



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

UMA NOVA VISÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: MÉTODO  
PRÁTICO PARA APLICAÇÃO EM EMPRESAS DE GERAÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA

Edson de Souza Santos

Belém – PA

2013



EDSON DE SOUZA SANTOS

UMA NOVA VISÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: MÉTODO  
PRÁTICO PARA APLICAÇÃO EM EMPRESAS DE GERAÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA

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: Renato Martins das Neves, Dr.

Belém – PA

2013



**UMA NOVA VISÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL:  
MÉTODO PRÁTICO PARA APLICAÇÃO EM EMPRESAS DE  
GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA.**

**AUTOR:**

**EDSON DE SOUZA SANTOS**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À 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. RENATO MARTINS DAS NEVES  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. JORGE DE ARAÚJO ICHIHARA  
Membro Externo

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. ANDRÉ AUGUSTO AZEVEDO MONTENEGRO DUARTE  
Membro Interno

**Visto:**

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

---

Dedico este trabalho aos meus pais, Edson e Maria José pelo carinho, dedicação, educação e pela formação moral e, a minha esposa Wânia, meus filhos Camila e Rafael, pelo amor, estímulo e paciência.

## Agradecimentos,

- ✓ A Deus em primeiro lugar, A quem devo a minha vida e tudo mais que me permitiu conquistar.
- ✓ A todos os que conviveram comigo, neste período pela compreensão e paciência, pela ausência em muitas ocasiões, pelo mau humor e até mesmo pela falta de educação em alguns momentos.
- ✓ A Eletronorte pela oportunidade e apoio irrestrito.
- ✓ A Universidade Federal do Pará – UFPA.
- ✓ Ao professor Dr. Renato Martins das Neves pela orientação e incentivo na realização deste trabalho.
- ✓ Aos membros da banca professores Jorge e André pelos comentários e recomendações.
- ✓ Aos colegas e professores do curso.

“Insanidade é continuar fazendo sempre a mesma coisa e esperar resultados diferentes”

Albert Einstein

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO .....	1
I.1. Motivação.....	1
I.2. Justificativa da Pesquisa .....	2
I.2.1. Remuneração dos Ativos de Geração e Transmissão.....	3
I.3. Questão de Pesquisa.....	4
I.4. Objetivos .....	6
I.4.1. Objetivo Geral .....	6
I.4.2. Objetivos Específicos.....	6
I.5. Delimitações.....	7
I.6. Estrutura do Trabalho .....	7
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
II.1. Manutenção .....	8
II.1.1. Definições da manutenção.....	9
II.1.2. Os tipos de manutenção na Eletrobras Eletronorte.....	10
II.1.2.1. Manutenção programada .....	11
II.1.2.2. Manutenção preventiva .....	12
II.1.2.3. Manutenção corretiva para defeitos .....	13
II.1.2.4. Manutenção por melhorias.....	13
II.1.2.5. Manutenção pós-falha.....	13
II.1.2.6. Manutenção não programada .....	13
II.1.3. Análise de ocorrências e as ferramentas de análise.....	14
II.1.3.1. Falha .....	14
II.1.3.2. Defeito.....	15
II.1.3.3. Causa fundamental da falha ou defeito.....	15
II.1.3.4. Ação de bloqueio .....	15
II.1.3.5. Efeitos da Falha .....	16
II.1.3.6. Modos de Falha .....	16
II.1.3.7. Itens de Inconveniência .....	16
II.1.3.8. Deterioração.....	16
II.1.3.9. Condição Básica .....	17
II.1.3.10. Confiabilidade .....	17

II.1.3.11.	Vida Útil.....	17
II.1.3.12.	Ferramentas de análise .....	18
II.1.3.12.1.	Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) .....	18
II.1.3.12.2.	Análise da Árvore de Falhas - FTA .....	19
II.1.3.12.3.	Análise dos Modos e Efeitos das Falhas - FMEA .....	20
II.1.3.12.4.	Análise PM.....	20
II.1.4.	Indicadores de Desempenho .....	21
II.1.4.1.	Escolha dos indicadores .....	22
II.1.4.2.	Indicadores de desempenho dos equipamentos:.....	22
II.1.4.3.	Indicadores da eficiência e utilização da mão-de-obra e de custos: ..	23
II.2.	Manutenção Produtiva Total .....	23
II.2.1.	Conceito.....	24
II.2.2.	Histórico da Manutenção Produtiva Total .....	25
II.2.2.1.	Primeira geração da TPM (1971-1989):.....	26
II.2.2.2.	Segunda geração da TPM (1989-1999):.....	27
II.2.2.3.	Terceira geração da TPM (a partir de 1999):.....	27
II.2.3.	Estrutura do TPM.....	28
II.2.4.	Objetivos Básicos do TPM .....	28
II.2.5.	Implementação do TPM .....	29
II.2.6.	Os Oito Pilares do TPM .....	31
II.2.6.1.	Melhoria Específica.....	32
II.2.6.2.	Manutenção Planejada .....	32
II.2.6.3.	Manutenção Autônoma .....	32
II.2.6.4.	Manutenção da Qualidade .....	32
II.2.6.5.	Gestão Antecipada.....	32
II.2.6.6.	Processos Administrativos .....	32
II.2.6.7.	Educação e Treinamento .....	33
II.2.6.8.	Segurança, Saúde e Meio Ambiente.....	33
II.2.7.	Objetivo dos Pilares .....	33
II.2.8.	Resultados do TPM.....	34
II.2.9.	Evolução da Manutenção até a TPM. ....	34
II.2.10.	Aplicação da Manutenção Produtiva Total.....	35



CAPÍTULO III – A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA ELETROBRAS ELETRONORTE .....	38
III.1. A Implementação Inicial da TPM na Eletrobras Eletronorte .....	38
III.1.1. As Etapas da Fase de Preparação .....	39
III.1.1.1. Primeira Etapa – Declaração e Adoção Formal da Decisão de Implantação da TPM .....	39
III.1.1.2. Segunda Etapa - Educação Introdutória e Campanha para a TPM ...	40
III.1.1.3. Terceira Etapa - Estabelecimento da Estrutura para Promoção da TPM .....	42
III.1.1.3.1. Estrutura: .....	43
III.1.1.3.2. Coordenação.....	44
III.1.1.3.3. Secretarias de TPM .....	44
III.1.1.3.4. Equipamento Modelo .....	49
III.1.1.4. Quarta Etapa - Estabelecimento das Políticas, Objetivos e Metas da TPM .....	52
III.1.1.5. Quinta Etapa – Elaboração do Plano Diretor para Desenvolvimento da TPM (Plano Mestre) .....	56
III.1.1.6. Sexta Etapa – Lançamento do Programa TPM ( Kick-off) .....	60
III.2. A Fase da Implantação da TPM.....	61
III.2.1. Integração PROCOM/ TPM.....	62
III.2.2. Etapa 7– Sistematização para Elevação do Rendimento Produtivo ..	64
III.2.2.1. Etapa 7.1 – Melhoria Específica.....	64
III.2.2.1.1. A Estrutura das Perdas .....	65
III.2.2.1.2. A Árvore de Perdas.....	68
III.2.2.1.3. Resultados .....	69
III.2.2.2. Etapa 7.2 – Manutenção Autônoma.....	70
III.2.2.2.1. A Aplicação da Manutenção Autônoma na Eletrobras Eletronorte.....	73
III.2.2.2.2. Conceitos Importantes para a Implantação da Manutenção Autônoma .....	77
III.2.2.2.2.1. Tratamento das anormalidades.....	77
III.2.2.2.2.2. Lições Ponto-a-Ponto (LPP).....	80
III.2.2.2.2.3. Reuniões dos grupos de MA.....	81
III.2.2.2.2.4. Painel de atividades da MA.....	82

III.2.2.2.3.	Principais Atividades Desenvolvidas pelos Operadores nas Etapas da Manutenção Autônoma .....	85
III.2.2.2.3.1.	Estruturação das condições ambientais do local de trabalho .....	85
III.2.2.2.3.2.	Estruturação das condições básicas .....	85
III.2.2.2.3.3.	Gestão visual .....	86
III.2.2.2.3.4.	Inspeção .....	88
III.2.2.2.3.5.	Pequenos reparos.....	89
III.2.2.2.4.	Desenvolvimento das Sete Etapas da Manutenção Autônoma .....	89
III.2.2.2.4.1.	Preparação para o início das atividades de Manutenção Autônoma .	90
III.2.2.2.4.2.	Etapa 01 - Limpeza e inspeção.....	91
III.2.2.2.4.3.	Etapa 02 - Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso .....	94
III.2.2.2.4.4.	Etapa 03 - Elaboração do programa de Manutenção Autônoma .....	97
III.2.2.2.4.5.	Etapa 04 - inspeção Geral .....	100
III.2.2.2.4.6.	Etapa 05 - Inspeção Autônoma.....	106
III.2.2.2.4.7.	Etapa 06 - Padronização.....	109
III.2.2.2.4.8.	Etapa 07 - Controle Autônomo.....	110
III.2.2.2.4.9.	Diagnóstico da implantação da manutenção autônoma.....	111
III.2.2.2.4.10.	Resultados .....	112
III.2.2.3.	Etapa 7.3 – Manutenção Planejada .....	113
III.2.2.3.1.	A Manutenção Planejada na Eletrobras Eletronorte .....	116
III.2.2.3.2.	Desenvolvimento das Seis Etapas da Manutenção Planejada .....	117
III.2.2.3.2.1.	Etapa 01 - Avaliação dos Equipamentos e Levantamento da Situação Atual.....	118
III.2.2.3.2.1.1.	Levantamento da situação atual .....	118
III.2.2.3.2.1.2.	Estruturação para implementação da MP .....	118
III.2.2.3.2.1.3.	Revisão do cadastro dos equipamentos .....	119
III.2.2.3.2.1.4.	Elaboração e execução dos critérios de seleção dos equipamentos	119
III.2.2.3.2.1.5.	Definição dos níveis de ocorrências.....	119
III.2.2.3.2.1.6.	Estabelecimento de metas.....	120
III.2.2.3.2.2.	Etapa 02 - Restauração das Deteriorações e Melhoria dos Pontos Deficientes .....	120
III.2.2.3.2.2.1.	Restaurações das deteriorações e cumprimento das condições básicas - apoio à MA.....	120

III.2.2.3.2.2.2.	Eliminação de ambientes que provoquem deterioração forçada..	121
III.2.2.3.2.2.3.	Atividades de prevenção de reincidência de falhas .....	121
III.2.2.3.2.2.4.	Melhorias dos pontos deficientes para prolongamento da vida.....	121
III.2.2.3.2.2.5.	Melhorias para redução de falhas no processo e operações manuais. .....	121
III.2.2.3.2.3.	Etapa 3 - Estruturação do Controle de Informações e Dados.....	121
III.2.2.3.2.4.	Etapa 4 - Estruturação da Manutenção Preventiva.....	123
III.2.2.3.2.5.	Etapa 5 - Estruturação da Manutenção Preditiva.....	123
III.2.2.3.2.6.	Etapa 6 - Avaliação da Manutenção Planejada.....	125
III.2.2.3.3.	Desenvolvimento da Manutenção Planejada .....	126
III.2.2.3.3.1.	Medidas para Zerar as Falhas .....	128
III.2.2.3.4.	Diagnóstico da implantação da manutenção planejada.....	135
III.2.2.3.5.	Resultados .....	135
III.2.3.	Etapa 9 - Estabelecimento de um Sistema de Manutenção da Qualidade.....	135
CAPÍTULO IV – MÉTODO PROPOSTO .....		138
IV.1.	Objetivo do Método .....	138
II.2.	Fundamento do Método .....	139
II.2.1.	Centros de Planejamento.....	142
II.2.1.1.	Reestruturação dos Centros de Planejamento .....	143
II.3.	Aplicação do Método.....	145
II.4.	Aspectos Práticos do Método.....	150
CAPÍTULO V – CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS .....		156
V.1.	Conclusão .....	156
V.1.1.	As questões de pesquisa que delinearão este trabalho são: .....	157
V.2.	Trabalhos Futuros.....	158

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da Manutenção .....	10
Figura 2: Exemplificação da ferramenta Análise de Árvore de Falhas (FTA).....	20
Figura 3: O que é análise PM.....	21
Figura 4: Estrutura do TPM .....	28
Figura 5: Resumo dos Objetivos dos Pilares da TPM.....	33
Figura 6: Evolução da manutenção.....	35
Figura 7: Estrutura para promoção da TPM na Eletronorte.....	43
Figura 8: Equipamento modelo da UHE Samuel: Estação de tratamento de água...	51
Figura 9: Exemplo de Políticas, Objetivos e Metas .....	53
Figura 10: Estrutura de Árvore de Perdas.....	56
Figura 11: Exemplo de Plano Mestre para Implementação dos Pilares da TPM .....	57
Figura 12: <i>Road Map</i> para controle das principais etapas da implementação. ....	58
Figura 13: Matriz de Decisão para definir a criticidade de equipamentos .....	60
Figura 14: Representação Gráfica do Perfil das Perdas .....	67
Figura 15: Representação Gráfica o OEE .....	67
Figura 16: Cartões de Anomalias.....	79
Figura 17: Painel para controle de CAs não eliminados.....	80
Figura 18: Exemplos de LPPs elaboradas .....	81
Figura 19: Painel de atividades da Manutenção Autônoma .....	83
Figura 20: Detalhes do selo de controle das etapas da MA .....	84
Figura 21: Fluxograma de realização de auditorias da MA. ....	84
Figura 22: Restauração das condições básicas do equipamento. ....	86
Figura 23: Padrões de controle visual utilizados na TPM.....	87
Figura 24: Modelos de selos empregados na MA. ....	87
Figura 25: Exemplos de uso de controles visuais .....	88
Figura 26: Etapas da Evolução da Manutenção Autônoma .....	90
Figura 27: Modelo de Gráfico de CAs emitidos x solucionados .....	93
Figura 28: Fluxograma de desenvolvimento das sete etapas da MA .....	101
Figura 29: Etapas do ciclo infinito aplicado à manutenção autônoma.....	111
Figura 30: Resumo dos objetivos das atividades desenvolvidas pelos mantenedores. .....	115
Figura 31: As Seis Medidas para Zerar as Falhas .....	130

Figura 32: Ciclo Infinito da Manutenção da Qualidade.....	136
Figura 33: Representação gráfica do negócio e produto Eletrobras Eletronorte.....	139
Figura 34: Representação gráfica da visão da MQ.....	144
Figura 35: Árvore de Correlação dos Indicadores.....	145

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo das Etapas do MASP.....	19
Quadro 2: Resumo das 3 gerações da TPM.....	25
Quadro 3: As doze etapas de implementação da TPM.....	30
Quadro 4: Efeitos do TPM.....	34
Quadro 5: Indicadores de Desempenho e Metas.....	54
Quadro 6: Critérios de Seleção de Equipamentos.....	59
Quadro 7: As sete etapas para o desenvolvimento da manutenção autônoma.....	74
Quadro 8: Ciclo CAPDo da MA.....	89
Quadro 9: Auditoria da Primeira Etapa.....	94
Quadro 10: Auditoria da Segunda Etapa.....	96
Quadro 11: Auditoria da Terceira Etapa.....	99
Quadro 12: Auditoria da Quarta Etapa.....	105
Quadro 13: Auditoria da Quinta Etapa.....	109
Quadro 14: As seis etapas para o desenvolvimento da MP.....	115
Quadro 15: Exemplo de Contexto Histórico X Objetivos.....	118
Quadro 16: As Seis Etapas da Criação de um Sistema de MP.....	127
Quadro 17: As Quatro Fases para Obtenção da Falha Zero.....	131
Quadro 18: Desdobramento das etapas do ciclo infinito da MQ.....	137
Quadro 19: Detalhamento das atuais atividades da manutenção da qualidade.....	147

## RESUMO

Atualmente setor elétrico brasileiro está estruturado sobre a disponibilidade das unidades geradoras, subestações e linhas de transmissão. Com a aplicação das regras do novo modelo do setor, tanto as empresas de geração como as de transmissão, passaram a ser submetidas a mecanismos que penalizam a indisponibilidade, causada por desligamentos forçados ou programados, dos seus ativos. Para evitar a aplicação destes mecanismos, e outras penalidades, que causam grandes prejuízos, é preciso que o processo de manutenção garanta a disponibilidade e confiabilidade, dos equipamentos e instalações. Este trabalho propõe um método de gestão da produção, também direcionado para a eliminação das perdas existentes no processo de geração e transmissão de energia elétrica, adaptado da Manutenção Produtiva Total – TPM. O desenvolvimento do método está baseado no estudo da aplicação da TPM nas plantas de geração e transmissão da Eletrobras Eletronorte. O método proposto deverá fomentar a gestão da qualidade não só na manutenção e operação (O&M), mas também em todos os processos que possam impactar na disponibilidade dos ativos de geração e transmissão.

