, ver tabela Taxa de Severidade (Apêndice 8).
- RPN: Número de Prioridade de Risco. É obtido pelo produto entre a taxa de ocorrência e a taxa de severidade.
- Tipo de manutenção sugerida: informação gerada através de algoritmo, calculado automaticamente na planilha. O algoritmo encontra-se no Apêndice 10.
- Tipo de manutenção escolhida/Tarefa de manutenção: informação gerada através de uma análise de todas as manutenções sugeridas no campo anterior, através do formulário Escolha do Tipo de Manutenção (Apêndice 5).
- Para a escolha do tipo de manutenção, deverão ser considerados os aspectos aplicáveis a cada caso. Exemplo: praticidade, impacto na utilização, custos.

7 FMECA II

1. As informações necessárias para a elaboração do FMECA II estão no próprio formulário, Anexo VI

2. Os dados relativos ao tipo de manutenção escolhida para cada subconjunto são transportados para o formulário do FMECA II e, para cada manutenção, são informados os seguintes dados:

- Descrição da tarefa: descrição resumida da atividade a ser executada.
- Freqüência em semanas: intervalo de tempo entre cada manutenção (quando aplicável).
- Funcionamento: informar “S” se a manutenção puder ser realizada com o equipamento em funcionamento. Caso contrário, informar “N”.
- Paragem: “S” para manutenção com equipamento parado e “N” para o contrário.
- Recursos: tipo e quantidade de mão-de-obra necessária à realização da atividade. Exemplos: mecânicos, eletrônicos, eletricitas.
- Materiais: descrição e quantidades dos materiais necessários à realização da atividade (quando aplicável).
- Tempo (min) do plano de trabalho principal: tempo mínimo necessário à realização da atividade relacionada no plano de trabalho principal. Plano de trabalho principal é aquele que origina outra manutenção, relacionada no plano de trabalho seqüencial (este aplicável apenas às CBM's).
- Tempo (min) do plano de trabalho seqüencial: idem ao anterior, para plano de trabalho seqüencial (aplicável apenas às CBM's).
- Numeração dos planos de trabalho, manutenções preventivas, pontos de medida: ver item seguinte.
- Planos de trabalho: formulário Apêndice 7, onde são relacionados todos os planos de trabalho e suas respectivas MP's relativas aos conjuntos e subconjuntos. São informadas as operações, a categoria da mão-de-obra e o tempo em minutos para a realização da atividade, com uma numeração seqüencial, além do ponto de medida (quando aplicável). O objetivo deste formulário é facilitar o *input* das informações no sistema Máximo.

8 CODIFICAÇÃO

1. Planos de trabalho:

PT-XXX-YYY, sendo:

- XXX: Equipamento
- YYY: numeração seqüencial.

Ex.: PT-ABW-001

2. Manutenções preventivas:

MPXXXYYY, sendo:

- XXX: Equipamento
- YYY: numeração seqüencial.

Ex.: MPABW001

3. Pontos de medida:

PT-XXX-YYY-ZZZ, sendo:

- PT-XXX-YYY: Plano de trabalho relativo à atividade do ponto de medida
- ZZZ: numeração seqüencial.

Ex.: PT-ABW-001-010

9 CONCIENTIZAÇÃO

À inobservância dos procedimentos descritos neste documento poderão ocorrer danos aos equipamentos, paradas para manutenções corretivas, afetar negativamente o OEE II, afetarem a qualidade do produto, podendo até contribuir para a quebra dos sistemas de gestão.

10 REVISÕES

A figura abaixo descreve toda a metodologia de identificação, forma de coleta, indexação, acesso permitido, local de arquivo, armazenamento, tempo de guarda e disposição.

Identificação	Forma de Coleta	Indexação pelo	Acesso permitido a	Local de Arquivo	Onde está armazenado	Tempo de guarda (mínimo)	Disposição
Definições de Criticidade e Critério de Promoções	Anualmente	Ano	Gerência, Supervisão, Técnicos, Planejadores	Supervisão de Manutenção	Pasta	2 anos	Após tempo de guarda, destruir
Criticidade de Equipamentos	Anualmente	Área/Ano	Gerência, Supervisão, Técnicos, Planejadores	Supervisão de Manutenção	Pasta	2 anos	Após tempo de guarda, destruir
Critérios para Classificação de Equipamentos	Anualmente	Ano	Gerência, Supervisão, Técnicos, Planejadores	Supervisão de Manutenção	Pasta	2 anos	Após tempo de guarda, destruir
FMECA I	Anualmente	Máquina	Gerência, Supervisão, Técnicos, Planejadores	Supervisão de Manutenção	Pasta	2 anos	Após tempo de guarda, destruir
Escolha do Tipo de Manutenção	Após a realização de FMECA I	Equipamento	Gerência, Supervisão, Técnicos, Planejadores	Supervisão de Manutenção	Pasta	2 anos	Após tempo de guarda, destruir
FMECA II	Anualmente, ou após a realização de FMECA I	Equipamento	Gerência, Supervisão, Técnicos, Planejadores	Supervisão de Manutenção	Pasta	2 anos	Após tempo de guarda, destruir
Planos de Trabalho	Após a realização de FMECA I e/ou FMECA II	Equipamento	Gerência, Supervisão, Técnicos, Planejadores	Supervisão de Manutenção	Pasta	2 anos	Após tempo de guarda, destruir

