



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**



JACKSON FREITAS SANTOS

**FERRAMENTAS PARA GESTÃO ESTRATÉGICA DA ENGENHARIA
DE MANUTENÇÃO**

Uma Aplicação Prática do MASP

**BELÉM - PA
2013**

JACKSON FREITAS SANTOS

**FERRAMENTAS PARA GESTÃO ESTRATÉGICA DA ENGENHARIA
DE MANUTENÇÃO**

Uma Aplicação Prática do MASP

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte.

**BELÉM - PA
2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Santos, Jackson Freitas, 1972-

Ferramentas para gestão estratégica da
engenharia de manutenção - uma aplicação prática
do masp / Jackson Freitas Santos. - 2003.

Orientadora: Prof. Dr. André Augusto
Azevedo Montenegro Duarte;

Coorientadora: Prof. Ph.d Claudio José
Cavalcante Blanco.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2003.

1. Engenharia de manutenção. 2. Controle de
qualidade. 3. Fábricas - Manutenção - Estudo de
casos. I. Título.

CDD 23. ed. 620.0046



**FERRAMENTAS PARA GESTÃO ESTRATÉGICA DA
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO – UMA APLICAÇÃO PRÁTICA
DO MASP.**

AUTOR:

JACKSON FREITAS SANTOS

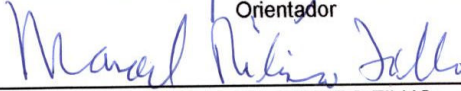
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A BANCA EXAMINADORA
APROVADA PELO COLEGIADO DO CURSO DE
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO
DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ,
COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADA EM: / /


BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. ANDRÉ AUGUSTO AZEVEDO MONTENEGRO DUARTE
Orientador



Prof. Dr. MANOEL RIBEIRO FILHO
Membro Externo



Prof. Dr. RENATO MARTINS DAS NEVES
Membro Interno

Visto:

Prof. CLAUDIO JOSÉ CAVALCANTE BLANCO, Ph.D
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

Dedico este trabalho a Nosso Senhor Deus e a todos os Santos e Santas, por sempre me concederem sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar, força para não desistir e proteção para me amparar.

Aos meus pais e parentes, pois a vida em família nos ensina que é nas pequenas coisas que existe o verdadeiro sentido da vida, pois nós temos muito pouco tempo para sermos felizes. Lembre-se, mamãe, de que as palavras podem não ser tão claras, mas é com a luz do AMOR que as iluminamos.

A minha amada esposa, Maria Francisca, para quem tanto eu tenho a falar, emoções a expressar. Nenhum humano explica o amor entre nós, um amor puro que nem o tempo desgasta, um amor perfeito como a natureza da vida, duas vidas que se encontram e iluminam de amor o nosso lar.

AGRADECIMENTOS

É com a gratidão que aprendemos a reconhecer o valor do trabalho e da ajuda dos outros e o valor do nosso próprio trabalho.

Durante esses cinco anos, só tenho a agradecer a todos que passaram pelo meu caminho e que, com certeza, deixaram um pouco de si. Os momentos de alegria serviram para me permitir acreditar na beleza da vida, e os de sofrimento serviram para um crescimento pessoal único. É muito difícil transformar sentimentos em palavras, mas serei eternamente grato a vocês, pessoas imprescindíveis para a realização e conclusão deste trabalho.

Primeiramente, agradeço aos colegas e companheiros de trabalhos da Eletronorte, em especial aos Engenheiros Edgar Temporim e Robson Percy e a João Batista, Fábio Nascimento e Marco Leite, por acreditarem que eu era capaz deste feito.

Meus agradecimentos ao Prof. Dr. Adalberto da Cruz Lima, por se mostrar encantado pela aplicação do MASP.

À Profa. Dra. Regina Cleide, que me abriu as portas, como uma mãe que abre os braços para receber um filho. Neste mundo, repleto de pessoas ruins, você me faz acreditar que os bons são a maioria.

Ao Prof. Dr. Renato Neves, por sua paciência, dedicação e puxões de orelha.

Ao Prof. Dr. André Montenegro, a quem só tenho a agradecer por seus ensinamentos (pessoais e acadêmicos), orientações e palavras de incentivo.

Ao Prof. Manuel Ribeiro, pelos ensinamentos, orientações, incentivo, amizade e dedicação.

A todos os colaboradores da Universidade Federal do Pará, que estiveram a meu lado durante esses cinco anos e não mediram esforços para me ajudar.

À Eletronorte, pelo incentivo, suporte financeiro e por acreditar no potencial deste estudo.

Salomão pediu a Deus sabedoria e recebeu com ela riquezas e glórias.
(Livro dos Reis)

RESUMO

Normalmente, os programas de manutenções implementados nas empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica buscam evitar que falhas venham a provocar a retirada do equipamento do sistema elétrico, o que significa grandes perdas financeiras, seja pela diminuição do faturamento, seja pelo pagamento de multas à agência reguladora, além da diminuição da confiabilidade do sistema. Para evitar esses inconvenientes, a engenharia de manutenção lança mão de ferramentas estratégicas para a gestão e soluções dos problemas, visando à otimização, juntamente com círculo virtuoso de melhorias contínuas nos processos de manutenção. Este trabalho tem por finalidade fazer uma análise da Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP), como ferramenta de gestão estratégica na busca e solução de problemas no âmbito da engenharia de manutenção. Para isso, inicialmente, apresenta-se uma série de informações sobre a gestão da manutenção, bem como todo o arcabouço que envolve qualidade e ferramentas gerenciais. Com o capítulo que trata especificamente do MASP, tem-se uma noção mais exata do quanto cada ferramenta é necessária para que se possa desenvolver um bom trabalho, visto que ele retrata que essa metodologia nada mais é do que o somatório de todas as ferramentas existentes, colocadas de maneira ordenada. Por fim, apresentam-se quatro estudos de casos, pelos quais pretendemos demonstrar a Metodologia de Análise e Solução de Problemas e a aplicabilidade na gestão estratégica, com visão em resultados no ambiente da engenharia de manutenção no pilar das manutenções programadas e autônomas - MP/MA, no âmbito da Divisão de Transmissão de Ji-Paraná/RO - ORDJ, vinculada a Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte). Na conclusão, faz-se uma análise crítica do uso da metodologia na prestação de serviços, baseada na aplicação supracitada.

Palavras-chave: Gestão. Estratégica. Qualidade. Manutenção.

ABSTRACT

Typically, maintenance programs implemented in companies for generation, transmission and distribution of electricity that seek to avoid failure will cause the removal of equipment from the electrical system, which means large financial losses, either by decreased revenues, either by paying fines the regulatory agency, in addition to decreased system reliability. To avoid these drawbacks, the maintenance engineering makes use of strategic tools for the management of problems and solutions aimed at optimizing along with virtuous cycle of continuous improvement in maintenance processes. This study aims to make an analysis of the Methodology Analysis and Troubleshooting (MASP) as a strategic management tool to find and solve problems within the maintenance engineering. Thus initially presents a lot of information on the management of maintenance as well as the entire framework involving quality and management tools. With the chapter that deals specifically with MASP, have become a better sense of how each tool is required so that we can develop a good job, since it portrays that this methodology is nothing more than the sum of all existing tools placed in an orderly manner. Finally, we present four case studies where we intend to demonstrate the methodology Analysis and Troubleshooting (MASP) and applicability in strategic management vision into results in environmental engineering maintenance on the pillar of scheduled maintenance and autonomous - MP/MA within the Transmission Division Ji-Paraná/RO - ADJR, linked to Power Plants in Northern Brazil (Eletronorte). In conclusion, it is a critical analysis of the methodology used in the provision of services, based on the above application.

Keywords: Management. Strategic. Quality. Maintenance.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição de Falhas no Tempo	34
Gráfico 2 - Gráfico de Pareto de Ocorrências no Período no VNTF6-01	39
Gráfico 3 - Histograma das Ocorrências	41
Gráfico 4 - Controle da Variável Temperatura do Transformador	43
Gráfico 5 - Regressão Linear	46
Gráfico 6 - Planejamento de Experimentos	47
Gráfico 7 - Análise multivariada	48
Gráfico 8 - Gráficos de Probabilidade de Falha e Confiabilidade	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo da Manutenção	29
Figura 2 - Curva da Relação Taxa de Falha X Tempo	32
Figura 3 - Diagrama de Ishikawa para Causa das Ocorrências no VNTF6-01	39
Figura 4 - Diagrama de Dispersão Resistência Isolamento X Idade do Óleo Isolante	43
Figura 5 - Diagrama de Técnica de Amostragem	44
Figura 6 - Técnica de Validação da Coleta de Amostragem	44
Figura 7 - Análise dos Sistemas de Medição	49
Figura 8 - Diagrama de Afinidades	50
Figura 9 - Diagrama de Relações	51
Figura 10 - Diagrama de Árvore	53
Figura 11 - Diagrama de Matriz	54
Figura 12 - Diagrama de Priorização	55
Figura 13 - Diagrama de Processo Decisório	56
Figura 14 - Diagrama de Setas	57
Figura 15 - FMEA E FTA: Dois Tipos de Raciocínio	58
Figura 16 - Levantamento das Causas	63
Figura 17 - Diagrama Lógico FTA	64
Figura 18 - Fases de Implementação do MASP	67
Figura 19 - Círculo do Fluxo do MASP	68
Figura 20 - O Ciclo do MASP	70
Figura 21 - Ciclo do PDCA	70
Figura 22 - Definições das Fases do PDCA	71
Figura 23 - Etapas do MASP	74
Figura 24 - Fluxograma de Atividades do MASP	89
Figura 25 - Trecho de Linha de 230KV do SIN - AC/RO	94
Figura 26 - Diagrama de Causa e Efeito - 6M	99
Figura 27 - Curva da Vida Útil das Células Capacitivas de Banco de Alta Tensão	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos dados da Aproximação de Bernard	34
Tabela 2 - Estratificação das Causas da Falha VNTF6-01	38
Tabela 3 - Folha de Verificação dos Itens e Localização de Defeitos VNTF6-01	38
Tabela 4 - Índices de Capabilidade de Processo - João Basto/2001	42
Tabela 5 - Comparação FTA e FMEA	65
Tabela 6 - Relação entre as Ferramentas e o Ciclo do PDCA	72
Tabela 7 - Comparação de Sequências de MASP	79
Tabela 8 - Relação entre Ferramentas e o MASP	80
Tabela 9 - Tipos de Problemas	82
Tabela 10 - Ferramenta X Problemas	83
Tabela 11 - Estratificação do 6M	91
Tabela 12 - Plano de Ação	92
Tabela 13 - Matriz de GUT	95
Tabela 14 - Matriz GUT das Prioridades do Sistema SIN AC/RO	96
Tabela 15 - Modos de Falhas e Diagnósticos (FMEA)	100

LISTA DE SIGLAS

5S	Seiri, Seiton, Seiso , Seiketsu, Shitsuke
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção
AAAI	American Association for Artificial Intelligence
AI	Artificial Intelligence
AIES	AI in Equipment Maintenance Service and Support
AKAW	Australian Knowledge Acquisition Knowledge Workshop
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CBM	Condition Based Maintenance
CCQ	Círculo de Controle de Qualidade
CEPAL	Comissão Especial para América Latina
CIER	Comisión de Integración Eléctrica Regional
CIGRÉ	Consil International des Grands Réseaux Électriques
CM	Condition Monitoring
CMMS	Computerized Maintenance Management System
CommonKADS	O mesmo que KADS II
CORDIS	Community Research & Development Information Service
DESIRE	Modelling Framework DESIRE
DOD	Department of Defense (Estados Unidos)
EAM	Enterprise Asset Management
EFNMS	European Federation of National Maintenance Societies
EKAW	European Knowledge Acquisition Workshop
ELARC	Encontro Regional Latino-Americano da CIGRÉ
ELETROSUL	Centrais Elétricas do Sul do Brasil
EPRI	Electrical Power Research Institute (Estados Unidos)
ESPRIT	European Strategic Program for Research and Development in Information Technology
FIM	Federação Ibero-Americana de Manutenção
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FMECA	Failure Mode Effect and Critical Analysis
GPS	General Problem Solver
HPKB	High Performance Knowledge Bases
IA	Inteligência Artificial
IAC	Inteligência Artificial Conexionista
IAS	Inteligência Artificial Simbólica

IEEE	Institute of Electrical and Eletronics Engineers
ISAP	Intelligent System Application to Power System
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
JIT	Just In Time
JKAW	Japanese Knowledge Acquisition Workshop
KADS	Knowledge Analysis and Design System
KADS II	Projeto sucessor do KADS
KAW	Knowledge Acquisition Workshop
MAE	Mercado Atacadista de Energia
MBC	Manutenção Baseada em Confiabilidade
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MESA	Maintenance Engineering Society of Australia
MIKE	Modelling Framework MIKE
MIL-STD	Military Standard
MPS	Método de Solução de Problemas
MPT	Manutenção Produtiva Total
OEE	Overall Equipment Effectiveness
NOS	Operador Nacional do Sistema
ORDJ	Divisão de Comercialização de Ji Paraná da Regional de Rondônia.
PROTÉGÉ II	Modelling Framework PROTÉGÉ II
RCM	Reliability-Centered Maintenance
RCM II	Reliability-Centered Maintenance II
RDR	Modelling Framework RDR
SAE	Society of Automotive Engineers
SIN	Sistema Interligado Nacional.
SIX SIGMA	Método para reduzir custos através da melhoria da qualidade
SBC	Sistema Baseado em Conhecimento
SEMASE	Seminário Nacional de Manutenção do Setor Elétrico
SEP	Sistema Elétrico de Potência
SMRP	Society for Maintenance & Reliability Professionals
SNPTEE	Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica
TPM	Total Productive Maintenance
VITAL	Modelling Framework VITAL

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	16
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 A REALIDADE DAS EMPRESAS	16
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO	18
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA.....	18
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo Geral	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	19
1.6 DELIMITAÇÕES.....	19
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
CAPÍTULO II	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 A QUALIDADE <i>VERSUS</i> MANUTENÇÃO	21
2.2 O CONTEXTO DA MANUTENÇÃO	21
2.2.1 Planejamento da Manutenção	23
2.2.2 Sistematização do Fluxo de Informações	25
2.3 QUALIDADE EM MANUTENÇÃO.....	25
2.4 OS DESAFIOS COLOCADOS À GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	27
2.5 A MANUTENÇÃO NO CONTEXTO DA PRODUÇÃO.....	28
2.6 CONFIABILIDADE E PREVENÇÃO DAS FALHAS NA MANUTENÇÃO	30
2.6.1 Confiabilidade	30
2.6.2 Confiabilidade e Taxas de Falha	31
2.6.3 Engenharia da Confiabilidade	33
2.6.4 Categorias Medianas (<i>Median Ranks</i>) e Regressão Linear	33
2.6.5 Prevenções de Falhas	35
CAPÍTULO III	36
3 FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NA ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	36
3.1 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE	37
3.1.1 Fluxograma	37
3.1.2 Estratificação	37
3.1.3 Folha de Verificação	38
3.1.4 Gráfico de Pareto	38
3.1.5 Diagrama Causa e Efeito	39
3.1.6 Histograma	40
3.1.7 Medidas de Locação e Variabilidade	41
3.1.8 Índices de Capabilidade de Processos	41
3.1.9 Diagrama de Dispersão	42
3.1.10 Gráfico de Controle	43
3.1.11 Amostragem	43
3.1.12 Intervalos de Confiança e Análise de Variância	45
3.1.13 Análise de Regressão	45
3.1.14 Planejamento de Experimentos	46
3.1.15 Análise Multivariada	47

3.1.15.1 Classificação das técnicas multivariadas	47
3.1.16 Avaliação dos Sistemas de Medição	48
3.1.17 Relacionamento entre os Erros	48
3.2 FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO DA QUALIDADE	49
3.2.1 Diagrama de Afinidades.....	49
3.2.2 Diagrama de Relações ou Inter-Relação	50
3.2.3 Diagrama de Árvore	52
3.2.4 Diagrama de Matriz.....	53
3.2.5 Diagrama de Priorização.....	54
3.2.6 Diagrama de Processo Decisório	55
3.2.7 Diagrama de Setas ou Flechas.....	56
3.3 FMEA E FTA	58
3.3.1 FMEA	59
3.3.2 FTA	61
3.3.2.1 Proposta de implantação do FTA	61
3.3.3 A Elaboração do Diagrama.....	62
3.3.4 Comparação entre FTA e FMEA.....	64
CAPÍTULO IV.....	66
4 MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	66
4.1 MASP COM FERRAMENTA ESTRATÉGICA NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO	68
4.2 OS ATORES DO MASP	69
4.3 FERRAMENTAS X PDCA	70
4.4 OS ELEMENTOS PARA SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS	72
4.4.1 Os Dados e as Informações	72
4.4.2 As Ferramentas	73
4.4.3 O Método Estruturado.....	73
4.4.4 O Trabalho em Equipe	73
4.5 A Sequência do MASP	74
4.5.1 Etapa 1 - IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	75
4.5.2 Etapa 2 - OBSERVAÇÃO	75
4.5.3 Etapa 3 - ANÁLISE.....	76
4.5.4. Etapa 4 - PLANO DE AÇÃO	76
4.5.5. Etapa 5 - AÇÃO	76
4.5.6 Etapa 6 - VERIFICAÇÃO	77
4.5.7 Etapa 7 - PADRONIZAÇÃO	77
4.5.8 Etapa 8 - CONCLUSÃO	78
4.6 TIPOS DE PROBLEMAS	80
4.6.1 Problemas Crônicos.....	80
4.6.2 Método de Análise.....	81
4.6.3 Responsabilidade (Controle do processo/melhoria do processo)	83
4.6.4 Montagem do Plano de Ação	83
CAPÍTULO V.....	85
5 METODOLOGIA	85
5.1 TIPO DE METODOLOGIA EMPREGADA.....	85
5.2 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÕES UTILIZADOS	85
5.3 TÉCNICAS DE COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS.....	86
5.4 PROCEDIMENTO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MASP NAS SOLUÇÕES DE PROBLEMAS.....	86

5.4.1 Identificar	87
5.4.2 Observar	87
5.2.3 Analisar	87
5.2.4 Planejar / Plano de Ação	87
5.2.5 Agir	87
5.2.6 Verificar	88
5.2.7 Padronizar	88
5.2.8 Concluir	88
5.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	89
CAPÍTULO VI.....	90
6 ESTUDOS DE CASOS DAS APLICAÇÕES DAS FERRAMENTAS MASP COM RECURSOS ESTRATÉGICOS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	90
6.1 ESTUDO DE CASO 01 - FUNDAÇÃO DA TORRE 96 COMPROMETIDA	90
6.2 ESTUDO DE CASO 02 - ENCONTRAR OS EQUIPAMENTOS CRÍTICOS NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA NO TRECHO ACRE/RONDÔNIA.....	92
6.2.1 Estudo dos Equipamentos Críticos no Sistema	93
6.3 ESTUDO DE CASO 03 - ANÁLISE DO SINISTRO NO DISJUNTOR RLDJ2-32 97	
6.3.1 Diagnósticos Preliminares das Possíveis Falhas	97
6.3.2 Diagrama de Causa e Efeito - 6M	98
6.3.3. Análise de Falhas em Potencial	99
6.3.4 Considerações Preliminares	101
6.3.5 Recomendações	102
6.4 ESTUDO DE CASO 04 - AVALIAÇÕES DO ENVELHECIMENTO DO BANCO DE CAPACITOR JPBC6-01 DE ALTA TENSÃO DA SUBESTAÇÃO DE JI PARANÁ.	102
6.4.1 Contextualização.....	104
CAPÍTULO VII.....	106
7 CONCLUSÕES E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	106
REFERÊNCIAS.....	109

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A Manutenção não pode ser vista somente como um “conjunto de atividade e recursos que garanta o melhor desempenho das máquinas e equipamentos”. Sua abrangência é muito maior. Deve ser entendida como ferramenta estratégica na gerência dos ativos da empresa, pois está diretamente ligada com a viabilidade dos investimentos patrimoniais e depreciações dos bens.

Eng. Eletricista Jackson Freitas Santos - Eletronorte

A contribuição de longo prazo da estatística depende em não ter somente estatísticos altamente treinados para a indústria, mas criar uma geração de físicos, químicos, engenheiros e outros que pensem estatisticamente, os quais estarão desenvolvendo os processos de produção do futuro.

Walter A. Shewhart (Bell Labs, 1939).

1.1 A REALIDADE DAS EMPRESAS

No mundo atual, caracterizado por rápidas e profundas mudanças nas áreas tecnológicas, econômica e social, apenas as empresas que sabem utilizar de forma eficiente a informação no gerenciamento encontram-se em posição realmente competitiva. O gerenciamento consiste em atingir as metas necessárias à sobrevivência de uma organização e ao seu desenvolvimento. Isto é, uma meta é alcançada por meio do método gerencial.

Quanto mais informações forem agregadas ao método, maiores as chances de se alcançar as metas. Neste contexto, podem-se introduzir as ferramentas de gestões estratégicas como recurso para viabilizar a coleta, o processamento e a disposição da informação, de forma que o conhecimento assim gerado possa ser utilizado - por meio do método gerencial - para o alcance de metas. Portanto, é a garantia de sobrevivência a longo prazo.

Dispõem-se, ainda, de ferramentas da qualidade, as quais estão ligadas a um arcabouço composto da eficiência e eficácia. A eficiência está relacionada ao controle de qualidade/processo; a eficácia, à estratégia e planejamento e à efetividade ao sistema de avaliação.

Dentro da eficiência, aparece o *kaisen* (princípio da melhoria contínua) que, por sua vez, pode ser subdividido em duas situações: o ligado à motivação e o que trata de ferramentas e métodos. É nesta parte das ferramentas e métodos que está centrado o tema que se pretende apresentar.

O constante aprimoramento da qualidade dos produtos e serviços por métodos de melhoria tem-se mostrado, na atualidade, como fundamental para que as empresas assumam vantagens competitivas no mercado. Cada vez mais, a preferência dos clientes internos e externos se volta para produtos de empresas que optaram por adequar-se aos novos paradigmas de administração dos seus negócios. Deste novo modelo, podem-se destacar aspectos como (OLIVEIRA, 1996, p. 1):

- foco no atendimento às necessidades dos clientes;
- foco nos processos;
- abordagem sistêmica;
- trabalho em equipe;
- monitoramento constante do desempenho dos processos.

Nem sempre a tarefa de atingir e manter tais objetivos são simples. Exige um compromisso intenso no sentido do aprimoramento constante da competência profissional (OLIVEIRA, 1996, p. 1-2). Torna-se necessário, portanto, sustentar esse esforço com técnicas que possam facilitar a análise e o processo de tomada de decisão. Neste ambiente, se enquadram as ferramentas estratégicas da manutenção, como meio de facilitar o trabalho daqueles que são responsáveis pela condução de um processo de planejamento ou análise e solução de problemas da manutenção.

Kaoru Ishikawa (1985, p.145), objetivando facilitar o estudo dos profissionais da qualidade, organizou um conjunto de "ferramentas", de natureza estatística e gráfica, denominando-as "7 Ferramentas do Controle da Qualidade". Nos últimos anos, a elas foram incorporadas outras, já amplamente utilizadas nas mais diversas áreas do conhecimento, e que se mostraram eficientes quando aplicadas às questões relacionadas à qualidade. Algumas das "ferramentas" consistem apenas em artifícios nemônicos que facilitam o direcionamento de uma tarefa de análise ou planejamento (exemplo: 5W2H).

Assim, considera-se fundamental que o profissional da gestão da manutenção tenha o domínio sobre as aplicações dessas ferramentas, dentre as quais, as mais importantes são: fluxograma, brainstorming, diagrama de causa-efeito, coleta de dados, gráficos, análise de Pareto, histograma e diagrama de dispersão. Dessa forma, procura-se, no presente trabalho, aplicar grande parte destas

ferramentas, utilizando a Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP) na resolução do problema.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

O problema em questão consiste em se definir como pode ser utilizada a Metodologia MASP e as ferramentas de controle da qualidade como recurso de estudos estratégicos nas mãos das pessoas envolvidas na manutenção do sistema elétrico de potência.

Por décadas, as organizações têm utilizado uma infinidade de ferramentas e metodologias diferentes para o tratamento dos problemas, todas elas com diferentes graus de eficácia. Entretanto, na verdade, não faltam ferramentas para se buscar a solução dos problemas.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Portanto, o presente trabalho apresenta como questão de pesquisa a seguinte indagação: “Quais as ferramentas adequadas para a gestão estratégica da engenharia de manutenção?”.

Para responder a essa questão, será realizado um aprofundamento das teorias de cada ferramenta da qualidade, de modo a deixar bem claro todo o processo que envolve a utilização no âmbito da gestão estratégica da manutenção.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é o de fazer uma análise crítica da aplicação da Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP), em uma situação real.

1.4.2 Objetivos Específicos

A melhoria contínua não se refere apenas à qualidade percebida nas atividades da manutenção dos equipamentos do Sistema Elétrico de Potência

(SEP), da divisão de transmissão de Ji-Paraná/RO, mas também da qualidade e confiabilidade dos processos e produtos da engenharia de manutenção.

Desta forma, quando a empresa tem melhores processos, melhores serão os produtos originados e também serão menores os seus custos. Com isto, as empresas poderão ter preços menores e com maior grau de confiança em seus produtos. Assim, o consumidor, além de ter acesso a produtos ou serviço mais baratos, também contará com produtos ou serviços mais confiáveis.

1.5 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A cada dia, uma série de inovações tecnológicas está ocorrendo. Desde a invenção da eletricidade, em 1873, que demorou cerca de 50 anos para ser utilizada por 50 milhões de pessoas, vem sendo reduzido consideravelmente o tempo entre o lançamento e a utilização em massa. Como exemplos, temos o telefone celular, em 1983, e a internet, em 1993, cujo lapso de tempo entre lançamento e utilização maciça foi de 13 e 4 anos, respectivamente.

Por isso, as empresas têm que se ajustar, cortar gorduras, diminuir custos e solucionar os seus problemas do dia a dia com a maior competência possível. A árdua missão de manter o equilíbrio entre receita e despesa, de modo a não desequilibrar o orçamento, passa a ser solucionar as distorções, não mais de modo empírico, mas de forma metodológica, garantindo a fidelidade do processo.

Desse modo, a competitividade vai depender da capacidade de resolver mais rápido o maior número de problemas possível. Para isso, a empresa irá necessitar de método e motivação. Método para não perder tempo e otimizar o processo e motivação para por em prática a metodologia.

1.6 DELIMITAÇÕES

Assim, pretende-se demonstrar a importância da utilização de uma metodologia estruturada na solução de problemas de gestão da manutenção no ambiente da Divisão de Transmissão de Energia Elétrica/ORAJ/Eletronorte, em Rondônia, que, além de gerar uma melhoria nos produtos e processos, propicia retornos financeiros para a empresa.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura está assim apresentada:

No **primeiro capítulo**, além da apresentação do tema com um panorama geral das ferramentas utilizadas para a obtenção de melhores índices de qualidade e apoio à gestão da manutenção, são apresentadas a definição do problema em estudo, a questão de pesquisa, os objetivos da pesquisa e a relevância da metodologia para o aprimoramento dos procedimentos a serem utilizados na otimização dos resultados.

Em seguida, no **segundo capítulo**, aparecem os conceitos da manutenção e sua metodologias de trabalho.

No **terceiro capítulo**, faz-se um aprofundamento das teorias que comandam a execução de cada ferramenta da qualidade, de modo a deixar bem claro todo o processo que envolve a utilização das mesmas.