**Palavras chaves:** TPM, Manutenção, Disponibilidade, Manutenção da Qualidade e Centros de Planejamento.

## ABSTRACT

Nowadays the Brazilian electricity sector is structured on the availability of power plants, substations and transmission lines. By applying the rules of the new model of the Brazilian electric sector, generation and transmission companies began to be subjected to mechanisms that penalize the unavailability caused by forced or scheduled shutdowns, of your assets. To avoid the application of these mechanisms, and other penalties, which cause great damage, it is necessary that the maintenance process ensures the availability and reliability of equipment and facilities. This paper proposes a method of production management, also directed to the elimination of the existing losses in generation and transmission of electric energy, adapted from TPM – Total Productive Maintenance. The development of the method is based on the study of the application of TPM in generation and transmission plants of Eletronorte. The proposed method should promote the management quality not only in operate and maintenance (O&M), but also in all process that can impact the availability of generation and transmission assets.

**Key words:** TPM, Maintenance, Availability, Quality Maintenance e Planning Centers.

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

### I.1. Motivação

A experiência profissional prévia do autor com a manutenção produtiva total vem desde as primeiras experiências de implantação desta metodologia na Eletrobras Eletronorte, em 1979. Foram ministradas palestras e pequenos cursos para promover a Manutenção Produtiva Total - TPM, e desenvolvidos alguns exercícios de limpeza e etiquetagem de equipamentos modelos. Com a decisão de adotar a metodologia como ferramenta de gestão da manutenção na empresa, foi estruturado um plano, que incluía a criação de um comitê de promoção na sede da empresa, de secretaria para coordenar a implementação nas regionais, treinamentos e consultoria especializada.

Na ocasião o autor foi indicado para coordenar a implantação da TPM na Regional de Produção e Comercialização de Rondônia - CRD, que na sua estrutura tinha:

- uma planta de geração hidráulica com cinco unidades geradoras tipo Kaplan de 43,2 MW cada;
- uma planta de geração térmica com três turbinas LM-2500 de 18,3 MW e uma LM-6000 de 34,4 MW;
- sistema de transmissão com nove subestações que totalizavam 701,6 MVA, 2.566 torres e 948 km de linhas de transmissão.

Definida a equipe da secretaria com a nomeação dos coordenadores dos pilares, foi feita a adoção formal em fevereiro de 2000. Até outubro do mesmo ano foram desenvolvidas as etapas de preparação que culminou com a cerimônia de partida (*kick-off*), que determina o início do desenvolvimento dos pilares. Em outubro de 2002, após uma auditoria da *Japan Institute of Plant Maintenance* - JIPM, a CRD recebeu o Prêmio de Excelência para TPM categoria A, que atestava que a metodologia havia sido entendida, corretamente implementada e, que os resultados propostos haviam sido atingidos.



Há três anos a Eletrobras Eletronorte decidiu revitalizar a metodologia TPM em todas as suas plantas de transmissão e geração, e como forma de incentivo, foi lançado o desafio para as regionais que haviam sido premiadas para concorrerem ao prêmio de consistência, e para as demais para o prêmio de excelência.

O envolvimento direto desde o início do desenvolvimento da metodologia TPM na Eletrobras Eletronorte, intercâmbio técnico e visitas a empresas que adotaram a TPM, no Brasil e no exterior, além das pesquisas sobre os resultados alcançados em várias plantas em diversos países, levou o autor a acreditar no potencial e na capacidade de transformação da manutenção produtiva total. Mesmo ciente das dificuldades encontradas na implementação da metodologia, acredita que com alguns ajustes, a TPM seja a melhor opção para atingir as metas estabelecidas e, principalmente, as contratadas junto à Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, cujo o não cumprimento resulta em penalidades.

## **I.2. Justificativa da Pesquisa**

Este trabalho está estruturado no estudo de caso do desenvolvimento da TPM nas plantas de geração e transmissão da Eletrobras Eletronorte. Também está baseado na pesquisa bibliográfica para examinar a teoria geral e a aplicação da metodologia TPM.

Tanto a proposta do tema como o desenvolvimento deste trabalho está alinhado com o Mapa Estratégico 2010-2020, que tem o alcance de resultados sustentáveis como principal objetivo.

Para que o método proposto que seja o mais eficiente possível, este trabalho considerará a combinação da TPM, com RCM, FMEA e as principais ferramentas de análise, essenciais para eliminação das falhas.

Outros fatores a serem considerados são as características da empresa e do seu negócio, as particularidades do perfil do trabalhador brasileiro, procedimentos de rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS e as regras do Setor Elétrico Brasileiro, que estão resumidas no item I.2.1.

Considerando que o foco deste trabalho é o binômio, manutenção e operação, que nesta proposta é considerado indissociável, para a preservação dos equipamentos e instalações da Eletrobras Eletronorte e a de terceiros, sob contrato de operação e manutenção, de forma a garantir a disponibilidade, confiabilidade, funcionalidade, operacionalidade e integridade dos mesmos. Todo este processo deve ser desenvolvido considerando também a segurança das pessoas, a preservação do meio ambiente, maximização do ciclo de vida os ativos e a redução dos custos.

### **I.2.1. Remuneração dos Ativos de Geração e Transmissão**

Atualmente as usinas do sistema interligado nacional estão submetidas à aplicação do mecanismo de redução de energia assegurada (MRA), que foi instituído pela resolução ANEEL nº. 688 – 24/12/2003, que no seu Art. 3º, define: - “Caso o índice de disponibilidade verificada de uma usina participante do mecanismo de realocação de energia (MRE) seja inferior ao valor de referência considerado no cálculo da respectiva energia assegurada, a usina estará sujeita à aplicação do Mecanismo de Redução da Energia Assegurada (MRA) modulada e referida ao centro de gravidade do submercado”. Mensalmente o índice de disponibilidade (ID) da usina é verificado pelo cálculo da:

- taxa equivalente de indisponibilidade forçada apurada (TEIFa) para cada Usina;
- taxa equivalente de indisponibilidade programada (TEIP) para cada Usina.

Os dois indicadores acima expressam a indisponibilidade por desligamentos forçados (falhas) e programados (manutenção). Pra evitar a aplicação do MRA, que pode causar grandes prejuízos, é preciso que a sistemática de manutenção aplicada, garanta principalmente a disponibilidade, bem como a confiabilidade dos equipamentos.

Para o sistema de transmissão foi instituída pela Resolução Normativa 270/2007, de 26 de junho de 2007, a Parcela Variável - PV, que é deduzida do valor da Receita Anual Permitida – RAP, por desligamentos programados ou outros desligamentos decorrentes de eventos envolvendo o equipamento principal ou os

complementares da função transmissão, de responsabilidade da concessionária de transmissão, considerando as exceções e as condições definidas na resolução.

### **I.3. Questão de Pesquisa**

O método proposto, como já citado na justificativa da pesquisa, está baseado na TPM e na experiência da aplicação desta metodologia nas plantas da Eletrobras Eletronorte. O trabalho não questionará a eficiência da TPM, já é mundialmente comprovada, mas sim, como melhor adaptá-la à cultura da empresa, considerando as suas características, dos seus trabalhadores e das regras que regem o setor elétrico brasileiro.

A Eletrobras Eletronorte foi a primeira empresa do segmento de geração e transmissão de energia no Brasil e uma das primeiras no mundo a aplicar a TPM, tem características diversas da maioria das empresas que já haviam aplicado a metodologia. Os consultores da época não tinham experiência com este tipo de empresa, não existiam referências comparativas, por isto desde o início da implementação teve-se a necessidade de criar solução para que às regionais se adaptassem à metodologia. Outra dificuldade que se encontra até hoje é com a heterogeneidade dos seus empregados, com culturas e realidades diversas, já que a empresa tem as suas principais instalações espalhadas numa área que corresponde à 58% do território nacional. Uma das características da implantação da TPM é ser top-down, que funciona muito bem em empresas privadas, mas sofre resistências nas estatais. Tudo o que foi relatado dificultou, mas não impediu que a metodologia fosse implantada e que seus resultados logo se destacassem. As transformações na empresa foram grandes, muitas perenes, tanto nos resultados, procedimentos de trabalho e nas pessoas, mesmo entre os céticos podem ser observadas estas transformações.

A base de conhecimento para a elaboração deste trabalho advém dos treinamentos como aluno e instrutor, e atuação direta na implantação e desenvolvimento da metodologia, como coordenador em três plantas distintas, de geração térmica, hidráulica e num sistema de transmissão com várias subestações e centenas de quilômetros de linhas e, em outras regionais como consultor e auditor. Num segundo momento na participação direta em todas as fases do esforço de

revitalização da TPM, que sofreu um período de descontinuidade, em função de determinação de uma diretoria passada, decisão que causou retrocesso, mas não conseguiu paralisar por completo a aplicação da metodologia, que como já foi citado, deixou marcas indeléveis nas pessoas e processos.

“Há três razões principais porque o TPM se expandiu tão rapidamente entre a indústria japonesa e porque companhias fora do Japão estão se interessando: Ele garante resultados substanciais, visivelmente transforma o local de trabalho, e aumenta o nível de conhecimento e habilidades dos empregados de produção e manutenção” (SUZUKI, 1994, p.2).

A vivência e observação direta das atividades relacionadas à implementação da TPM e da gestão dos processos de operação e manutenção dos nossos foram fundamentais na identificação dos ajustes que permitam a melhor adaptação da cultura da empresa a TPM e, desta metodologia a cultura da empresa, que darão suporte à proposição do método.

“No Japão, o primeiro estágio do programa da TPM termina quando a companhia ganha um Prêmio *Preventive Maintenance* - PM. Entretanto, as atividades do TPM da companhia não devem parar por aí. Encaixe-as firmemente na cultura da corporação e continue a fazê-las mais eficazes” (SUZUKI, 1994, p.13)

A pesquisa aplicada na experiência da implantação e desenvolvimento da TPM na Eletrobras Eletronorte está focada nos pontos fortes, fracos, nas oportunidades de melhorias e ameaças. Os principais problemas da pesquisa estão organizar, filtrar e classificar todas as informações e dados colhidos, para posteriormente determinar as alterações a serem aplicadas na TPM, bem como a melhor forma de aplicá-la e conduzi-la, de forma a assegurar que as metas estabelecidas sejam atingidas.

Portanto neste trabalho procura-se responder a seguinte questão de pesquisa:

- Como adaptar a metodologia TPM de forma a sistematizar a sua aplicação, para que sejam eliminadas as resistências ainda existentes, os pontos fracos,

minimizadas as ameaças, para garantir a sustentabilidade da metodologia nas nossas unidades produtivas;

- Como manter os ganhos, evitando retrocessos, para uma constante melhoria nos processos que impactem nos resultados dos indicadores de desempenho, especialmente na disponibilidade dos ativos.

## **I.4. Objetivos**

### **I.4.1. Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento e a aplicação continuada de um método baseado na TPM, associado a outras metodologias e ferramentas já adotadas, adaptado à cultura da empresa. Método este, que entre outros ganhos, deverá permitir que os equipamentos de geração e transmissão cumpram as funções para os quais foram projetados, assegurando que todas as metas contratadas junto aos órgãos de controladores do setor elétrico brasileiro seja atingidas.

### **I.4.2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos deste Trabalho são:

- Adequar a metodologia à cultura da empresa;
- Eliminar os pontos fracos e as ameaças, aprimorar os pontos fortes e explorar as oportunidades de melhorias, identificados no estudo do desenvolvimento da TPM na Eletronorte;
- Demonstrar o potencial e as vantagens do método, destacando as diferenças e relação à forma que a metodologia TPM vinha sendo aplicada;
- Desenvolver plano de ação para desenvolver as adequações necessárias para a implantação e condução do método proposto.
- Implantar uma sistemática de consultorias, auditorias e monitoramento dos resultados evitando retrocessos, mantendo todos os ganhos, num processo de melhoria contínua.

## **I.5. Delimitações**

A pesquisa basicamente ficará restrita a experiência da implantação da TPM nas instalações de geração e transmissão da Eletrobras Eletronorte e, em algumas situações estabelecendo, quando possível, comparação com outras empresas.

Apesar da TPM ser um método de gestão que abrange todo o processo produtivo, a pesquisa vai se concentrar basicamente nos processos que afetam a disponibilidade dos ativos de geração e transmissão.

## **I.6. Estrutura do Trabalho**

Esta Dissertação está estruturada em cinco capítulos.

Neste capítulo é apresentado o contexto, o problema analisado, a justificativa da pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, e a delimitação da pesquisa.

No capítulo II é abordado o referencial teórico sobre os conceitos e definições utilizados, relacionados à manutenção, indicadores de desempenho, ferramentas da qualidade e de análise. Também apresenta a conceituação da TPM, sua estrutura, seus objetivos Básicos, os pilares, os seus resultados potenciais e as etapas de implantação.

No capítulo III é apresentado o desenvolvimento da metodologia TPM na Eletrobras Eletronorte, detalhando todas as etapas, principais pilares e características peculiares necessárias à adaptação da manutenção produtiva total na empresa.

No capítulo IV é apresentado o método proposto, sistemática de implantação e os procedimentos a serem adotados para evitar retrocessos nos ganhos obtidos com a sua aplicação.

No capítulo V são apresentadas as considerações finais com as principais conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo será apresentado o referencial bibliográfico referente aos principais temas relacionados à manutenção, com o objetivo de facilitar o entendimento da proposta deste trabalho, organizado tópicos principais:

- **Manutenção:**
  - Definição de manutenção;
  - Os tipos de manutenção aplicados Eletrobras Eletronorte;
  - Análise de ocorrências e as ferramentas de análise;
  - Indicadores para controle do desempenho da manutenção.
  
- **Manutenção Produtiva Total:**
  - Conceito da TPM;
  - Objetivo da TPM;
  - O histórico da TPM;
  - As fases de implementação;
  - Os pilares da TPM.

### **II.1. Manutenção**

A manutenção embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência. Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial. No princípio da reconstrução pós-guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da engenharia e manutenção (TELECURSO 2000, p.11).

### **II.1.1. Definições da manutenção**

Pode-se começar definir manutenção a partir da consulta aos dicionários da língua portuguesa. No dicionário Aurélio (1986, p.1084) o termo é descrito como: “As medidas necessárias para a conservação ou permanência, de alguma coisa ou situação” e ainda “Os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”.

“Manutenção é um conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas ou equipamentos, visando garantir a consecução de sua função dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil adequados” (MIRSHAWKA, 1993, p.15).

O conceito de manutenção evoluiu desde que quando ela era fundamentalmente corretiva, segundo XENOS (2004, p.13), considerada como mal necessário para uma função estratégica. “A manutenção é indispensável à produção e pode ser considerada com a base de toda a atividade industrial” (XENOS, 2004, p.13).

Visando a compreensão e padronização interna, bem como, a homogeneização com as demais empresas do setor elétrico brasileiro, todas as definições dos termos relacionados ao processo de manutenção, foram inseridas no Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte (MM). As definições, quando pertinentes, são as mesmas do submódulo 20.1 (Definições e glossário) Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, de 2009.

“Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item num estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.8).

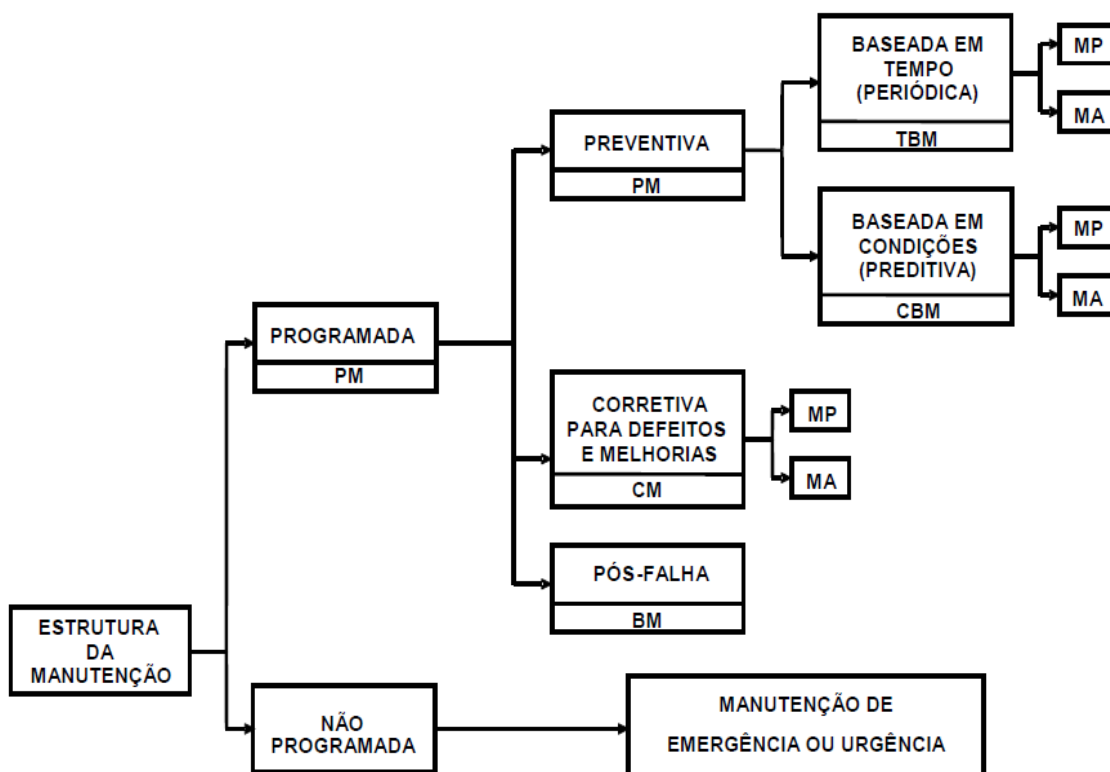
Atualmente, independente da autoria das definições, todas tem o mesmo sentido, isto é, de permitir continuidade operacional dos ativos durante a vida útil estimada, com a máxima disponibilidade e ao menor custo possível. Mas não expressam as necessidades de mudança e adaptações impostas pelas regras do setor elétrico e competitividade entre as empresas. “Em uma conferência de



abertura da *Refinery and Petrochemical Plant Maintenance Conference* foram abordadas questões relativas à dinâmica do mundo moderno e à necessidade de mudanças nas empresas, como fator de competitividade industrial; os principais desafios são fazer mais com menos recursos, encontrar soluções criativas para velhos problemas e reduzir os custos de manutenção” (KARDEC e NASCIF, 1999, p1).