Figura 22 – Tabela de Revisões Para o FMECA

Fonte: Dados coletados

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O procedimento descrito no item 5, foi preparado para que qualquer gestor de manutenção tenha possibilidade de aplicar a metodologia para gerir a sua manutenção, a seqüência está montada de maneira passo a passo à aplicação.

Os gestores de manutenção têm como principal objetivo a implantação do FMECA e da gestão de manutenção para obtenção imediata de resultados financeiros, que em muitas vezes não será verdade, como se pode constatar no item 3 deste trabalho, a implantação traz com sigio a necessidade de reforma de equipamentos produtivos e de processo, que em muitas vezes não estão em condições perfeitas de trabalho. Durante os primeiros anos é completamente normal que os custos de manutenção sejam maiores, esse fato faz com que alguns gestores interrompam o programa.

A aplicação da metodologia é um processo longo, quanto maior a empresa e maior o número de equipamentos, maior tende a ser o tempo de implementação fazendo com que o processo passe a ter uma prioridade não muito importante, durante os primeiros meses de implementação a alta administração prioriza e disponibiliza verba, passando a certificação em classe mundial, as prioridades mudam e a verba é diminuída de uma forma bastante significativa.

Um outro ponto muito importante nesse processo de implementação, é que os problemas em equipamentos e processos aparecem, ou seja, as medições dos itens de manutenção de classe mundial fazem aparecer às ineficiências dos processos, nessa hora muitos gestores de gerencia inicial ou gerencia média, tentam boicotar o sistema como ocorreu no em análise, buscando defender suas posições.

Quanto mais controle e análise crítica existir em uma fábrica, mais as ineficiências de gestão e de equipamentos ficam latentes. Um equipamento produtivo pode ser ineficiente, porém se ele consegue mesmo que trabalhando mal cumprir os requerimentos de produção muitas vezes não lhe damos a atenção correta, com essa metodologia cada equipamento é estudado em separado, suas eficiências e seus custos, esse fato explicita os melhores e os piores.

Um dos pontos mais relevantes da gestão dessa metodologia é que, a pessoa mais importante nela é o presidente da empresa ou o diretor, que são os principais clientes, eles são responsáveis por não deixar o processo se paralisar e o foco ser mudado drasticamente.

Este procedimento foi desenvolvido para poder ser aplicado em quaisquer equipamentos produtivos de uma fábrica ou sistema de apoio (tais como compressores, bombas, exaustores e etc.), seja ela de grande, média ou pequeno porte.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O aumento da competitividade e a necessidade de redução de custos trouxeram um aprimoramento da manutenção, dessa forma o emprego da manutenção centrada na análise de falhas, vêm de encontro à necessidade de uma comunidade técnica e gerencial que busca diariamente mais e mais, ferramentas cada vez menos empíricas para seus planos de manutenção.

No caso das indústrias brasileiras, a crescente demanda de produtos no mercado mundial com baixo custo trouxe uma necessidade de modernização das áreas de manutenção, por outro lado as trocas de experiências entre empresas têm sido desestimuladas, uma vez que a manutenção está cada vez mais se tornando um fator decisivo para adquirir vantagens competitivas. O pólo industrial de Manaus não está fora dessa realidade. A competição principalmente com países asiáticos, que são seus concorrentes mais diretos, também trouxe a necessidade de modernização e profissionalização dos sistemas de manutenção.

Existe uma abordagem bastante direta e principalmente voltada à área de custos, que apresenta o modelo anterior da manutenção, ou como funcionava a gestão de manutenção na empresa estudada. A manutenção era idealizada e conduzida de uma forma bastante simples, uma vez que não era encarada como uma ciência que geraria lucro para a empresa ou até mesmo evitaria gastos desnecessários. A empresa tinha seus olhos e sua atenção voltadas para matéria prima, perdas e acessórios produtivos, que compunham mais de 85% do custo de produção.

Com a crescente competição a empresa se viu obrigada a reduzir cada vez mais seus custos e modernizar a sua estrutura produtiva, e esbarrou em algo onde não se colocava muita atenção, pelo menos com esse foco.