A organização e sistematização do uso das ferramentas da qualidade como recursos estratégicos para a gestão da manutenção ocorrem pela apresentação da Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP), no **quarto capítulo**. Isto se afirma porque a metodologia nada mais é do que a aplicação de várias ferramentas da qualidade, direcionadas para o mesmo foco e de maneira organizada, com o objetivo de solucionar um problema.

No capítulo **quinto**, serão detalhadas a metodologia e as etapas para a aplicação das ferramentas da qualidade voltadas para gestão estratégica da manutenção.

A aplicação da metodologia, que ora se estuda, é relatada no **sexto capítulo**, pela aplicação das ferramentas qualidade/estratégicas, em uma situação real. A empresa escolhida foi a Divisão de Transmissão de Ji-Paraná, no âmbito da gestão da manutenção eletromecânica, em que será mostrado como foi aplicada a metodologia do MASP.

No **sexto capítulo**, apresentam-se a análise crítica da aplicação da metodologia, as conclusões referentes ao trabalho e, por fim, as sugestões de aplicação das ferramentas apresentadas.

CAPÍTULO II

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A QUALIDADE *VERSUS* MANUTENÇÃO

Até recentemente, a manutenção era vista como um mal necessário à organização, na medida em que alguém deveria responsabilizar-se pelo funcionamento do parque produtivo. Relegada a um segundo plano, não encontrava condições favoráveis para planejar e programar suas atividades. Quebrou, conserta. O "homem de manutenção", por sua vez, despreparado para a função e sem treinamento adequado, prestava serviços de baixa qualidade. (TRAEGER, 1995).

Dentro desse contexto, o conjunto de atividades da manutenção só aparecia como mais um componente das despesas totais da organização.

A evolução tecnológica acrescentou complexidade à preservação da integridade dos equipamentos. Os novos desafios e pressões do mercado revolucionaram os conceitos de gestão empresarial. Novos padrões de qualidade e produtividade foram estabelecidos. A necessidade da racionalização, combinada à complexidade tecnológica inerente aos produtos, processos e equipamentos, exige a modernização dos conceitos de manutenção, a partir do reconhecimento de suas participações no cumprimento dos objetivos empresariais. O custo de uma falha nos equipamentos, e suas consequências, é muito alto.

Diante desta realidade, a manutenção deve ser encarada como uma parte ativa da organização, participando da minimização dos custos e da garantia da qualidade dos produtos e serviços oferecidos. (BELHOT; CARDOSO, 1994).

2.2 O CONTEXTO DA MANUTENÇÃO

A partir do momento em que uma empresa adquiriu um equipamento, passa a fazer sentido a preocupação com a administração racional desse bem. Isso se justifica por várias razões:

1. os equipamentos são bens de produção de custo elevado;
2. os equipamentos são bens "que têm ciclo de vida", criando oportunidade para queimas, desgastes decorrente das condições ambientais, danos ao próprio

equipamento, a outros equipamentos, às pessoas, como técnicos de manutenção e operadores ou terceiros;

3. os equipamentos são responsáveis pela materialização daquilo que satisfaz o cliente, cuja qualidade é afetada por desgastes e falhas;

4. os equipamentos realizam a transformação e transmissão de energia de valores, às vezes muito elevados, desempenhando um papel de extrema importância em diferentes sistemas produtivos;

5. os equipamentos geram perdas e resíduos que têm consequências ambientais e financeiras;

6. a empresa precisa ter um retorno sobre investimentos feitos em equipamentos, pessoal capacitado e infraestrutura, para preservar seu poder de reposição e garantir sua competitividade.

Essas e outras razões de igual peso demandam um planejamento empresarial e, por consequência, a gestão do sistema de manutenção. Porém, a área de manutenção ainda recebe pouca atenção por parte da maioria dos empresários e gestores, de um modo geral. Um dos aspectos que reforça esta argumentação refere-se à mão de obra utilizada na manutenção, cujo grau de instrução das equipes de manutenção impede que sejam obtidos aproveitamentos satisfatórios durante os cursos de treinamento a que são submetidas. Não é raro que equipes de manutenção acabem se transformando, então, em trocadoras de peças sem sequer questionarem as causas das falhas ocorridas nos componentes. Outros fatores que também colaboram negativamente para essa situação são a discriminação e a desvalorização do profissional. É desejável que ocorra a definição do perfil do "homem de manutenção", em termos de sua qualificação, atitudes e atuação.

Um fator importante é planejar, o que não é feito com muito rigor pela área de gestão da manutenção. Adotam-se planos preventivos recomendados pelos próprios fabricantes, ou criados a partir deles, sem uma visão crítico-administrativa maior. Esses planos quase sempre sugerem inspeções, lubrificações e substituições periódicas de determinados componentes.

A vida útil dos itens dificilmente é fornecida e, quando indicada, situa-se completamente fora da realidade aplicável. Não existe um banco de dados confiável para a manutenção que permita pesquisas aprofundadas com relação aos intervalos de substituição de itens para as diversas situações a que os equipamentos estão

sujeitos. Não se encontram sistemas de informação que formalizem os fluxos de informação, que servem de apoio aos processos decisórios em manutenção.

2.2.1 Planejamento da Manutenção

A seguir, serão feitas algumas reflexões sobre a área de atuação da manutenção e os objetivos da engenharia de manutenção.

Em uma empresa, existe a necessidade de se fazer o planejamento da manutenção, visando à adoção de políticas de manutenção apropriadas para as operações de reparo, substituição e recondicionamento dos sistemas e componentes, e que esteja em conformidade com a estratégia de controle de recursos adotada pela empresa.

A manutenção possui duas características importantes: é um processo caro e um processo do tipo mão de obra intensiva e, ao que tudo indica, continuará a sê-lo, mesmo que se lhe incorporem mais e mais avanços tecnológicos. (VIEIRA, 1991).

Portanto, o plano de manutenção deve fornecer uma base racional para a formulação de um programa de manutenção preventiva e para o estabelecimento dos princípios de controle e acompanhamento da condição dos parâmetros, além de fornecer diretrizes para a manutenção corretiva.

Guerra (1992) afirma que é importante ressaltar que o nível de eficiência da manutenção também está relacionado aos recursos colocados à disposição dos técnicos e engenheiros. Fica difícil exigir serviços de boa qualidade e de alto grau de eficiência sem se dispor dos recursos e equipamentos necessários. Geralmente, as condições desfavoráveis levam à obtenção de serviços de má qualidade e de maior custo na substituição de partes danificadas.

A manutenção corretiva não pode ser programada, dada a natureza probabilística da falha e as incertezas que cercam a tomada de decisão correspondente. Termina-se por concluir que é essencial a formulação de diretrizes de manutenção que orientem a tomada de decisões após a ocorrência de uma falha.

Neves (1992), relatando o aspecto de manutenção de pesquisa patrocinada pela Price Waterhouse, afirma que os índices encontrados nas empresas que usam manutenção preditiva e/ou preventiva variaram, de 1991 para 1992, de 12,9% para 15%, respectivamente, devido a uma série de investimentos feitos. Porém, isto não parece ter sido suficiente, pois a redução da manutenção corretiva diminuiu apenas

1,8% no mesmo período. Considera-se bastante desejável uma composição de 85% de manutenção preventiva complementada por apenas 15% de corretiva.

É de vital conveniência que se avaliem detalhadamente as políticas de manutenção antes até de se estudar um procedimento para determinar o plano de manutenção mais adequado. A gestão da manutenção deve atentar para as sete condições:

1. estudar as condições reais de funcionamento dos equipamentos;
2. analisar as falhas e defeitos observados, sobretudo as falhas mais frequentes;
3. estabelecer critérios para a funcionalidade do sistema apropriado à função;
4. definir o estoque mínimo de peças de reposição para evitar perdas da função;
5. estudar os procedimentos especiais e necessários à manutenção e ao conserto dos equipamentos;
6. estudar possíveis modificações nas instalações, produtos e ferramentas para se conseguir uma manutenção mais fácil e rápida;
7. estudar possíveis modificações de layout para se evitar perda de tempo.

A gestão de manutenção deve ser constituída pela melhor combinação das políticas de manutenção, coordenando-as com o objetivo de uma melhor utilização do tempo e dos recursos disponíveis. É importante destacar que, quando os componentes são de reposição simples, há uma aproximação do ideal das ações preventivas e corretivas pelo nível de detalhe fornecido pelo fabricante, tornando a manutenção barata e determinística. Raramente isso ocorre para componentes de reposição complexa, cuja manutenção é custosa e probabilística.

Para Bloch e Carroll (1990), uma escolha cuidadosa de prioridades em um plano de manutenção que seja gradativamente implementada, com vistas à manutenção preventiva, muitas vezes traz resultados economicamente mais relevantes que o emprego de técnicas de manutenção preditiva, por exemplo. A atuação prioritária junto aos componentes "críticos" é fundamental ou ter-se-á uma manutenção muito cara. Ou seja, para defeitos ou falhas em componentes que não interrompem a operação, pode-se ter uma maior flexibilidade nas intervenções sistemáticas e, por outro lado, aos que podem interromper a operação, deve-se dedicar maior atenção.

Cotti (1989) faz uma reflexão a respeito, dizendo que a base da boa gestão da engenharia da manutenção são informações confiáveis sobre os aspectos mais críticos da manutenção, isto é, sobre aqueles elementos que poderão resultar em impacto mais considerável sobre as despesas ou o rendimento. Um plano de manutenção pode ser estabelecido adotando-se como critério: horas de funcionamento, degradação do meio isolante ou ciclo de funcionamento dos equipamentos. Para que se possa comprovar a economia obtida com um plano de manutenção implantado, devem ser realizadas medidas anteriores e posteriores à sua aplicação.

2.2.2 Sistematização do Fluxo de Informações

Dando continuidade a ideia de garantir modernidade à manutenção, é importante que a sistematização das atividades seja estabelecida a partir de uma filosofia de manutenção, que leve em consideração os recursos materiais e humanos disponíveis.

Duffuaa et al. (1992) partem do princípio que, para se avaliar o nível de qualidade de um sistema de manutenção quanto à precisão da informação circulante, é imprescindível a execução de uma análise em dois estágios. No primeiro estágio, tira-se uma "fotografia panorâmica" do sistema organizacional vigente, avaliando-se seus diversos níveis e verificando-se as implementações. No segundo estágio, passam-se em revista todos os padrões, procedimentos e a disponibilidade dos recursos de manutenção quanto a sua adequação às necessidades do sistema vigente e do sistema futuro da organização.

2.3 QUALIDADE EM MANUTENÇÃO

A cada dia, diferentes exigências de mercado exercem pressões sobre as empresas sobre a forma de convulsão dos negócios. Essas pressões são geradas pelo ambiente externo, pelo ambiente interno e pelos impactos do desenvolvimento tecnológico.

As pressões internas são originadas pela inadequação dos sistemas administrativos e da mão de obra utilizada. As pressões externas são geradas pelos

consumidores e pela concorrência, por conta de novos produtos e serviços de baixo custo e alta qualidade.

Novos padrões gerenciais e de qualidade estão sendo impostos às empresas, o que acabou por valorizar as atividades de manutenção, por sua participação direta na preservação da capacidade de produção e, indiretamente, por sua colaboração na obtenção da qualidade dos produtos.

Manutenção Zero Defeito, Manutenção Produtiva Total (TPM - *Total Productive Maintenance*), Qualidade dos Serviços de Manutenção, entre outros, dão novo vigor à função manutenção. Para se assegurar e manter a qualidade dos serviços prestados, pode-se utilizar o Programa de Garantia de Qualidade na Engenharia de Manutenção que, sem usar ferramentas sofisticadas ou procedimentos rigorosos, centraliza sua atuação no elemento mais importante de todos: o homem de manutenção.

Mirshawka (1991) afirma que o Controle de Qualidade da Manutenção (CQM) reduz os custos ocasionados pela falta de qualidade, tais como perdas por falhas de equipamentos, materiais e mão de obra mal aplicados, reversão da imagem negativa externa, acidentes diversos, entre outros. É a revolução de mentalidade onde o "Qualium" vence o "Quantum".

A meta do TPM consiste na obtenção de melhor rendimento para o sistema de produção, por meio da participação de todos os empregados nas atividades da manutenção produtiva. De forma semelhante ao Controle de Qualidade Total (TQC - *Total Quality Control*), em que a atenção maior na qualidade deve estar mais voltada para o processo e para as inspeções do produto e serviço, no TPM a manutenção preventiva prevalece sobre a manutenção à demanda.

Morais (1993) comentam os efeitos de um programa de TPM aplicado em uma empresa desde a sua implantação, descreve todas as atividades executadas e avalia os resultados finais, que são: aumento da disponibilidade dos equipamentos; redução dos custos de manutenção por equipamento/mês; melhoria na higienização das áreas operacionais e aumento da satisfação dos trabalhadores envolvidos.

Consegue-se atingir metas na direção do Zero Defeito por meio de cuidados elementares utilizados para combater causas potenciais de falhas, quais sejam: desgastes, corrosões, trincas, barulhos, vibrações excessivas, folgas e sujeiras.

Na concepção de alguns autores, o ideal em manutenção não é reparar o equipamento e deixá-lo como era antigamente, mas sim, repará-lo e deixá-lo melhor

do que era quando novo, ao mínimo custo global e dentro de padrões estabelecidos de produtividade e qualidade. Estão cada vez mais presentes na manutenção os programas de gestão da Qualidade Total, implantação e adequação às exigências das normas ISO 9000. O "homem de manutenção" deverá estar ajustado a essas novas condições de trabalho.

2.4 OS DESAFIOS COLOCADOS À GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Ao se analisar as tendências recentes da organização produtiva de países desenvolvidos identificam-se o surgimento de uma estrutura com características distintas do que tem prevalecido até hoje. Essa nova estrutura surge em função da crescente complexidade e diversificação da tecnologia, da necessidade das empresas tomarem-se mais flexíveis para lidar com mercados cada vez mais dinâmicos e para atender às novas exigências colocadas pelos consumidores.

Como a busca mundial de qualidade e produtividade tem se refletido em redução de custos e aumento da competitividade das empresas, a função manutenção tem que estar preparada para executar adequadamente as suas funções de planejamento e controle.

Esses padrões de qualidade e produtividade podem ser compreendidos como tendo várias facetas que guardam relações recíprocas: um melhor planejamento da manutenção; o uso da manutenção produtiva total; a realização de programas de treinamento e capacitação adequados em nível gerencial e operacional da mão de obra envolvida com as tarefas da manutenção; o estudo e a implantação de programas de redução de custos; o planejamento de compras e o dimensionamento dos estoques de componentes e sobressalentes; a aplicação de recursos de informática e de sistemas de informação; e, por fim, a busca equilibrada da terceirização.

A mudança do padrão gerencial faz-se necessária para que as empresas não percam competitividade para os seus concorrentes mais imediatos, principalmente, em face do atraso tecnológico que nosso país enfrenta em relação aos países mais desenvolvidos. Nesse contexto, surge um novo modelo quanto à forma de competição entre empresas, em que um dos aspectos relevantes é a competência para transformar necessidades de mercado em oportunidades de trabalho. Evidentemente, as exigências do mercado de trabalho em manutenção acabarão por

exigir um profissional para atuar diretamente na atividade produtiva, supervisionando o uso de tecnologias, máquinas e equipamentos, desenvolvendo métodos e processos.

O aumento da automação provocará mudanças nas funções de manutenção, que estarão mais concentradas na fase de concepção de novos sistemas de operação e gestão dos recursos. Os profissionais, para atuarem em manutenção, deverão estar adequadamente preparados, pois as tecnologias emergentes serão desenvolvidas e mantidas por equipes interdisciplinares, com a responsabilidade de obter produtividade no uso dos recursos e qualidade nos serviços prestados.

2.5 A MANUTENÇÃO NO CONTEXTO DA PRODUÇÃO

Monchy (1989) define a manutenção como o conjunto de ações que permite manter ou restabelecer um bem, dentro de um estado específico ou na medida para assegurar um serviço determinado, de modo que as atividades conduzam a um custo global aprimorado. De uma forma simplificada, mas realçando a importância da função específica de equipamentos, sistemas e instalações, Moubray (2000) diz que o objetivo da manutenção é assegurar que os ativos físicos continuem a fazer o que seus usuários querem que eles façam.

No estabelecimento do relacionamento entre as funções produção e manutenção, Tsang (2002) aponta a manutenção como fator crucial da estratégia de produção. Ele considera a perda de seguidores da “economia de escala” como resultado do número crescente de organizações que aplicam o “lean manufacturing”, produção “just in time” e programas “six sigma”, cuja tendência indica uma mudança de ênfase de volume para resposta rápida, eliminação de perdas e prevenção de defeitos, ambiente no qual “quebras” de equipamentos, perda de velocidade e processo errático criarão problemas imediatos para o adequado suprimento de produtos e serviços aos clientes.

Este relacionamento é reforçado por Visser (1998 apud TSANG, 2002) em um modelo “input-output”, que apresenta a manutenção como um processo de transformação encapsulado num “empreendimento”, não conectado, mas dentro da atividade produção, conforme Figura 1. Neste modelo, os recursos aplicados pela manutenção, que incluem mão de obra, materiais sobressalentes, ferramentas, informação e recursos financeiros, terão no seu desempenho uma influência

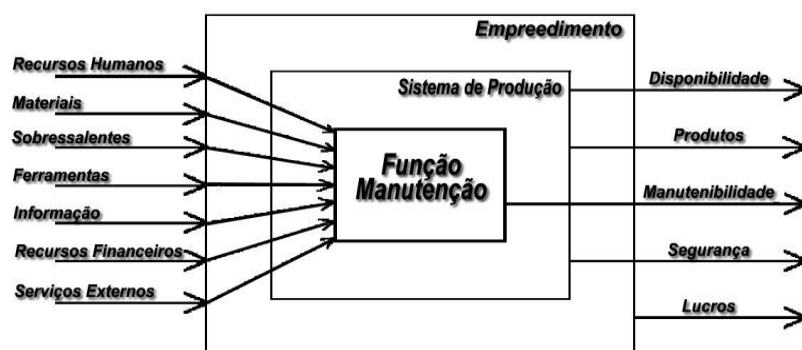
significativa na disponibilidade de equipamentos, no volume, qualidade e custos de produção, assim como na segurança operacional, cujos resultados, por sua vez, irão determinar a rentabilidade do empreendimento.

Gits (1992) também caracteriza o relacionamento entre a manutenção e a produção na sua proposição de que o processo primário em uma organização industrial é a produção, em que a entrada primária (material, energia, potência humana) é transformada na saída da produção primária (o produto desejado). Este processo de transformação se utiliza de um sistema técnico (coleção de elementos físicos que preenchem uma função específica), cujo estado é a habilidade física considerada relevante para preenchimento de sua função. Este estado pode ser alterado por causas externas, envelhecimento e uso, que conduz inevitavelmente a uma saída secundária, à demanda da manutenção, cujas atividades são requeridas para manter os sistemas, ou restaurá-los ao estágio necessário para executar a função de produção.

Ainda neste contexto, Arcuri Filho (2005) insere a função manutenção, de forma decisiva, no processo produtivo, sendo a principal responsável não mais pelos reparos, mas sim, pelo funcionamento efetivo dos sistemas, equipamentos e instalações.

Desta forma, seja como um elo sutil dentro da cadeia de valor, com seus “tradeoffs” entre atividades diretas e indiretas (produção e manutenção), ou como uma micro-operação da macro-operação produção, a manutenção contribui no processo de assegurar o lucro e o valor do empreendimento. Este conceito foi tipificado por Porter (1992) pela exemplificação simplificada de que a melhor manutenção em geral reduz o tempo de paralisação de uma máquina.

Figura 1 - Fluxo da Manutenção.



2.6 CONFIABILIDADE E PREVENÇÃO DAS FALHAS NA MANUTENÇÃO

Tradicionalmente no processo de comercialização de bens e serviços, tem sido utilizada a instituição da Garantia, durante um determinado período de tempo, no qual o fornecedor ou fabricante compromete-se a consertar ou substituir, total ou parcialmente, o produto ou seus componentes que apresentem defeitos operacionais ou construtivos, sem ônus para o usuário.

Embora esse compromisso represente uma tranquilidade para o cliente, o fato de não dispor do produto durante o período de conserto do mesmo, ou ficar sem ele com demasiada frequência, representa no mínimo um motivo para perda de satisfação para com o fornecedor do bem ou serviço.

Em outras ocasiões o produto é utilizado em lugares remotos ou em condições muito críticas. Nesses casos, o interesse maior do cliente é que o produto não falhe e a garantia passa a ter uma relevância secundária.

Por estes e outros motivos, é desejável colocar no mercado um produto ou serviço que não apresente defeitos, ou seja, sem falhas, até onde isso possa ser possível. Cada vez mais o cliente espera um produto confiável e com o nível de desempenho especificado.

2.6.1 Confiabilidade

A definição de confiabilidade, abrangentemente, é associada em dependência do funcionamento desejado do sistema, ou seja: isento de falhas durante a sua vida útil. Para efeito de análise em engenharia, por outro lado, é necessário definir confiabilidade quantitativamente em termos de probabilidade. Então, confiabilidade pode ser definida como a probabilidade que um sistema irá executar a função desejada por um período de tempo determinado, sobre condições determinadas.

A palavra sistema é usada em um senso genérico, sendo que esta definição pode ser aplicada sobre todas as variedades de produtos, subsistemas, equipamentos, componentes e peças. A falha de um sistema pode considerada qualitativamente quando o sistema cessa de executar a função desejada: estruturas rompem-se, motores param de funcionar, um componente eletrônico queima - nestas condições, o sistema claramente falhou.

Algumas vezes, porém, é necessário definir falha quantitativamente, levando em consideração formas mais sutis de falha, como deterioração ou instabilidade de função: um motor não é capaz de produzir o torque necessário, uma estrutura excede a flexão especificada, um amplificador não produz mais o ganho especificado - são também falhas.

Além da confiabilidade, outras quantidades também são utilizadas para caracterizar a confiabilidade de um sistema, como o tempo médio até falhas (MTTF - *Mean Time To Failure*) e taxa de falhas; no caso de sistemas reparáveis temos o tempo médio entre falhas (MTBF - *Mean Time Between Failures*).

2.6.2 Confiabilidade e Taxas de Falha

Conforme definido anteriormente, confiabilidade é a probabilidade de sobrevivência de um sistema em um determinado período de tempo. A função confiabilidade pode ser definida em função da variável aleatória T (tempo de falha).

Em termos probabilísticos, podemos fazer as seguintes definições:

$$f(t) \cdot \Delta t = P(t < T \leq t + \Delta t) = \text{(Probabilidade que a falha ocorra no tempo entre } t \text{ e } t + \Delta t.)$$

Fórmula 1 - Falha no tempo t a T

$$Q(t) = P(T \leq t) = \text{(Probabilidade de que a falha ocorra em tempo menor ou igual a } t.)$$

Fórmula 2 - Falha no tempo $t \geq T$

$$R(t) = P(T > t) = \text{(Probabilidade de que o sistema opere sem falhas até o tempo } t.)$$

Fórmula 3 - Falha no tempo $t \leq T$

Sendo que, se o sistema não falhou para $T \leq t$, ele deve falhar para $T > t$, então:

$$R(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(t) \cdot dt = \int_t^{\infty} f(t) \cdot dt.$$

Fórmula 4 - Falha no tempo $t = \infty$

Conforme as definições das funções, deve ficar claro que $R(0)=1$ (100%) e $R(\infty)=0$.

A definição da função taxa de falhas $F(t)$ pode ser feita a partir da função confiabilidade $R(t)$ e da função densidade de falhas $f(t)$: considera-se que $F(t) \cdot \Delta t$ seja a probabilidade de que o sistema falhe em um tempo $T < t + \Delta t$, dado que não falhou até o tempo $T = t$. Esta definição reduz-se à probabilidade condicional:

$$\lambda(t) * \Delta t = P\{T < t + \Delta t | T > t\};$$

Fórmula 5 - Confiabilidade no tempo Δt

$$P\{T < t + \Delta t | T > t\} = \frac{P\{T > t\} \cap \{T < t + \Delta t\}}{P\{T > t\}};$$

Fórmula 6 - Probabilidades de Falha

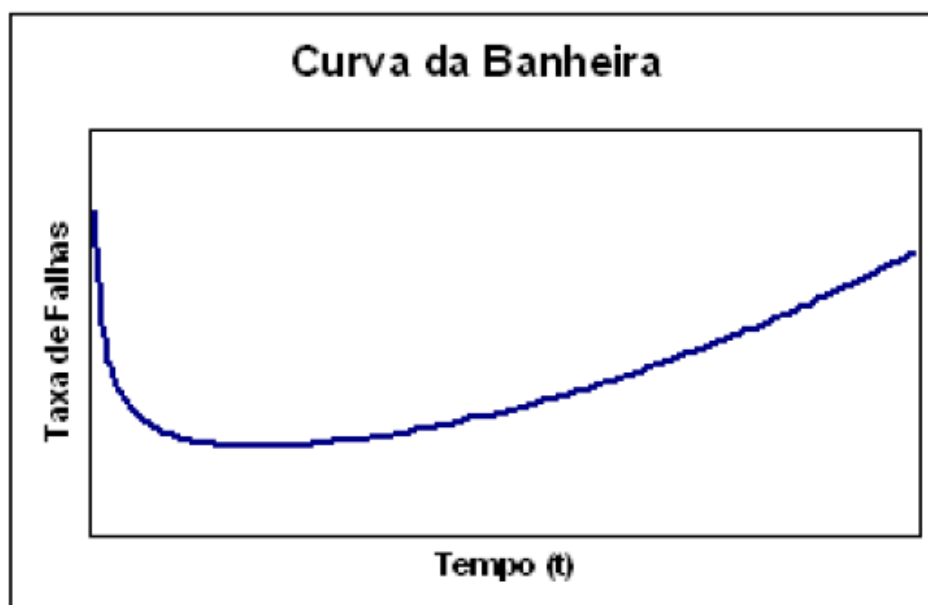
$$P\{(T > t) \cap (T < t + \Delta t)\} \equiv P\{t < T < t + \Delta t\} \equiv f(t) * \Delta t;$$

$$\therefore \lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Fórmula 7 - Confiabilidade

A natureza da taxa de falhas em função do tempo é reveladora. O gráfico da taxa de falhas em função do tempo é chamado "curva da banheira" (Figura 2). Essa curva é de fato uma característica da sobrevivência tanto de sistemas de engenharia como de organismos vivos. Essa definição tem muito em comum com estudos demográficos da mortalidade humana: na região onde os tempos são relativamente pequenos é chamada de *mortalidade infantil*, e a taxa de falhas decresce exponencialmente com o tempo; de modo análogo, a região onde os tempos são relativamente altos, é chamada de *mortalidade por velhice ou fadiga*, e a taxa de falhas cresce exponencialmente; nos tempos intermediários, a taxa de falhas é relativamente constante e é chamada de região de *falhas aleatórias*.

Figura 2 - Curva da Relação Taxa de Falha X Tempo



2.6.3 Engenharia da Confiabilidade

A análise de Weibull é a técnica mais empregada para obtermos estatísticas das características de vida de um sistema, pois permite que, com poucos dados, obtenha-se uma boa estatística sobre a confiabilidade. Impraticável para qualquer empresa é aguardar que ocorram muitas falhas para que sejam tomadas ações, então, a análise de Weibull está a nosso favor.

A distribuição de Weibull é empregada para se conseguir um modelo paramétrico dos dados obtidos, e em seus parâmetros pode-se utilizar regressão linear ou o método da máxima verossimilhança. Na prática, o método mais utilizado para se obter os parâmetros da distribuição de Weibull é a regressão linear em Y.

A distribuição de Weibull é definida pela equação:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} * \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Fórmula 8 - Distribuição de Weibull das Falhas

Onde β é o parâmetro de forma e η é a vida característica.