### II.1.2. Os tipos de manutenção na Eletrobras Eletronorte

Não existe unanimidade com relação quanto à classificação dos tipos de manutenção. Segundo TAVARES (1999, p.36) inúmeras tentativas de estabelecimento de uma terminologia padrão de manutenção tem sido feitas sem sucesso. O mais importante não são os nomes, que podem variar, mas sim a compreensão dos conceitos por parte de todos os envolvidos no processo de operar e manter, para que possam determinar os tipos a serem empregados. Na Eletrobras Eletronorte, com base na metodologia TPM, consideram-se os tipos que compõem a estrutura representada na figura 1.



**Figura 1:** Estrutura da Manutenção

Fonte: Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte (2006, p.21)

A estrutura da figura 1 apresenta duas divisões principais a manutenção programada e a não programada, ou seja, de emergência ou urgência, decorrentes de falhas.

“Basicamente, as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causadas pelo seu desgaste natural e pelo uso. Esta degradação se manifesta de diversas formas, desde a aparência externa ruim dos equipamentos até perdas de desempenho e paradas de produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental” (XENOS, 2004, p.18).

Portanto é imprescindível que a manutenção atue sempre de forma programada, eliminando as falhas evitando a perda de desempenho, causada por defeitos. As ações de manutenção preventiva e por melhorias devem sobrepor todas as demais.

A manutenção não programada é a que causa o maior impacto na indisponibilidade dos ativos de geração e transmissão, isto é, responsável pelas maiores perdas nas empresas.

#### **II.1.2.1. Manutenção programada**

Consiste em um conjunto de atividades de manutenção preventiva, corretiva, pós-falha e por melhoria, com o objetivo de aumentar a duração do ciclo de vida útil e melhorar a confiabilidade<sup>1</sup> e manutenibilidade<sup>2</sup> dos equipamentos e sistemas (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.8).

Na literatura normalmente não são encontradas definições para a manutenção programada, que costuma muitas vezes ser confundida com a preventiva, que na verdade é um tipo de manutenção programada.

---

<sup>1</sup> É capacidade de um equipamento, instalação ou sistema de ser mantido ou recolocado em condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob determinadas condições, obedecendo aos procedimentos e meios prescritos (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.8).

<sup>2</sup> É a probabilidade com a qual um equipamento ou instalação possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.7).

### **II.1.2.2. Manutenção preventiva**

Todo serviço de manutenção efetuado em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos para controle e conservação dos equipamentos, obras ou instalações, a fim de mantê-los em condições satisfatórias de operação e evitar ocorrências que acarretem a sua indisponibilidade (ABNT-NBR-5462, 1994, p.7).

“Manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos” (KARDEC e NASCIF, 1999, p35).

Como pode ser observado na estrutura da manutenção, a preditiva pode ser desdobrada em periódica, ou baseada no tempo (MBT) e, preditiva, ou baseada na condição (MBC).

A MBT é a manutenção realizada em intervalos pré-determinados de tempo, para avaliar a tendência de desvio de uma condição normal e para restaurar ou substituir componentes, para restabelecer as condições básicas de operação (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.8).

A eficiência da MBT está na determinação dos interlados entre as intervenções, que além das recomendações dos fabricantes, deve ser objeto de constante estudo por parte da engenharia de manutenção, relacionado as condições operacionais e ao ciclo de vida dos equipamentos.

A MBC é a manutenção baseada na medição da condição do equipamento, para avaliar a tendência de desvio de uma condição normal para uma condição que poderá levá-lo a falhar (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.8).

“A manutenção preditiva permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida” (XENOS, 2004, p.25).

### **II.1.2.3. Manutenção corretiva para defeitos**

Serviço programado ou não, em instalações ou equipamentos, para corrigir falhas ou defeitos, a fim de restabelecê-los à condição satisfatória de operação (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.8).

### **II.1.2.4. Manutenção por melhorias**

Tem por objetivo aperfeiçoar os equipamentos e seus componentes, eliminando os pontos fracos e debilidades de projeto, visando reduzir ou eliminar a necessidade de manutenção, bem como, aumentar a vida útil destes equipamentos (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.9).

### **II.1.2.5. Manutenção pós-falha**

É a manutenção corretiva programada aplicada a alguns itens cuja falha não afeta a produção ou não gera outras perdas além dos custos dos reparos. Ao contrário dos sistemas anteriores, com este sistema se espera que os equipamentos falhem para repará-los (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.9).

### **II.1.2.6. Manutenção não programada**

Consiste em um conjunto de atividades para corrigir ocorrências por falhas (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.8).

Segundo KARDEC e NASCIF (1999, p32) a manutenção corretiva é a atuação para correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Esta definição segue a linha de muitos autores que não distinguem a manutenção não programada, originada de falhas, da corretiva para defeito, que pode ser programada para ser executada, de acordo com a conveniência da manutenção ou demanda.

### **II.1.3. Análise de ocorrências e as ferramentas de análise**

A análise de ocorrência é definida no Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte (2006, p.5), como a investigação da origem de anormalidades e dificuldades encontradas durante a execução da operação do sistema de geração, do sistema de transmissão ou do sistema de distribuição, com o objetivo de identificar medidas corretivas e preventivas que possam ser adotadas pelo ONS e pelos demais agentes. Neste mesmo manual (2006, p.9), a ocorrência é definida como qualquer mudança do estado de operação normal de um equipamento, componente ou sistema que acarreta a sua indisponibilidade.

“Exame lógico e sistemático de um item que falhou, para identificar e analisar o mecanismo, a causa e as consequências da falha” (ABNT-NBR-5462, 1994, p.14).

“Análise da causa raiz da falha é uma atividade proativa, que busca as causas básicas das falhas em equipamento ou instalações. Os objetivos principais da análise são: determinar a causa de um problema de forma eficiente e econômica, corrigir a causa do problema, não apenas o seu efeito, incutir uma mentalidade de correção definitiva e fornecer dados que podem ser úteis na erradicação do problema” (DHILLON,2002, p.95) .

Não é possível dissociar o assunto manutenção da análise de ocorrências ou falhas. É responsabilidade das equipes de manutenção após a uma ocorrência, atuar da forma mais eficiente para devolver o item à operação. Mas paralelamente devem ser coletadas informações, evidências e dados referentes as condições operacionais que antecederam a falha, que permitam o desenvolvimento de processo de análise, para determinar a causa fundamental e implantar ações de bloqueio, para evitar a reincidência.

#### **II.1.3.1. Falha**

Efeito ou consequência de uma ocorrência acidental em uma instalação ou equipamento que acarreta sua indisponibilidade operativa em condições não programadas, impedindo-o de funcionar e, portanto, de desempenhar suas funções (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.7).

“De maneira geral, uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada” (SIQUEIRA, 2005, p.51).

JIS (*Japan Industrial Standardas*) define a falha como a perda de uma função pré-estabelecida para um item (UCHIDA, 2002, p.57).

Todas as definições de falhas convergem para a condição de indisponibilidade de um item, deixando claro que devem ser evitadas, principalmente quando os principais indicadores da empresa estão relacionados à disponibilidade dos seus ativos.

#### **II.1.3.2. Defeito**

Qualquer anormalidade detectada em uma instalação/equipamento que não o impossibilite de permanecer em funcionamento ou disponível para a operação, mas que afete o grau de confiabilidade e/ou desempenho especificado ou esperado para essa instalação/equipamento (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.7).

“Deficiência nas condições que devem ser cumpridas para um item no que diz respeito as suas funções” (UCHIDA, 2002, p.44).

#### **II.1.3.3. Causa fundamental da falha ou defeito**

É aquela que efetivamente deu origem a falha ou defeito, sendo muitas vezes de difícil identificação, o que exige uma investigação acurada para sua detecção (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.6).

#### **II.1.3.4. Ação de bloqueio**

Ação implementada para eliminar permanentemente a(s) causa(s) fundamental(ais) de uma falha, a fim de evitar a sua repetição (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.5).

### **II.1.3.5. Efeitos da Falha**

É a forma com que a falha afeta o desempenho do sistema, isto é, representa a consequência da falha (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.7).

### **II.1.3.6. Modos de Falha**

Conjunto de efeitos e sintomas pelo qual uma falha pode ser observada. O modo de falha está relacionado com a função do sistema (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.9).

### **II.1.3.7. Itens de Inconveniência**

Segundo HOUAISS (2001, p.1599) inconveniência é a ausência de conformidade, inadequação. Com base na definição do Suzuki (1994, p.105) para anormalidades<sup>3</sup>, nas apostilas de treinamento desenvolvidas da Eletrobras Eletronorte desde 1999, adotou-se definir itens de inconveniência ou anormalidades, como pequenas sujeiras, danos, vibrações, vazamentos, corrosões, inclinação, entre outros, que inicialmente parecem não ter nenhuma reação com a ocorrência falha, defeitos em produtos defeituosos. Os efeitos das inconveniências são conhecidos como deterioração forçada.

### **II.1.3.8. Deterioração**

De acordo com a apostila do curso de MA da Eletrobras Eletronorte (2009, p.14), deterioração é um processo que reduz gradativamente a capacidade e produtividade dos equipamentos, após a entrada em operação, níveis inferiores para o qual foi projetado, que pode ser classificada em:

- natural é aquela que ocorre no equipamento devido ao seu envelhecimento proveniente do uso, desgaste natural, dentro das condições operacionais especificadas, levando-se a redução de sua capacidade original.

---

<sup>3</sup> “É uma deficiência, desordem, ligeira irregularidade, defeito, falha ou fissura: qualquer condição que poderá causar outros problemas”.

- forçada é aquela que ocorre no equipamento devido ao seu mau uso, isto é, a não execução das manutenções especializadas e a operação em condições para os quais não foi projetado.

#### **II.1.3.9. Condição Básica**

Conforme a TPM *Encyclopedia* (2002, p.25) estabelecer condições básicas do equipamento significa eliminar as causas da deterioração forçada, isto é, significa:

- limpar (para remover todos os vestígios de sujeiras e fuligem e expor e erradicar defeitos ocultos);
- lubrificar (para prevenir o desgaste e estabelecer a rotina de manter os lubrificantes nos níveis e características estabelecidas);
- reapertos e ajustes (para prevenir mau funcionamento e quebras mantendo porcas e parafusos seguros);
- eliminar vazamentos;
- tratar corrosão.

#### **II.1.3.10. Confiabilidade**

É a probabilidade com a qual um equipamento ou instalação possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.7).

#### **II.1.3.11. Vida Útil**

É o tempo em que um equipamento desempenha a sua função, contado a partir da sua entrada em operação até a sua desativação ou reabilitação total. O conceito de fim da vida útil não se aplica a todos os componentes do equipamento, pois alguns são projetados para terem vida útil indeterminada, como, por exemplo, eixos, parafusos, mancais de deslizamento, etc. (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.10).



### **II.1.3.12. Ferramentas de análise**

Geralmente são empregadas para determinar as causas de falhas e defeitos, determinação de ações de bloqueio que evitem a reincidência destas ocorrências. Mas também podem ser empregadas para:

- desenvolvimento de melhorias diversas, como por exemplo, para eliminar alguma debilidade de projeto e aumentar a vida útil de equipamentos;
- analisar desvios de metas ou de determinadas condições estabelecidas, para restabelecimento da normalidade.

Para que as análises de ocorrências sejam eficientes no objetivo de determinar as causas fundamentais das falhas e, posterior desenvolvimento de ações de bloqueio, é preciso que sejam desenvolvidas de acordo métodos e ferramentas apropriadas. A seguir serão definidos as ferramentas e métodos mais utilizados, de acordo com a literatura relacionada à manutenção e a TPM.

#### **II.1.3.12.1. Método de Análise e Solução de Problemas (MASP)**

A ferramenta MASP ou *QC-Story* desenvolvida por Hystoshi Kume<sup>4</sup> consiste num conjunto de procedimentos sistematicamente ordenados, baseado em fatos e dados, que visa à identificação e a eliminação de problemas que afetam os processos, bem como, a identificação e ao aproveitamento de oportunidades par melhoria contínua.

Como as etapas apresentadas no quadro 1 são colocadas de modo sequencial, é importante que sejam obedecidas cada item citado. Desta forma, existe uma probabilidade maior de que o problema tenha sua causa corretamente identificada, corrigida e bloqueada.

---

<sup>4</sup> No Brasil, foi o método de Kume (1992) que mais teve aceitação, tornado popular por Campos (2004).

Quadro 1: Resumo das Etapas do MASP

RESUMO DAS ETAPAS DO MASP			
PDCA	Fluxo	Etapas	Objetivo
P	1	Identificação do Problema	Definir claramente o problema e reconhecer a sua importância
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema
	3	Análise	Descobrir a(s) causa(s) fundamental(ais)
	4	Plano de Ação	Conceber um plano para bloquear a(s) causa(s) fundamental(ais)
D	5	Ação	Bloquear a(s) causa(s) fundamental(ais)
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo
A	7	Padronização	Tomar medidas preventivas quanto ao reaparecimento do problema
	8	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para aplicação futura e replicação

Fonte: CAMPOS (1992, p.226)

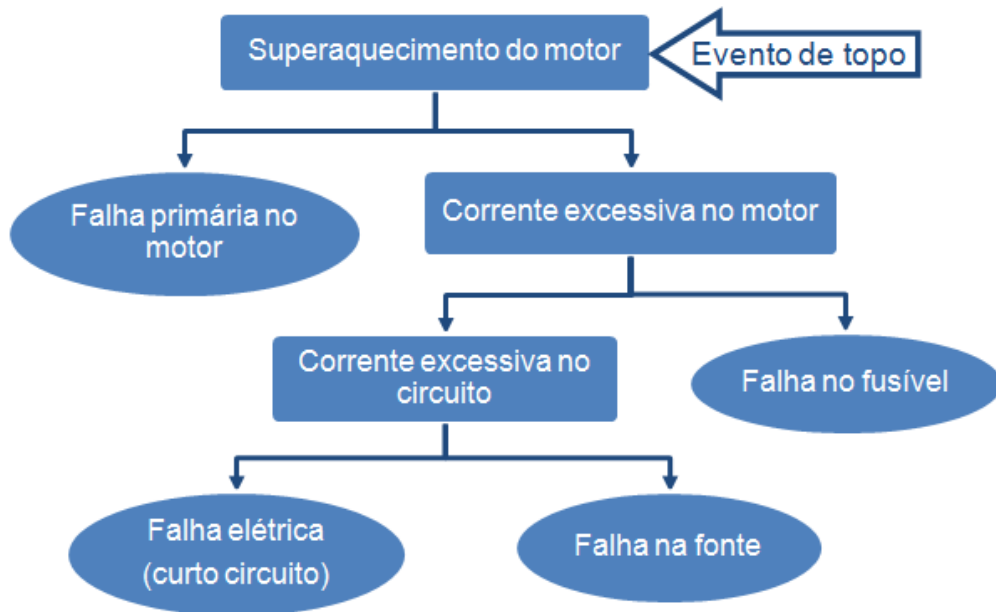
### II.1.3.12.2. Análise da Árvore de Falhas - FTA

Conforme definido no Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte (2006, p.100) a análise da árvore de falhas (FTA<sup>5</sup> - *Fault Tree Analysis*) é uma ferramenta que realiza análise por meio da árvore de falha do equipamento ou processo, na qual se identifica e prioriza as causas mais recorrentes das falhas registradas e até de falhas potenciais. Com essa técnica visa-se uma melhor confiabilidade de produtos e processos.