Encontra-se disponível um modelo científico para implementação do gerenciamento de ativos baseado na análise crítica chamada de FMECA, o modelo é bastante complexo, exemplificando desde definições, responsabilidade por nível hierárquico da empresa, passos para implementação, tipos de FMECA e suas variações (FMECA I e II), definições de equipamentos críticos e não críticos, a codificação dos planos de trabalho gerados pelo FMECA e suas variações, a conscientização requerida para os colaboradores e por último o tempo de guarda após cada revisão dos planos de manutenção e documentos do FMECA.

Após um levantamento de dados bastante detalhado, analisou-se 12 meses antes da implementação do FMECA, 18 meses no período de transição e implementação e 12 meses de após a implementação obtende-se os seguintes resultados.

- No período de implementação, existe um aumento de custo na manutenção dos equipamentos, esse aumento esteve na faixa de 30% , esse aumento dos gastos de manutenção torna-se necessário devido a necessidade de reforma de equipamentos e máquinas que se encontravam deteriorados devido a falta ou a manutenção de condição precária que estiveram submetidos.
- Após a implementação do FMECA e da Manutenção de Classe Mundial, os custos de manutenção por milheiro de produto fabricado foram reduzidos de maneira bastante significativa, saíram de €1,23 por milheiro de produto fabricado para €0,88, ou seja, após a implementação do FMECA, reduziu-se €0,35 cerca de 28,5% do custo de manutenção por milheiro, encontrados na comparação do custo de manutenção praticado antes do FMECA e nos 12 meses posteriores a implementação do FMECA.
- Afirma-se que após a implementação do FMECA, as definições de responsabilidade foram bastante claras, o que ocasionou um maior comprometimento de todos os níveis da organização.
- Com a implementação do FMECA, os itens de reposição foram novamente recodificados e as ordens de compra foram escalonadas segundo os cronogramas e planos de manutenção.
- Conclui-se também que o modelo de gestão aqui proposto pode ser implementada em qualquer industria de pequeno, médio e grande porte.

Como recomendações para futuros trabalhos científicos a respeito desse tema, temos:

- Comparativo dos resultados encontrados nesse trabalho a resultados encontrados em outras unidades de ramos produtivos diferentes ou não.
- Utilização de um método de “análise árvores de falhas” como ferramenta de suporte ao FMECA.
- Benefícios da implementação ativa de um software computacional para controle dos índices de manutenção e parada de máquinas.

7. REFEREÊNCIAS.

AHN, Jun Beum. A learning algorithm based estimation method for maintenance cost of product concepts, Department of Industrial Information Systems Engineering, Samgmyung University, (artigo científico), South Korea 2006

ANDRADE, Nelson; BRITO, Paulo Lúcio de; JORGE, Wilson Edson. Hotel: Planejamento e Projeto. São Paulo: SENAC, 2001

ALLORA, Valério; GRANTZEL, Gerson. Revolução nos custos. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.

BEUREN, Ilse Maria. Gerenciamento da Informação. 2ª Edição, São Paulo, Editora Atlas, Brasil, 2000.

BOISVERT, Hugues. Contabilidade por atividades. São Paulo: Atlas, 1999.

_____. Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas. Porto Alegre. Bookman, 2002.

BRIMSON, James A. Contabilidade por atividades: uma abordagem do custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1996.

BROCHADO, Marina Rodrigues, Artigo Científico, O impacto da gestão da manutenção complementar em indústrias ou instalações, CEFET-RJ, 2002

CARTAGENA, José Ravier Ruiz. Maintenance strategy based on a multicriteria classification of equipments , University of Murcia , (artigo científico), Spain 2006

CERVO, Armando Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. Metodologia científica. 4 ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

CHING, Hong Yuh. Gestão baseada em custeio por atividades – ABM – *Activity Based Management*. São Paulo: Atlas, 1995.

COGAN, Samuel. Modelos de ABC/ABM: inclui modelos resolvidos e metodologia original de reconciliação de dados para o ABC/ABM. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

_____. Custos e preços: formação e análise. São Paulo: Pioneira, 1999.

FILHO, Salvador Simões, Artigo Científico, FMEA – FMECA, CENPES – Petrobras, Rio de Janeiro, 2001

HORNGREN, Charles T.; FOSTER, George; DATAR, Skrilant M. Contabilidade de Custos. Trad. José Luiz Paravatto. 9^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

ISHII, Seung J. Rhee Kosuker. Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability, Dresden University of Technology, Department of Mechanical Engineering, Design Division, Stanford University, (artigo científico), USA 2006

KAPLAN, Robert. Dos custos à performance. *HSM Management, São Paulo, n.º 34*, p.63, Mar. / Abr. 1999.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. Metodologia do trabalho científico. 2^a ed. São Paulo: Atlas, 1989.