Esta distribuição é muito flexível, sendo que para $\beta = 1$ aproxima-se de uma distribuição exponencial, para $\beta = 2$, aproxima-se de uma distribuição lognormal, e para $\beta = 3$, de uma distribuição normal. Para $\beta < 1$ é dito que a distribuição está na região de mortalidade infantil; para $\eta = 1$, está na região de falhas aleatórias; e para $\eta > 2$, está na região de mortalidade por velhice ou fadiga. A vida característica η representa o tempo onde a desconfiabilidade ($Q(t)$ ou $(1-R(t))$ ou probabilidade de falha) é de 63.2%.

2.6.4 Categorias Medianas (*Median Ranks*) e Regressão Linear

Para efeito de análise, os dados de vida devem ser ordenados de forma crescente, e atribuído um número de ordem j para cada dado. A aproximação da categoria mediana pode ser feita pela *aproximação de Bernard*:

$$MR = \frac{j-0,3}{N+0,4}$$

Fórmula 9 - Aproximação de Bernard

Onde j é o número de ordem e N o tamanho da amostra.

Como exemplo, veja a tabela a seguir.

Tabela 1 - Distribuição dos Dados da Aproximação de Bernard

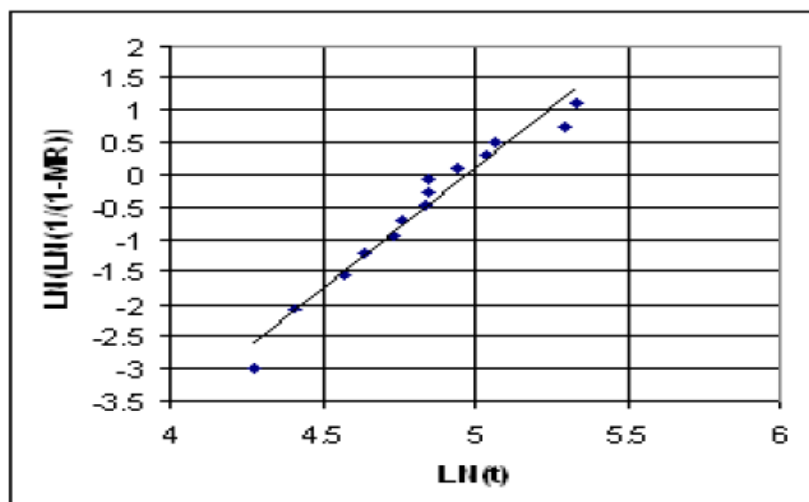
Ordem (j)	Tempo Falha (t)	até Categoria Mediana (MR)	LN(t)	LN(LN(1/(1-MR)))
1	72	0.0486	4.2767	-2.9991
2	82	0.1181	4.4067	-2.0744
3	97	0.1875	4.5747	-1.5720
4	103	0.2569	4.6347	-1.2141
5	113	0.3264	4.7274	-0.9286
6	117	0.3958	4.7622	-0.6854
7	126	0.4653	4.8363	-0.4684
8	127	0.5347	4.8442	-0.2677
9	127	0.6042	4.8442	-0.0761
10	139	0.6736	4.9345	0.1130
11	154	0.7431	5.0370	0.3067
12	159	0.8125	5.0689	0.5152
13	199	0.8819	5.2933	0.7592
14	207	0.9514	5.3327	1.1065

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir das variáveis $LN(t)$ e $LN(LN(1/(1-MR)))$, é possível representar os pontos no Gráfico 1, cujas escalas estão ajustadas linearmente e equivalentemente a um papel de Weibull. A categoria mediana (MR) é a função desconfiabilidade $Q(t)$ e está ajustada para o gráfico por meio de $LN(LN(1/(1-MR)))$.

Este gráfico representa a probabilidade de falha ($y=LN(LN(1/(1-MR)))$) em função do tempo ($x=LN(t)$):

Gráfico 1 - Distribuição de Falhas no Tempo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observe que é possível ajustar uma reta aos pontos do gráfico (regressão linear).

Analiticamente, pode-se obter a equação da reta pelo *método dos mínimos quadrados* (regressão em X ou Y). Considerando que a reta $y=ax+b$ descreve a função $Q(t)$ adequadamente, pode-se obter o parâmetro de forma LN pelo coeficiente angular da reta ($LN=a$) e a vida característica MR é obtida de $e^{(-b/a)}$.

2.6.5 Prevenções de Falhas

Para se conseguir a confiabilidade exigida nos produtos e serviço, devem ser adotadas algumas ações preventivas, de forma a garantir que as falhas não ocorram.

Vêm-se adotando nas últimas décadas inúmeros métodos para realizar a prevenção do aparecimento de falhas em seus produtos e serviço. As primeiras indústrias a utilizarem esses métodos foram as automobilísticas e de equipamentos eletroeletrônicos, sendo posteriormente adotados por outros ramos da indústria e da prestação de serviços.

Dentre os métodos para a prevenção dessas falhas, podem-se destacar algumas metodologias que são amplamente empregadas no cotidiano:

- FMEA de projeto (Análise dos Modos e Efeitos das Falhas);
- Design Review;
- SET (Times de Engenharia Simultânea);
- Auditorias de Sistemas;
- Auditorias de processo.

CAPÍTULO III

3 FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE NA ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Neste capítulo, serão apresentadas as ferramentas e metodologia para uma gestão da engenharia de manutenção na perspectiva da qualidade.

Durante a década de 1950, Edwards Deming introduziu, por intermédio da JUSE (*Japan Union of Scientists and Engineers*), vários conceitos de gestão da qualidade, como o controle estatístico de processo, a relação entre qualidade e produtividade, o Ciclo de Deming (PDCA - Planejar-Executar-Verificar-Ajustar, do inglês: PLAN - DO - CHECK - ACT) e outros, dentro do que mais tarde foi denominado de *Os Quatorze Pontos Básicos de Deming*, como se pode constatar pela obra de Howard Gitlow (1987).

Juran (apud OLIVEIRA, 1996, p. 22) estabelece que, para se realinhar a organização no caminho da gestão da qualidade, com aprimoramento ou melhoria dos níveis de desempenho dos processos, a administração precisa evoluir por meio de mudanças ou rupturas com os paradigmas e práticas atuais. Este rompimento objetiva a evolução ou avanço da organização em direção às melhores práticas gerenciais.

Além disso, permeia como um dos objetivos da qualidade total o de reconhecer que toda organização tem problemas. Do ponto de vista de processo, pode-se dizer que problema é qualquer resultado indesejável de uma atividade ou processo.

Isso exige um compromisso intenso no sentido do aprimoramento constante da competência profissional. Torna-se necessário, portanto, sustentar este esforço com técnicas que possam facilitar a análise e o processo de tomada de decisão. Nesse ambiente, se enquadram as ferramentas e técnicas a fim de identificar o maior número possível de resultados indesejáveis ao processo e facilitar a tomada de decisão para a melhoria do processo.

Assim, a seguir, serão apresentadas as ferramentas que podem auxiliar na solução de problemas e na qualidade dos serviços da manutenção. São traçadas as considerações gerais sobre cada uma das ferramentas, além das aplicações das mesmas.

3.1 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE

As principais técnicas estatísticas que podem ser utilizadas de forma integrada em ciclos de melhoria contínua dos processos e serviços são as seguintes:

3.1.1 Fluxograma

O fluxograma é uma representação gráfica destinada ao registro das diversas etapas que constituem um determinado processo, facilitando sua visualização e análise. Tem a finalidade de ordenar a sequência de etapas (OAKLAND, 1994, p.79). No planejamento sistemático ou exame de qualquer processo, é necessário registrar as sequências de eventos e atividades, estágios e decisões, de tal maneira que possam ser facilmente compreendidos e comunicados a todos. Quando se precisar fazer aprimoramento, deve-se ter o cuidado de, em primeiro lugar, registrar os fatos relativos aos métodos existentes.

As descrições que definem o processo devem possibilitar a sua compreensão e fornecer a base de qualquer exame crítico necessário para o desenvolvimento de melhorias. É essencial, então, que as descrições dos processos sejam precisas, claras e concisas. "É importante que numa empresa já em operação os fluxogramas sejam estabelecidos de forma participativa" (CAMPOS, 1992, p. 55).

O método usual de registrar fatos é descrevê-los; porém, não é conveniente fazê-lo quando se trata de registrar os processos complicados existentes em algumas organizações.

Isto é particularmente verdadeiro quando se precisa fazer um registro exato de um processo longo, cuja descrição pode ocupar várias páginas e exige um estudo cuidadoso para daí se extraírem todos os detalhes.

3.1.2 Estratificação

Consiste no agrupamento da informação sob vários pontos de vista, de modo a focalizar a ação. Os fatores equipamento, material, operador, tempo, entre outros, são categorias naturais para a estratificação dos dados (Tabela 2).

Tabela 2 - Estratificação das Causas da Falha VNTF6-01

EVENTO	POSSÍVEIS CAUSAS
Falha no Sist./Ventil. VNTF6-01	Sobre carga no circuito comando
	Rolamento do motor travado
	Bobinado do motor aberto
	Hélice do ventilador travada
	Falta de tensão no QSACA
	Supervisor de temp. aberto

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.3 Folha de Verificação

Formulário no qual os itens a serem verificados para a observação do problema já estão impressos, com o objetivo de facilitar a coleta e o registro dos dados. O tipo de folha de verificação a ser utilizado depende do objetivo da coleta de dados. Normalmente, é construída após a definição das categorias para a estratificação dos dados (Tabela 3).

Tabela 3 - Folha de Verificação dos Itens e Localização de Defeitos VNTF6-01

ITENS A VERIFICAR NO VNTF6-01	SITUAÇÃO
Circuito comando	Conforme
Rolamento do motor	Não conforme
Bobinado do motor	Não conforme
Hélice do ventilador	Não conforme
Tensão no QSACA	Conforme
Supervisor de temp.	Conforme

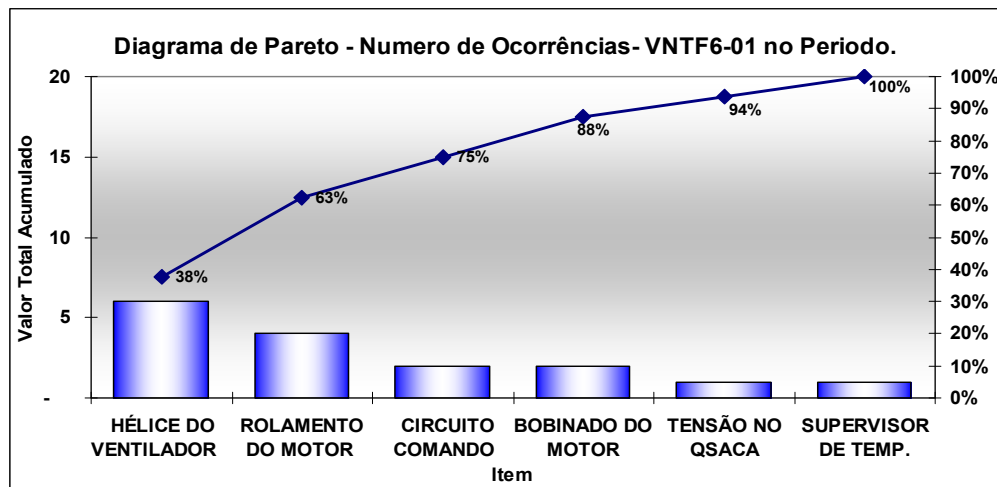
Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.4 Gráfico de Pareto

Gráfico de barras verticais que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização de temas. A informação assim disposta também permite o estabelecimento de metas numéricas viáveis de serem alcançadas.

O modelo econômico de Pareto foi traduzido para a área da Qualidade sob a forma “alguns elementos são vitais; muitos, apenas triviais” por Juran (PALADINI, 1994, p. 71), conforme mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Gráfico de Pareto de Ocorrências no Período no VNTF6-01



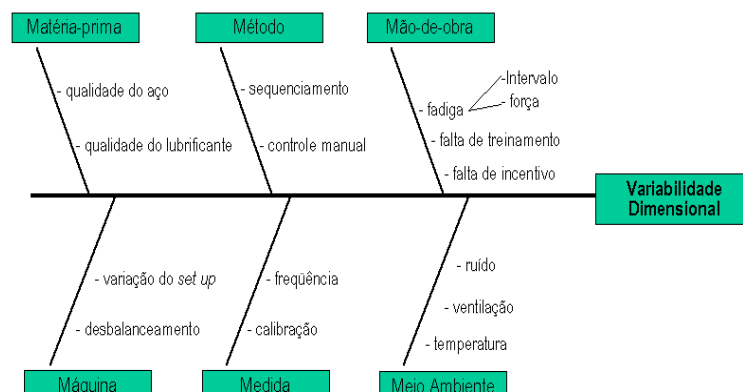
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.5 Diagrama Causa e Efeito

É uma rodada de ideias, destinada à busca de sugestões pelo trabalho de grupo, para inferências sobre causas e efeitos de problemas e sobre tomada de decisão. É uma técnica usada para gerar ideias rapidamente e em quantidade que pode ser empregada em várias situações (OAKLAND, 1994, p. 227).

Esta ferramenta, que também é conhecida como Diagrama de Ishikawa, apresenta a relação existente entre um resultado de um processo e os fatores do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. É empregado nas sessões de Brainstorm realizada nos trabalhos em grupo, conforme Figura 3.

Figura 3 - Diagrama de Ishikawa para Causa das Ocorrências no VNTF6-01



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.6 Histograma

A aplicação básica dos histogramas é a determinação da curva de frequência de ocorrência das medidas. Havendo um conjunto de dados representativos de fenômenos ou da população, o histograma pode ser feito (PALADINI, 1994, p. 69). Além disso, o histograma apresenta uma série de outras possíveis aplicações (OLIVEIRA, 1996, p. 67), das quais podem ser citadas:

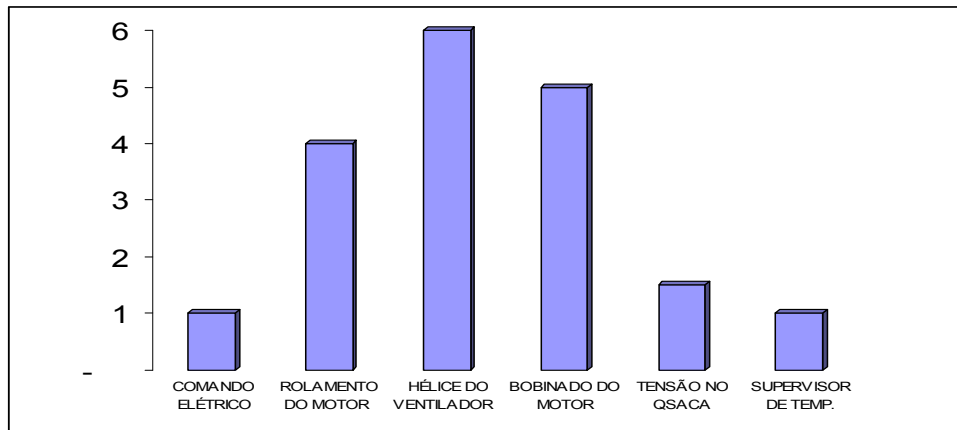
Em Controle de Qualidade:

- determinação do número de produtos não conformes produzidos por dia;
- determinação da dispersão dos valores de natureza medida em peças de aço;
- controle da variação do volume final de óleo lubrificante, no processo de enchimento;
- indicação da necessidade de ação corretiva.

O uso de histogramas, quando associados às especificações do produto, pode constituir-se em uma das mais simples ferramentas do Controle Estatístico do Processo (CEP). Serve, inclusive, como método para avaliar visualmente a capacidade do processo de produção. Apesar disso, não pode ser considerada uma ferramenta conclusiva.

O modelo de um gráfico de barras dispõe as informações de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados e também a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno deste valor central. A comparação de histogramas com os limites de especificação permite avaliar se um processo está centrado no valor nominal e se é necessário adotar alguma medida para reduzir a variabilidade do processo (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Histograma das Ocorrências



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.7 Medidas de Localização e Variabilidade

Essas medidas processam a informação de modo a fornecer um sumário dos dados sob a forma numérica, que quantifica a localização (onde se localiza o centro da distribuição dos dados) e a variabilidade (dispersão dos dados em torno do centro). O cálculo dessas medidas é o ponto de partida para a avaliação da capacidade de um processo em atender às especificações estabelecidas pelos clientes internos e externos.

Ex. Temperatura de operação do 1º e 2º estágio da ventilação forçada do VNTF6-01:

Variável: Faixa de Temperatura

Média de = 50°C.

Desvio-Padrão de $x = 5^\circ\text{C}$.

A temperatura tem distribuição normal: - 99,7% das medidas estão na faixa $x \pm 3\sigma$: entre 52 e 58°C.

Especificação: 45 a 60°C.

3.1.8 Índices de Capabilidade de Processos

Esses índices processam as informações de forma que seja possível avaliar se um processo é capaz de gerar produtos que atendam às especificações provenientes dos clientes internos e externo, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Índices de Capabilidade de Processo.

ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO	
Processo com Média \bar{X} , Desvio Padrão σ e Especificação	Índice de Capacidade do Processo
Superior (USL) e Inferior (LSL)	$C_p = \frac{USL - LCL}{6\sigma}$ $C_{pk} = \text{Mínimo de}$ $\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \text{ e } \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$
Superior (USL)	$C_p = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$
Inferior (LSL)	$C_p = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$

ANÁLISE DA CAPABILIDADE DE PROCESSO	
$1.33 \leq C_p$ (ou C_{pk})	SATISFATORIA
$1.0 \leq C_p$ (ou C_{pk}) < 1.33	ADEQUADA
C_p (ou C_{pk}) < 1.00	INADEQUADA

Fonte: MORAES, 2006.

3.1.9 Diagrama de Dispersão

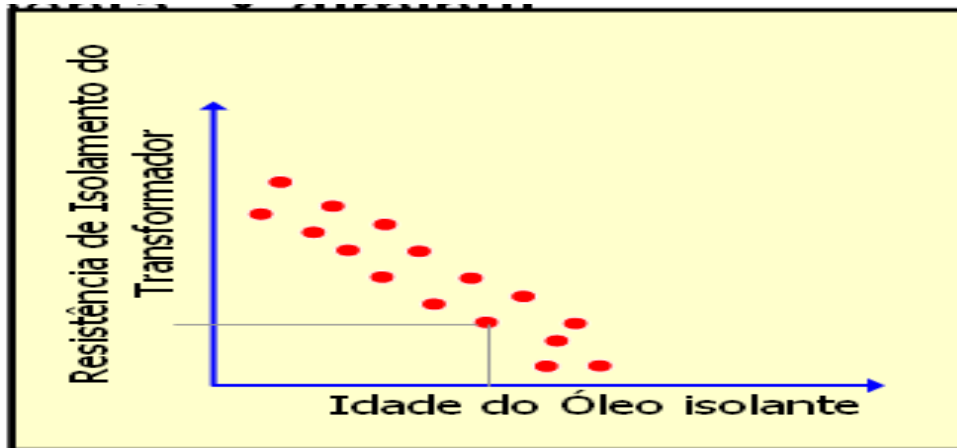
Diagrama, também chamado de Gráfico de Correlação, que permite a identificação do grau de relacionamento entre duas variáveis consideradas em uma análise, ou seja, é útil para estabelecer associação, se existir, entre dois parâmetros ou dois fatores (OAKLAND, 1994, p. 224). Trata-se de um gráfico em duas dimensões que objetiva permitir a visualização de uma possível relação de dependência entre duas variáveis. O objetivo do Gráfico de Correlação é facilitar a análise da dispersão de um conjunto de valores, referente a duas variáveis em uma análise e que deve ser considerado. Como exemplificado na Figura 4.

Neste Diagrama de Dispersão encontra-se:

- uma característica da qualidade e um fator que afeta;
- duas características da qualidade que se relacionam;
- dois fatores que se relacionam;

- dois fatores que se relacionam com uma mesma característica da qualidade.

Figura 4 - Diagrama de Dispersão Resistência Isolamento X Idade do Óleo Isolante



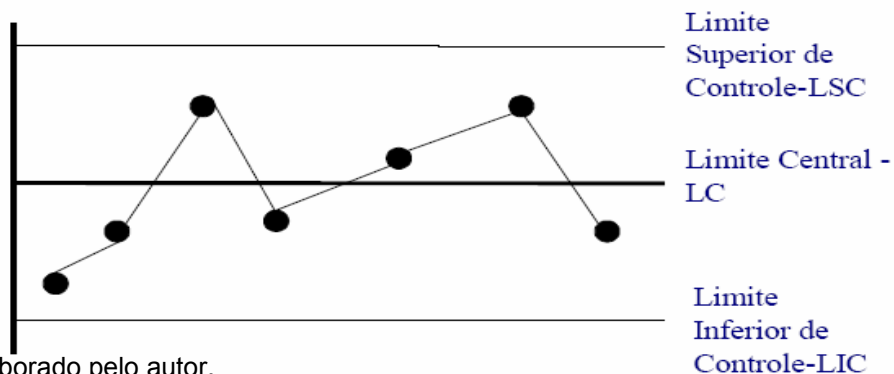
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.10 Gráfico de Controle

Ferramenta que dispõe os dados de modo a permitir a visualização do estado de controle estatístico de um processo e o monitoramento, quanto à locação e à dispersão, de itens de controle do processo. É importante verificar a estabilidade dos processos, já que processos instáveis provavelmente podem resultar em produtos ou serviços defeituosos, perda de produção, baixa qualidade e, de modo geral, perda da confiança do cliente, conforme mostra o Gráfico 4.

É utilizado quando não é possível apresentar uma extensa tabela de números, coletados e analisados por método mais rigoroso, pois o que vale é o poder de síntese, a objetividade. (OLIVEIRA, 1996, p.47).

Gráfico 4 - Controle da Variável Temperatura do Transformador

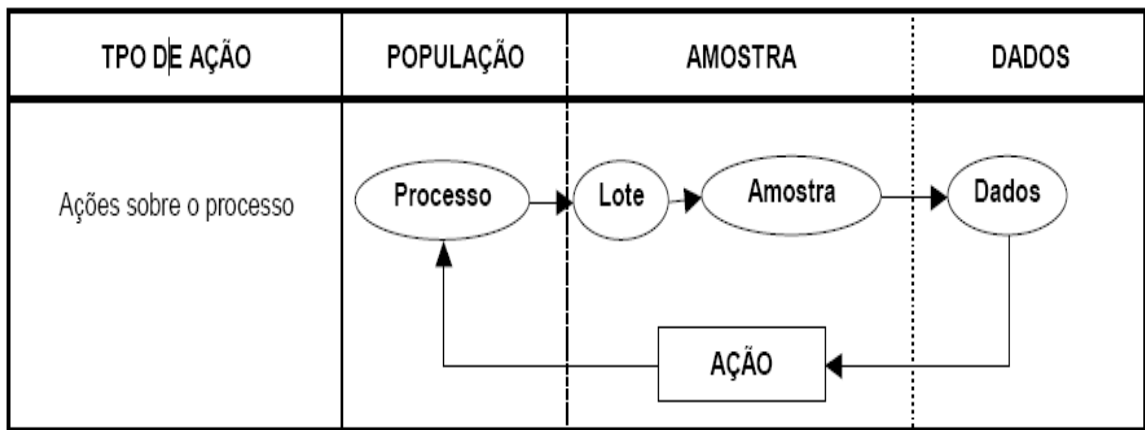


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.11 Amostragem

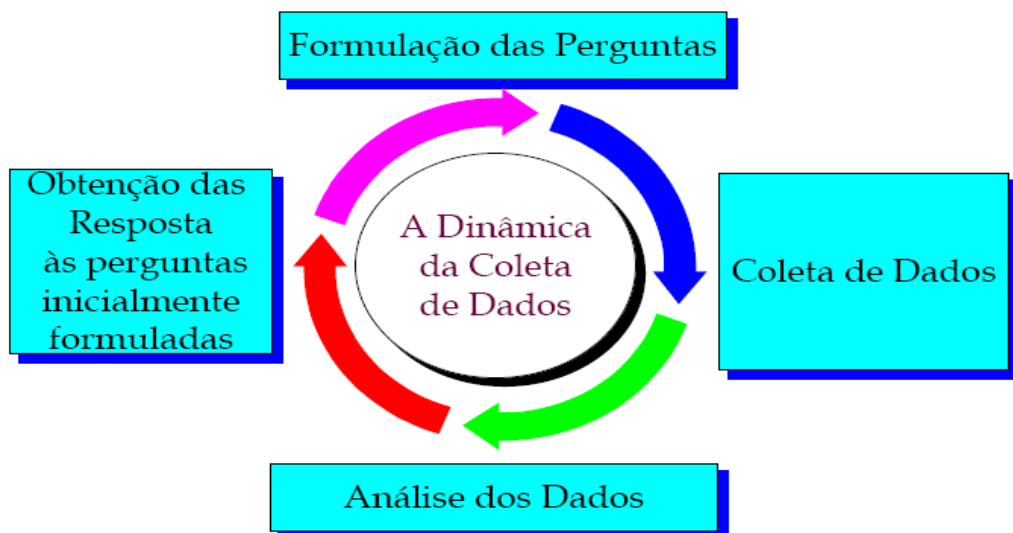
Uma das etapas mais críticas do processo de solução de um problema, ou de pesquisa, de uma forma geral, consiste na coleta de dados - conjunto de técnicas que, com o emprego de uma "folha de verificação" apropriada, permite a obtenção dos dados necessários a um tratamento estatístico específico (OLIVEIRA, 1996, p.3). As técnicas de amostragem permitem que sejam coletados, de forma eficiente, dados representativos da totalidade dos elementos que constituem o universo de nosso interesse, conforme Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Diagrama de Técnica de Amostragem



Fonte: OLIVEIRA, 1996.

Figura 6 - Técnica de Validação da Coleta de Amostragem -



Fonte: OLIVEIRA, 1996.

3.1.12 Intervalos de Confiança e Análise de Variância

A estimativa de intervalos de confiança é utilizada para se obter medidas de incerteza dos dados analisados. A análise da incerteza de uma previsão, por exemplo, permite analisar melhor o erro envolvido no problema. Isaaks e Srivastava (1989) descrevem os principais fatores que influenciam nos erros de uma estimativa:

- quantidade de amostras vizinhas: quanto maior a quantidade de amostras vizinhas do ponto a ser estimado, melhor será a previsão;
- proximidades das amostras do ponto a ser estimado: quanto mais próximo as amostras estiverem do ponto que está tentando se estimar, maior será a confiança no valor estimado;
- arranjo espacial das amostras: indica que a localização espacial das amostras em relação ao ponto estimado influencia na confiabilidade da previsão;
- natureza do fenômeno a ser estudado: está associada ao tipo de problema analisado. Variáveis bem comportadas e com variações extremamente suaves devem gerar estimativas mais confiáveis do que problemas que envolvem variáveis muito irregulares.

O estudo desta ferramenta permite um processamento mais aprofundado das informações contidas nos dados, de modo que possamos controlar, abaixo de valores máximos preestabelecidos, os erros que podem ser cometidos no estabelecimento das conclusões sobre as questões que estão sendo avaliadas.

$$x - Z * \sigma / \sqrt{n}$$

Fórmula 10 - Intervalo de Confiança

3.1.13 Análise de Regressão

A análise de regressão é um método que visa estabelecer relações funcionais entre variáveis relacionadas por leis estatísticas, isto é, procura encontrar uma função que descreve da melhor forma possível o comportamento de alguma variável que estamos interessados em analisar.

O modelo linear de regressão é a forma utilizada para calcular médias condicionais de uma variável a partir de dados disponíveis sobre variáveis supostamente relacionadas.