O principal objetivo do FTA é a identificação das causas primárias das falhas que ocorreram, através da descoberta da relação lógica entre as falhas primárias e a falha final do produto. Os procedimentos a serem adotados no emprego dessa ferramenta são identificar a falha relatada pelo usuário e relacionar falhas intermediárias e eventos mais simples com o que foi relatado pelo usuário. Esta técnica dá enfoque à falha final do equipamento, utilizando a análise individual de uma falha específica como sendo a melhor maneira de tratar a não-conformidade.

<sup>5</sup> Desenvolvida por H. A. Watson, nos anos 60, para os Laboratórios "Bell Telephone", no âmbito do projeto do míssil "Minuteman" sendo posteriormente aperfeiçoada e utilizada em projetos aeronáuticos da Boeing.

Considere o exemplo da figura 2. Um motor elétrico falhou, sendo que o primeiro evento ocorrido no motor, Superaquecimento do motor, é chamado de Evento de topo. A partir desse primeiro evento, outras etapas mais fundamentais são identificadas até se chegar ao limite de resolução do diagrama, sendo esse limite composto pelas falhas mostradas nas elipses da figura.



**Figura 2:** Exemplificação da ferramenta Análise de Árvore de Falhas (FTA)  
**Fonte:** Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte (2006, p.97)

#### II.1.3.12.3. Análise dos Modos e Efeitos das Falhas - FMEA

A análise de modos e efeitos das falhas (FMEA - *Failure Modes and Effects Analysis*) é uma técnica utilizada, basicamente, para se evitar que falhas ocorram nos processos ou nos produtos, por meio de análises das falhas potenciais e ações de melhorias. Com isso, pode-se dizer que o principal objetivo desta ferramenta é detectar falhas antes da produção do produto ou da utilização do processo, buscando um aumento na confiabilidade.

#### II.1.3.12.4. Análise PM

É um método desenvolvido por Kunio Shirose, usado para determinar as causas fundamentais de um determinado problema crônico. Analisa os fenômenos (*Phenomenon*) físicos envolvidos no estudo, focando as condições quatro “Ms” desse fenômeno (Máquina, Material, Método e Mão de obra), conforme mostrado na

figura 3. Utilizado em casos complexos, com múltiplas causas, não bloqueadas por outros métodos (em torno de 2% dos casos).

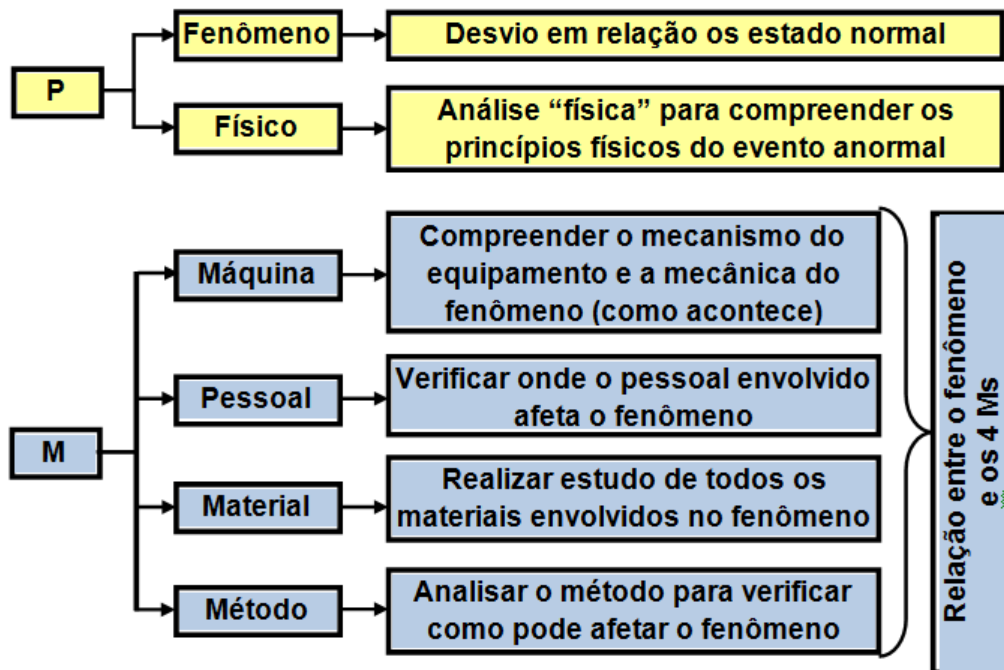


Figura 3: O que é análise PM

Fonte: SHIROSE (2007, p.97)

O princípio básico da Análise PM é compreender, em termos físicos precisos o que sucede quando o equipamento falha e/ou obtém como resultado produtos defeituosos e como isso ocorre.

#### II.1.4. Indicadores de Desempenho

Segundo CAMPOS (1998, p.61) "Somente aquilo que é medido é gerenciado", conceito que pode ser perfeitamente aplicado ao processo de manutenção, independente da metodologia adotada, é necessário o uso de indicadores para avaliar o desempenho dos equipamentos e dos serviços executados, comparando com valores de referência definidos, para mantê-los em operação. Segundo o Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte (2006, p.54), indicadores são informações numéricas que quantificam o desempenho dos processos (utilizados para medir produtividade; qualidade; custo; atendimento; segurança e moral) e são utilizados para auxiliar a tomada de decisão para a correção dos desvios das metas estabelecidas.

Para as metas não contratadas devem ser tomadas referências externas, resultados das empresas congêneres, Isto é, procurar os benchmarks<sup>6</sup> para os indicadores. Tomam-se como referência os indicadores disponibilizados nos relatórios anuais da Associação Brasileira das Empresas Geradoras de Energia Elétrica - ABRAGE e Associação Brasileira das Grandes Empresas de Transmissão de Energia – ABRATE, considerando as características dos ativos.

Segundo SUZUKI, (1994, p.11) “Estabelecer metas quer dizer, objetivar um nível desejado de realização acima de uma linha de base específica. Decidir quanto acima da linha de base deve ser estabelecida a meta é sempre a questão mais difícil. Metas devem ser desafiadoras, mas também alcançáveis”.

#### **II.1.4.1. Escolha dos indicadores**

A escolha dos indicadores adotados para medir o desempenho do sistema de manutenção e dos equipamentos atende às seguintes premissas:

- Indicadores clássicos manutenção que medem a eficiência dos equipamentos e da mão de obra;
- Indicadores definidos no submódulo 25.8 dos procedimentos de rede do ONS (Indicadores de desempenho de equipamentos e linhas de transmissão e das funções transmissão e geração);
- Indicadores definidos pelo planejamento estratégico da Eletronorte;
- Indicadores definidos pelo processo de gerenciamento da manutenção na Eletronorte.

#### **II.1.4.2. Indicadores de desempenho dos equipamentos:**

- DISPG – Disponibilidade da Geração;
- DISPL – Disponibilidade de Linhas;
- DISPE – Disponibilidade de Equipamentos de Subestações;

---

<sup>6</sup> Camp (1998) definiu *benchmarking* como: “a busca pelas melhores práticas que conduzem uma organização à maximização da performance empresarial”.

- TF – Taxa de Falhas;
- TEIP – Taxa de Equivalência de Indisponibilidade Programada;
- TEIF – Taxa de Equivalência de Indisponibilidade Forçada;
- ID – Índice de Disponibilidade;
- FID – Fator de Disponibilidade;
- MTBF – Tempo Médio Entre Falhas (Mean Time Between Failures);
- FCO – Fator de Capacidade Operativa;
- CEUGT – Consumo Específico das Unidades Geradoras Térmicas.

#### **II.1.4.3. Indicadores da eficiência e utilização da mão-de-obra e de custos:**

- MTTR – Tempo Médio do Reparo (*Mean Time to Repair*);
- HhS – Homem hora empregado por tipo de serviço;
- HhA – Homem hora empregado por tipo de atividade;
- CM – Custo da Manutenção.

## **II.2. Manutenção Produtiva Total**

De acordo com SUZUKI (1994, p.ix) a TPM – Manutenção Produtiva Total, é um processo gerencial que revitaliza o ambiente de trabalho, integra as funções do homem e da máquina, assegura a qualidade do produto e reduz a zero as perdas em todos os processos, aumentando a lucratividade da empresa. Trata-se de uma definição clássica que resume toda a filosofia da TPM.

“A manutenção produtiva total como ensinado pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* - JIPM, alcançou reconhecimento mundial como melhor aplicação entre os métodos de manutenção. Hoje, a TPM é um requisito para todas as empresas que desejam competir no mercado global” (ROBINSON e GINDER, 1995, p.ix)

“A manutenção produtiva abrange todas as etapas do ciclo de vida útil dos equipamentos, desde a especificação até o sucateamento, e leva em consideração os custos de manutenção e a produtividade do equipamento ao longo das etapas do seu ciclo de vida” (XENOS, 2004, p28).

### **II.2.1. Conceito**

“Como as atividades de TPM foram inicialmente orientadas para os departamentos de produção, TPM foi originalmente definida pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* - JIPM para incluir as seguintes cinco estratégias” (SUZUKI, 1994, p.5):

- “Maximizar a eficácia global do equipamento”;
- “Estabelecer um sistema de PM compreensivo, cobrindo a vida do equipamento”;
- “Envolver todos os departamentos que planejam, usam e mantêm os equipamentos”;
- “Envolver todos os empregados desde a alta gerência até os empregados de chão de planta”;
- “Promover o PM através de gerenciamento motivacional, isto é, grupos pequenos de atividades autônomas” (SUZUKI, 1994, p.6).

Pode ser descrito também como um método de gestão que identifica e elimina as principais perdas existentes no processo produtivo, maximiza a utilização do ativo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Além disso, desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e melhoria contínua, garantindo o aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, além da melhoria dos processos. Atuando também na cadeia de suprimentos e na gestão de materiais, reduz o tempo de resposta, aumenta a satisfação do cliente e fortalece a posição da empresa no mercado, e nas suas fases de desenvolvimento pode ser definido como:

- *Total Productive Maintenance* → Manutenção Produtiva Total

- *Total Productivity Management* → Gestão da Produtividade Total
- *Total Performance Management* → Gestão da Performance Total

## II.2.2. Histórico da Manutenção Produtiva Total

A manutenção preventiva teve sua origem nos Estados Unidos e foi introduzida no Japão em 1950. Até então, a indústria japonesa trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva, após a falha da máquina ou equipamento (NAKAJIMA, 1989, p.10). Isso representava um custo e um obstáculo para a melhoria de qualidade. Na busca de maior eficiência da manutenção produtiva, por meio de um sistema compreensivo, baseado no respeito individual e na total participação dos empregados, surgiu a TPM, em 1970, no Japão.

“O termo Manutenção Produtiva Total foi utilizado pela primeira vez em 1960 pela Nippondenso, fornecedora de componentes elétricos para Toyota, como um slogan para um tema de melhoria – Manutenção produtiva com a total participação dos empregados. Em 1971, a Nippondenso foi a primeira empresa a receber da JIM o prêmio PM” (ROBINSON, 1995, p.1).

Em 1971 a metodologia foi implantada pela *Japan Institute of Plant Maintenance* - JIPM. A evolução da metodologia TPM desde o seu nascimento, de acordo com o Manual de Promoção TPM para Empresas do Prêmio de Continuidade e Prêmio Especial (JIPM, 2002, p.7-10), pode ser dividida em três gerações, resumidas no quadro 2.

**Quadro 2:** Resumo das 3 gerações da TPM

<b>Geração</b>	<b>Característica</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Abrangência</b>
<b>Primeira</b>	Domínio da metodologia e eliminação dos problemas	Otimização do potencial instalado	• Produção
<b>Segunda</b>	Velocidade na inovação dos processos e produtos. Disciplina e autogestão em todos os níveis.	Eliminação das atividades que não agregam valor e geram custos adicionais	• Fornecedor • Produção • Cliente



Geração	Característica	Objetivo	Abrangência
Terceira	Empresa globalmente responsável	Determinação humana expansão da condição ideal do ativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acionista</li> <li>• Fornecedor</li> <li>• Produção</li> <li>• Cliente</li> <li>• Sociedade</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor

### II.2.2.1. Primeira geração da TPM (1971-1989):

Tinha o foco no equipamento, com o desenvolvimento de um sistema de manutenção preventiva (PM). O programa de introdução e implementação gradual da TPM estava estruturado em cinco pilares:

- Melhoria Específica;
- Manutenção Autônoma;
- Manutenção Planejada;
- Educação e Treinamento;
- Gestão Antecipada.

A prática das atividades com base nos cinco pilares estava focalizada principalmente nas melhorias desenvolvidas nos equipamentos, cujo objetivo era o de aumentar a eficiência global dos equipamentos e das plantas, pela completa eliminação das perdas por falhas nos equipamentos, no *set-up* (ajustes), por *chokoteis* (pequenas paradas), por operação a vazio, por queda de velocidade, por retrabalho e as do no início da operação. Estas atividades de melhoria da produtividade por meio do aumento da eficiência global dos equipamentos e das plantas contribuíram enormemente para a prosperidade do setor industrial no Japão durante a fase do alto crescimento econômico. As atividades para o aumento da eficiência global são muito úteis para o fortalecimento da estrutura das linhas de produção e para a formação de uma infraestrutura sólida para a produção, motivo pelo qual não podem ser de forma alguma, desprezadas apesar de pertencerem à primeira geração. Tudo isso está sendo utilizado até os dias de hoje como

ferramentas importantes e imprescindíveis para o aumento da eficiência, além de ser empregada como indicador dentro das atividades de elevação de nível.

#### **II.2.2.2. Segunda geração da TPM (1989-1999):**

Tinha o foco no Sistema de Produção com o objetivo de atingir a perda zero. Em 1989, a JIPM apresentou a nova definição para o TPM, para ser desenvolvida por toda a empresa, com a participação de todos e, o programa de introdução e implementação gradual da TPM passou a ser estruturado em oito pilares, como acréscimo dos seguintes:

- Manutenção da Qualidade;
- Processos Administrativos;
- Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

De acordo com a nova definição, as atividades baseadas nos oito pilares sugerem a promoção da metodologia por toda a empresa, como o objetivo de aumentar a eficiência do sistema produtivo, ou seja, aumento da eficiência da própria empresa. As atividades destinadas ao aumento da eficiência global dos equipamentos e instalações são importantes e eficientes, como parte fundamental da TPM, já que para a realização de tais tarefas é exigida a remoção das perdas que impactam em todos os custos de produção e de gerenciamento do processo produtivo.

#### **II.2.2.3. Terceira geração da TPM (a partir de 1999):**

Tem o foco no desenvolvimento de atividades inovadoras e na ampliação do alcance da metodologia em todos os setores das organizações, para que respondam às exigências do mercado com agilidade, qualidade e redução drástica de custos, tudo isso aliado à necessidade de serem reconhecidas como empresas globalmente responsáveis. Atividades inovadoras exigem conhecimento, ousadia e criatividade, para revisar antigas ferramentas e criar outras novas para desenvolver as seguintes etapas, voltadas a redução dos custos:

- Estabelecimento de custo alvo;

- Estabelecimento das metas mais ousadas para eliminação de perdas;
- Prospecção de todas as perdas que determinam os custos;
- Prática das atividades de melhoria e controle de acompanhamento;
- Exame do grau de contribuição para a redução de custos;
- Exame do resultado real da melhoria da rentabilidade.

### II.2.3. Estrutura do TPM

O TPM é estruturado sob a forma de pequenos grupos sobrepostos, sustentados pelos oito pilares, conforme demonstrado na figura 4, que se trata de uma adaptação do modelo proposto por SUZUKI (1994, p.10), onde são detalhados os comitês dos pilares.

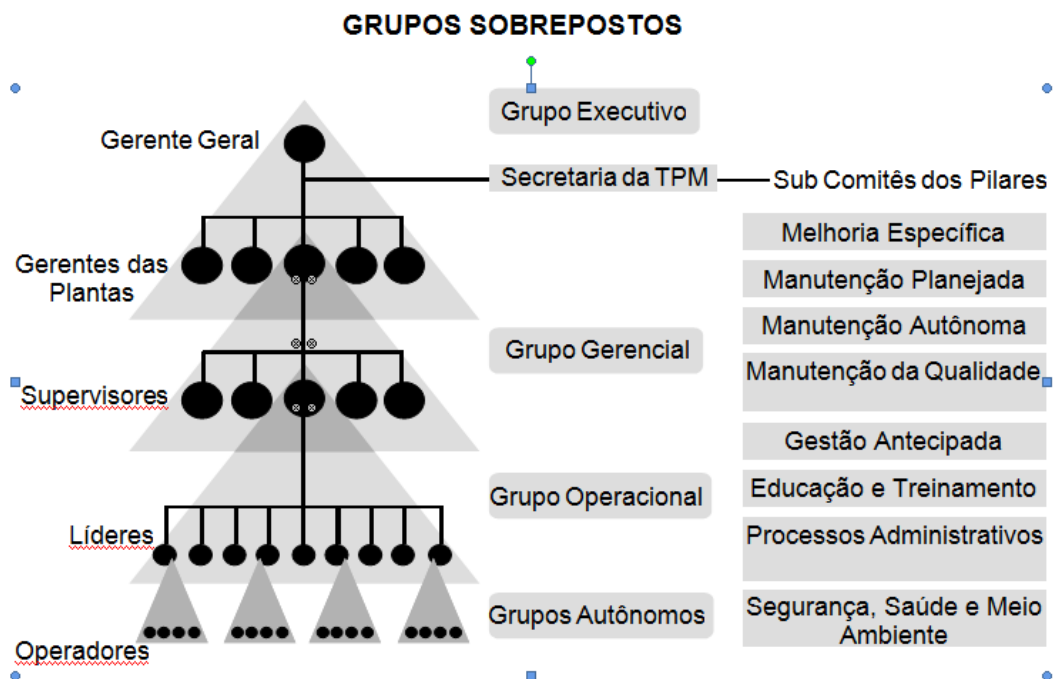


Figura 4: Estrutura do TPM

Fonte: SUZUKI (1994, p.10)

### II.2.4. Objetivos Básicos do TPM

Analisando a literatura pode-se afirmar que os objetivos da TPM se resumem em “Falha Zero”, “Perda Zero” e “Acidente Zero”. Para tanto, a

metodologia visa à eliminação das causas das falhas, e de acidentes, visando a continuidade na produção.