_____. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3^a edição São Paulo: Atlas, 1996.

MOREIRA, Paulo. FMECA – Módulos de Falha, Efeitos, Análises da Criticidade. Lisboa, Portugal: Profitability Engineers, 2002.

NAKAGAWA, Masayuki. ABC – Custeio Baseado em Atividades; São Paulo: Atlas, 1994.

_____. Gestão estratégica de custos: conceitos, sistemas e implementação. São Paulo: Atlas, 1991.

OPPERMANN, W Sawyer. Optimization of Quality Costs; Eletronics Technology of Laboratory, Dresden University of Technology, Dresden 1062, (artigo científico), Gernany 2006

GAJ, Luiz. Administração estratégica: “o estado da arte”, conceitos, técnicas e sistema de adequação empresarial. 2001. 162 f. Tese (Doutorado em Administração contábil). Faculdade de Economia e Administração, São Paulo, 2001.

PEREZ JUNIOR, José Hernandez et al. Gestão estratégica de custos. São Paulo: Atlas, 1999.

PEREIRA, Vera Lucia Duarte do Valle, Artigo Científico, Técnicas de dagnóstico axiliando a detectar falhas e defeitos e contribuindo na melhoria do produto e do reparo, Universidade de Santa Catarina, 2001

PLAYER, Steve *et al.* ABM: lições do campo de batalha. São Paulo: Makron Books, 1997.

POPPER, Karl R. *The Logic of Scientific Discovery*. Londres: Hutchinson, 1972.

PORTER, Michael E. Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

PROBERT, S. D. Development and implementation of preventive maintenance practices in Nigerian Industries , Cranfield University , (artigo científico), U.K. 2006

RICHARDSON, Roberto J. *et al.* Pesquisa social: métodos e técnicas. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1989.

SANTOS, Valdir Aparecido. Manual Prático da Manutenção Industrial. São Paulo, Ícone Editora, Brasil, 1999.

SHANK, John K.; GOVINDERAJAN, Vijay. A revolução dos custos: como reinventar e redefinir sua estratégia de custos para vencer em mercados crescentes competitivos. Trad. Luiz Orlando Coutinho Lemos. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

SLACK, N. *et al.* Administração da produção. São Paulo, Atlas, 2001.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1992.

VERGARA, Sylvia Constant, Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração, São Paulo, Atlas 2004.

VIANA, Hebert Ricardo. – Planejamento e Controle da Manutenção, Rio de Janeiro, Qualitymark, 2002.

Zerhouni, N. A new Industrial cooperative tele-maintenance platform, Besaçon University , (artigo científico), France, 2006

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1	Planos de Trabalho
Apêndice 2	Definições de Criticidade e Critério de Promoções
Apêndice 3	Criticidade de Equipamentos
Apêndice 4	Critérios Para Classificação de Equipamentos
Apêndice 5	FMECA I
Apêndice 6	Escolha do Tipo de Manutenção
Apêndice 7	FMECA II
Apêndice 8	Tempo de Manutenção Programada em Minutos
Apêndice 9	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 10	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 11	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 12	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 13	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 14	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 15	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 16	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 17	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 18	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 19	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 20	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 21	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 22	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 23	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 24	Livro de Custo da Fábrica Alpha
Apêndice 25	Produção Programada
Apêndice 26	Produção Programada
Apêndice 27	Custo de Manutenção Por Milheiro de Produto Fabricado
Apêndice 28	Custo de Manutenção Por Faturamento
Apêndice 29	Cálculo do Custo de Manutenção Por Faturamento
Apêndice 30	Cálculo do Custo de Manutenção Por Faturamento
Apêndice 31	Comparativos Entre CTMN's

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção

CBM – Condition Based Maintenance

CMFT - Custo de Manutenção Por Faturamento

CMVR - Custo de Manutenção Por Valor de Reposição

CMVR - Custo de Manutenção Por Valor de Reposição

CTMN - Custo de Manutenção Por Faturamento

DF - Machine Available

DOM – Design Out Maintenance

FMECA – Failure Mode Effects and Criticality Analysis

FTEP - Faturamento Total da Empresa.

FTM – Fix Time Maintenance

JIT – Just In Time

MAXIMO - Sistema Informatizado de Gerenciamento de Manutenção

MC - Manutenção Corretiva

MP - Manutenção Preventiva

MTBF - Mean Time Between Failures

MTTR - Mean Time Between Repair

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OTF – Operation Time Failure

TMEF – Tempo Médio Entre Falhas

TMPF - Average Time to Failure

TPM – Total Preventive Maintenance