O modelo assume o seguinte formato:

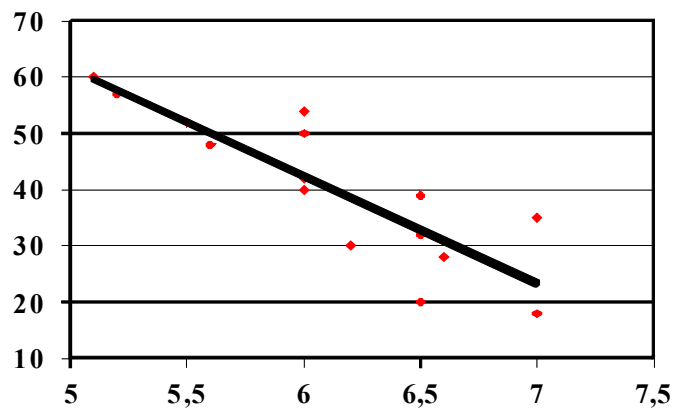
$$y = \alpha + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \varepsilon;$$

Fórmula 11 - Regressão Matemática

- A variável y é chamada de variável *dependente* ou *explicada*.
- As variáveis $X_1, X_2, X_3, (\dots)$ são chamadas de *explicativas*.
- O termo ε é chamado de *erro* ou *distúrbio*.

Graficamente, a análise de regressão implica ajuste de uma reta que represente de uma “boa forma” a estrutura dos dados, conforme demonstrado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Regressão Linear

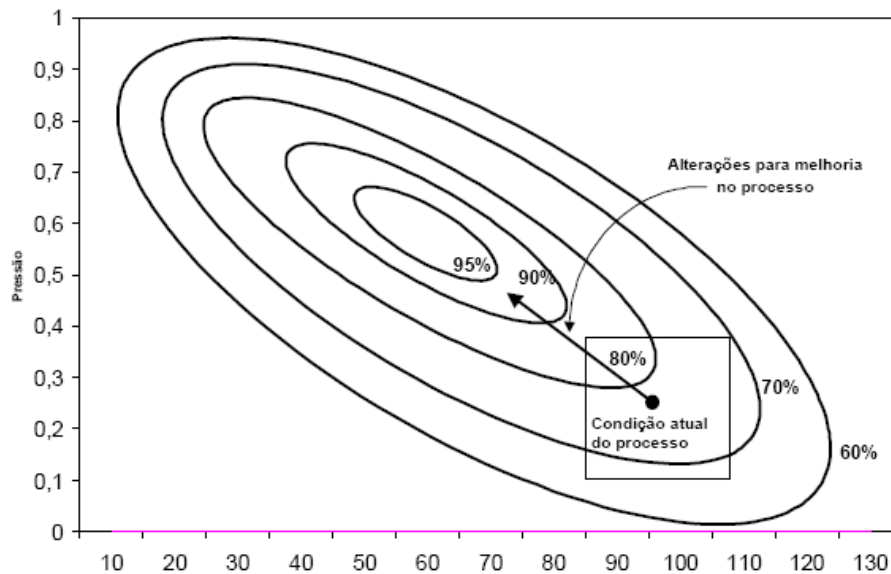


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.14 Planejamento de Experimentos

Processam as informações nos dados de modo a fornecer indicações sobre o sentido no qual o processo deve ser direcionado para que a meta de interesse possa ser alcançada (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Planejamento de Experimentos



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.15 Análise Multivariada

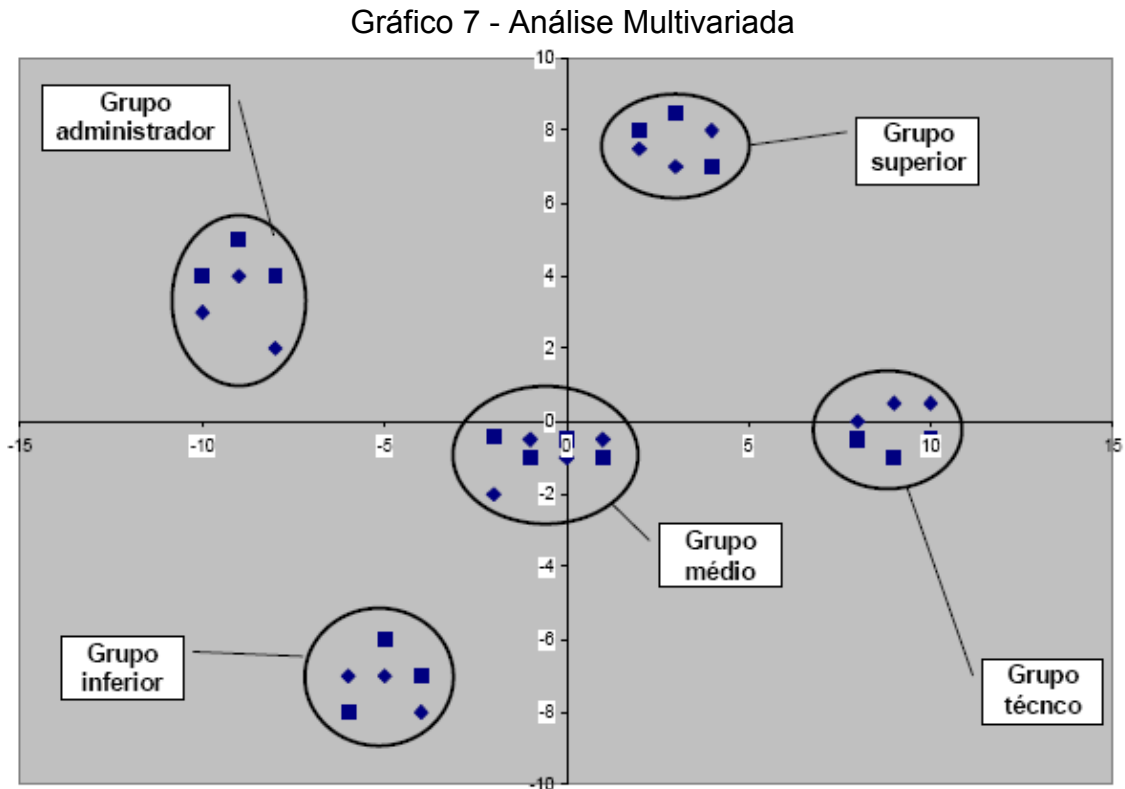
Análise multivariada refere-se a todos os métodos analíticos que analisam simultaneamente múltiplas medidas em cada indivíduo ou objeto sob investigação. Qualquer análise simultânea de mais de duas variáveis pode ser considerada análise multivariada. Muitas técnicas multivariadas são extensões das análises univariadas e bivariadas.

3.1.15.1 Classificação das técnicas multivariadas

A classificação é baseada em três julgamentos que o pesquisador deve ter sobre o objetivo da pesquisa e a natureza dos dados, cujo exemplo encontra-se no Gráfico 7.

1. As variáveis podem ser divididas em classificações dependentes e independentes, baseando-se em alguma teoria?
2. Se elas podem, quantas variáveis serão tratadas como dependentes em uma única análise?
3. Como são medidas as variáveis, tanto as dependentes quanto as independentes?

“A comunalidade representa a variância que a variável X_i compartilha com as outras variáveis, via fatores comuns.” Isto é, a covariância entre a variável X_i e o fator F_j é λ_{ij} .



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.16 Avaliação dos Sistemas de Medição

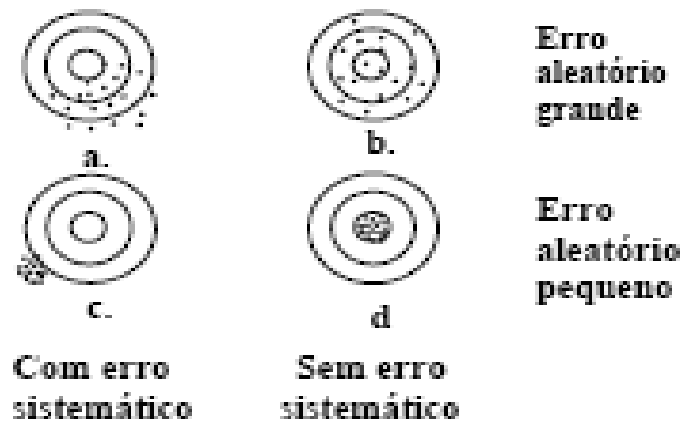
O monitoramento de um processo dá-se pela medição de uma característica de qualidade. Medição produz resultados com erros ou com certo grau de incerteza. Estas técnicas permitem avaliação do grau de confiabilidade dos dados gerados pelos sistemas de medição utilizados na empresa.

3.1.17 Relacionamento entre os Erros

A Figura 7 trata da sistematização dos erros.

- Centro do alvo: valor verdadeiro da grandeza medida.
- Instrumento “exato”: Não possui erro sistemático.
- Instrumento “preciso”: seu erro aleatório é pequeno.

Figura 7 - Análise dos Sistemas de Medição.



Fonte: ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989.

3.2 FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO DA QUALIDADE

No final da década de 50, constata-se direcionamento para a era da garantia da qualidade, com implicações mais amplas para o gerenciamento e envolvendo aspectos como: quantificação dos custos da qualidade e da não qualidade, com Joseph Juran (1951), controle total da qualidade, Armand Feigenbaum (1956), engenharia da confiabilidade por modos e efeito de falhas, e defeito zero com os trabalhos de James Halpin (1956) e Philip Crosby (1956) na Martins Company, cujos fundamentos alteraram a ética da qualidade até então dominante do chamado nível de qualidade aceitável, e se constituiu no último movimento importante da era da garantia da qualidade.

A seguir, serão apresentadas as Ferramentas de Planejamento da Qualidade, que também são utilizadas pelo Ciclo PDCA para melhorar e manter. Essas ferramentas são apropriadas para o tratamento de dados não numéricos, sendo muito importantes na preparação de projetos e como apoio aos processos decisórios.

3.2.1 Diagrama de Afinidades

Esta ferramenta utiliza as similaridades entre dados não numéricos para facilitar o entendimento, de forma sistemática, da estrutura de um problema. É indicada para:

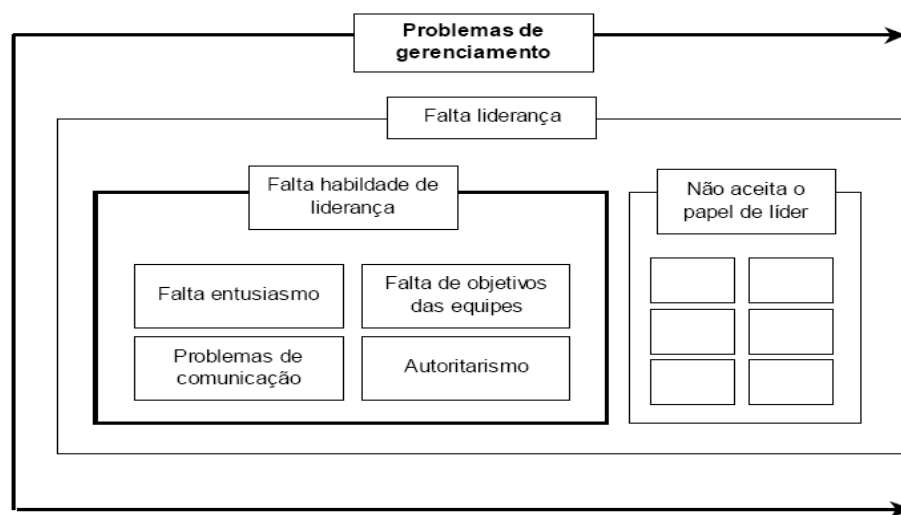
- mostrar a direção adequada a ser seguida em um processo de solução de problemas;
- organizar as informações disponíveis;
- prever situações futuras;
- organizar ideias provenientes de alguma avaliação.

Um dos obstáculos frequentemente encontrado na procura de melhoria é o sucesso ou falha do passado. Admite-se que continuará a ser repetir no futuro aquilo que funcionou bem ou falhou no passado.

Embora as lições do passado não possam ser ignoradas, modelos invariáveis de pensamento que podem limitar o progresso não devem ser estimulados.

É particularmente útil quando se deseja romper com a velha cultura da empresa, isto é, quando se deseja buscar soluções novas, diferentes dos caminhos que estamos acostumados a trilhar. Por isso, sempre que um problema é proposto, ele deve ser formulado da forma mais concisa possível, de modo que não induza um retorno às soluções antigas (Figura 8).

Figura 8 - Diagrama de Afinidades.



Fonte: COELHO, 2009.

3.2.2 Diagrama de Relações ou Inter-Relação

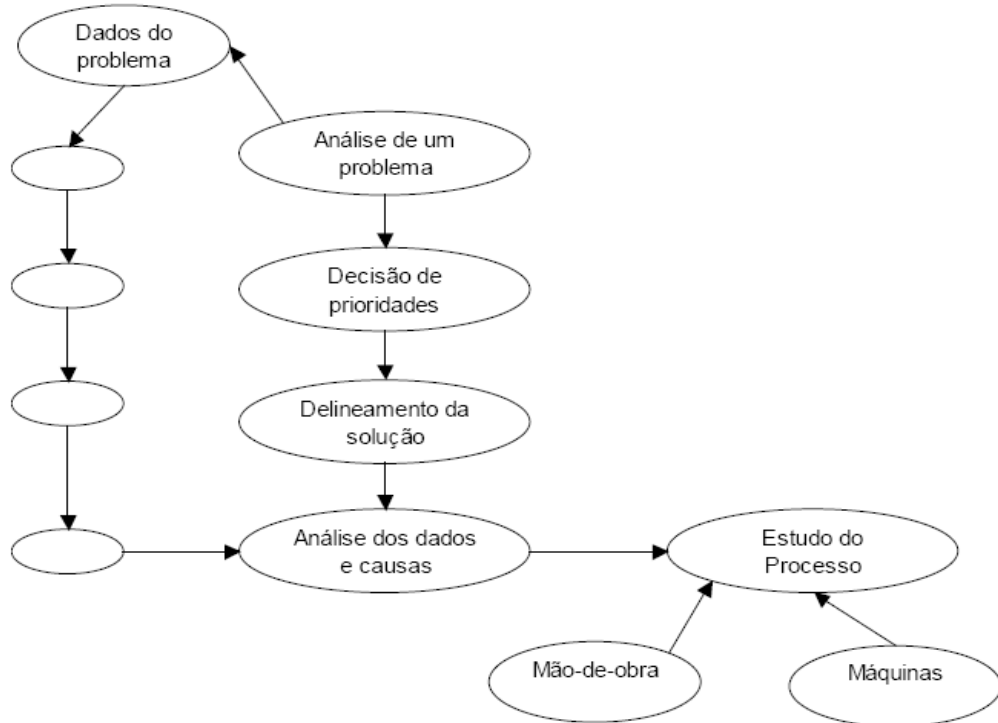
Apresenta a estrutura das relações de causa e efeito de um conjunto de dados numéricos, permitindo a organização da tecnologia disponível sobre o problema analisado. Sua utilização é indicada nos seguintes casos:

- quando o problema é complexo, de modo que a visualização das relações de causa e efeito não é facilmente percebida;
- quando a sequência correta das ações é crítica para o alcance do objetivo.

Dada uma atividade básica, o diagrama identifica elementos que dela dependam ou estão a ela relacionados. Definidos os fluxos lógicos dentro dos quais as atividades se desenvolvem, o diagrama mostra como causas e efeitos se relacionam. O diagrama de inter-relação é adaptável tanto a um assunto operacional específico como a problemas organizacionais de ordem geral.

Uma aplicação clássica dessa ferramenta na Toyota, por exemplo, focalizava todos os fatores envolvidos no estabelecimento de um "sistema de quadros de avisos" como parte de seu programa de JIT. Por outro lado, esse diagrama também foi usado para tratar de assuntos relacionados com o problema de obter o apoio da alta administração para o TQM (Figura 9).

Figura 9 - Diagrama de Relações



Fonte: COELHO, 2009.

3.2.3 Diagrama de Árvore

O diagrama de fluxo de sistemas/árvore (usualmente referido como diagrama de árvore) é usado para mapear sistematicamente toda a série de atividades que devem ser realizadas para atingir um objetivo almejado, sendo também recomendado na definição da estratégia para a solução de um problema e na elucidação da essência de uma área a ser aprimorada.

O diagrama de árvore mostra o mapeamento detalhado dos caminhos a serem percorridos para o alcance de um objetivo, sendo efetivo quando:

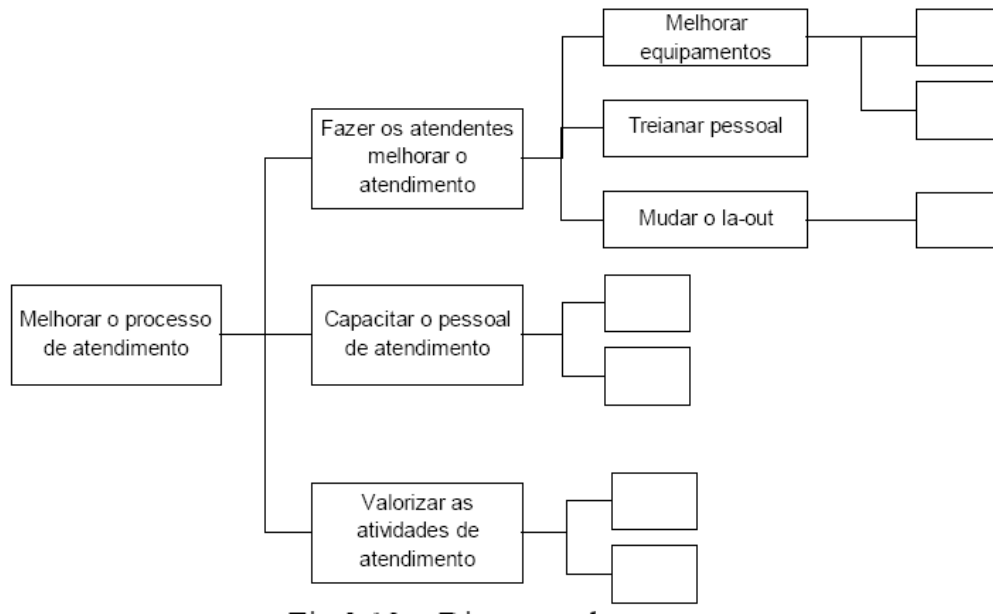
- a tarefa considerada é específica, complicada e não deve ser atribuída a apenas uma pessoa;
- a perda de uma tarefa básica é perigosa;
- histórico demonstra que obstáculos levaram ao fracasso de tentativas anteriores;
- é necessário o desdobramento das tarefas associadas ao alcance de um objetivo básico.

É indispensável quando é exigida uma compreensão perfeita do que precisa ser realizado, juntamente com o "como" deve ser obtido e as relações entre esses objetivos e metodologias (Figura 10).

Tem sido considerado de grande utilidade em situações quando:

- necessidades muito mal definidas devem ser traduzidas em características operacionais e é necessário identificar as características que podem ser controladas de imediato;
- as possíveis causas de um problema precisam ser exploradas. Esse uso é muito semelhante ao diagrama de causa efeito ou gráfico de espinha de peixe;
- identificar a primeira tarefa que deve ser realizada quando se tem em mira um amplo objetivo da organização;
- o assunto em foco apresenta complexidade e há tempo disponível para a solução.

Figura 10 - Diagrama de Árvore



Fonte: COELHO, 2009.

3.2.4 Diagrama de Matriz

Consiste em uma estrutura que organiza logicamente informações que representam ações, responsabilidades, propriedades ou atributos inter-relacionados. A estrutura tende a enfatizar a relação entre elementos, mostrando como se opera esta relação por destaque conferido às conexões relevantes do diagrama. Este destaque utiliza simbologia própria, que permite rápida visualização da estrutura.

Trata de um arranjo dos elementos que constituem um evento ou problema de interesse nas linhas e colunas de uma matriz, de forma que a existência ou a força das relações entre os elementos é mostrada, por meio de símbolos, nas intersecções das linhas e colunas, conforme mostrado na Figura 11. É utilizado na visualização de um problema como um todo, deixando claras as áreas nas quais o problema está concentrado.

Esta ferramenta permite:

- a exploração de um problema sob mais de um ponto de vista e a construção de uma base multidimensional para a solução;
- a distribuição de tarefas entre as diversas equipes de trabalhos disponíveis;
- a identificação de gargalos e pontos críticos.

Figura 11 - Diagrama de Matriz

Causa do defeito \ Tipo do defeito	A	B	C	D	E
Lasca no gap					
Trinca na camada					
Riscos de lapidação					
Abaulamento insuficiente					

Relacionamento: Muito forte Forte Fraco

Fonte: COELHO, 2009.

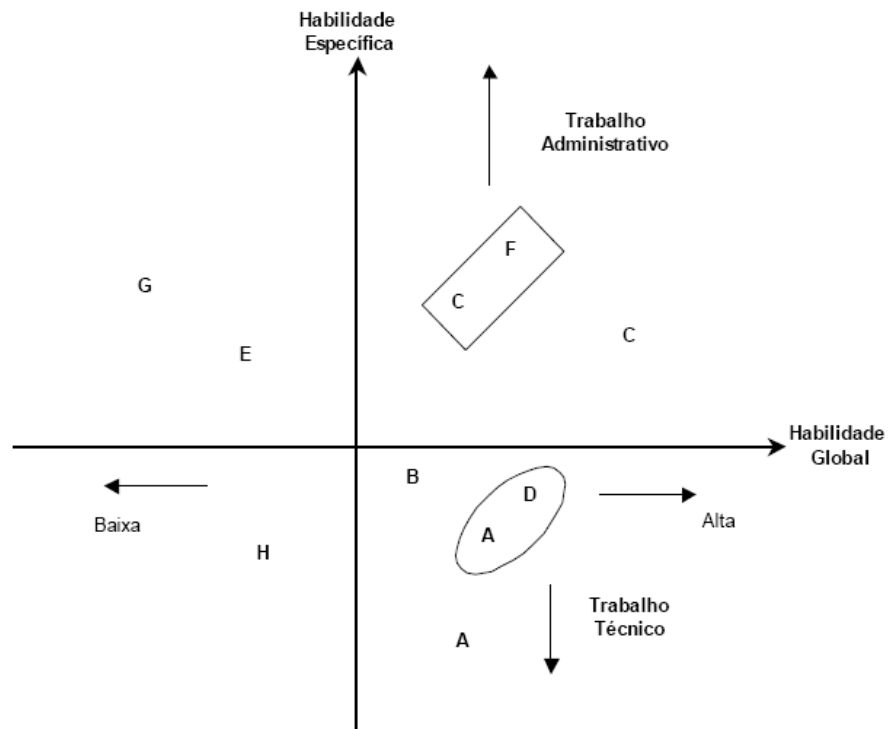
3.2.5 Diagrama de Priorização

Permite o processamento das informações contidas em um conjunto de dados constituídos por um grande número de variáveis, de modo que estas variáveis possam ser representadas por apenas duas ou três características gerais (Figura 12).

O Diagrama de Priorização mostra a importância dos fatores componentes de um problema, sendo utilizado quando:

- os pontos-chaves de um problema foram identificados, mas sua quantidade tem que ser reduzida;
- na existência de concordância sobre os fatores, mas discordância sobre a ordem de abordagem destes fatores;
- há existência de limitações de recursos humanos e financeiros e uma grande quantidade de problemas.
- as opções para a solução do problema são fortemente correlacionadas.

Figura 12 - Diagrama de Priorização



Fonte: COELHO, 2009.

3.2.6 Diagrama de Processo Decisório

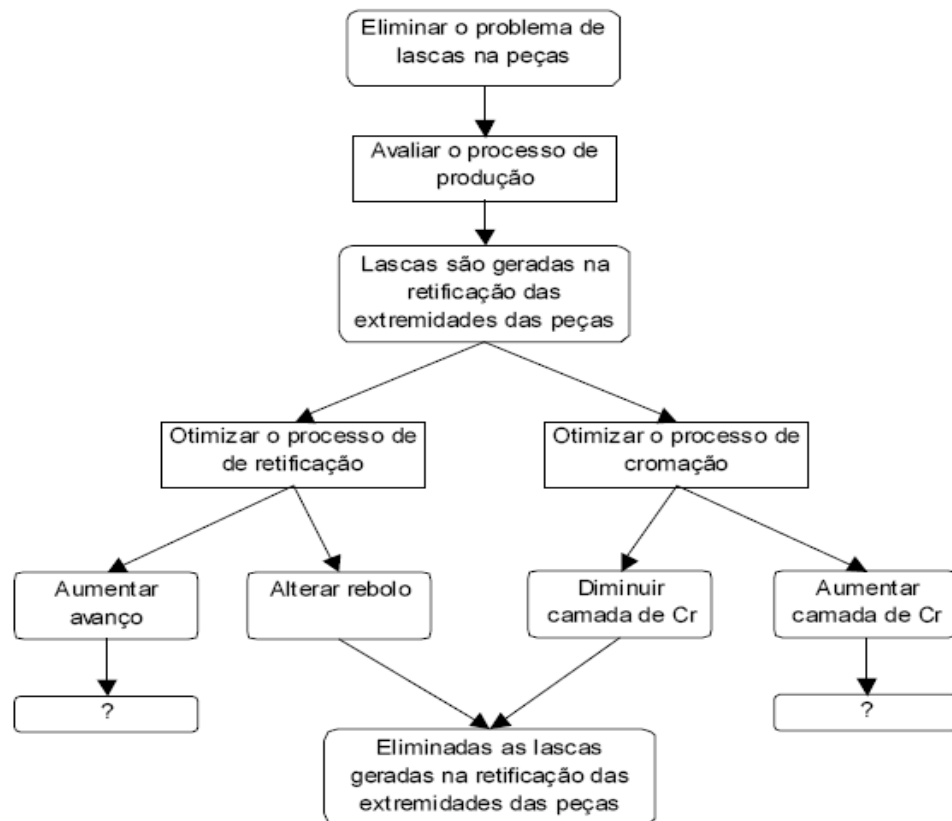
O diagrama tende a detectar situações não previstas, possibilitando abortar sua ocorrência ou, caso ela seja inevitável, listar as ações para neutralizá-la. Assim, pode-se tanto antecipar quais problemas serão derivados de uma tomada de decisão, quanto evitar sua ocorrência.

É utilizado para garantir o alcance de uma meta, pelo estudo da lógica de todas as possibilidades de ocorrência de eventos no caminho para se atingir a meta, e das soluções que podem ser adotadas, melhorando as condições de tomada de decisões e conseqüentemente, aprimorando o plano de ação (Figura 13).

O diagrama de processo decisório tem se mostrado muito útil para:

- nova tarefa ou única;
- a solução dos problemas que se apresentam complexos e de difícil execução;
- quando há interesse de realizar a padronização de atividades na área de prestação de serviços.

Figura 13 - Diagrama de Processo Decisório:



Fonte: WERKEMA, 1996.

3.2.7 Diagrama de Setas ou Flechas

Mostra o cronograma de execução das tarefas de um projeto, bem como o seu caminho crítico e como eventual atrasos afetam o tempo de execução (Figura 14).