Como o termo Quebra ou Falha Zero é muito citado neste trabalho, é preciso esclarecer que não significa que os equipamentos não irão falhar nunca. “Falha Zero significa que o equipamento não deverá falhar no período entre duas manutenções programadas, ou durante o período em que foi programado para operar” (KARDEC e NASCIF, 1999, p156).

Segundo NAKAJIMA (1989, p.12), a TPM é um sistema que congrega a participação de todos, portanto é baseado no comportamento humano. O aumento da disponibilidade, fácil operação e fácil manutenção dos equipamentos, contribuem com a qualidade total e com a produtividade.

O TPM proporciona aumento da vida útil dos equipamentos, tendo como consequência uma economia de manutenções. Também proporciona um ambiente de trabalho mais saudável, com limpeza, organização e segurança.

Os objetivos propostos só podem ser conseguidos se as atitudes das pessoas forem modificadas, isto significa mudar a cultura empresarial através do aperfeiçoamento tanto dos recursos humanos quanto dos equipamentos.

Para o desenvolvimento da metodologia é preciso criar uma estrutura conforme a demonstrada na figura 4, onde cada pilar tem seu papel fundamental na condução desse desenvolvimento.

#### **II.2.5. Implementação do TPM**

“As doze etapas para a implementação do programa TPM foi anunciada pela primeira vez em 1983. Subsequentemente estas etapas passaram a ser empregada na implementação da TPM” (SHIROSE, 2007, p.19).

Conforme indicado no quadro 3, as doze etapas de implementação são divididas em quatro fases:

- Fases 1 → Introdução e preparação (etapas 1 a 5);
- Fase 2 → Início da introdução à TPM (etapa 6);

- Fase 3 → Implantação (etapas 7 a 11);
- Fase 4 → aplicação continuada (etapa 12).

Recomenda a prática que a implementação da TPM deve seguir uma sequência rígida, onde cada etapa deve ser cumprida integralmente, e o tempo desta implementação vai depender basicamente da situação da planta, de seus equipamentos e da capacidade das pessoas para promover as transformações necessárias.

“Somente após uma preparação suficiente nas etapas da fase 1, poderá ser dado Kik-off ou pontapé inicial, para a implementação da TPM” (SHIROSE, 2007, p.19).

Segundo SHIROSE (2007, p.19) esta fase, dependendo do tamanho da empresa esta fase deve ser executada num período de 3 a 6 meses. E de 3 a 5 anos serão necessários até que a empresa se submeta a concorrer ao prêmio de excelência.

**Quadro 3:** As doze etapas de implementação da TPM

<b>FASES</b>	<b>ETAPAS</b>	<b>CONTEÚDO</b>
<b>1- Preparação</b>	1. Declaração e adoção formal da decisão de implantação da TPM	Declaração formal de adesão à metodologia, feita através de reunião.
	2. Educação introdutória e campanha para a TPM	- Gerentes: Fornecimento de treinamentos através de seminários fora da empresa a todos os escalões de gerência; - Empregados em geral: reuniões de treinamento utilizando recursos multimídia.
	3. Estabelecimento da estrutura para promoção da TPM	- Comitê; - Subcomitê dos pilares; - Secretaria; - Equipamento modelo para treinamento pelo líder do grupo e pelos elementos superiores a ele.
	4. Estabelecimento das políticas, objetivos e metas da TPM	- Objetivos e metas; - Previsão dos efeitos.
	5. Criação de um plano diretor para desenvolvimento da TPM	- Do estágio de preparação ao de aplicação para o Prêmio de Excelência
<b>2- Início</b>	6. Início do sistema	- Convite a fornecedores e a empresas afiliadas e participantes

<b>FASES</b>	<b>ETAPAS</b>	<b>CONTEÚDO</b>
<b>3 - Implantação</b>	7. Sistematização para elevação do rendimento produtivo	- Busca da máxima eficiência produtiva
	7.1. Melhoria Específica (ME)	- Promoção de atividades de equipe e de pequenos grupos no local de trabalho
	7.2. Manutenção Autônoma (MA)	- Desenvolver as etapas com auditorias e certificados de aprovação de cada uma das 7.
	7.3. Manutenção Planejada (MP)	- Manutenção Corretiva - Manutenção Planejada - Manutenção Preditiva
	7.4. Educação e Treinamento (ET)	- Treinamento dos líderes de grupos, que repassarão os conhecimentos aos membros dos seus círculos.
	8. Sistema de gestão antecipada para implementação de novos empreendimentos (GA)	- Eliminação de problemas já na fase de projeto, obtendo equipamentos fáceis de operar e manter.
	9. Estabelecimento de um sistema de Manutenção da Qualidade (MQ)	- Estabelecer, manter e controlar as condições que garantam os parâmetros de qualidade definidos.
	10. Estabelecimento de um sistema para obtenção de eficiência operacional nas áreas administrativas (PA)	- Aumentar a eficiência da área de apoio à produção; - Melhorar e tornar mais eficiente as funções administrativas e os ambientes de escritórios.
	11. Estabelecimento de um sistema visando a promoção de condições de segurança, higiene e ambiente de trabalho (SHE)	- Assegurar ambientes sem acidentes e poluição.
<b>4- Aplicação Contínua</b>	12. Aplicação plena de TPM e elevação dos respectivos níveis	- Inscrição para Prêmio de Excelência; - Estabelecer metas mais desafiadoras.

Fonte: SUZUKI (1994, p.9)

## II.2.6. Os Oito Pilares do TPM

Conforme pode ser observado no quadro 3, a manutenção produtiva total é suportada por oito pilares, resumidos a seguir, de acordo os conceitos do SUZUKI (1994).

#### **II.2.6.1. Melhoria Específica**

Busca a eliminação das perdas e a melhoria do desempenho dos sistemas, equipamentos e processos, através da execução de ações para maximização dos recursos pessoais, operacionais e financeiros da empresa.

#### **II.2.6.2. Manutenção Planejada**

Desenvolve um sistema de gestão de manutenção para assegurar a manutenibilidade e a confiabilidade operacional nos sistemas e equipamentos, a fim de garantir a excelência no atendimento aos clientes, com o menor custo.

#### **II.2.6.3. Manutenção Autônoma**

Previne a deterioração de equipamentos e instalações, pelo desenvolvimento de competências dos operadores, objetivando facilitar a identificação e restauração de anomalias, e a análise de problemas, de forma contínua e determinada.

#### **II.2.6.4. Manutenção da Qualidade**

Garantir a plena satisfação dos nossos clientes, assegurando a integridade da qualidade no fornecimento de energia elétrica, através de uma atuação contínua no processo produtivo.

#### **II.2.6.5. Gestão Antecipada**

Garante a excelência no desempenho operacional dos sistemas e equipamentos, através de uma abordagem sistemática e integrada dos processos de planejamento, projeto, suprimento, fabricação, inspeção, construção, montagem e comissionamento, a fim de otimizar o ciclo de vida útil dos equipamentos.

#### **II.2.6.6. Processos Administrativos**

Contribui para aumentar a eficiência do negócio reduzindo custos dos processos administrativos, eliminando retrabalhos e atividades que não agregam valor.

### II.2.6.7. Educação e Treinamento

Desenvolve ações de educação e treinamento a fim de possibilitar a ampliação dos conhecimentos, o desenvolvimento das habilidades e as mudanças comportamentais na busca constante por uma equipe de alto desempenho.

### II.2.6.8. Segurança, Saúde e Meio Ambiente

Garante o desenvolvimento, pelos empregados, das atividades produtivas com zero acidente, com saúde plena e respeito ao meio ambiente, através da realização continuada de ações preventivas e educacionais. Na Eletrobras Eletronorte decidimos desdobrar estes pilares, totalizando dez.

### II.2.7. Objetivo dos Pilares

Na figura 5 está representado o resumo dos objetivos dos pilares, onde se destaca a falha zero e o suporte da educação e treinamento para todos os demais pilares.

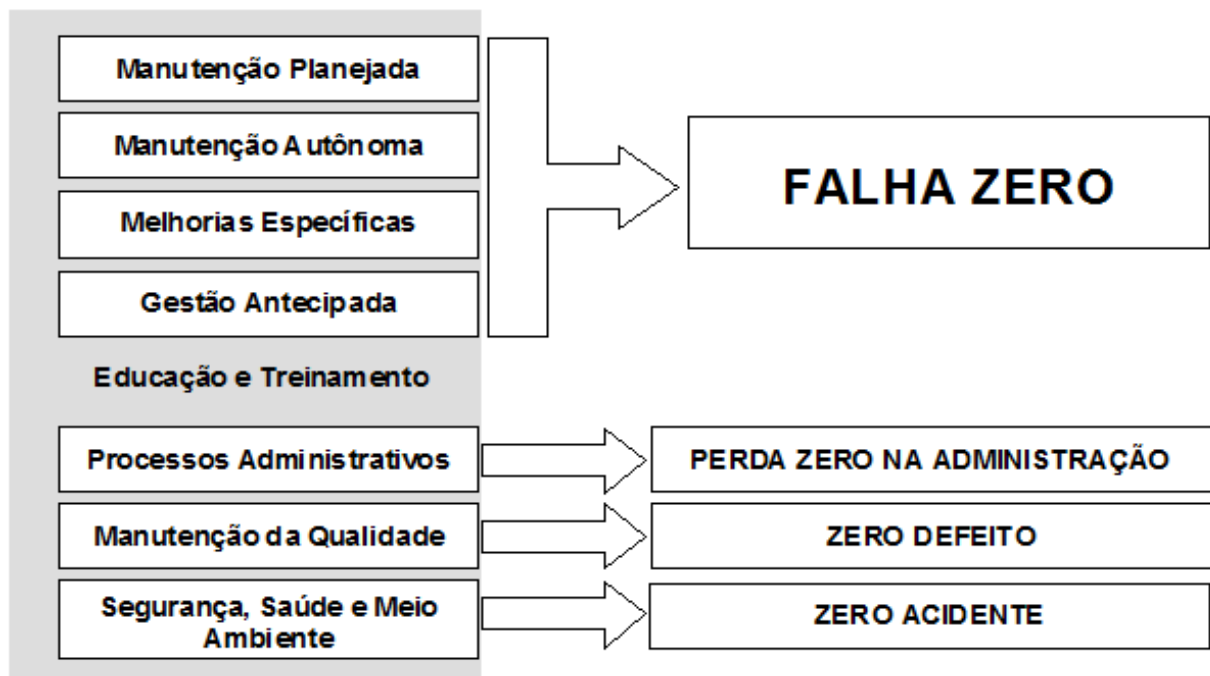


Figura 5: Resumo dos Objetivos dos Pilares da TPM

Fonte: Apostila Curso Internacional Formação de Instrutores TPM (JIPM, 2000, p.27)



## II.2.8. Resultados do TPM

O rigor na aplicação da metodologia garante que os resultados listados no quadro 4 sejam atingidos, proporcionando uma relação ótima de retorno sobre o ativo utilizado ( $\text{output} \div \text{Input} = \text{Produtividade}$ ).

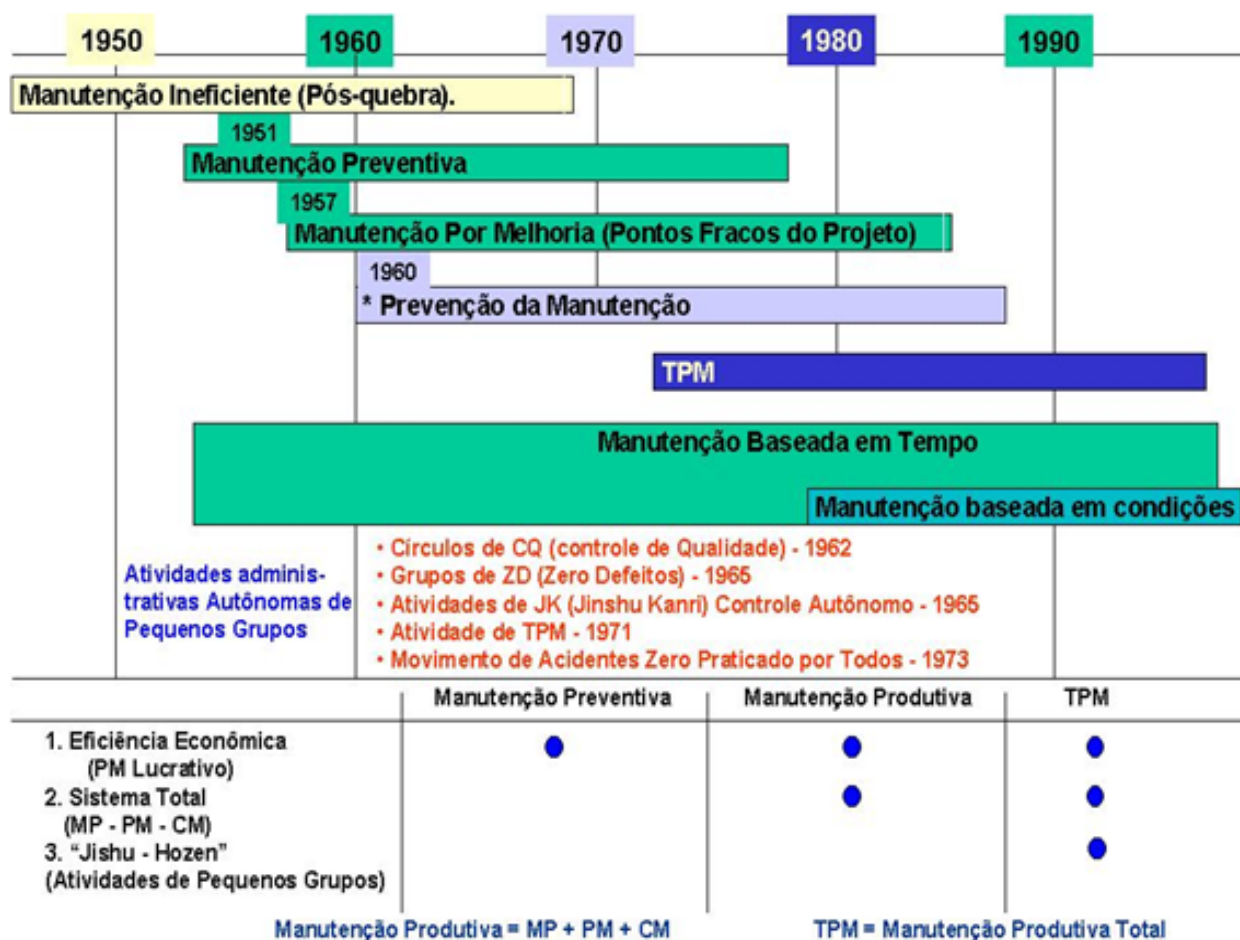
**Quadro 4:** Efeitos do TPM

<b>P</b> rodutividade	• Aumento da produtividade	1,5 a 2,0 vezes
	• Redução de quebras/ falhas	1/10 a 1/250
	• Aumento do índice operacional	1,5 a 2,0 vezes
<b>Q</b> ualidade	• Redução dos defeitos no processo de produção	1/10
	• Redução de reclamações em até	1/4
<b>C</b> usto	• Redução de custo de produção	30 a 40%
<b>A</b> tendimento	• Melhora nos prazos de atendimento às necessidades da produção	50%
<b>S</b> aúde	• Acidentes com afastamento	Zero
	• Poluição	Zero
<b>M</b> oral	• Aumento de sugestões e participação	5 a 10 vezes

Fonte: SUZUKI (1994, p.4)

## II.2.9. Evolução da Manutenção até a TPM.

Na figura 6, de forma resumida, observa-se a evolução da manutenção, desde a época em que só se intervia num equipamento após a sua quebra, passando pela adoção de medidas preventivas, em função de ser ter um maior controle da produção, até as práticas mais modernas, que conciliam disponibilidade, confiabilidade e custo.