O diagrama de setas tem se mostrado muito efetivo quando:

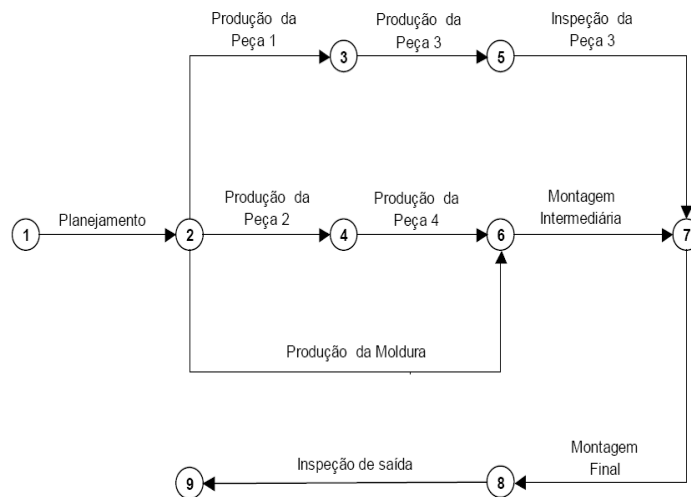
- o tempo é um fator crítico;
- é necessário negociar o tempo de duração de um projeto;
- é preciso estabelecer cuidados especiais para que o tempo de duração do projeto seja preservado.

Esta ferramenta, que em essência é o mesmo que o "gráfico-padrão de Gantt", apresenta outras denominações e empregos, como planejar ou programar uma tarefa. Para usá-lo, devem ser conhecidas a sequência e a duração das subtarefas. Costuma ser associado ao modelo PERT (*Programme Evolution and*

Review Technique), tendo o mesmo objetivo que ele, mas com ações muito mais simplificadas.

O diagrama de flechas só pode ser utilizado se todas as informações associadas à execução das atividades estão disponíveis e são compatíveis. Existem refinamentos e modificações que podem ser aplicados para melhor detalhar o diagrama ou para considerar contingências. A técnica é amplamente usada no planejamento de projeto, onde é conhecida como análise do caminho crítico (CPA - *Critical Path Analysis*).

Figura 14 - Diagrama de Setas



Fonte: COELHO, 2009.

Conforme apresentado, para cada tipo de ferramenta existe uma série de aplicações que pode ser efetuadas. Na maioria das vezes, as ferramentas são multifuncionais, ou seja, servem para identificar várias situações. Como exemplos, temos o fluxograma e o brainstorming, de muita utilidade, porque permitem gerar ideias sem que haja interrupções e críticas.

A análise de Pareto é outra ferramenta importante para que se possam focar as ações sobre as principais causas que afetam um determinado processo. Assim, a interligação que se faz é que nem todas servem para dar um resultado final. Algumas servem de passo intermediário para se chegar a um resultado posterior. Outras se utilizam de ferramentas de apoio para gerar a informação desejada.

Dessa forma, o brainstorming e a coleta de dados são base de dados para a realização do fluxograma, dos gráficos, da análise de Pareto, do histograma e do diagrama de dispersão. Além desse apoio mútuo entre ferramentas, existe uma

metodologia que busca atuar de modo a obter uma sinergia nessa aplicação, chamada de MASP.

No capítulo 4, essa metodologia será apresentada de forma a ser entendida corretamente.

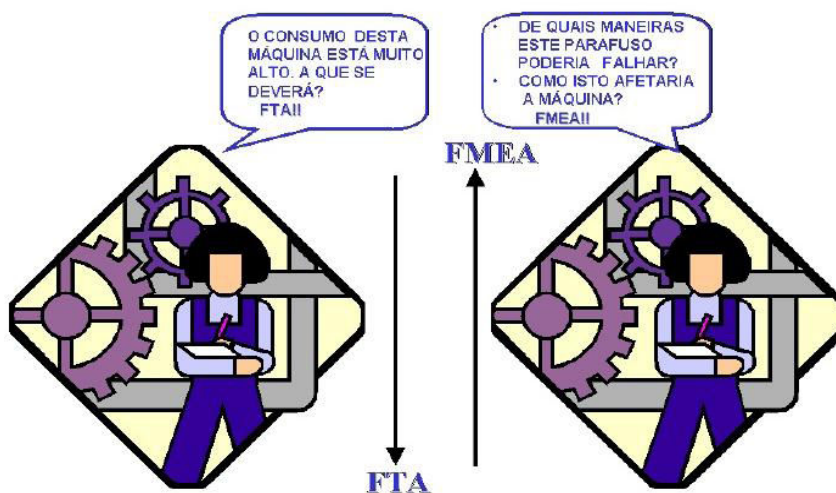
3.3 FMEA E FTA

Na crescente necessidade de aprimorar a qualidade dos serviços e a satisfação dos clientes, têm sido difundidos diversos métodos e técnicas que miram melhorar a credibilidade dos processos, ou seja, aumentar a probabilidade de um item realizar sua função sem falhas.

Em meio a essas técnicas, destacam-se o FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), que hoje é largamente empregado nas indústrias de manufatura, em grande parte devido às exigências as normas de qualidade tais como a ISO 9000 e a TS16949.

Outra técnica é a análise da árvore de falhas, o FTA (*Fault Tree Analysis*), que tem como objetivo aperfeiçoar a confiabilidade dos serviços e processos por meio da análise sistemática de possíveis falhas e suas consequências, orientando na adoção de medidas corretivas ou preventivas (Figura 15).

Figura 15 - FMEA e FTA: Dois Tipos de Raciocínio



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAeI34AI/fmea-fta>.

3.3.1 FMEA

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA , é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo.

Esse é o objetivo básico desta técnica, ou seja, detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto. Pode-se dizer que, com sua utilização, se está **diminuindo as chances** do produto ou **processo falhar**, ou seja, busca-se aumentar sua confiabilidade.

O FMEA tem a vantagem de relacionar a falha de um equipamento específico com outros equipamentos e sistema; possibilita a identificação dos diversos modos de falha de um equipamento, permitindo que a prevenção seja mais específica.

3.3.1.1 Uma proposta de implementação do FMEA

Para a empresa que tem por compromisso melhorar continuamente seus serviços ou processos, é importante o uso do FMEA como uma técnica disciplinada de identificação e ajuda na eliminação de problemas potenciais. Estudos de campanhas de campo das empresas do setor elétrico mostram um programa de FMEA totalmente implementado, atuando de forma preventiva nas falhas.

Embora seja necessário que a responsabilidade pela execução do FMEA seja delegada a um indivíduo, o FMEA é o resultado de um trabalho em equipe. Deve ser montada uma equipe de especialistas com experiência no tema a ser analisado, por exemplo, engenheiros especialistas em projeto, manufatura, montagem, manutenção, qualidade e confiabilidade.

Um dos fatores mais importantes para implementação com sucesso de um programa de FMEA é o momento oportuno de sua execução, já que deve ser uma ação "*antes do evento*", e não um exercício "*após o evento*".

O tempo gasto no início do projeto na realização correta de um FMEA, quando alterações de processo/projeto podem ser implementadas mais facilmente e com menores custos, irá amenizar as crises provocadas por alterações tardias. Um FMEA pode reduzir ou eliminar a chance de implementar uma alteração que poderá

criar um problema ainda maior. Corretamente aplicado, é um processo iterativo que nunca se acaba.

3.3.1.2 Classificação do FMEA

FMEA DE SERVIÇO: São consideradas as falhas que poderão ocorrer com o serviço dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas nos projetos ou nos processos decorrentes do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto.

FMEA DE PROCESSO: São consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

Há ainda um terceiro tipo, menos comum, que é o FMEA de procedimentos administrativos.

3.3.1.3 Aplicação do FMEA

- Assegurar que todos os modos de falhas possíveis, seus efeitos e causas sejam considerados.
- Desenvolver uma lista de falhas potenciais classificadas de acordo com seus efeitos no cliente, estabelecendo, assim, um sistema e priorização para melhorias do projeto e ensaios de desenvolvimento.
- Auxiliar na seleção de alternativas de projeto do produto/processo com alta confiabilidade e qualidade.
- Identificar itens críticos de segurança.
- Determinar quais características do produto/processo necessitam de controles adicionais.
- Proporcionar informações adicionais para ajudar no planejamento de programas de desenvolvimento e de ensaios eficientes e completos.
- Proporcionar uma forma de documentação aberta para recomendar ações de redução de risco.

- Proporcionar referências para no futuro ajudar na análise de problemas de campo, avaliando modificações no projeto e desenvolvendo projetos avançados.

3.3.2 FTA

A ferramenta FTA - Análise de Árvore de Falhas - é um método sistemático e padronizado de análise de falhas ou problemas, verificando como os mesmos ocorrem em um equipamento ou processo. É capaz de fornecer bases objetivas para funções diversas, tais como a análise dos modos comuns de falhas em sistemas e a análise do projeto do sistema, para justificar mudanças e demonstrar atendimento a requisitos (de segurança) regulamentadores e/ou contratuais. ; usualmente requer considerável volume de informações sobre o sistema.

O FTA é um processo lógico dedutivo que parte de um evento indesejado, buscando todas as combinações de “causas básicas” que podem levar à ocorrência desse evento.

É considerada uma ferramenta “top-down” (de cima pra baixo), por ser uma representação gráfica, associada ao desenvolvimento de uma falha particular do sistema (efeito), chamada de evento de topo, e às falhas básicas (causas), denominadas de eventos primários.

Evento indesejado = EVENTO TOPO
 Causas básicas = EVENTOS BÁSICOS
 Aplicável para projetos/plantas em operação
 Indica claramente os pontos fracos do Sistema

Observações:

- É interessante fazer o FMEA antes da Árvore de Falha.
- Funciona do Sistema/Fronteira/FMEA/Eventos/Árvore de Falha.

3.3.2.1 Proposta de implantação do FTA

- Estabelecimento de um método padronizado de análise de falhas ou problemas, verificando como ocorre em um equipamento ou processo.

- Análise da confiabilidade de um produto ou processo.
- Compreensão dos modos de falha de um sistema de maneira dedutiva.
- Priorização das ações corretivas que serão tomadas.
- Análise e projeto de sistemas de segurança ou sistemas alternativos.
- Compilação de informações para manutenção de sistemas alternativos de procedimentos de manutenção.
- Indicação clara e precisa de componentes mais críticos ou condições críticas de operação.
- Compilação de informações par treinamento na operação de equipamentos.
- Compilação de informações para planejamento de testes e inspeção.
- Simplificação e otimização de equipamentos.

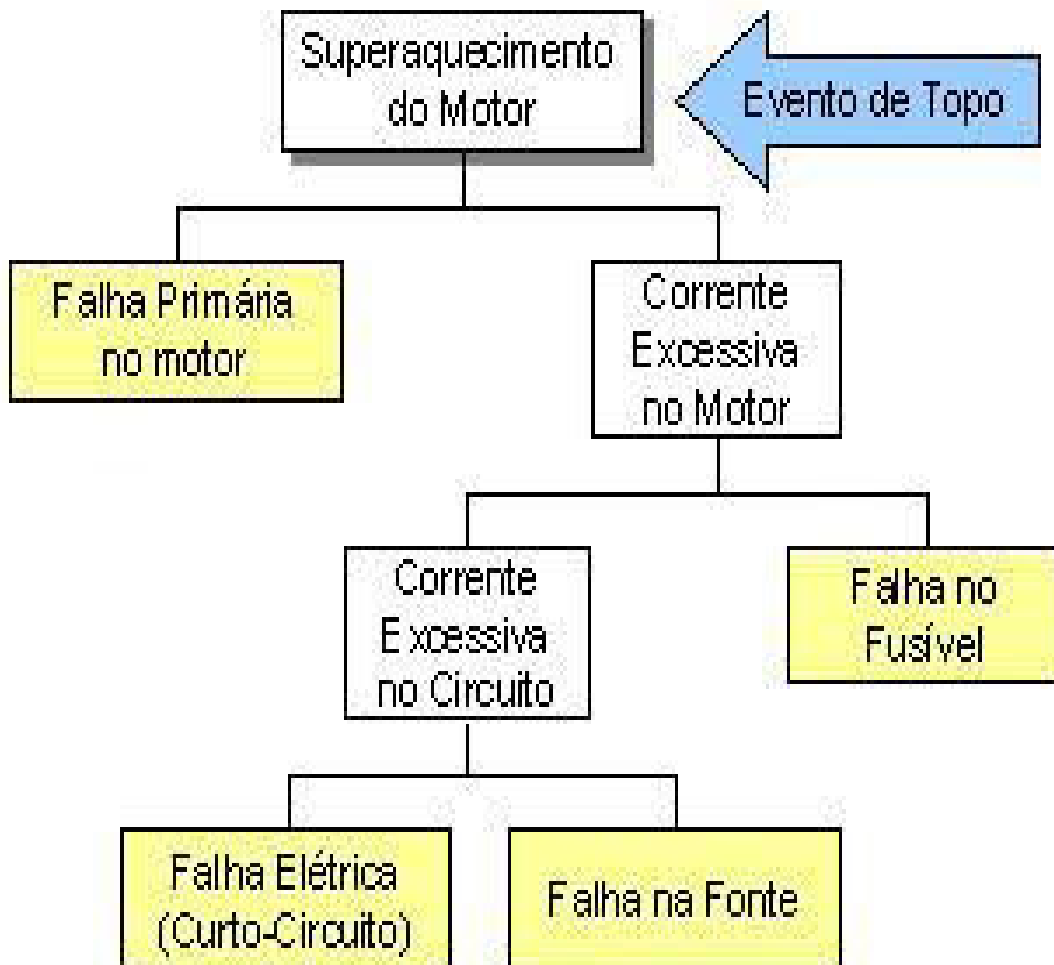
3.3.3 A Elaboração do Diagrama

O diagrama do FTA exhibe o relacionamento hierárquico entre os modos de falhas identificados no FMEA. O processo de elaboração do diagrama tem início com a percepção ou previsão de uma falha e, em seguida, é dividido e detalhado até as ocorrências mais simples, conforme Figura 16. Desta forma, a análise da árvore de falhas é uma técnica “top-down”, pois inicia de acontecimentos gerais, desdobrados em eventos mais específicos.

O exemplo da Figura 16 mostra um diagrama FTA aplicado a uma falha em um motor de elétrico. O acontecimento inicial, que pode ser uma falha observada ou prevista, é chamado de ocorrência de topo, e está indicado pela seta azul.

A partir dessa ocorrência, são detalhadas outras falhas, até chegar a acontecimentos básicos que estabelecem o limite de resolução do diagrama. As falhas mostradas em amarelo compõem o limite de resolução deste diagrama.

Figura 16 - Levantamento das Causas

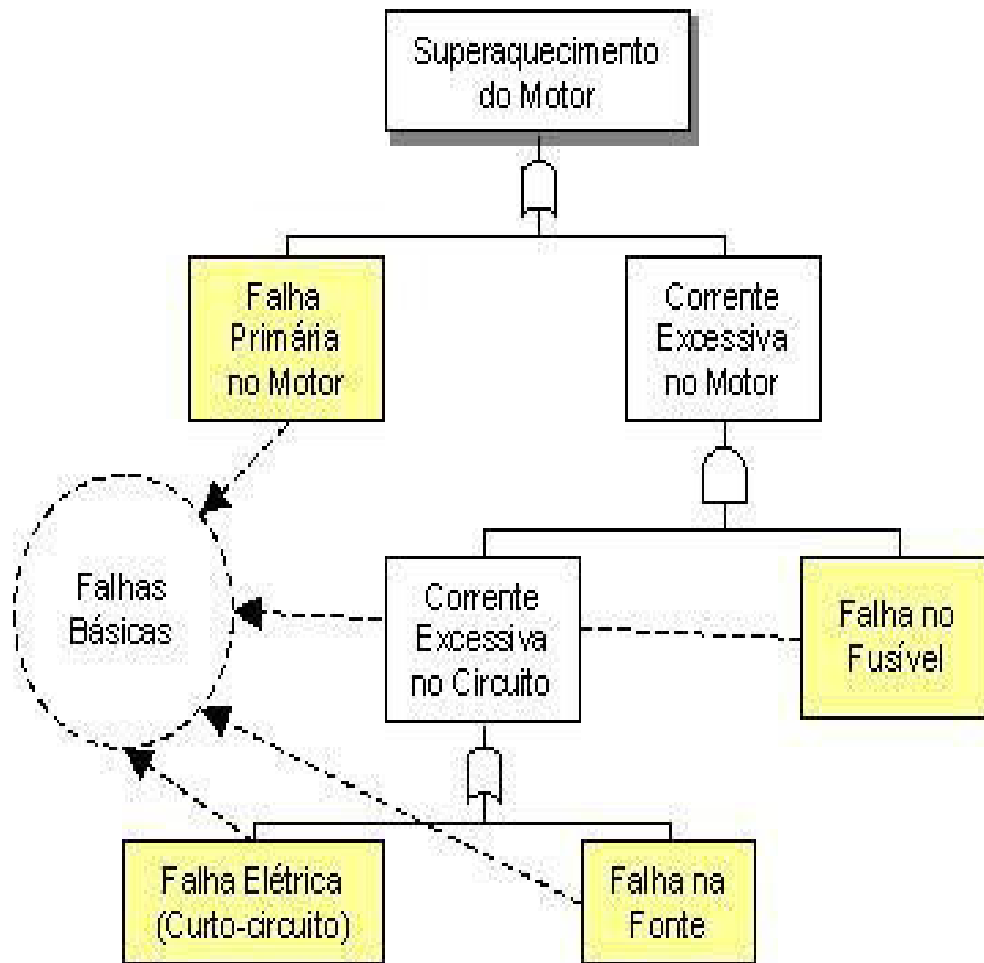


Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível adicionar ao diagrama elementos lógicos, tais como “E” e “OU”, para melhor caracterizar os relacionamentos entre as falhas. Dessa forma é possível utilizar o diagrama para estimar a probabilidade de uma falha acontecer a partir de eventos mais específicos.

O exemplo na Figura 17 mostra uma árvore aplicada ao problema de superaquecimento em um motor elétrico, utilizando elementos lógicos.

Figura 17 - Diagrama Lógico FTA



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.4 Comparação entre FTA e FMEA

Apesar da semelhança entre as duas técnicas, no que se refere à finalidade, existem várias diferenças entre elas quanto à aplicação e ao procedimento de análise. A Tabela 5 compara as duas técnicas, apresentando suas principais diferenças.

Tabela 5 - Comparação FTA e FMEA

	FTA	FMEA
Objetivo	Identificação das causas primárias das falhas	Identificação das falhas críticas em cada componente, suas causas e conseqüências
	Elaboração de uma relação lógica entre falhas primárias e falha final do produto	Hierarquizar as falhas
Procedimento	Identificação da falha que é detectada pelo usuário do produto	Análise dos falhas em potencial de todos os elementos do sistema, e previsão das conseqüências
	Relacionar essa falha com falhas intermediárias e eventos mais básicos por meio de símbolos lógicos	Relação de ações corretivas (ou preventivas) a serem tomadas
Aplicação	Melhor método para análise individual de uma falha específica	Pode ser utilizado na análise de falhas simultâneas ou correlacionadas
	O enfoque é dado à falha final do sistema	Todos os componentes do sistema são passíveis de análise

Fonte: Elaborada pelo autor.

O FMEA é um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados. Uma das finalidades é manter a memória técnica dos equipamentos. Resumindo, o FMEA é uma ferramenta PREVENTIVA, já o FTA é uma ferramenta CORRETIVA (com alguma semelhança com a ferramenta dos 5 porquês). O FMECA é uma ferramenta que ajuda a mapear e priorizar as quebras crônicas e potenciais de um equipamento (essa ferramenta permite aprimorar o programa de manutenção preventiva).

CAPÍTULO IV

4 MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

As ciências se caracterizam pela utilização de métodos científicos, e encontramos vários conceitos de método, conforme Lakatos (1991).

Método é o “caminho pelo qual se chega a determinado resultado, ainda que esse caminho não tenha sido fixado de antemão de modo refletido e deliberado”. (HGENBERG, 1976).

“Método é a forma de proceder ao longo de um caminho. Na ciência, os métodos constituem os instrumentos básicos que ordenam de início os pensamentos em sistemas, traçam de modo ordenado a forma de proceder do cientista ao longo de um percurso para alcançar um objetivo.” (TRUJILLO, 1982).

“Método é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir fim dado (...) é o caminho a seguir para chegar à verdade nas ciências.” (JOLIVET, 1979).

O MASP é uma ferramenta sistêmica de abordar situações que podem exigir tomada de decisão em face de uma situação insatisfatória, um desvio do padrão de desempenho esperado ou de um objetivo estabelecido, reconhecendo a necessidade de correção, seguindo alternativas de ação. Essas situações são tratadas utilizando-se ferramentas da qualidade de uma maneira sequencial e padronizada, com o ciclo de definição, análise de melhoria, padronização e controle do problema. (ARIOLI, 1998).

A finalidade do MASP é resolver problemas, obtendo resultados em curto prazo, no qual o trabalho em equipe é fundamental para o sucesso do método (Figura 18).

Figura 18 - Fases de Implementação do MASP

1. Identificação do problema: Definir claramente o problema e reconhecer sua importância;
2. Observação: Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista;
3. Análise: Descobrir as causas fundamentais;
4. Plano de Ação: Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais;
5. Execução: Bloquear as causas fundamentais;
6. Verificação: Verificar se o bloqueio foi efetivo;
7. Padronização: Evitar o reaparecimento do problema;
8. Conclusão: Recapitular todo o processo de solução do problema, registrando-o para aproveitamento em trabalhos futuros.

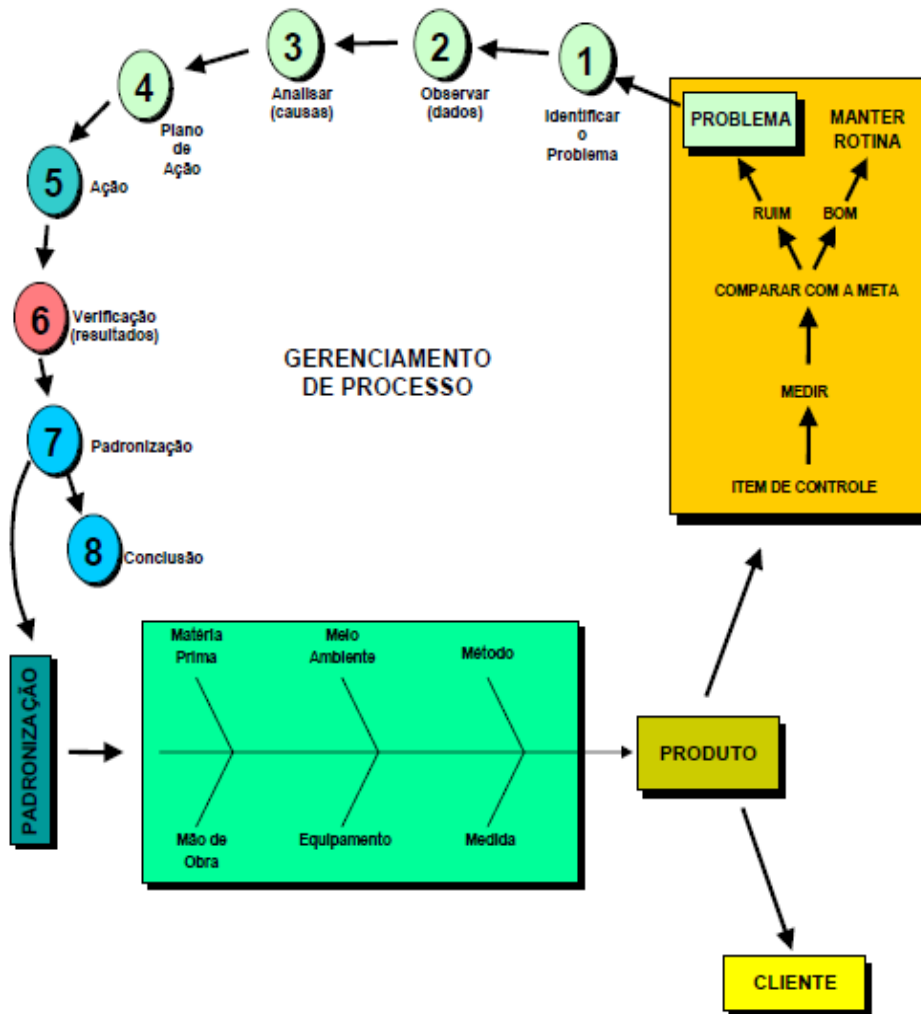
Fonte: CAMPOS, 1992.

Solução de problemas é um procedimento (padrão) uniforme, através do quais as reais causas dos problemas são reconhecidas e eliminadas de forma duradoura. Cada desvio deve ser por definição, um problema.

As vantagens da utilização do MASP:

- Todos os funcionários atingidos são envolvidos, já que é um método padronizado para todos os funcionários poderem realizar suas atividades, conforme planejado (Figura 19).
- A atualização transmite segurança e sentimento de certeza de que todos os problemas são solucionados de forma duradoura.
- O tempo de reação entre a detecção do problema e sua solução é menor.
- A visualização e a documentação são transparentes.
- As responsabilidades são claras e inequívocas.
- A prevenção de desperdícios, refugo e retrabalho, reduz custos.

Figura 19 - Círculo do Fluxo do MASP:



Fonte: CERQUEIRA,1997.

4.1 MASP COM FERRAMENTA ESTRATÉGICA NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A partir do momento em que se têm as definições de qualidade, manutenção e ferramentas para análise e solução de problemas, já é possível iniciar um estudo mais elaborado da metodologia que envolve todos esses conceitos.

A metodologia baseia-se na obtenção de dados que justifiquem ou comprovem teorias ou hipóteses previamente levantadas. Pela utilização de algumas das ferramentas tratadas nos capítulos anteriores, busca-se identificar as causas que possam estar relacionadas ao problema em estudo.

A identificação do problema pode ocorrer em qualquer departamento da empresa e não necessariamente por uma pessoa especializada no assunto

qualidade. Mas, a auditoria da qualidade tem a função de evidenciar essas oportunidades. Para cada problema identificado e priorizado, em função de riscos, custos e benefícios para o negócio, pode ser estabelecido um projeto de análise e solução.

Para atender a projetos, priorizando-se sua importância para os objetivos do negócio, utiliza-se o MASP.

O método de solução de problemas é uma peça fundamental para que o controle da qualidade possa ser exercido. Como controle da qualidade via PDCA, é o modelo gerencial para todas as pessoas da empresa. Esse método de solução de problemas deve ser dominado por todos, que precisamos ser exímios solucionadores de problemas. O domínio deste método é muito importante para gestão da manutenção justo ao TPM.

4.2 OS ATORES DO MASP

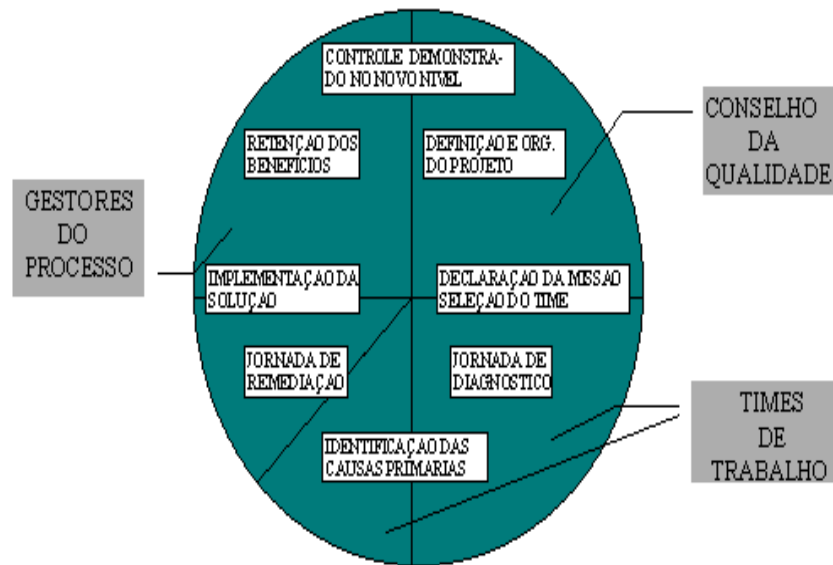
Na aplicação do MASP, três atores da Organização para Qualidade têm papel relevante (CERQUEIRA, 1997, p. 26-27):

- os Conselhos da Qualidade;
- os Times ou Equipes de Trabalho;
- os Gestores de Processos.

Cada ator interfere em fases distintas do método e é responsável por um tipo diferente de mudança de paradigma, visando evoluir em relação ao estado atual da organização.

O ciclo apresentado na Figura 20, idealizado pelo Instituto Juran, ajuda a visualizar a ação dos atores do MASP.

Figura 20 - O Ciclo do MASP



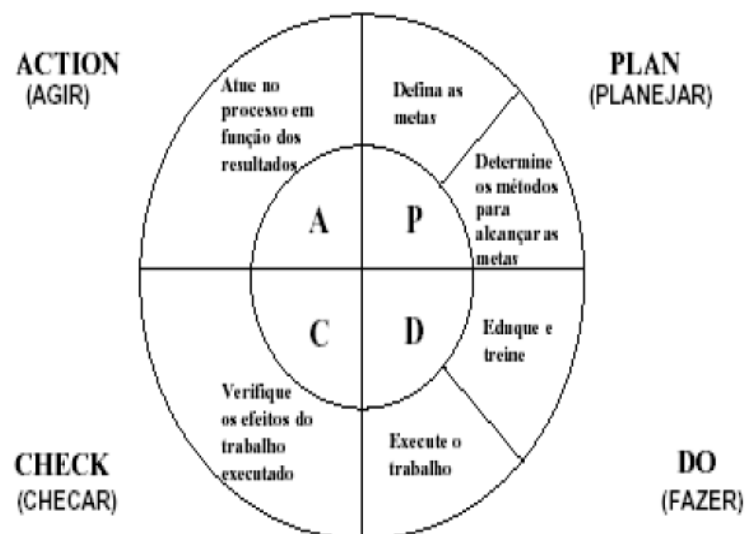
Fonte: INSTITUTO JURAN.

4.3 FERRAMENTAS X PDCA

O ciclo do PDCA (Figura 21) é utilizado para controlar o processo, com as funções básicas de planejar, executar, verificar e atuar corretamente. Para cada uma dessas funções, existe uma série de atividades que devem ser realizadas.

O uso das ferramentas nessas atividades tem o objetivo de facilitar a execução das funções, além de dar agilidade e evitar perda de tempo.

Figura 21 - Ciclo do PDCA



Fonte: INSTITUTO JURAN.

Cada letra do ciclo corresponde a um termo do vocabulário americano, que se traduz da seguinte forma:

Plan = Planejar; Do = Executar; Check = Verificar/Controlar; Act = Agir

Como se verifica na Figura 22, existe um sentido a ser obedecido, que vai do "P" ao "A".

Figura 22 - Definições das Fases do PDCA:

PDCA	FASE	OBJETIVO
P	1. Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer a sua importância
	2. Descrição do problema	Investigar as características do problema e descrevê-lo de forma mais específica
	3. Análise das causas do problema	Descobrir as causas fundamentais
	4. Elaboração do plano de ação	Elaborar um plano para bloquear as causas fundamentais
D	5. Implantação do plano de ação	Bloquear as causas fundamentais
C	6. Verificação da eficácia das ações corretivas	Verificar se o bloqueio foi efetivo
A	7. Padronização da solução	Prevenir contra o reaparecimento do problema
	8. Registros das informações	Registrar no formulário, para trabalhos futuros, o resumo das atividades juntamente com toda a documentação

Fonte: INSTITUTO JURAN.

Correlacionando cada uma dessas etapas e as ferramentas apresentadas no capítulo 3, forma-se a Tabela 6.

Nesta tabela, aparece cada uma das etapas do PDCA, as oito ferramentas mais comumente utilizadas na análise e solução de problemas. Por essa representação, tem-se visualização de que algumas ferramentas podem ser usadas em mais de uma etapa. Assim, para Oliveira (1996), duas apresentações desta correlação poderiam ser:

Tabela 6 - Relação entre as Ferramentas e o Ciclo do PDCA

ETAPAS DO CICLO DO PDCA → FERRAMENTAS DA QUALIDADE ↓	P	D	C	A
1 – Fluxograma	X			X
2 – Brainstorming	X			M
3 - Causa-Efeito	X			X
4 - Coleta de Dados	X	X	X	M
5 – Gráficos	M		M	X
6 - Análise de Pareto	X			X
7 – Histograma		M	X	X
8 - Gráfico de Dispersão	M			X

Legenda: X - Aplicação frequente
M - Aplicação eventual

Fonte: OLIVEIRA, 1996.

4.4 OS ELEMENTOS PARA SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS

Na utilização do MASP, determinados elementos são de extrema relevância, porque contribuem para efetividade do processo. São eles:

- os dados e as informações;
- as ferramentas;
- o método estruturado;
- o trabalho em equipe.

4.4.1 Os Dados e as Informações

Os dados devem ser coletados, analisados, grupados, estratificados, de maneira a se constituírem em informação. A informação é sempre o resultado de uma análise de dados. As observações dos times ou equipes devem recair sobre dados relacionados ao tempo, local e ao tipo de sintoma.

A pesquisa e a coleta de dados históricos devem anteceder a qualquer outra coleta, desde que sejam confiáveis e demonstrem não serem tendenciosos. É, em geral, a partir desses dados que os caminhos de análise e solução dos problemas são priorizados.

4.4.2 As Ferramentas

As Ferramentas da Qualidade são elementos fundamentais no MASP. As equipes devem estar habilitadas para sua utilização. Quando isto não ocorre, cabe ao líder buscar, junto ao facilitador, os meios para prover os treinamentos que habilitem os membros de sua equipe a utilizarem as ferramentas da forma certa.

A efetividade das equipes implica eficiência e eficácia. Se houver necessidade, a equipe pode lançar mão de consultores e especialistas na utilização de ferramentas e técnicas especiais.

4.4.3 O Método Estruturado

A forma de utilização do MASP é outra variável importante para efetividade dos times nos projetos de melhoria. A utilização do raciocínio lógico e natural deve ser feita de forma estruturada, com muita disciplina. Não devem ser queimadas etapas.

Sem a utilização de métodos estruturados, as equipes podem fracassar na coleta e na análise dos dados, na busca de informações ou na formulação de teorias, prejudicando e complicando o atendimento da missão recebida.

4.4.4 O Trabalho em Equipe

Além das habilidades na utilização das ferramentas, os membros das equipes devem estar preparados para trabalhar em grupo e lidar com as diferenças de ponto de vista. Há que se buscar sinergia, comunicação e muita disciplina, sem prejudicar o nível de participação e envolvimento das pessoas com a missão recebida.

Em algumas organizações, grupos são designados para cumprir missões em projetos de melhoria e não habilitam seus membros para atuarem, como equipe, na utilização estruturada do MASP. Como consequência, as equipes, apesar de comprometidas com a missão, levantam dados, formulam hipóteses e não sabem o que fazer com eles. Muitas vezes, começam a tomar ações antes de completar o ciclo de análise e solução mascarando os efeitos.

Outro erro comum é o imediatismo da solução sem a análise criteriosa dos dados. As pessoas menos avisadas para necessidade de base factual tomam ações

baseadas em inferências não comprovadas, e tiram conclusões precoces ao verem os primeiros dados.

Em muitas ocasiões, nem conhecem o processo no qual o problema está ocorrendo, e já tomam ações baseadas em sentimentos ou opiniões. Outras vezes, precipitam-se em agir de forma preventiva, evitando que o problema volte a surgir, sem levar em conta a relação custo-benefício da ação.

O método estruturado aplicado com disciplina e paciência, a habilitação para trabalhar em equipe e a utilização efetiva de ferramentas, dados e informações, são elementos fundamentais para solução efetiva de problemas.

4.5 A Sequência do MASP

Segundo Pires (2000, p. 150), o MASP (para ele, MIASP, incluindo a letra I, de Identificação), é um método bastante simples, utilizado em empresas com uma elevada maturidade na solução de problemas, quando enfrentam situações complexas.

Na Figura 23, ele apresenta uma sequência de oito passos, cada qual com seus respectivos objetivos específicos a serem seguidos, para que se obtenha a solução dos problemas.

Figura 23 - Etapas do MIASP

MIASP	
ETAPAS	OBJETIVOS
1. Identificação do Problema	Definição clara do problema (fatos e dados)
2. Observação	Especificar o Problema
3. Análise	Descobrir a causa fundamental
4. Plano de Ação	Planejar a eliminação da causa fundamental
5. Ação	Bloquear a causa fundamental
6. Verificação	Verificar se a solução teve resultado
7. Padronização	Garantir que a causa não volte a incidir
8. Conclusão	Considerações para outros trabalhos e generalizações para outros processos

Para cada uma das etapas apresentadas na Figura 23, existe uma série de tarefas que devem ser cumpridas, quando da execução do MASP. Dessa forma, será feita uma identificação dessas atividades, bem como das ferramentas apropriadas a cada uma delas, baseado no método utilizado por Falconi Campos (1992, p. 212-218).

4.5.1 Etapa 1 - IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Tarefas:

- Escolher o problema. É a tarefa mais importante, pois 50% dos problemas se resolvem com a correta identificação do mesmo.
- Levantar o histórico do problema, identificando a frequência e como o mesmo ocorre.
- Mostrar as perdas atuais e ganhos viáveis, utilizando-se um histograma, por exemplo.
- Fazer a análise de Pareto, priorizando temas e estabelecendo metas numéricas viáveis. Nessa tarefa, devem-se buscar somente os resultados indesejáveis. A causa faz parte da Etapa 3.
- Nomear a pessoa responsável ou nomear o grupo responsável e o líder, propondo uma data limite para ter o problema solucionado.

4.5.2 Etapa 2 - OBSERVAÇÃO

Tarefas:

- Descobrir as características por meio de coleta de dados. O problema deve ser observado sob vários pontos de vista: tempo, local, tipo, sintoma e indivíduo.
- Coletar opiniões e utilizar o gráfico de Pareto com as perguntas do "5W2H" (O que, quem, quando, onde, por que, como e quanto) para coletar os dados.
- Descobrir as características do problema pela observação no local.
- Estimar um cronograma para referência, atualizado em cada processo.
- Estimar um orçamento e definir uma meta a ser atingida.

4.5.3 Etapa 3 - ANÁLISE

Tarefas:

- Definir as causas influentes, utilizando o brainstorming para colher o maior número possível de causas, a fim de construir o diagrama de causa-efeito.
- Escolher as causas mais prováveis, baseada nas informações colhidas na Etapa 2 (Observação),
- Fazer a verificação de hipóteses, confrontando dados e opiniões utilizando Pareto, para priorizar, Histograma, para avaliar a dispersão, e Gráficos, para verificar a evolução.
- Fazer o teste de consistência da causa fundamental e verificar a possibilidade de bloqueio. Se for impossível, pode ser que a causa determinada ainda não seja a causa fundamental, mas um efeito dela,
- Em decorrência da tarefa anterior, deve-se transformar a causa em um novo problema e perguntar novamente o porquê, voltando ao início do fluxo do processo.

4.5.4. Etapa 4 - PLANO DE AÇÃO

Tarefas:

- Elaborar a estratégia de ação, certificando-se de que as ações serão tomadas sobre as causas fundamentais e não sobre seus efeitos.
- Elaborar o Plano de Ação para o bloqueio e revisar o cronograma e o orçamento final pelo 5W2H.
- Determinar a meta a ser atingida e os itens de controle e verificação dos diversos níveis envolvidos.

4.5.5. Etapa 5 - AÇÃO

Tarefas:

- Divulgar o plano a todos os envolvidos.
- Apresentar claramente as tarefas e a razão delas.

- Certificar-se de que todos entenderam e concordaram com as medidas propostas.
- Executar a ação, registrando todos os resultados bons ou ruins e a data em que foram tomados.

4.5.6 Etapa 6 - VERIFICAÇÃO

Tarefas:

- Comparar os resultados, utilizando os dados coletados antes e após a ação de bloqueio para verificar a efetividade da ação e o grau de redução dos resultados indesejáveis.
- Fazer uma listagem dos efeitos secundários.
- Verificar a continuidade ou não do problema. Se os efeitos continuarem a ocorrer, significa que a solução apresentada foi falha.
- Verificar se o bloqueio foi efetivo. Se a solução foi falha, retornar à Etapa 2 (Observação).

4.5.7 Etapa 7 - PADRONIZAÇÃO

Tarefas:

- Estabelecer o novo procedimento operacional ou rever o antigo pelo 5W2H.
- Incorporar sempre que possível um mecanismo *fool-proof* ou à prova de erros (infallível).
- Fazer a comunicação de modo a evitar possíveis confusões: estabelecer data de início da nova sistemática, quais as áreas que serão afetadas para que a aplicação do padrão ocorra em todos os locais necessários ao mesmo tempo e por todos os envolvidos.
- Efetuar a educação e o treinamento, certificando-se de que todos os funcionários estão aptos a executar o procedimento operacional padrão.
- Fazer um acompanhamento periódico da utilização do padrão.

4.5.8 Etapa 8 - CONCLUSÃO

Tarefas:

- Relacionar os problemas remanescentes e também os resultados acima do esperado (são indicadores importantes para aumentar a eficácia nos futuros trabalhos).
- Reavaliar os itens pendentes, organizando-os para uma futura aplicação do MASP.
- Analisar as etapas executadas do MASP, nos seguintes aspectos:
 1. Cronograma: Houve atrasos significativos ou prazos folgados demais? Quais os motivos?
 2. Elaboração do diagrama causa-efeito: Foi superficial? (Isto dará uma medida de maturidade da equipe envolvida. Quanto mais completo o diagrama, mais habilidosa a equipe).
 3. Houve participação dos membros? O grupo era o melhor para solucionar aquele problema?
 4. As reuniões eram produtivas? O que melhorar?
 5. As reuniões ocorreram sem problemas (faltas, brigas, imposições de ideias)?
 6. A distribuição de tarefas foi bem realizada?
 7. O grupo ganhou conhecimentos?
 8. O grupo melhorou a técnica de solução de problemas, usou todas as técnicas?
- Refletir cuidadosamente sobre as próprias atividades da solução de problemas.

Como as etapas apresentadas são colocadas de modo sequencial, é importante que sejam obedecidas as tarefas citada. Fazendo isso, existe uma maior probabilidade de que o problema tenha sua causa corretamente identificada, bloqueada e corrigida.

No tocante aos problemas de desempenho, de custo e de ciclo de tempo nos processos das organizações, existem problemas que não têm fácil solução e que extrapolam muitas vezes o "estado da arte" e conhecimentos do "time" em ação.

Às vezes, requerem pesquisas mais profundas com a utilização de técnicas e ferramentas mais sofisticadas, ou o concurso de consultores e especialistas. Outras vezes, requerem mudanças radicais ou reengenharia nos processos para que possam ser eliminados.

A seguir, apresentam-se duas sequências de MASP.

Tabela 7 - Comparação de Sequências de MASP

SEQUÊNCIA DO INSTITUTO JURAN	SEQUÊNCIA DE HISTOSHI KUME QC STORY
1. DEFINIR e organizar o projeto.	1. PROBLEMA - identificar o problema.
2. DIAGNOSTICAR as causas	2. OBSERVAÇÃO - apreciar as características do problema. 3. ANÁLISE - determinar as causas principais.
3. REMEDIAR o problema.	4. AÇÃO - agir para eliminar as causas. 5. VERIFICAÇÃO - confirmar a eficácia da ação.
4. RETER os benefícios.	6. PADRONIZAÇÃO - eliminar definitivamente as causas. 7. CONCLUSÃO - recapitular as atividades desenvolvidas e planejar para o futuro.

Fonte: CERQUEIRA, 1997.

Fazendo-se uma comparação das etapas do processo de solução de problemas (Tabela 6), com as ferramentas abordadas, ter-se-á (Tabela 8):

Tabela 8 - Relação entre Ferramentas e o MASP

ETAPAS P/ SOLUÇÃO DE PROBLEMAS → FERRAMENTAS DA QUALIDADE↓	1	2	3	4	5	6	7	8
1 – Fluxograma	X	X	M	X	X			M
2 – Brainstorming	X			X	X	M	M	
3 – Causa – Efeito		M		X	X	M	M	
4 - Coleta de Dados	X	X		M	M			X
5 – Gráficos	M		M			X	X	X
6 - Análises de Pareto	X		M	X	X	X	X	
7 – Histograma		X	X			X	X	M
8 - Gráfico de Dispersão		M	X	X	X			

Legenda: X - Aplicação frequente

M - Aplicação eventual

Fonte: OLIVEIRA, 1996.

Além da adequada metodologia, é imprescindível que os profissionais tenham sólidos conhecimentos sobre a finalidade e os métodos adotados em cada ferramenta, para que delas façam uso com maior efetividade, possibilitando aplicações criativas, inclusive através de novas combinações e modificações.

4.6 TIPOS DE PROBLEMAS

Problemas crônicos são aqueles que uma vez solucionados melhoram a condição de operação e processo, tornando-o mais robusto, isto é, menos sujeito às alterações de padrões dos fatores de operacionalidade ou melhorando o resultado final (menor oferta de defeitos, menor variação, etc.).

Após a resolução de um problema crônico se estabelece um novo e melhor padrão de resultado, quando comparado à condição anterior. Os problemas crônicos podem ser causados por não observância sistemática de alguns padrões estabelecidos, padrões mal definidos das manutenções, ou melhor, com potencial para definição que resulta em melhor resultado final, ou, ainda, por má manutenção.

4.6.1 Problemas Crônicos

Os problemas crônicos podem ser:

Problemas repetitivos, já conhecidos e, até então, nunca tratados.

- Exemplo: Peças com posição deslocada de um furo são fabricadas de vez em quando, há muito tempo; da mesma forma, peças que não se encaixam, danificadas, amassadas, ou fora do padrão de cores.
- Definição: Alteração repentina no padrão de resultado identificado pelo próprio grupo ou identificado pelo cliente; ou ainda, dificuldade repentina ou interrupção das ações de processamento exigindo esforços adicionais para a sua realização.
- Problemas repetitivos, que o histórico indica que já foram tratados por diversas vezes, mas que voltam a reincidir, demonstrando assim a ineficácia das ações implantadas.

Problemas bons (oportunidades) ocorrem quando a meta é superar uma situação atual que está boa, mas que pode ser melhorada, porque:

- outra área da mesma empresa atingiu melhores resultados;
- um concorrente atingiu melhores resultados;
- outra empresa, de um ramo de atividades diferente, atingiu melhores resultados.

Existem problemas que chamamos de problemas do dia a dia, para os quais utilizamos o ciclo PDCA Rápido. Sabemos, no entanto, que diariamente nos deparamos com problemas que aparecem inesperadamente e tiram o processo da sua condição normal de operação. Uma vez removidos, permitem ao processo retornar às mesmas condições anteriores. A estes problemas chamamos de “Não conformidades do dia a dia” e normalmente suas soluções podem ser obtidas por pessoas envolvidas com o processo (Operadores, Mantenedores e Líderes, que têm conhecimento e recursos para resolvê-los).

4.6.2 Método de Análise

Na Tabela 9, a seguir, um resumo do Método de Análise.

Tabela 9 - Tipos de Problemas

PROBLEMAS CRÔNICOS					PROBLEMAS DO DIA A DIA		
ETAPA	OBJETIVO	O QUE FAZER	COMO FAZER	FERRAMENTAS UTILIZADAS	O QUE FAZER	COMO FAZER	FERRAMENTAS UTILIZADAS
1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA (P)	IDENTIFICAR O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA	1.1. IDENTIFIQUE O PROBLEMAS CRÔNICOS	*ANALISE HISTÓRICA;	INDICADORES	1.1 IDENTIFIQUE AS RNC DO DIA A DIA	IDENTIFICAR O PROBLEMA OFENSORES DOS INDICADORES	REUNIÃO DO CENTRO DE PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO
		1.2. LEVANTE INFORMAÇÕES	*PROBLEMA REPETIVO QUE NUNCA FOI	GRÁFICOS		AÇÃO DE CONTENÇÃO	METODO DO 3 GEN'S
		1.3. DETERMINE OS ITENS DE CONTROLES	* PROBLEMA JÁ TRATADO PORÉM REINCIDENTE	MÉTODOS 3 GEN'S		SE NECESSÁRIO REGISTRO DOS ITENS DE CONTROLE	MATRIZ DE GUT.
		1.4. ESTABELEÇA UMA META	* MÉTODOS DOS 3 GEN'S; 5W1H	5W1H			
		1.5. PROMOVA A GESTÃO A VISTA	GEN'S; 5W1H FUNÇÃO DO OBJETIVO ESTRATEGICO	ESTRATIFICAÇÃO			
2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA EM VARIOS PONTO DE VISTA	INVESTIGAR AS CARACTERISTICAS DO PROBLEMA	2.1 DEFINA O PROBLEMA	ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS HISTÓRICOS	ESTRATIFICAÇÃO	2.1 DEFINA O PROBLEMA	LEVANTAMENTO DAS NOTAS NO SAP-R3	LISTA DE VERIFICAÇÃO
		2.2 RELACIONE AS CAUSAS	PRIORIZAÇÃO DE DADOS IMPORTANTES	GRÁFICO DE PARETO	LEVANTAMENTO DOS C.A. EM CAMPO	REUNIÃO DO CENTRO DE PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO	
3. ANÁLISE DAS CAUSAS DO PROBLEMA (P)	DESCOBRIR A CAUSA RAIZ	3.1 LISTE CAUSA POTENCIAL	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	3.1 LISTA AS CAUSAS RAIZES	LISTA AS CAUSAS MAIS PROVÁVEIS	METODO DE POR POR
		3.2 SELECIONE AS CAUSAS PROVÁVEIS	EVIDENCIAR AS CAUSAS MAIS PROVÁVEIS	CRITERIO DE PRIORIZAÇÃO		TESTE E EXPERIÊNCIAS	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO
		3.3 ANALISE AS CAUSAS PROVÁVEIS	TESTES DE HIPOTHESES	PARETO; HISTOGRAMA;		SELECIONA A CAUSA RAIZ	
4. ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO (P)	ELABORAR PLANO DE AÇÃO PARA BLOQUEAR AS CAUSAS PRINCIPAIS	4.1 LISTE SOLUÇÕES POSSÍVEIS PARA ADEQUADA	UTILIZAR A EXPERIÊNCIAS ANTERIORES	BRAINSTOMING	4.1 PRIORIZAR TODAS AS SOLUÇÕES POSSÍVEIS EMERGENTES	LISTA E USAR O CONHECIMENTO ADQUIRIDO	BRAINSTOMING
		4.2 SOLUÇÕES	SOLUÇÕES COM BASE NA META	MATRIZ DE DECISÃO OU GUT	4.2 SOLUÇÕES	DIFICULDA DE IMPLANTAÇÃO	3W
		4.3 MONTA PLANO DE AÇÃO PARA CADA CAUSA TÉCNICA	VIABILIDADE	5W1H	4.3 CRIAR UM PLANO DE AÇÃO PARA CADA SOLUÇÃO	DEFINIR O QUE SERÁ FEITO	5W1H
5. IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO (D)	BLOQUEAR AS CAUSAS PRINCIPAIS	5.1 ELABORE CRONOGRAMA DE AÇÃO	ENVOLVA OS PARTICIPANTES	PALESTRAS	5.1 IMPLANTE E MONITORE	ACOMPANHAR REGULAMENTO AS TAREFAS	REUNIÃO DE RESULTADOS
		5.2 TREINE OS ENVOLVIDOS	DEMONSTE OS GANHOS	REUNIÃO DO CPD			
		5.3 IMPLANTE AS AÇÕES	ACOMPANHE O DESENVOLVIMENTO DAS AÇÕES	INDICADORES DE DISPONIBILIDADE			
6. VERIFICAÇÃO DA AÇÃO CORRETIVA (C)	VERIFICAR SE BLOQUEIO FOI EFETIVO	6.1 COMPARAR O ANTE E O DEPOIS	COMPARAR ITENS DE CONTROLE A E META	IRPM E IRPL	6.1 COMPARAR RESULTADOS COM A META	ANALISAR OS ITENS DE CONTROLE	DIS-E E DIS-L
		7.1 REPLIQUE O CONHECIMENTO	TREINAMENTOS E PALESTRAS	UCEL	7.1 CRIE FOLHAS DE INSTRUÇÕES	VERIFICAR SE JÁ EXISTE DOCUMENTO SIMILAR	GRUPO DE NORMALIZAÇÃO DA ELN
7. PADRONIZAÇÃO DA SOLUÇÃO (A)	PREVENÇÃO CONTRA RETRABALHO	7.2 PRADONIZE A INSTRUÇÃO	MANTE O POSTO DE PADRÃO ATUALIZADO	GRUPO DE NORMALIZAÇÃO DA ELN			

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.6.3 Responsabilidade (Controle do processo/melhoria do processo)

A Tabela 10 propõe ferramentas da qualidade para soluções dos problemas.

Tabela 10 - Ferramenta X Problemas

TIPO DE PROBLEMA	RESPONSABILIDADE	MÉTODO DE ANÁLISE	FERRAMENTA UTILIZADA
Não conformidade do dia a dia	líder - monitor - operador	PDCA (Rápido)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Métodos dos porquês. ✓ Diagrama de causa e efeito. ✓ Brainstorming.
Problema crônico	Líder - monitor - operador: definir uma equipe multifuncional	PDCA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Métodos dos porquês. ✓ Diagrama de causa e efeito. ✓ Brainstorming. ✓ 5W2H. ✓ Indicadores. ✓ Pareto. ✓ Critério de priorização. ✓ Diagrama de avaliação. ✓ Estratificação. ✓ Histograma. ✓ Lista de verificação. ✓ Matriz de decisão ou GUT.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.6.4 Montagem do Plano de Ação

O plano de ação deve estar baseado no conhecimento adquirido até o momento pela equipe, e para ser bem elaborado, deve seguir as seguintes etapas:

- Listar, junto à equipe, todas as soluções possíveis para cada causa priorizada.
- Escolher soluções mais adequadas levando-se em consideração, dentre outras coisas:
 - custo da solução proposta;
 - dificuldades para implantação;
 - efeitos colaterais;
 - impacto previsto no resultado (objetivo a ser alcançado);
 - as soluções mais adequadas para cada causa.

Elaboração de um plano de ação para cada causa definida:

- O que será feito (WHAT)
- Quanto será feito (WHEN)
- Quem fará (WHO)
- Onde será feito (WHERE)
- Por que será feito (WHY)
- Como será feito (HOW)

CAPÍTULO V

5 METODOLOGIA

5.1 TIPO DE METODOLOGIA EMPREGADA

Considerando-se o objetivo do presente trabalho, este estudo caracteriza-se como *exploratório descritivo e avaliativo*.

A pesquisa em pauta é do tipo *exploratório*, pelo fato de ter como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias para a formulação de abordagens mais condizentes com o desenvolvimento de estudos posteriores. Por esta razão, a pesquisa exploratória constitui a primeira etapa do processo, pois visa tornar familiar tanto o assunto quanto a instalação a ser investigada.

Da mesma forma, passa para o caráter *avaliativo* no momento em que se procura identificar as ferramentas a serem aplicadas para identificar as causas para a solução do problema em estudo. (RUDIO, 1986).

5.2 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÕES UTILIZADOS

O método *estudo de caso*, segundo Bruyne et al. (1977), está fundado na análise intensiva de uma única organização; reúne informações tão numerosas e tão detalhadas quanto possível, com vistas a descrever, criticar e avaliar a solução de um problema. Por isso, faz-se necessária a utilização de técnicas de coleta de dados igualmente variadas (observações, ensaios, documentos técnicos).