**Figura 6:** Evolução da manutenção

Fonte: Apresentações da TPM para a Eletronorte (IMC, 2000)

### II.2.10. Aplicação da Manutenção Produtiva Total

A metodologia do TPM está amplamente difundida no mundo em diversos segmentos industriais, tanto que de acordo com a JIPM o reconhecimento de 2.557 empresas como o Prêmio TPM de Excelência, entre 1971 e 2008, sendo 924 fora do Japão. Números estes que credenciam e recomendam a aplicação da metodologia, sem contar com os expressivos resultados alcançados por todas estas empresas, sem contar outras, que obtiveram sucesso com a TPM, mas não concorreram ao prêmio.

O Brasil foi o pioneiro na implantação da metodologia TPM, fora do Japão, com a vinda do Prof. Seiichi Nakajima em 1986, considerado percussor da TPM, juntamente com *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) que é a responsável pela divulgação do Know-how, tecnologia e metodologia TPM.

Mas independente dos números a adoção da TPM é uma decisão da alta administração, que deve promover todos os meios para que seja corretamente implementada, como qualquer projeto, requer rigor e determinação para que os objetivos sejam alcançados.

“O envolvimento dos empregados é parte necessária do processo. O objetivo é aplicar a experiência e as capacidades criativas em toda planta ou instalação através do uso de atividades de pequenos grupos. O envolvimento total de pessoal planta gera orgulho e satisfação no trabalho, bem como ganhos financeiros para a organização” (ROBINSON e GINDER, 1995, p.3).

Para uma efetiva implementação da metodologia da manutenção produtiva total é preciso considerar que, a empresa deve absorver a cultura da TPM e este por sua vez, se adaptar a cultura da empresa.

Na implementação é preciso que os responsáveis pela condução do processo tenham claramente definido o que é a TPM. Segundo WILLIAMSON (2006, p.1), que vem estudando a aplicação da TPM nas empresas americanas desde 1986, é uma metodologia que prima pela simplicidade apesar da sua grande capacidade transformadora.

“Historicamente, a TPM tem sido mais frequentemente incompreendido do que entendido. É, sobretudo, interpretado como sinônimo de manutenção autônoma, ou o envolvimento do operador na manutenção. Se isso fosse o caso, TPM não seria a manutenção produtiva "total", mas sim manutenção realizada pelo operador (OPM). Na cultura ocidental pautada pela independência, inconformismo e imediatismo, tende-se buscar soluções rápidas ou programas de melhoria que nos dê um ganho sobre a concorrência ou redução dos custos operacionais. A TPM, mesmo mal interpretada, preencheu uma existente necessidade de programa de melhoramento. No entanto, os resultados esperados nem sempre são alcançados, e muitas vezes quando são, não são necessariamente de forma sustentável, principalmente quando a TPM é interpretada como "ferramentas" para melhorar a manutenção - o mínimo esperado em todas as atividades industriais modernas” (WILLIAMSON, 2006, p.2).

Na primeira fase da implementação da TPM na Eletrobras Eletronorte, que foi a única empresa do setor elétrico a adotar a TPM, como em todas as empresas ocidentais, desconsiderando as dificuldades causadas por mudanças e pelas características e cultura dos empregados, os objetivos eram o aprendizado e a incorporação da metodologia, mas com ânsia por resultados imediatos. Um dos maiores erros que se pode cometer na implementação da TPM é velocidade, que se opõe a sustentabilidade.

## **CAPÍTULO III – A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA ELETROBRAS ELETRONORTE**

### **III.1. A Implementação Inicial da TPM na Eletrobras Eletronorte**

A Diretoria de Produção e Comercialização por intermédio de um grupo de representantes de todas as regionais, em 1996, após conhecer os conceitos teóricos e acompanhar o sucesso da realidade da TPM em exemplos japoneses e, posteriormente, no Brasil, em complementação ao Programa ELETRONORTE Qualidade e Produtividade – PEQP, optou por adotar a TPM como ferramenta de melhorias nos processos produtivos.

Em 1997, a alta administração da ELETRONORTE decidiu pela adoção da metodologia TPM em toda a Empresa. Em abril de 1997, por intermédio do Presidente da Empresa, em um simpósio sobre TPM realizado em Rondonópolis – MT foi feita a declaração e adoção formal da decisão de implementação do TPM na Eletronorte.

Em outubro de 1998 as Regionais de Produção e Comercialização do Amapá e Mato Grosso aceitaram o desafio de conquistar o prêmio PM 2.000.

O desafio para as outras Regionais de Produção e Comercialização, seguindo o exemplo do Amapá e Mato Grosso, consistirá em deflagrar o processo de desenvolvimento da TPM a partir de 1999.

Inicialmente foi criada uma estrutura para a promoção da TPM no nível da presidência e da Diretoria de Produção e Comercialização, responsável pelas instalações onde a metodologia seria aplicada.

O grupo de pessoas que compunham esta estrutura elaborou um roteiro, que tinha por objetivo orientar a estrutura corporativa das unidades descentralizadas, quanto à implantação das seis primeiras etapas do programa TPM, bem como alguns passos julgados relevantes para o desenvolvimento do processo. O roteiro para implementação era autoexplicativo, onde as orientações eram normativas e aprovadas pelo Diretor de Produção e Comercialização para serem seguidas. O roteiro deixava claro que a conscientização de todos os gerentes

e demais empregados deveria ser a primeira meta do processo para que pudesse ocorrer uma revolução no ambiente de trabalho e a revitalização da unidade.

O roteiro segue a orientação de Suzuki (1994), implementando a metodologia TPM em quatro fases (preparação, introdução, implementação e consolidação), que são divididas em doze etapas que estão resumidas no quadro 3.

### **III.1.1. As Etapas da Fase de Preparação**

Segundo SUZUKI (1994, p.8) é de vital importância que a fundamentação do programa TPM seja cuidadosamente e integralmente planejada, daí a importância da fase de preparação, etapas de 1 a 5. Se o planejamento for mal feito, modificações e correções repetitivas serão necessárias durante a implementação. A fase de preparação começa com a decisão da alta gerência em introduzir o TPM e termina quando o desenvolvimento do plano mestre tiver sido formulado.

#### **III.1.1.1. Primeira Etapa – Declaração e Adoção Formal da Decisão de Implantação da TPM**

A etapa um é de grande simbolismo para o processo, quando o gerente da planta reúne os empregados numa cerimônia para declarar a adoção formal da metodologia. Geralmente é seguida de coquetel de confraternização, que na maioria das regionais contava com a presença do presidente e de alguns diretores.

De acordo com SUZUKI (1994, p.8), todos os empregados devem saber por que a companhia está introduzindo o TPM e estar atentos de sua necessidade. Nesta cerimônia deve ser feita uma apresentação mostrando os problemas relacionados ao ambiente externo e interno que motivaram a adoção da metodologia, e como a TPM poderá ajudar a superá-los. Muitas companhias estão adotando o TPM como meio de solucionar problemas internos complexos e espantar tormentas econômicas. A preparação para o TPM começa formalmente quando este anúncio for feito.

Nas unidades regionais da Eletrobras Eletronorte foram ministrados cursos introdutórios sobre a metodologia, para que todos os empregados tivessem uma visão geral da TPM, e para tentar minimizar um problema comum em todas as

empresas, que é a tendência a rejeição a mudanças. Nas primeiras regionais estes cursos forma ministrados por consultores externos, que depois foram substituídos por empregados treinados.

A adoção da TPM também era formalizada em cada regional por uma Comunicação Interna (CI) emitida com base na Resolução de Diretoria (RD) que aprovou a implementação da metodologia na Eletrobras Eletronorte. A CI além de formalizar a estrutura de promoção em cada regional com a nomeação de secretário da TPM e coordenadores de pilares, também reproduzia as principais decisões da RD, dentre as quais cabe destacar:

- aprovação da estrutura organizacional de suporte à implantação do TPM;
- autorização de filiação das regionais ao *Japan Institute of Plant Maintenance - JIPM* - Instituição sem fins lucrativos ligada as indústrias japonesas, destinada a: promover e difundir a TPM; pesquisa e desenvolvimento da metodologia TPM; recolher e divulgar informações e materiais sobre a TPM; promover o intercâmbio de informações entre diversas organizações no Japão e no exterior em relação a TPM e, premiação das empresas pelo desempenho no desenvolvimento da TPM.);
- autorização para as regionais contratarem serviços de consultoria especializada para orientar e acompanhar a implementação da TPM.

### **III.1.1.2. Segunda Etapa - Educação Introdutória e Campanha para a TPM**

O objetivo desta etapa era fazer com que todos os empregados compreendam plenamente aos propósitos do sistema TPM, através do estabelecimento de uma linguagem comum, bem como, desenvolver uma campanha de divulgação da metodologia.

Nesta etapa que foi desenvolvida a educação introdutória, que abrangeu todos os níveis hierárquicos da unidade da seguinte forma:

- Gerentes - participação em palestras e cursos de formação de facilitadores em TPM;

- engenheiros, supervisores e líderes de equipes - participação em cursos de formação de multiplicadores de TPM;
- empregados em geral - educação através de palestras, filmes e videoconferências sobre TPM.

Para facilitar a disseminação da metodologia e formar consultores e auditores internos, a empresa selecionou e treinou um grupo de empregados para assumir as secretarias da TPM nas regionais de geração e transmissão. Alguns destes empregados se formaram em instrutores internacionais da TPM, que lhes garantem registro na JIPM.

Nesta etapa também foram feitas campanhas para promoção da TPM e desenvolvidos programas de atividades, com a finalidade de divulgar os eventos e comunicar de maneira efetiva os propósitos da nova filosofia de trabalho, de modo que todos os empregados sintam-se motivados a participar. A promoção é feita com faixas, cartazes e painéis diversos afixados em todas as áreas da empresa, com o fornecimento de materiais didáticos, como por exemplo: cartilhas; folders; programas de atividades; manual da TPM. Em todas as regionais foram promovidos concursos de frases promocionais e de um lema para a metodologia da manutenção produtiva total, que depois eram transcritos em cartazes e materiais didáticos diversos, além de estamparem os logotipos personalizados de cada uma.

Seguindo a ideia de que os processos só podem ser melhorados se forem medidos. Todas as atividades são acompanhadas e controladas através de:

- reuniões com os líderes e instrutores, registrando todos os fatos;
- cronogramas detalhado das atividades previstas para essa etapa;
- gráficos de acompanhamento do programa;
- registro das atividades de treinamento bem como, a relação dos participantes e o tempo dedicado à cada atividade;
- aplicação de testes que permitiam avaliar a compreensão e entendimento da filosofia TPM pelos empregados;



- planilhas para controle da formação de instrutores e resultados da multiplicação dos conhecimentos.

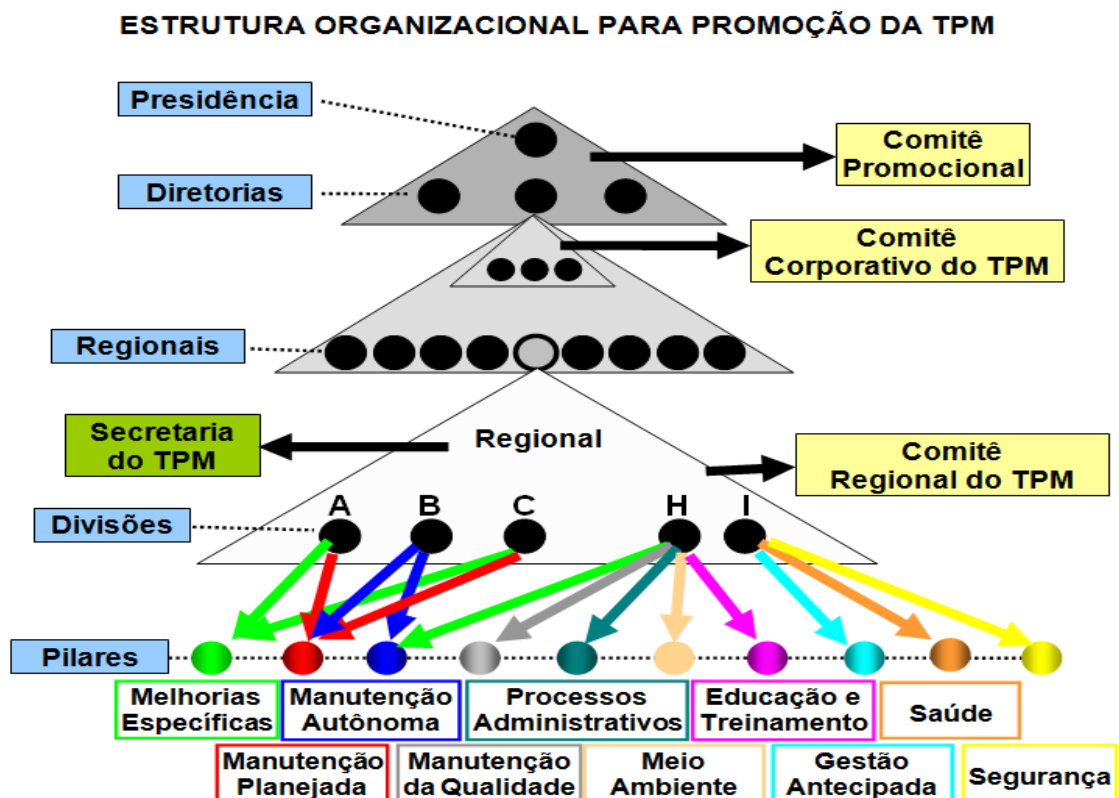
Em cada etapa além das atividades previstas e das metas a serem atingidas, havia um compromisso da alta direção da empresa e das lideranças das unidades, no sentido de:

- assegurar as verbas necessárias para a educação introdutória;
- tomar iniciativa no sentido de receber tal educação;
- organizar o fornecimento dessa educação a todos os níveis hierárquicos, avaliando os respectivos progressos.

Todo o esforço empenhado nesta etapa foi no sentido de que todos os empregados compreendessem e assimilassem os conceitos básicos da TPM e da importância para a Eletrobras Eletronorte da sua implementação. Para que este objetivo fosse alcançado, foi estabelecido que cada regional deveria atingir, inicialmente, um índice mínimo de 70% de treinamento e conscientização de seus empregados.

### **III.1.1.3. Terceira Etapa - Estabelecimento da Estrutura para Promoção da TPM**

Nesta etapa é definida a estrutura da organização e promoção, com o propósito de suportar o desenvolvimento do programa TPM. Na Eletrobras Eletronorte a estrutura de cada regional foi baseada na própria estrutura organizacional da empresa, que por sua vez está fundamentada na da sobreposição de pequenos grupos (SUZUKI, 1994, p.10), ilustrado na figura 7. Neste sistema os líderes de grupos pequenos em cada nível organizacional são membros de grupos pequenos do próximo nível mais alto. A alta gerência também constitui um grupo pequeno. Este sistema é extremamente eficaz para organizar as políticas e os objetivos da alta gerência dentro de uma organização (SUZUKI, 1994, p.10).



**Figura 7:** Estrutura para promoção da TPM na Eletronorte  
 Fonte: Baseada no modelo do Suzuki (1994, p.10).

É necessário estabelecer uma coordenação da TPM responsável por desenvolver estratégias eficazes de promoção da TPM. Para ser eficaz, a coordenação deve ser dirigida por um pessoal permanente, de tempo integral, assistido por vários comitês e subcomitês. Suas funções incluem preparar o plano mestre da TPM e coordenar sua promoção, planejando meios de manter as várias atividades da TPM em andamento, lançando campanhas focadas, disseminando informações e organizando publicidade. A coordenação tem um papel importante no gerenciamento de implementação de manutenção autônoma e atividades de melhoria específica (SUZUKI, 1994, p.10).

A alta direção da empresa definiu por resolução de diretoria uma estrutura suporte, que foi adotada por todas as regionais, com seguinte forma:

**III.1.1.3.1. Estrutura:**

- Diretor –Presidente
- Diretorias

- Superintendências e Gerências Regionais
- Divisões

#### **III.1.1.3.2. Coordenação**

A coordenação de implantação do programa TPM e das funções deliberativas era de responsabilidade do diretor-presidente, dos demais diretores e de todos os gerentes da organização, para implementação, desenvolvimento e manutenção do programa.

As atribuições da coordenação implantação do programa TPM eram as seguintes:

- aprovar o macro plano de implantação;
- aprovar as estratégias para implementação;
- aprovar políticas e diretrizes;
- acompanhar a evolução do macro plano.