O modo de investigação do tipo *estudo de caso* tem, por si mesmo, segundo Bruyne et al. (1977), um caráter particularizador, já que seu poder de generalização é limitado, na medida em que a validade de suas conclusões permanece contingente. Essas conclusões não se revelam necessariamente corretas em outros casos, mesmo semelhantes, e fontes distintas inseridas no caso escapam inteiramente à análise.

Outro aspecto interessante do *estudo de caso* é a possibilidade de estabelecer comparações entre dois ou mais enfoques específicos, o que dá origem aos estudos comparativos de casos.

5.3 TÉCNICAS DE COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

As técnicas de coleta de dados utilizadas neste estudo foi o levantamento de campo das variáveis, a *análise documental* e a *observação*.

Na pesquisa de campo, de caráter exploratório, centrou-se na caracterização do problema e na necessidade de solução para disponibilização do equipamento ao sistema elétrico de potência.

Na *análise documental*, foram pesquisadas as bibliografias e as literaturas técnicas. As fontes são os manuais técnicos originais e os relatórios de ensaios de campo. A bibliografia é o conjunto das produções escritas para maiores esclarecimentos, para divulgá-las, analisá-las e refutá-las.

O processo de leitura exploratória, seletiva, reflexiva e interpretativa favorece a construção dos argumentos por progressão ou por oposição. Esse tipo de trabalho é denominado pesquisa bibliográfica, porque, segundo Ruiz:

[...] qualquer espécie de pesquisa, independente da área, supõe e exige pesquisa bibliográfica prévia, quer com atividade exploratória, ou para estabelecer o *status quaestions* ou ainda para justificar os objetivos e contribuições da própria pesquisa. (RUIZ, 2003, p.57).

A *análise documental* pode ser definida também como uma série de operações que visam estudar e analisar um ou vários documentos, para descobrir as circunstâncias com as quais podem estar relacionadas. Ela pode proporcionar dados suficientemente ricos para evitar a perda de tempo com levantamentos de campo, a partir da análise de documentos do tipo registros estatísticos, arquivos históricos, planilhas e outros disponíveis na organização.

A *observação* tornou-se importante a partir do momento em que houve a necessidade de se verificar a realidade, ou seja, para observar se os dados e informações coletadas representam a realidade dos equipamentos.

5.4 PROCEDIMENTO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MASP NAS SOLUÇÕES DE PROBLEMAS

Seguindo-se os oito passos apresentados no capítulo anterior, e exemplificados logo depois, na Figura 24, temos:

5.4.1 Identificar

Nesta etapa, deve-se definir claramente o problema para atacá-lo nas etapas posteriores.

Ferramentas utilizadas: Brainstorming, Análise de Dados Históricos, Pareto, Histogramas.

5.4.2 Observar

Momento de se realizar uma observação profunda sobre o problema em questão, para que a etapa posterior de análise possa ser efetuada com o máximo de informações possíveis.

Ferramentas utilizadas: Benchmarking, Lista de Verificação, Diagrama de Causa e Efeito.

5.2.3 Analisar

Na etapa de análise do problema, o objetivo é descobrir as suas possíveis causas fundamentais. Atacando-se todas as causas, será possível solucionar o problema de forma eficaz.

Ferramentas utilizadas: Questionários, Benchmarking, Diagrama de Causa e Efeito.

5.2.4 Planejar / Plano de Ação

Nesta etapa, elabora-se o Plano de Ação (pode ser mais de um) para atacar as causas fundamentais dos problemas, definindo-se responsabilidades, prazos, custos, métodos de execução e indicadores para monitorar a eficácia da ação.

Ferramentas utilizadas: 5W2H, Cronograma da ação.

5.2.5 Agir

Neste momento, é apresentado o planejamento das ações da manutenção, detalhando-se, além dos responsáveis, todas as atividades necessárias para corrigir

o defeito ou falha do equipamento ou sistema. É o momento de partir para a ação propriamente dita, de colocar todo o planejamento em prática.

5.2.6 Verificar

Aqui é feito o controle das ações, é verificado se os planejamentos das ações e os cronogramas foram executados e se seus resultados foram satisfatórios para atender às solicitações iniciais.

Ferramentas utilizadas: Análise de Dados e Gráficos, Pesquisa de Satisfação, Indicadores, Inspeção.

5.2.7 Padronizar

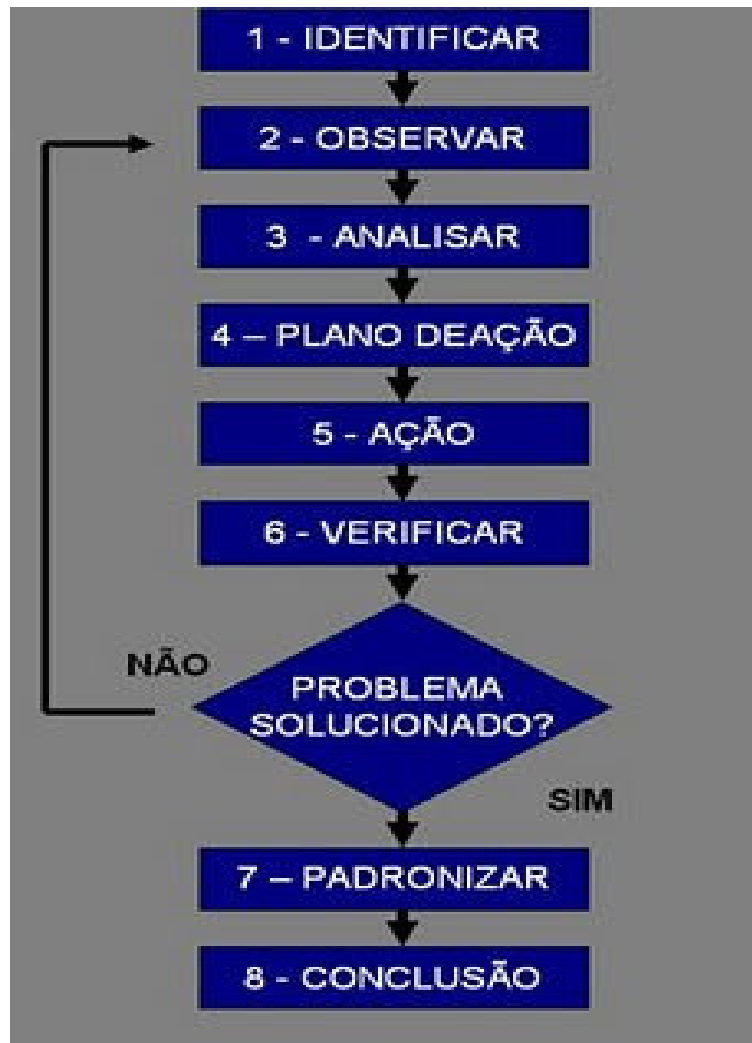
Uma vez que a solução do problema foi alcançada, é importante padronizar o seu sucesso. O objetivo é evitar que o problema volte a ocorrer.

Ferramentas utilizadas: Formulários, Procedimentos, Videoconferências, Tutoriais, Fluxogramas, Palestras e Treinamentos, Instrução ponto a ponto.

5.2.8 Concluir

Este é um momento para gestão da manutenção, documentação e reflexão sobre os problemas, e uso dessa reflexão como insumo para o planejamento de futuros projetos e processos. É por intermédio da conclusão e do raciocínio que se consegue melhorar continuamente.

Figura 24 - Fluxograma de Atividades do MASP



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As limitações servem de parâmetros de análise, a fim de que se tenham nítidos os pontos de referência do estudo. Independente da natureza, qualitativa ou quantitativa, do referencial teórico escolhido e dos procedimentos metodológicos utilizados, este estudo apresenta limitações quanto à técnica de coleta e de tratamento dados.

Os dados obtidos por meio de ensaios e medidas nem sempre retratam a realidade dos equipamentos, visto que os mesmos se encontram desligado e sem efeito do campo elétrico e magnético.

CAPÍTULO VI

6 ESTUDOS DE CASOS DAS APLICAÇÕES DAS FERRAMENTAS MASP COM RECURSOS ESTRATÉGICOS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

6.1 ESTUDO DE CASO 01 - FUNDAÇÃO DA TORRE 96 COMPROMETIDA

Torre de Transmissão de energia nº 96 em 138,0 kV do trecho SE - JI-PARANÁ/SE - ROLIM DE MOURA em uma Linha de Transmissão com 186,0 km de extensão.

- Ferramenta utilizada: **Diagrama de causa e efeito**

Procedimentos:

1. Fazer a distribuição das não conformidades nas classes do diagrama de causa e efeito; em seguida, especificar no campo apropriado o problema identificado, conforme Foto 1.
2. Fazer a distribuição do percentual (%) correspondente às não conformidades elencadas nas classes do diagrama de causa e efeito.
3. Selecionar a causa de maior impacto (%) e fazer um novo detalhamento, definindo o problema relacionado.
4. Fazer um plano de ação para eliminar as novas causas identificadas.

PROBLEMATIZAÇÃO: TORRE DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA Nº 96 EM 138 KV DO TRECHO JI-PARANÁ/ROLIM DE MOURA 186 KM



Foto 1 - Fundação da Torre comprometida.

Descrição da situação encontrada:

1. Fundação do 3º montante exposta.
2. Risco eminente de tombamento ou arrancamento da Torre.
3. Curso do rio, que antes se encontrava aproximadamente a 125 m, havia se expandido.
4. Expansão do curso do rio causou assoreamento da margem.
5. Ações imediatas foram usar sacos de areia com muro de arrimo.
6. Muro de arrimo com sacos de areia não conteve o assoreamento.
7. Período do ano tem uma frequência de grande volume de chuvas.
8. Oferecendo risco de tombamento da Torre.
9. Gerência solicita algumas análises do problema e propostas de soluções.

- Ferramenta utilizada: **Estratificação pelo 6M.**

Tabela 11 - Estratificação do 6M

ESTUDO DE CASO TORRE 96 SEJP-SERL – MATRIZ DO 6M						
6M	Matéria-prima	Máquina	Medidas	Meio ambiente	Mão de obra	Método
1º	Areia do muro de arrimo	Torre não apropriada para o solo	Estudo do trajeto da linha	Curso do rio	Construção da fundação	Previsão do cheiras
2º	Compactação do solo			Local de difícil acesso	Dosagem do concreto	Ferragem de fixação
3º				Solo pantanoso		
4º						
Pts	2	1	1	3	2	2

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observação: A Causa Fundamental é Meio Ambiente, extraído da Tabela 11.

Tabela 12 - Plano de Ação

PLANO DE AÇÃO Nº 01/2009						
Objetivo:		Corrigir a fundação da Torre 96 SEJP – SERL				
Orientação Estratégica:		Ações do grupo multidisciplinar				
ITEM	O QUE	COMO FAZER ?	QUEM	QUANDO		SITUAÇÃO
				INÍCIO	FIM	
1º	Correção do assoreamento da base da Torre 96.	Fazer ensecadeira na margem do rio.	Empresa contratada			
		Construir muro de arrimo com pedra de granumetria apropriada.	Empresa contratada			
		Recompor e compactar o solo.	Empresa contratada			
		Fazer acesso para máquinas e equipamentos.	ORD/ORDJ			
		Contratar empresa especializada.	ORD/ORDA			
		Planejar os serviços de desligamento.	ORD/OEOR			
		Disponibilizar verbas e recursos técnicos.	ORD/ORDJ			

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2 ESTUDO DE CASO 02 - ENCONTAR OS EQUIPAMENTOS CRÍTICOS NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA NO TRECHO ACRE/RONDÔNIA

- Ferramenta utilizada: **Uso da Matriz GUT para tomada de decisão; Interligação Acre/Rondônia - Estudos Pré-Operacionais.**

6.2.1 Estudo dos Equipamentos Críticos no Sistema

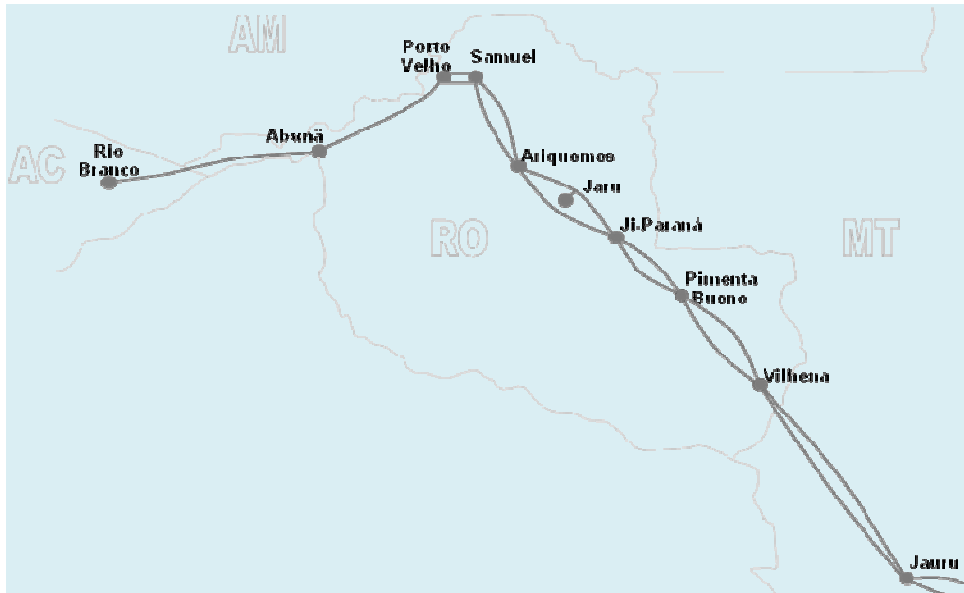
6.2.1.1 A matriz de gravidade - urgência - tendência - GUT

1. Permite que os problemas sejam resolvidos mais racional, eficiente, eficaz e cientificamente que por outros métodos.
2. Eleva as habilidades de todas as pessoas para formularem e resolverem problemas, e permite a todos ocupar um importante papel no local de trabalho.
3. Permite às pessoas entenderem o ponto de vista do controle de qualidade, por soluções dos problemas.
4. Permite que as pessoas tornem-se competentes na aplicação das ferramentas do controle da qualidade.
5. Fornece benefícios tangíveis, principalmente em termo da qualidade, mas também em termos de custos, entregas, segurança, moral, vendas e outros.
6. Melhora as práticas de trabalho e aumenta o padrão de gerenciamento.
7. Identifica as habilidades de liderança e gerenciamento dos líderes.
8. Promove um crescimento dos membros no local de trabalho.
9. Melhora a comunicação e o moral no local de trabalho.
10. Estimula o ciclo do controle de qualidade.

6.2.1.2 Problematização

- Aspectos / Arranjo Gerais
- Controle de Tensão
- Ajustes de Controladores da área Acre-Rondônia
- Análise de Contingências
- Sistemas Especiais de Proteção (Figura 25)

Figura 25 - Trecho de Linha de 230 kV do SIN - AC/RO
Configuração do sistema Acre-Rondônia para o sistema integrado nacional de transmissão de energia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.1.3 Estratificação do controle de tensão

- Barramentos de controle de tensão:
 - ✓ Jauru, Samuel e Porto Velho.
- Reatores de barra Vilhena e Pimenta Bueno - fora de operação:
 - ✓ Possibilidade de uso em condições de baixo intercâmbio, em carga leve com esgotamento de controle em Jauru e Guaporé.
- Reatores de linha manobráveis - sempre em operação.
- Banco de capacitores Ji-Paraná:
 - ✓ Devem estar em operação para intercâmbios próximos do limite, esgotados todos os recursos de tensão.
- Reator de barra Abunã:
 - ✓ Deve ser utilizado após esgotamento de controle de tensão em Porto Velho.
- UTE Termonorte II:
 - ✓ Controle de tensão no Acre.
- UHE Rondon II:
 - ✓ Contribui para controle de tensão em cenários de exportação.

6.2.1.4 Estratificação das contingências analisadas

- LT 500 kV Ribeirãozinho - Cuiabá
- LT 230 kV Coxipó - Jauru*
- LT 230 kV Jauru - Vilhena*
- LT 230 kV Vilhena - Pimenta Bueno
- LT 230 kV Pimenta Bueno - Ji-Paraná
- LT 230 kV Ji-Paraná - Jaru - Ariquemes - Samuel
- LT 230 kV Samuel - Porto Velho
- LT 230 kV Porto Velho - Abunã
- LT 230 kV Abunã - Rio Branco
- Perda de geração

6.2.1.5 Formação dos grupos de trabalhos

LÍDER – ORIENTADOR – OPERADOR

- Grupo Multidisciplinar da Regional de Operação e Comercialização de Rondônia – ORD - OEOR- OERQ – ORDJ e ORDP.
- Encontrar os equipamentos críticos no sistema elétrico de potência de AC/RO.
- Uso da Matriz GUT para tomada de decisão.
- Usada Matriz, conforme tabela a seguir.

Tabela 13 - Matriz de GUT

Pontos	Gravidade (G)	Urgencia (U)	Tendencia (T)
5	Os prejuizos ou dificuldades sao extremamente graves	E necessaria uma acao imediata	Se nada for feito, o agravamento da situacao sera imediato
4	Muito graves	Com alguma urgencia	Vai piorar a curto prazo
3	Graves	O mais cedo possivel	Vai piorar a medio prazo
2	Pouco graves	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Nao tem pressa	Nao vai piorar ou pode ate melhorar

Fonte: Elaborada pelo autor.

Avaliação do resultado conforme a matriz GUT (Tabela 14).

Tabela 14 - Matriz GUT das Prioridades do Sistema SIN AC/RO

MATRIZ GUT - Encontrar os Equipamentos Críticos no Sistema Elétrico de Potência de AC/RO.								
ORGANIZAÇÃO: Regional de Operação e Comercialização de Renda - CRD - CRDQ - CRDJ.						DATA: 13/09/2008		
ELABORADO POR: CRD - CRDQ - CRDJ				PROCESSO: PLANO MP DE 2008				
EQUIPAMENTOS	PROBLEMAS:	Gravidade (G)		Urgência (U)		Tendência (T)		GxUxT
LT 500kV Itaipava - Curitiba;	ELÉTRICOS	3	GRAVES	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	4	VAI PIORAR A CURTO	36
	OPERACIONAIS	3	GRAVES	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	3	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	27
	MANUTENÇÃO	1	SEM GRAVIDADE	1	NÃO TEM PRESSA	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	2
SOMA TOTAL								65
LT 220kV Curitiba - Juruá;	ELÉTRICOS	4	MUITO GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	4	VAI PIORAR A CURTO	64
	OPERACIONAIS	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	30
	MANUTENÇÃO	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	4	VAI PIORAR A CURTO	60
SOMA TOTAL								154
LT 220kV Juruá - Vilhena	ELÉTRICOS	4	MUITO GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	4	VAI PIORAR A CURTO	64
	OPERACIONAIS	4	MUITO GRAVES	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	24
	MANUTENÇÃO	2	POUCO GRAVE	2	PODE ESPERAR UM POUCO	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	8
SOMA TOTAL								96
LT 220kV Vilhena - Pimenta Bueno;	ELÉTRICOS	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	5	É NECESSÁRIA UMA AÇÃO IMEDIATA	5	SE NADA FOR FEITO, O AGRAVAMENTO DA SITUAÇÃO SERÁ IMEDIATO	125
	OPERACIONAIS	4	MUITO GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	3	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	48
	MANUTENÇÃO	4	MUITO GRAVES	5	É NECESSÁRIA UMA AÇÃO IMEDIATA	4	VAI PIORAR A CURTO	80
SOMA TOTAL								253
LT 220kV Pimenta Bueno - JI Paraná;	ELÉTRICOS	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	4	VAI PIORAR A CURTO	80
	OPERACIONAIS	3	GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	5	SE NADA FOR FEITO, O AGRAVAMENTO DA SITUAÇÃO SERÁ IMEDIATO	60
	MANUTENÇÃO	3	GRAVES	1	NÃO TEM PRESSA	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	6
SOMA TOTAL								146
LT 230kV JI Paraná - Juruá;	ELÉTRICOS	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	4	VAI PIORAR A CURTO	80
	OPERACIONAIS	1	SEM GRAVIDADE	2	PODE ESPERAR UM POUCO	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	4
	MANUTENÇÃO	2	POUCO GRAVE	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	12
SOMA TOTAL								96
LT 220kV Manaus - Porto Velho;	ELÉTRICOS	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	4	VAI PIORAR A CURTO	80
	OPERACIONAIS	1	SEM GRAVIDADE	2	PODE ESPERAR UM POUCO	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	4
	MANUTENÇÃO	2	POUCO GRAVE	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	12
SOMA TOTAL								96
LT 220kV Porto Velho - Abunã;	ELÉTRICOS	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	4	VAI PIORAR A CURTO	80
	OPERACIONAIS	1	SEM GRAVIDADE	2	PODE ESPERAR UM POUCO	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	4
	MANUTENÇÃO	2	POUCO GRAVE	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	12
SOMA TOTAL								96
LT 220kV Abunã - Rio Branco;	ELÉTRICOS	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	4	VAI PIORAR A CURTO	80
	OPERACIONAIS	1	SEM GRAVIDADE	2	PODE ESPERAR UM POUCO	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	4
	MANUTENÇÃO	2	POUCO GRAVE	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	12
SOMA TOTAL								96
Panda de Gereção;	ELÉTRICOS	5	OS PREJUÍZOS OU DIFICULDADES SÃO EXTREMAMENTE GRAVES	4	COM ALGUMA URGÊNCIA	4	VAI PIORAR A CURTO	80
	OPERACIONAIS	1	SEM GRAVIDADE	2	PODE ESPERAR UM POUCO	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	4
	MANUTENÇÃO	2	POUCO GRAVE	3	MAIS CEDO POSSÍVEL	2	VAI PIORAR A LONGO PRAZO	12

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.2.1.5 Ações tomadas após conclusão dos resultados da matriz de decisão - GUT

Os seguintes SEPs deverão ser implantados no sistema Acre-Rondônia ao SIN:

- Esquema Regional de Alívio de Carga (ERAC)
- Inserção/retirada de elemento shunt por subtensão
- Inserção/retirada de elemento shunt por sobretensão
- Desligamento automático de estabilizadores em condição de variações de frequência
- Esquemas de corte de geração
- Proteção para Perda de Sincronismo (PPS)

6.3 ESTUDO DE CASO 03 - ANÁLISE DO SINISTRO NO DISJUNTOR RLDJ2-32

- Ferramenta utilizada: **Diagrama de causa e efeito - 6M**

O estudo a seguir irá tratar apenas da ocorrência do sinistro ocorrido no Disjuntor de 13,8 kV da alimentação dos bancos de capacitores nºs 04; 05 e 06 da SE Rolim de Moura, código operacional “RLDJ2-32”, dados levantados na inspeção do mesmo, momentos após a ocorrência.

6.3.1 Diagnósticos Preliminares das Possíveis Falhas

1º Foi encontrada totalmente danificada a extremidade do pino de contato da tulipa, conforme Foto 2, a seguir.



Foto 2 - Foto do disjuntor avariado.

2º Foi encontrada totalmente danificada a extremidade do componente de ligação da barra principal com pino de contato da tulipa, conforme mostra a Foto 3 seguinte.



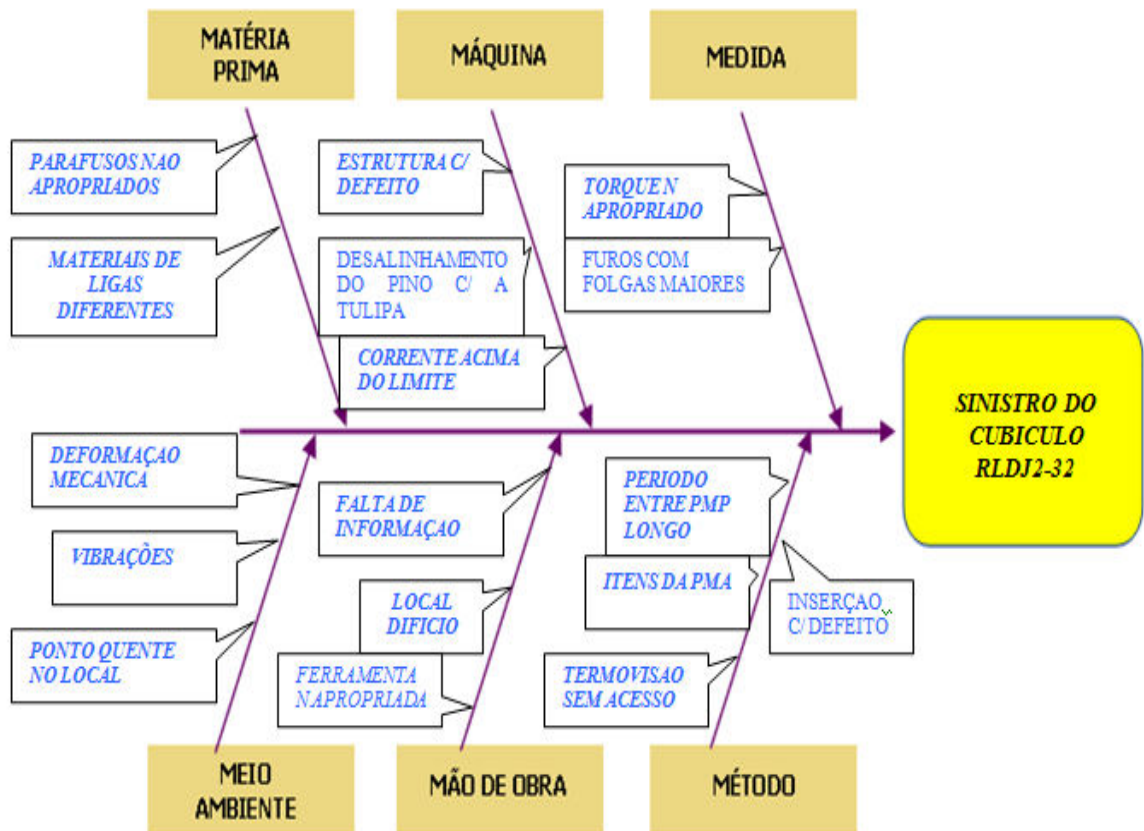
Foto 3 - Foto dos componentes internos do disjuntor avariado.

6.3.2 Diagrama de Causa e Efeito - 6M

O diagrama de causa e efeito é desenhado para ilustrar, claramente, as várias causas que afetam um processo por classificação e relação delas. Para cada efeito, existem, seguramente, inúmeras categorias de causas. As causas principais podem ser agrupadas em seis categorias, conhecidas como os 6M: medida, método, mão de obra, meio, material e máquina (Figura 26). Pode-se usar qualquer classificação de categorias principais que ressalte ou auxilie as pessoas a pensar criativamente.

A partir de uma bem definida lista de possíveis causas, as mais prováveis são identificadas e selecionadas para uma melhor análise. Lembre-se de eliminar a causa e não o sintoma do problema. Investigar, tão fundo quanto possível, a causa e o que contribui para ela.

Figura 26 - Diagrama de Causa e Efeito - 6M



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.3. Análise de Falhas em Potencial

A metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar maiores detalhes das falhas (Tabela 15), com as seguintes características:

- forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos serviços/processos;
- melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos;
- ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;
- benefício de incorporar dentro da organização atitudes de prevenção de falhas, de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes.

Foram analisados pelo grupo de trabalho os índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) para cada causa de falha, mas o ideal é que o grupo tenha os seus próprios critérios adaptados a sua realidade específica.

Consideração:

- O grupo esteve avaliando um índice por vez, ou seja, a avaliação de cada índice foi independente.
- No caso de FMEA de processo, podem-se utilizar os índices de capacidade da máquina (Cpk) para se determinar o índice de ocorrência.
- Estudou-se a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos.
- Analisou-se a probabilidade de falhas potenciais (ou seja, que ainda não tenham ocorrido) em disjuntores já em operação.
- Focou-se no aumento da confiabilidade em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram.
- Primou por diminuir os riscos de erros e aumentar a qualidade em procedimentos administrativos de especificação técnica e inspeções em fábrica de peças e componentes.

Tabela 15 - Modos de Falhas e Diagnósticos (FMEA)

EQUIPAMENTO: CUBÍCULO 13,8 kV			
<i>MODO DE FALHA</i>	<i>CAUSA DO MODO DE FALHA</i>	<i>EFEITOS CAUSADOS PELOS MODOS DE FALHAS</i>	<i>AÇÕES PREVENTIVAS OU CORRETIVAS</i>
Matéria-prima	Parafusos ã apropriados	Folga e quebra	Trocar
		Pontos quentes	Termovisão
	Materiais de ligas diferentes	Deformações diferentes por calor gerado na corrente nominal	Trocar Reaperto conforme norma
Meio ambiente	Deformação mecânica	Desalinhamento do mecanismo de inserção	Reajustar e alinhar os trilhos de inserção do disjuntor
	Vibrações	Ruído anormal no cubículo	Item a ser incluído na PMA
	Ponto quente no local	Sobre aquecimento dos componentes	Termovisão dos pontos de conexão

continuação

EQUIPAMENTO: CUBÍCULO 13,8 kV			
<i>MODO DE FALHA</i>	<i>CAUSA DO MODO DE FALHA</i>	<i>EFEITOS CAUSADOS PELOS MODOS DE FALHAS</i>	<i>AÇÕES PREVENTIVAS OU CORRETIVAS</i>
Máquinas	Estrutura com defeito ou fora de esquadro	Dificuldade de extração e inserção do disjuntor	Inserir na PMP procedimento de análises.
	Desalinhamento do pino c/ a tulipa	Dificuldade de extração e inserção do disjuntor	Inserir na PMP procedimento de análises.
	Corrente acima do nominal	Sobreaquecimento dos componentes	Termovisão e PMA
Mão de obra	Falta de informação	Comissionamentos e manutenções c/ pendências Operação c/ restrição	Capacitar os envolvidos com manutenção e operação.
	Local de difícil acesso	Restrição das atividades de manutenção e operação	Estudar formas de acesso sem dificuldades
	Ferramenta ã apropriada	Confiabilidade da manutenção comprometida	Consultar na ELN a ferramenta apropriada
Medidas	Torque ã apropriado	Folga nas peças Quebra ou deformação acima do normal, causando folga nas peças	Consultar nos fabricantes o valor ideal de torque e refazer todos os reapertos
	Furo c/ folgas maiores	Folga e mau contato das peças, causando pontos quentes	Avaliar os valores das tolerâncias das medidas dos furos.
Método	Períodos entre PMP longos	Folgas dos componentes sem ajustes	Reavaliar os períodos para esse modelo de cubículo.
	Itens da PMA	Itens da PMA não contemplam essa inspeção	Reavaliar os itens da PMA para esse cubículo
	Termovisão sem acesso	O enclausuramento dos componentes dificulta a leitura de pontos quentes	Implementar melhorias nos locais de termovisão
	Inserção c/ defeito	Mau posicionamento do disjuntor	Inserir ensaios de resistência contato nas PMPs futuras no circuito barra até a saída do disjuntor.

Fonte: Elaborada pelo autor.

6.3.4 Considerações Preliminares

Conforme as informações levantadas em campo e após desmontagens dos componentes danificados, como também estudos preliminares, pode-se considerar,

previamente, que os parafusos do componente pino de contato da tulipa da fase “A” poderiam se encontrar folgados, e considerando que a corrente de INRUSH do banco é 100 vezes a corrente nominal, sendo essa é igual a 150A, tem-se, neste momento, um valor de corrente extremamente alta, levando os parafusos de fixação de diâmetro de 8,00 mm a sobreaquecimento por conta de suas características elétricas não adequadas para esse valor de corrente, chegando os mesmos ao ponto de fusão, o que causa abertura do circuito e, como consequência, gera arcos elétricos, elevando ainda mais o calor no ambiente vindo, assim, a provocar a destruição dos componentes próximos.

6.3.5 Recomendações

Como já citado, a ocorrência do sinistro no RLDJ2-32 causou uma série de problemas, com graves consequências materiais, financeiras e com risco de segurança das pessoas e meio ambiente. O custo das manutenções no Brasil estima-se ser superior a 1,5% do PIB e é fonte de preocupação de vários setores da economia.

A Eletrobras Eletronorte criou um grupo para estudar as melhores técnicas de prevenir e evitar ocorrência, pauta deste relatório, usando de metodologias e recursos computacionais. Assim, está-se construindo um banco de dados com técnicas de otimização da informação, por meio do qual será possível prever fatos como esses.

Mas, a grande essência é não negligenciar pequenos pontos de defeito, que aparentemente não causarão nenhum tipo de problema. Algumas vezes, porém, erra-se nos palpites. Como já é do conhecimento de todos, as falhas normalmente se originam de pequenos problemas, que se vão avolumando ao longo do tempo e acabam sendo ignorados, até que causam a perda da função dos equipamentos e instalações.

6.4 ESTUDO DE CASO 04 - AVALIAÇÕES DO ENVELHECIMENTO DO BANCO DE CAPACITOR JPBC6-01 DE ALTA TENSÃO DA SUBESTAÇÃO DE JI PARANÁ.

- Ferramenta utilizada: **Análise de Weibull de confiabilidade de disponibilidade**

O estudo a seguir irá tratar da conclusão por substituição das células capacitivas do Banco de Capacitor nº 01 de Alta Tensão de 230 kV da Subestação de Ji-Paraná/RO, devido ao número de ocorrências de células danificadas, levando a constantes indisponibilidades das mesmas. Por se tratar de um equipamento crítico para controle de tensão no SIN - RO/AC, foi solicitada, pela gerência da ORDJ, um avaliação das condições operacionais deste equipamento.

1º Passo: Levantamento do número de ocorrências no período de 2009 a 2011.

2º Passo: Tratamento destes dados em planilhas de forma estatística, usando a análise de Weibull.

A análise de Weibull, também denominada análise de dados de vida, é uma ferramenta de análise que, a partir de uma amostra representativa, possui a funcionalidade de fazer previsões de um produto dentro de uma população. Isto é feito por “encaixe” em uma distribuição estatística de dados de vida e esta distribuição pode então ser utilizada para estimar características importantes da vida deste produto, tais como confiabilidade ou probabilidade de falha em um período específico.

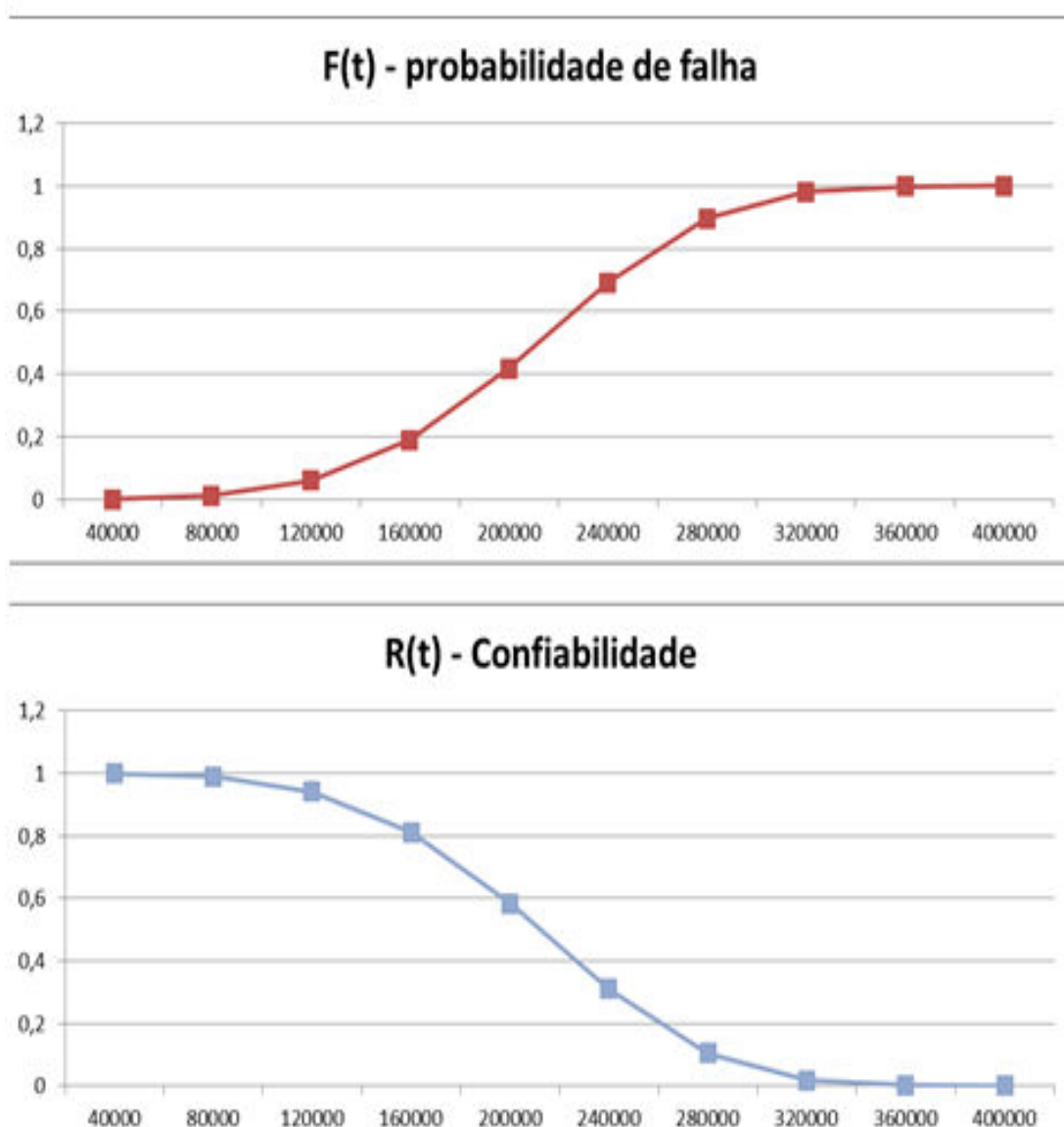
A opção pela análise de Weibull é por se tratar de um método de modelagem de dados conjuntos contendo valores maiores que zero (como exemplo, podem ser dados de tempo até a falha conhecido como “time-to-fail” (TTF)). Uma característica importante desta análise é que, se houver a possibilidade de fazer uma coleta de três amostras, já é viável realizar o estudo de confiabilidade.

Por meio da utilização de Weibull foi possível responder a algumas questões do problema:

- O número de falhas do banco de capacitor no período futuro. O gerente da divisão foi informado das perspectivas futuras questionadas.
- A engenharia esclareceu quanto irá custar uma ação corretiva para reduzir os riscos e as perdas.
- O intervalo ideal (melhor custo-benefício) que deve ser estabelecido para a substituição deste componente.

Depois de realizados os cálculos, há possibilidade de se obter gráficos de probabilidade de falha e confiabilidade, os quais podem ser visualizados a seguir.

Gráfico 8 - Gráficos de Probabilidade de Falha e Confiabilidade

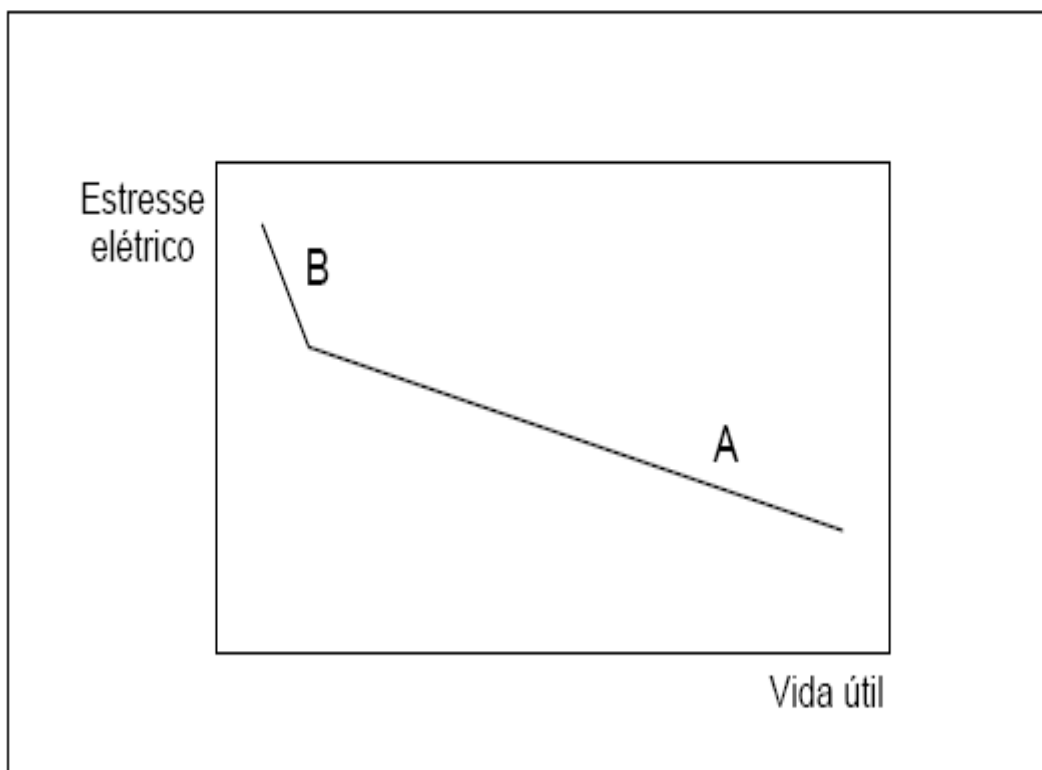


Fonte: Elaborados pelo autor.

6.4.1 Contextualização

A degradação das células capacitivas tem relação direta com o estresse elétrico das manobras de energização, característica físico-química dos dielétricos a óleo e fatores construtivos. Com tais fatores, após pesquisa em várias literaturas, foi possível elaborar um gráfico de tendência da vida útil de uma célula capacitiva de banco de alta tensão, conforme mostrado na Figura 27.

Figura 27 - Curva da Vida Útil das Células Capacitivas de Banco de Alta Tensão



A – Envelhecimento Devido a Fatores Químicos e Térmicos

B – Envelhecimento Devido a Fatores Estresse Elétrico de Manobras

Fonte: Elaborada pelo autor.

CAPÍTULO VII

7 CONCLUSÕES E SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Foram apresentadas as principais ferramentas qualidade e as ferramentas estatísticas para previsão de falhas em máquinas e equipamentos utilizados na gestão estratégica da manutenção com foco na qualidade.

Na busca pelo ponto ótimo, na política de manutenção, consideraram-se aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo da manutenção e de sua reposição, as consequências da falha, entre outros fatores de desempenho.

Foi verificado que, dentre os estudos de casos nos equipamentos e sistemas propostos, o MASP foi aplicável com objetivo de realizar os estudos desta metodologia como uma ferramenta de tomada de decisão, embasado em fatores quantitativos e qualitativos, prevendo as possibilidades de redução de perdas técnicas e otimização dos recursos de investimentos, sob os quais as concessionárias de energia elétrica são criteriosamente avaliadas durante os processos de revisão tarifária da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Com relação aos objetivos propostos neste trabalho, verificou-se primeiramente, com relação ao objetivo principal - análise crítica da aplicação da Metodologia de Análise e Solução de Problemas (MASP), em uma situação real - e à questão da pesquisa - “Quais as ferramentas adequadas para a gestão estratégica da engenharia de manutenção?” – que foram alcançados, pois a aplicação do MASP em situações reais se mostrou com uma metodologia funcional na identificação e solução de problemas para o processo manutenção, como sistematização de métodos diferentes para diferentes problemas, como visto nos quatro estudos de casos citados.

Foram alcançados, ainda, os objetivos específicos: identificar as características de cada ferramenta, bem como o modo de aplicação; determinar as dificuldades e limitações da aplicação da metodologia em uma situação real; verificar a aplicabilidade das ferramentas pesquisadas; avaliar o processo de implementação do MASP em um caso prático; e fazer uma análise crítica da metodologia MASP.

Entende-se que tais objetivos foram atingidos na medida em que, primeiramente, identificaram-se as características de cada ferramenta, bem como o

modo de aplicação, no capítulo de revisão bibliográfica e do primeiro ao terceiro passo do MASP, em cada estudo de caso.

Determinaram-se, ainda, as dificuldades e limitações da aplicação da metodologia em uma situação real. O MASP, por se tratar de uma ferramenta de sistematização, se faz necessária uma equipe multidisciplinar com conhecimento mais aprofundado do problema em situações mais específicas ou extras ao ambiente da rotina diária da manutenção.

Em relação ao terceiro objetivo - verificar a aplicabilidade das ferramentas pesquisadas - como se pôde constatar nos estudos de casos, o MASP proporcionou um caminho a ser seguindo para as resoluções dos problemas de forma objetiva.

Quanto a avaliar o processo de implementação do MASP em um caso prático, entende-se que a metodologia é de simples aplicações, pois sua essência consiste em três pontos-chaves: entendimento das ferramentas da qualidade; equipe multidisciplinar com foco no problema; e sistematização das informações e dados oriundos do processo. Pôde-se chegar a uma conclusão e elaborar um plano de ação para corrigir a falha ou defeito, gerando assim um novo padrão.

Uma análise crítica da metodologia MASP provê da sua vasta aplicabilidade em todos os estudos de casos. Como o objetivo deste trabalho é apresentar a metodologia no ambiente da manutenção da ORDJ, o estudo restringiu-se aos primeiros níveis, não querendo aqui descrever um manual de uso do MASP.

Para futuros estudos, sugere-se a avaliação da eficácia do Programa de Gestão da Manutenção, sendo necessário avaliar-se:

- a porcentagem de pessoal treinado que continua a aplicar o método;
- a análise da eficiência da aplicação e utilização das ferramentas;
- o retorno financeiro médio por projeto conduzido;
- o levantamento dos erros mais frequentes;
- o levantamento das dificuldades e barreiras encontradas na metodologia;
- o grau de melhoria dos processos e produtos.

Desta forma, poderão ser detectadas falhas devido a problemas de utilização incorreta das ferramentas, falta de profundidade nas análises dos problemas, pouco tempo de dedicação, determinação incorreta das contramedidas e, ainda, ineficaz acompanhamento das ações em implementações.

Os gestores da manutenção devem lembrar-se de que não basta apenas treinar o seu pessoal no programa; é necessário que a alta gerência da empresa esteja comprometida com ele e apoie incondicionalmente o seu pessoal, caso contrário os projetos não terão sucesso. É certamente, quando forem analisadas as causas do fracasso, será mencionada a falta de eficácia do programa e/ou falta de capacidade do funcionário que comandou o projeto. Entretanto, esta pode não ser toda a verdade, pois fatores não analisados poderão ter influenciado no processo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução nº 24**, de 27 de Janeiro de 2000. Estabelece as disposições relativas à continuidade da distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras.

ARCURI FILHO, R. **Medicina de sistemas**: Uma abordagem holística, estratégica e institucional para a gestão da manutenção, Niterói, 2005. 148 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, 2005.

ARIOLI, E. E. **Análise e solução de problemas**: o método da qualidade total com dinâmica de grupo. 1. ed., Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 340 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BLOCH, H. P.; CARROLL, J. R. **Preventive maintenance can be more effective than predictive programs**. *Oil and Gas Journal*, v. 88, n. 31, p. 81-86, july/1990.

BROWN, R. E.; OCHOA, J. R. **Distribution system reliability**: Default data and model validation. *IEEE Transactions on Power Delivery*, v. 13, n. 2, p. 704–709, May 1998.

BRUYNE, P. et al. **Dinâmica da Pesquisa em Ciências Sociais**. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1977.

CAMPOS, V. F. **TQC**: Controle da qualidade total (no estilo japonês). 6. ed., Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1992.

_____. **TQC**: Gerenciamento da rotina do trabalho. Rio de Janeiro: Bloch Editores, 1994.

CERQUEIRA, J. P. **A Metodologia de Análise e Solução de Problemas**. Equipe Grifo. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1997. 64p.

CHANG, Y.; WANG, Y. Significant human risk factors in aircraft maintenance technicians. *Safety Science*, v. 48, p. 54–62, 2010.

COELHO, A. **TPM – Manutenção Produtiva Total**. Grugeen – Grupo de Gestão de energia, 2009.

COTTI, L. R. M. C. **Formulários para administração racional da frota**. São Paulo: Síntese, 1989.

CROSBY, P. **Quality is free**. New York: Mentor/New American Library, 1979.

CUNHA, C. J. C.; GUIMARÃES, V. N. O significado de racionalidade em problemas de decisão. In: **Anais** do XIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENECEP), Florianópolis, v. 11, outubro/1993.

DEMING, W. E. **Qualidade**: A revolução da Administração. S. Paulo: Editora Marques/Saraiva, 1982.

DUFFUAA, S. O.; SHUAIB, A. N.; RAOUF, A.; BUDAIR, M. O. **Evaluation of maintenance systems**. Journal of King Saud University, Engineering Sciences, v. 4, p. 29-43, 1992.

FEIGENBAUM, A. **Total quality control**. New York: McGraw-Hill, 1961.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Belo Horizonte: Elsevier, 2009.

JOLIVET, R. **Curso de filosofia**. 13. ed., Rio de Janeiro: Agir, 1979.

JURAN, J. M.; **Controle da Qualidade**. São Paulo: Makron Books, v. IX, 1988.

_____. **Juran na liderança pela Qualidade**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1989.

GITS, C. W. **Design of maintenance concepts**. International Journal of Production Economics, 24, p. 217-226. 1992.

GOMES, L. F. M. A.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C.; **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira, 2004.

GUERRA, A. R. O. **Gerência de manutenção de frota de ônibus - um sistema de apoio à decisão**. 288p. Dissertação (Mestrado) - UFRGN, Natal, RN, 1992.

HALPIN, J. F. **Zero defects**. Ed. McGraw-Hill, New York, 1956.

HEGENBERG, L. **Etapas da Investigação Científica**: Observação, Medida, Indução. São Paulo, EPU/EDUSP, 1976.

HELMAN, H. **Análise de falhas**: aplicação dos métodos FMEA. Rio de Janeiro: Bloch Editores, 1995.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas**: aplicação dos métodos de FMEA-FTA. Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 1995.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. São Paulo: Atlas, 2002. 519 p.

HORA, H. R. M.; COSTA, H. G. **Tomada de Decisão do MASP**: Uma Contribuição para Decisões Utilizando a Matriz AHP. ENECEP, 2009.

ICAO. **Safety Management Manual**. Second Edition. Canada, 2009.

_____. **Accident Prevention Program**. First Edition. Canada, 2005.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied Geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989.

ISHIKAWA, K. **What is total quality control**. The Japanese way. Tradução de David Lu. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1985.

_____. **Introduction to Quality Control**. 3. ed. Tradução de John H. Loftus. Tokyo, 3ª Corporation, 1990.

KARDEC, A.; NARSCIF, J. **Manutenção função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas. 1991.

LIMA, P. F. A.; FRANZ, L. A. S.; AMARAL, F. G. **Proposta de utilização do FTA como ferramenta de apoio ao FMEA em uma empresa do ramo automotivo**. XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 2006.

MARÇAL, L. L.; SILVA, A. C. A.; COSTA, N. N. Aplicação do MASP utilizando o ciclo PDCA na solução de problemas no fluxo de Informações entre o PPCP e o almoxarifado de uma fábrica de refrigerantes para o abastecimento de tampas plásticas e rolhas metálicas. **Anais... XXVIII ENEGEP**, Rio de Janeiro: [s. ed.], 2008.

MARSHALL JUNIOR, I. et al. **Gestão da Qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

MARTINS, J. SELLITTO, M. Análise da estratégia de manutenção de uma concessionária de energia elétrica com base em estudos de confiabilidade. **Anais XXVI ENEGEP**, Fortaleza, 2006.

MIRSHAWKA,V. **Manutenção preditiva**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

MONCHY, F. A. **Função Manutenção**: Formação para Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo: Editora Durban, 1989.

MORAES, C. F. Paiva, A. P. e Ferreira, J. R. **Um estudo sobre índice de capacidade sigma para dados não normais**. XXVI Enegep. Fortaleza, 2006.

MORAIS, V. O. TPM – Manutenção Produtiva Total - Aplicação Prática na Refinaria da ALUMAR. In: **Anais do 8º Congresso Brasileiro de Manutenção**, São Paulo, outubro/1993.

MOUBRAY, J. **Reliability** – Centred Maintenance. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2000.

NAZARENO, C.; COSTA, H. R.; BARROS, W. L. S. A Missão Qualidade. In: **Anais dos 80. Congresso Brasileiro de Manutenção**, São Paulo, out./1993.

NEVES, A. C. Indicadores de Qualidade e Produtividade. **Rev. Controle da Qualidade**, n.10, p.10-13, set-out/1992.

OAKLAND, J. S. **Gerenciamento da Qualidade Total – TQM**. São Paulo: Nobel, 1994.

OLIVEIRA, D. P. R. **Estratégia empresarial**: uma abordagem empreendedora. São Paulo: Atlas, 1991.

_____. **Planejamento estratégico**: conceitos, metodologias e práticas. 14. ed., São Paulo: Atlas, 1999.

_____. **Empresa familiar**: como fortalecer o empreendimento e otimizar o processo decisório. São Paulo: Atlas, 1999a.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. 2. ed., São Paulo: Editora Pioneira, 1996. 115p.

OZAN, T. M. **Applied Mathematical Programming for Engineering and Production Management**. Prentice Hall, Inc., 1986.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade**: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2004.

PIRES, M. S. **Apostila do Curso de Especialização**. UFSC: 1998, p. 150.

_____. **Gestão estratégica da qualidade**. Apostila de Gestão da Qualidade. Florianópolis: PPGEF-UFSC, 2000.

REGO BARROS, J. F. **Uma abordagem estratégica pela função manutenção**. 2009. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

RUDIO, F. V. **Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica**. Petrópolis: Vozes, 1986.

RUIZ, H. A. **Métodos de análises físicas do solo**. Apostila Acadêmica. Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de plantas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2003. 56p.

SELLITTO, M. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos**. *Produção*, v.15, n.1, p.44-59, 2005.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implementação. Rio de Janeiro: Quality Mark, 2005.

TENÓRIO, F. G.; PALMEIRA, J. N. **Flexibilização Operacional**: aplicação de modelo de produtividade total. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV/ Eletronorte, 2002.

TRAEGER, A. A modernização da manutenção. **Rev. Controle da Qualidade**, n. 33, fev/1995.

TRUJILLO, F. A. **Metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

TSANG, A. H. C. Strategic dimensions of maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v.8, n.1, p.7-39, 2002.

VIEIRA, M. G. **Introdução à manutenção**. Publ. EESC-USP, São Carlos, 1991.

VILAROUCA, M. G. **Implementação de indicadores de desempenho na gestão da manutenção: uma aplicação no setor plástico**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da Qualidade no gerenciamento do processo**. Rio de Janeiro: Bloch Editores, 1995.

_____. **Avaliação da qualidade de medidas**. Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 1996.

YAMANE, A. K.; SOUZA, L. G. M. **Aplicação do mapeamento de árvore de falha (FTA) para melhoria contínua em uma empresa do setor automobilístico**. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2007.

ZAMBON, E. **Otimização de índices de confiabilidade em redes de distribuição de energia elétrica**. 2006. 79 p. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Espírito Santo, 2006.