#### **III.1.1.3.3. Secretarias de TPM**

As secretarias de TPM tinham por função a supervisão da implantação e desenvolvimento da metodologia, sendo compostas de um coordenador geral e de coordenadores dos dez pilares, que se subordinam administrativamente a:

- nível corporativo - ao diretor-presidente
- nível de diretorias - ao diretor da área
- nível das superintendências regionais - ao gerente da área

A secretaria corporativa para o programa de implantação da TPM foi denominada como "Secretaria Geral" e, tinha as seguintes atribuições:

- atuar como secretaria executiva da diretoria executiva;
- elaborar o macro plano de implantação da TPM na Eletrobras Eletronorte;

- elaborar as estratégias para implementação;
- elaborar as políticas e diretrizes;
- definir os indicadores de qualidade e metas;
- elaborar e atualizar o manual de regulamentos e métodos;
- acompanhar a evolução do macro plano;
- exercer a função de consultoria interna;
- consolidar o orçamento para sustentação da metodologia.

A secretaria da DC (Diretoria de Produção e Comercialização) tinha as seguintes atribuições:

- atuar como secretaria executiva da diretoria correspondente;
- elaborar o macro plano de implantação nas áreas;
- supervisionar os trabalhos de desdobramento do macro plano de implantação;
- acompanhar a implementação das ações de desenvolvimento nas áreas da Diretoria;
- definir os indicadores de qualidade e metas;
- exercer a função de consultoria interna;
- exercer a função de multiplicador dos conceitos e técnicas;
- consolidar o orçamento para sustentação da metodologia na Diretoria.

As secretarias das gerências regionais eram compostas de um coordenador geral - atribuição do gerente regional, secretário geral, de coordenadores de cada um dos 10 pilares, que tinham as seguintes atribuições básicas:

- atuar como secretaria executiva das gerências regionais;

- elaborar macro plano de implantação na regionais;
- supervisionar os trabalhos de desdobramento do macro plano de implantação nas áreas;
- acompanhar a evolução do macro plano;
- supervisionar a implementação das ações de desenvolvimento nas áreas;
- definir os indicadores de qualidade e metas;
- exercer a função de consultoria interna;
- exercer a função de multiplicador e facilitador dos conceitos e técnicas;
- consolidar o orçamento para sustentação da metodologia nas regionais.

A manutenção produtiva total é efetivamente praticada nas plantas de geração e transmissão, ligadas às gerências regionais, que para obterem os resultados que a metodologia permite, necessitava da estrutura acima, com as seguintes atribuições:

- coordenador geral – supervisionar a implantação e desenvolvimento do método TPM, atuando como facilitador, oferecendo apoio, orientando em conjunto com o secretário os coordenadores dos pilares e demais empregados da regional, promovendo eventos, estabelecendo auditorias, no sentido de zelar pelo bom andamento do processo:
- facilitador – orientar, dirimir as dúvidas que surgirem em relação a implantação e implementação da metodologia TPM, e servir de elemento de contato entre as secretarias das instalações e a secretaria geral.
- coordenador da manutenção autônoma - promover e implementar as atividades a serem executadas rotineiramente nos equipamentos pelos operadores, compreendendo limpeza, inspeção, lubrificação, reaperto, restauração, ajuste e atividades de melhorias, visando manter as condições básicas dos equipamentos, ou seja, dentro dos parâmetros para os quais foram projetados;

- coordenador da manutenção planejada – promover e implementar as atividades periódicas e aperiódicas a serem executadas pelas de manutenção, objetivando:
  - prevenir e corrigir falhas e / ou defeitos;
  - aumentar a duração do ciclo de vida útil dos equipamentos;
  - diminuir tempos e custos de manutenção;
  - melhorar a confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos;
  - estruturar um processo de gestão da manutenção adequado à organização.
- coordenador de melhorias específicas – promover e implementar as atividades que buscam melhorar a eficiência na utilização de equipamentos, materiais, métodos e pessoal, ou seja, eliminar as perdas detectadas nos processos e / ou equipamentos;
- manutenção da qualidade - desenvolver atividades que visam garantir a qualidade do intrínseca do produto, e do desempenho dos demais pilares no que possa intervir no desempenho dos processos de produção e transporte de energia elétrica;
- coordenador da gestão antecipada – promover e implementar a coordenação com as áreas de engenharia, administração e produção, visando a máxima confiabilidade dos equipamentos, dentro de condições especificadas, tendo por objetivo facilitar a execução da operação e da manutenção, buscando eliminar a intervenção do homem nos equipamentos;
- coordenador de educação e treinamento – promover e implementar as atividades a serem desenvolvidas junto aos empregados objetivando:
  - identificar as necessidades de treinamento;
  - definir critérios e procedimentos para participação e avaliação das ações executadas;

- estabelecer um sistema de educação e treinamento para aprimoramento das habilidades técnicas e comportamentais dos empregados.
- coordenador dos processos administrativos – promover e implementar as atividades baseadas nos 5 Sentos e na melhoria das rotinas, através da eliminação das perdas administrativas, da implementação de manutenção autônoma e melhorias específicas nas áreas administrativas, definição e padronização dos processos administrativos;
- coordenador da segurança – promover e implementar atividades, objetivando a busca da manutenção do nível zero de acidentes;
- coordenador da saúde – promover e implementar atividades objetivando a busca da integridade física e mental dos empregados;
- coordenador de meio ambiente – promover e implantar a gestão ambiental das instalações com o objetivo de:
  - obtenção, manutenção e renovação das licenças de operação;
  - garantir a ausência de notificações decorrentes de problemas com o meio ambiente;
  - buscar o desenvolvimento sustentado.
- secretário geral – acompanhar todas as etapas e atividades de implementação da TPM nas regionais, com o objetivo de:
  - garantir o cumprimento dos prazos previstos no plano mestre,
  - supervisionar e assessorar os coordenadores com relação às atividades de gestão visual;
  - atuar como facilitador e orientador;
  - atuar como interface entre a secretaria/DC e das regionais;
  - assessor aos coordenadores com relação às atividades de suporte metodológico e administrativo;

- coordenar as atividades relativas à execução do relatório de atividades (“Book”) das regionais;
- programar e realizar as auditorias para avaliar o desenvolvimento das etapas dos pilares;
- uniformizar os procedimentos internos e externos às regionais, consolidando informações entre as diversas áreas que utilizam a metodologia.

#### **III.1.1.3.4. Equipamento Modelo**

Nesta etapa também foi(ram) escolhido(s) equipamento(s) modelo, onde os técnicos das plantas tiveram a primeira oportunidade de exercitar os procedimentos preconizados pelo método relativos ao pilar de manutenção autônoma. Nestas atividades era fundamental a participação dos gerentes, líderes de processos e demais membros da secretaria da TPM. As atividades relacionadas com o equipamento modelo tinham como objetivos principais:

- treinar gerentes e líderes de equipes;
- propiciar o aprendizado sobre as técnicas e conceitos do método;
- facilitar o entrosamento entre membros da equipe;
- servir de exemplo para os empregados;
- estabelecer referência para os demais equipamentos.

Em cada planta era escolhido um equipamento que tenha características similares aos demais, mas cuja indisponibilidade venha interferir na produção, isto é, na geração e transmissão de energia, conforme ilustrado na figura 8. Após a escolha do equipamento as equipes de cada planta elaboravam um planejamento, com o objetivo de:

- treinar as três primeiras etapas da manutenção autônoma a serem desenvolvidas no equipamento modelo, e a finalidade de cada uma;



- apresentar para a equipe sobre as características técnicas e operacionais do equipamento modelo;
- fazer preleção sobre segurança durante as atividades;
- disponibilizar todos os materiais necessários (cartões de anomalia vermelhos e azuis, baldes, trapos, escovas, detergentes, solventes, lixas, etc.);
- tomar as providências necessárias para desligamento e isolamento do equipamento, para que as atividades possam ser realizadas sem riscos para as pessoas;
- desenvolver as três primeiras etapas da MA – “Limpeza e inspeção; Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso; Elaborar padrões provisórios para limpeza, inspeção e lubrificação”;
- estratificar as etiquetas azuis (que podem ser eliminadas pelos operadores e vermelhas (que deverão ser eliminadas pelos mantenedores) e dois grandes grupos:
  - tipos de inconveniências: condições básicas, falhas ínfimas; objetos desnecessários; locais de difícil acesso; fontes de sujeira; local inseguro e origem dos defeitos de qualidade.
  - locais de inconveniências: máquinas, instrumentos e acessórios; aparência externa dos equipamentos; corpos dos equipamentos; arredores dos equipamentos e equipamentos secundários.

## Equipamento Modelo da UHE Samuel



**Figura 8:** Equipamento modelo da UHE Samuel: Estação de tratamento de água

**Fonte:** Relatório das etapas de preparação do TPM Eletronorte - Rondônia (2000)

**Obs.:** Na execução das atividades previstas para as três etapas da MA, são elaboradas Lições Ponto-a-Ponto (LPP), que trata-se de um instrumento muito eficaz na transmissão de conhecimentos práticos, para capacitar os operadores.

#### **III.1.1.4. Quarta Etapa - Estabelecimento das Políticas, Objetivos e Metas da TPM**

“A política básica da metodologia TPM deve ser parte integrante da política global e estratégica da empresa e, deve indicar os objetivos e as diretrizes das atividades a serem realizadas. Os objetivos da TPM devem relacionar-se com o planejamento estratégico da empresa, isto é, com os objetivos do negócio a curto, médio e longo prazo, o que significa dizer que somente podem ser decididos após ampla consulta a todos os envolvidos, incluída a alta direção O programa TPM deve durar o suficiente para alcançar os resultados fixados” (SUZUKI, 1994, p.11). A política básica da TPM no início da aplicação da metodologia na Eletrobras Eletronorte, apresentada na figura 9, foi definida com base nos itens abaixo, os quais podem ser balizadores das definições, porém não limitantes para as mesmas:

- atingir quebra zero buscando maximizar a eficiência global de processos e equipamentos;
- adquirir equipamentos e implementar processos com melhor performance e levar os existentes a melhores condições operacionais visando o atendimento ao cliente com a melhor qualidade possível;
- desenvolver as habilidades e competências dos seres humanos com relação aos equipamentos sob sua responsabilidade, estimulando-as a maximizar seu potencial;
- criar ambientes de trabalho mais agradáveis e seguros, que estimulem a participação e a melhoria do desempenho dos empregados.



**Figura 9:** Exemplo de Políticas, Objetivos e Metas

**Fonte:** Relatório de Atividades TPM da Regional de Produção de Rondônia (2000)

Nesta etapa, foram levantadas as perdas nos em todos os processos das plantas das regionais, envolvendo as áreas de manutenção, operação, engenharia e administrativa. Foram identificadas as perdas nos custos, perdas nas receitas e perdas potenciais por aplicação de penalidades, através das quais identificou-se as oportunidades de melhorias.

A partir do levantamento dos custos e das perdas, eram definidos os objetivos, indicadores e metas a serem atingidas, relacionando-os numa tabela distribuídos nas dimensões Produtividade, Qualidade, Custo, Atendimento (Delivery), Segurança/Saúde/Meio Ambiente e Moral conforme demonstrado no quadro 5. Os indicadores associados a cada objetivo/meta eram expressos na forma numérica e através de gráficos, o que possibilita melhor compreensão e visibilidade para todos empregados. De acordo com SUZUKI (1994, p.11) o programa do TPM dura o período de tempo que estas metas requerem para alcançar seus objetivos. Fica evidente que ele se refere às fases, desde o domínio da metodologia até a sua consolidação plena, sendo que os objetivos podem transcender todas elas, sendo

que os indicadores e metas deverão ser revistos e atualizados ao longo desta trajetória.

Os indicadores foram estabelecidos com base em referências claras, que facilitassem a medição instantânea da situação existente, que RAM expressos qualitativamente e quantitativamente para permitir a identificação dos objetivos a serem atingidos. As metas estabelecidas eram desafiadoras, porém passíveis de serem alcançadas e, também compatíveis com as melhores referências (benchmarks) internas da unidade, empresa e externas. Para facilitar o entendimento elaboravam-se tabelas onde eram listados os indicadores, com os resultados obtidos no ano de referência e com as metas para um horizonte de dois a três anos.

**Quadro 5:** Indicadores de Desempenho e Metas

Dimensão	Indicador de Desempenho	Unidade	Realiz.	Metas			
			Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	
<b>P</b> Produtividade	NF – Número de Falhas	Un					
	TF – Taxa de Falhas	-----					
	MTBF – Tempo médio entre falhas	Horas					
	MTTR – Tempo médio para reparos	Horas					
<b>Q</b> Qualidade	TFF – Tensão fora de faixa	Minutos					
	FFF – Frequência fora de faixa	Minutos					
	DREQ – Duração Equivalente de Interrupção	Horas					
	FREQ – Frequência Equivalente das Interrupções	Unidades					
<b>C</b> Custo	CME – Custo médio da energia	R\$/MWh					
	ROP – Razão Operacional	%					
<b>D (delivery)</b> Atendimento	DISPG – Disponibilidade de geração	%					
	DISPL– Disponibilidade de Linhas	%					
	DISPE– Disponibilidade de Equipamentos	%					
<b>S</b>	TFA – Taxa de Frequência de Acidentes	%					

Dimensão	Indicador de Desempenho	Unidade	Realiz.	Metas			
			Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	
Segurança	TGA – Taxa de Gravidade de Acidentes	%					
M Moral	ABS – Índice de Absenteísmo	%					
	LPPs – Número de Lições Ponto-a-Ponto	Unidades					
	NMI – Número de Melhorias Implementadas	Unidades					

**Fonte:** Apostila de Formação de Instrutores Internacionais TPM, IMC (2000).

As perdas identificadas eram estratificadas e distribuídas graficamente num diagrama, denominado árvore de perdas. Esta estrutura permite de forma clara e ordenada, que as perdas de uma regional, departamento ou planta, sejam decompostas até um nível em que possam se avaliadas, visando a posterior redução ou eliminação.

Na figura 10 está representada uma das árvores de perdas elaboradas nas regionais da Eletrobras Eletronorte, onde podem ser observados dois ramos principais, perdas na produção e perdas na gestão. A árvore de perdas orienta o planejamento, orçamento, plano de ações (objetivos e metas) e o desenvolvimento de melhorias.

Para eliminar as perdas relacionadas na árvore e atingir as metas estabelecidas, eram desenvolvidas atividades de melhorias. Para tornar este trabalho mais eficiente foram utilizados critérios de priorização de perdas, com base no tamanho de cada uma, grau de dificuldade para eliminação e no potencial de ganho.

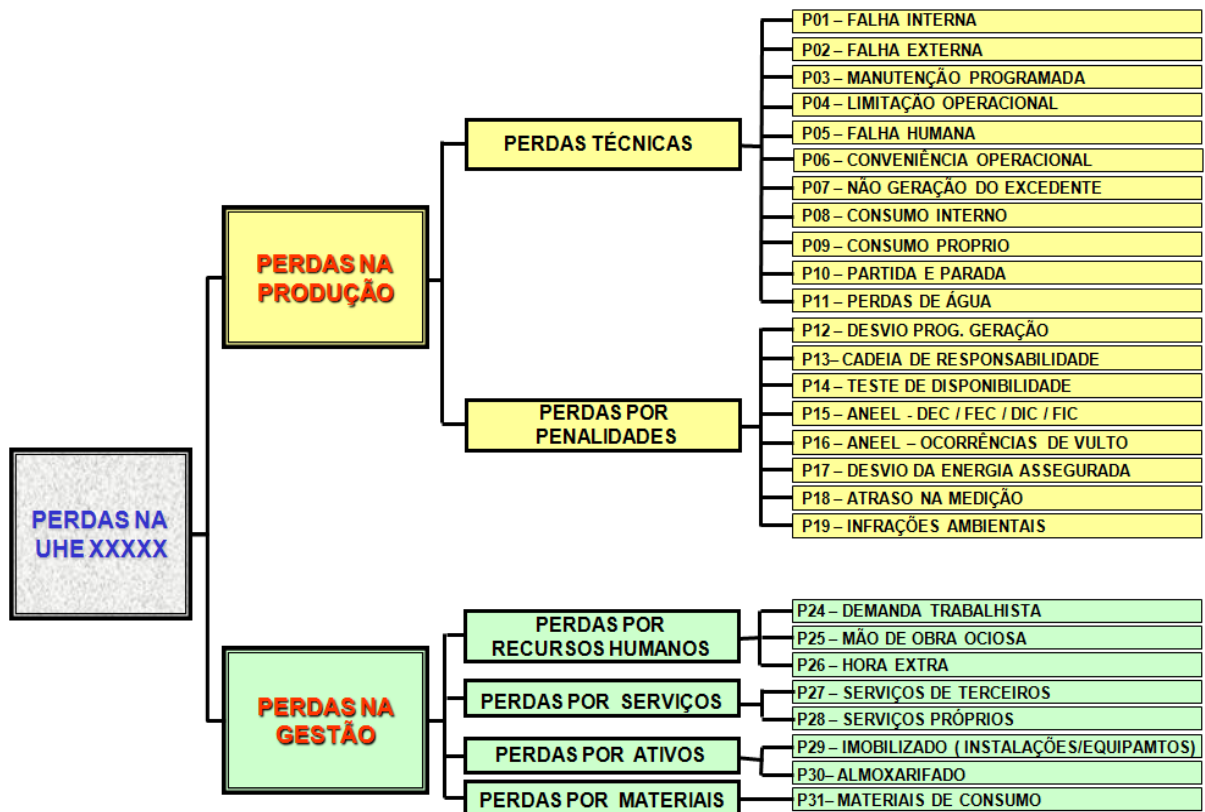


Figura 10: Estrutura de Árvore de Perdas

Fonte: Padrão utilizado na Eletronorte

### III.1.1.5. Quinta Etapa – Elaboração do Plano Diretor para Desenvolvimento da TPM (Plano Mestre)

Segundo SUZUKI (1994, p.12), para formular um Plano Mestre para implementação, primeiro é preciso decidir que atividades devem ser seguidas para alcançar as metas do TPM. Este é um passo importante, porque ele faz as pessoas pensarem sobre os meios mais eficientes de ligar lacunas entre as linhas de base e as metas.

O plano mestre é uma representação gráfica, onde podem ser observados todos as macro atividades dos pilares, distribuídas ao longo de um período considerado, conforme exemplificado na figura 11. É um plano para implantação da TPM abrangendo todas as suas etapas.

O plano mestre era desdobrado em cronogramas de atividades para cada um dos pilares, para os quais eram desenvolvidos cronogramas de atividades, que

orientavam a implantação e condução de cada um. Os cronogramas eram elaborados de acordo com a matriz 5W1H.

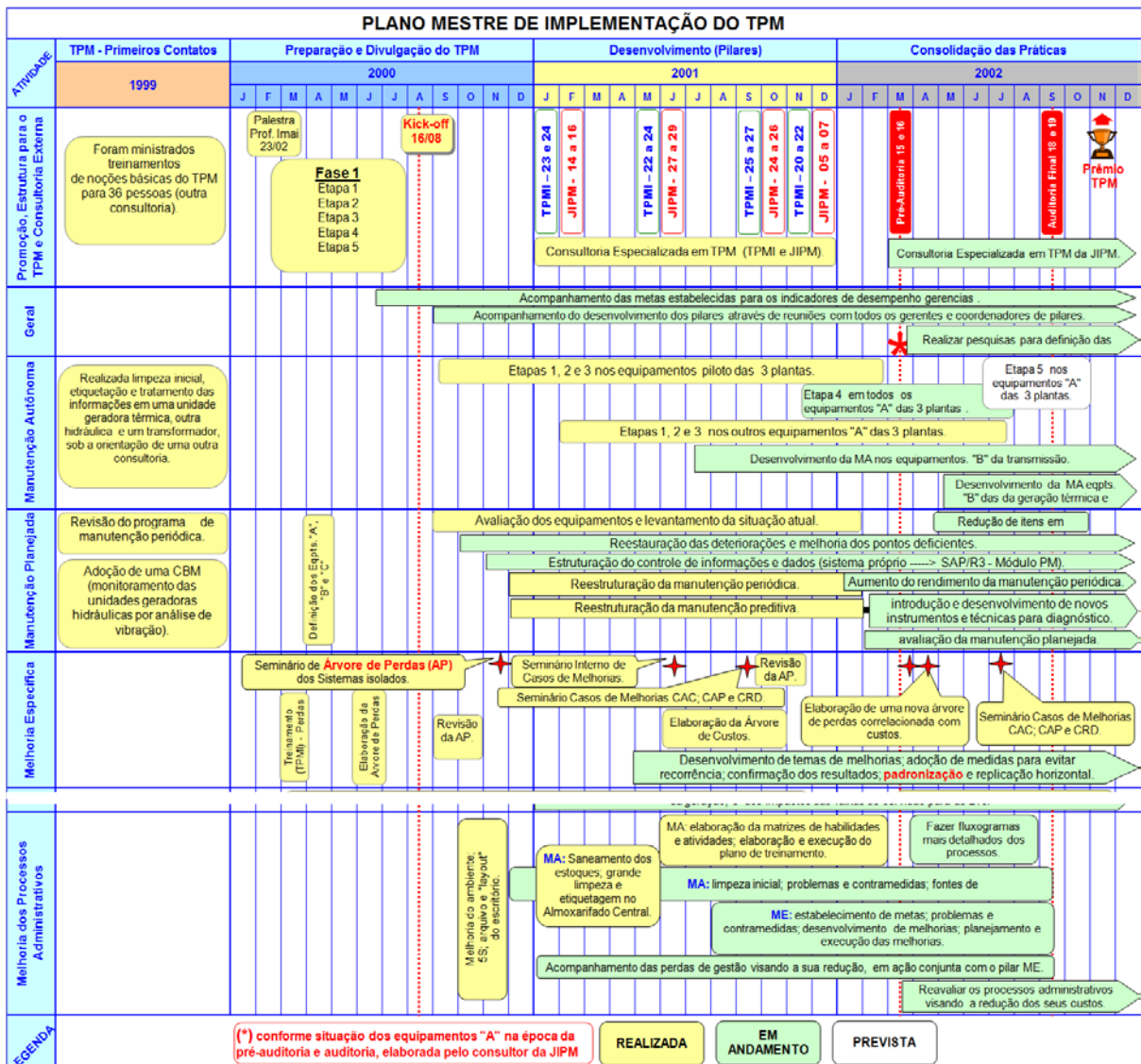


Figura 11: Exemplo de Plano Mestre para Implementação dos Pilares da TPM

Fonte: Padrão adotado na Eletronorte de acordo SHIROSE (2007, p.28-29)

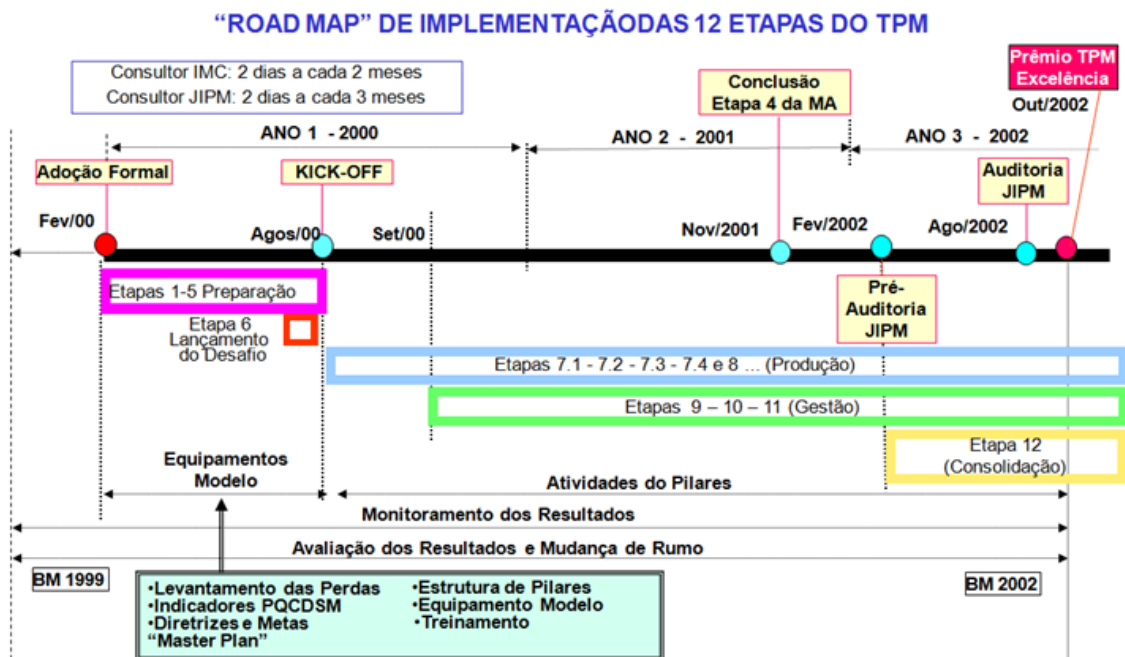
Na elaboração do plano mestre eram considerados os seguintes itens:

- conhecimento claro dos objetivos da TPM;
- as metas para alcançar os objetivos (considerando que as metas devem ser definidas com base na árvore de perdas);
- o tempo necessário para atingir as metas;
- as etapas a serem desenvolvidas e a duração de cada uma;



- representação gráfica com as etapas de cada um dos pilares e respectivos tempos de duração.

O *Road Map*, apresentado na figura 12, é outro tipo de representação gráfica, mais compacta, onde eram mostrados apenas os principais eventos, que permitia a rápida visualização do desenvolvimento das atividades, desde a preparação até a consolidação das doze etapas, com obtenção do prêmio de excelência.



**Figura 12:** *Road Map* para controle das principais etapas da implementação.

**Fonte:** Relatório de Atividades TPM da Regional de Produção de Rondônia (2000)

Nesta etapa, seguindo orientação dos consultores, foi estabelecida a primeira matriz de priorização da ação da manutenção, pela qual os equipamentos são classificados em A, B ou C. A classificação dos equipamentos passou por diversas modificações, à medida que avançava o desenvolvimento das etapas dos pilares manutenção autônoma e planejada.

De acordo com SUZUKI (1994, p.133) para priorizar os equipamentos, é preciso determinar os elementos nos quais deve basear a avaliação, para então formular os critérios para cada um. O quadro 6 apresenta sete elementos de avaliação: segurança/meio ambiente; recomposição do sistema; qualidade do produto; condição de operação; perdas; intervalo das falhas; manutenibilidade. Estes

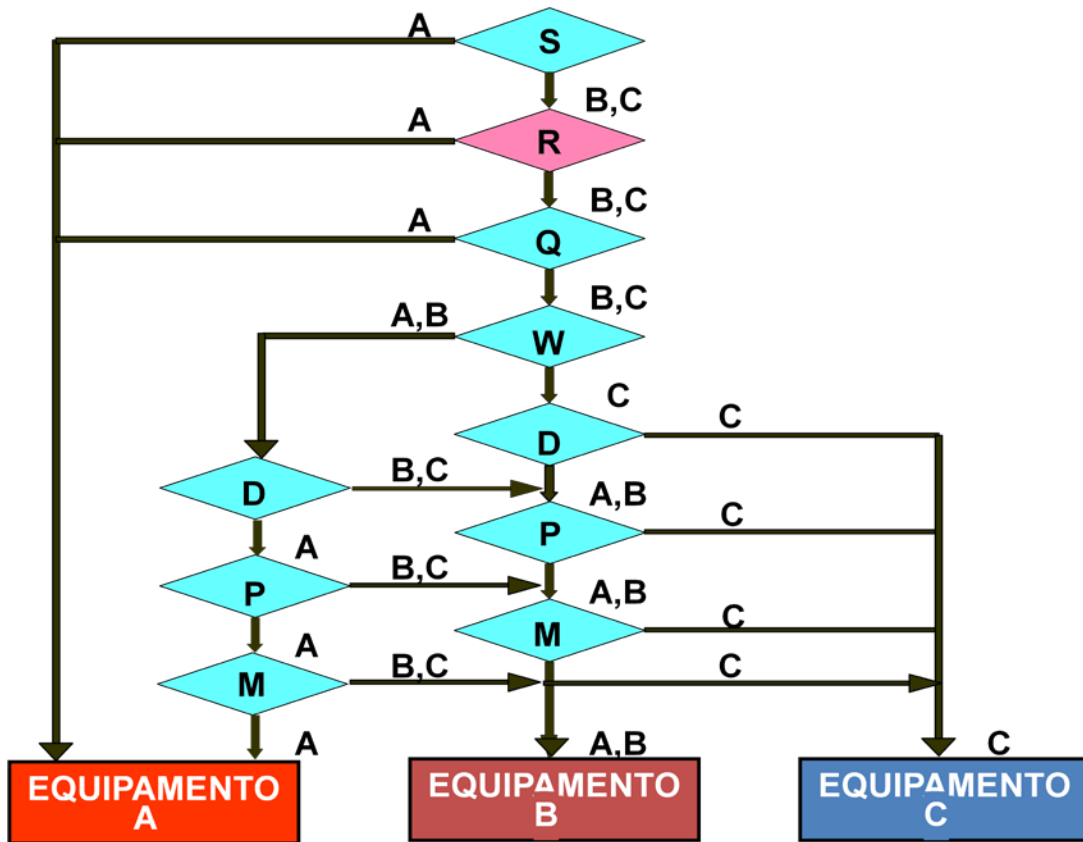
critérios estavam adequados às características de suas plantas da Eletrobras Eletronorte. Depois de estabelecidos os critérios, os equipamentos eram classificados em A, B ou C, utilizando a matriz de decisão apresentada na figura 13. Os equipamentos classificados como A e B eram designados como equipamentos de PM (*preventive maintenance*), isto é que seriam assistidos por programas de manutenção baseados nas condições e no tempo.

**Quadro 6:** Critérios de Seleção de Equipamentos

Itens de Avaliação	Classificação	Nível A	Nível B	Nível C
Segurança / Meio Ambiente	<b>S</b>	- Se falhar pode causar perdas de vidas e sérios problemas ambientais	- Se falhar pode causar acidentes com afastamento e alguns problemas ambientais	- Se falhar não causa danos nem a segurança nem ao meio ambiente
Recomposição do Sistema	<b>R</b>	- O equipamento é imprescindível para a recomposição do sistema	- O equipamento é importante para a recomposição do sistema	- O equipamento não é importante para a recomposição do sistema
Qualidade do Produto	<b>Q</b>	- Se ocorrer defeitos pode gerar perdas de qualidade no produto por período > 1 hora	- Se ocorrer defeitos pode gerar perdas de qualidade no produto por período > 4 min. < 1 hora	- Se ocorrer defeitos pode gerar perdas de qualidade no produto por período < 4 min.
Condição de Operação	<b>W</b>	- Operação contínua > 24 horas	- Operação contínua > 3 < 24 horas	- Operação intermitente
Perdas	<b>D</b>	- Se falhar irá desligar grande parte dos clientes	- Se falhar irá desligar parcialmente os clientes	- Se falhar não afetará de imediato os clientes
Intervalo das Falhas	<b>P</b>	- Falhas frequentes (01 falha a cada 6 meses ou menos)	- Falhas ocasionais (até uma falha por ano)	- Falhas quase inexistentes (uma falha em mais de um ano)
Mantenabilidade	<b>M</b>	- Tempo de reparo acima de 4 horas; - Custo de reparo acima de R\$ 20.000,00.	- Tempo de reparo entre 1 e 4 horas; - Custo de reparo de R\$ 5.000,00 a 20.000,00.	- Tempo de reparo abaixo de 1 hora; - Custo de reparo abaixo de R\$ 5.000,00.

Fonte: SUZUKI (1994, p.133)

## Matriz de Decisão



**Figura 13:** Matriz de Decisão para definir a criticidade de equipamentos

Fonte: SUZUKI, (1994, p.133)

### III.1.1.6. Sexta Etapa – Lançamento do Programa TPM (*Kick-off*)

De acordo com as orientações do SUZUKI (1994, p.12), uma vez que o plano mestre foi aprovado, começa o desenvolvimento das atividades dos pilares.

O desenvolvimento da metodologia TPM ocorre após a efetiva implantação do estágio preparatório (etapas 1 a 5), quando os conceitos básicos do TPM já foram suficientemente difundidos e definidos para todos os empregados.

Esta etapa (*kick-off*) marcou efetivamente o início desafio de eliminação das perdas constatadas nos equipamentos previamente definidos, e para ficar registrado, em todas as regionais foram realizados eventos comemorativos. O objetivo desses eventos era criar uma situação, em que todos os empregados estivessem cientes e comprometidos com a nova política estabelecida, elevando sua moral e ratificando o apoio irrestrito da alta direção, de maneira que todos se

comprometessem com os desafios rumo ao objetivo final, que é a falha zero, acidente zero e perda zero.

### **III.2. A Fase da Implantação da TPM**

Terminada a fase de preparação começou o desenvolvimento das atividades dos pilares, isto é, as etapas de 7-12 da fase de implantação, detalhada no quadro 3 (As doze etapas de Implementação da TPM).

“Nas etapas precedentes de preparação, o trabalho foi fundamentalmente dirigido pelos elementos do *staf*. A partir deste estágio têm-se o envolvimento do quadro operacional. Significa que não mais existem expectadores, pois todos serão engajados na luta contra os desperdícios e perda” (NAKAJIMA,1989, p.57).

De acordo com o plano mestre, começaram a serem desenvolvidas as atividades relacionadas e planejadas para alcançar as metas propostas. A ordem e o prazo das atividades das etapas de 7-11 foram planejados de acordo com as características particulares de cada regional, e de suas plantas. Algumas atividades eram realizadas simultaneamente.

A etapa 12, fase de aplicação contínua ou de consolidação, corresponde ao momento em todas as atividades previstas no plano mestre foram alcançadas, e a partir do qual, deverão mantidos e aperfeiçoados os níveis atingidos. Nesta fase também que as regionais e plantas se submeteram a avaliação da JIPM, visando, inicialmente, a conquista do Prêmio de Excelência, que é um atestado de a metodologia foi aprendida e incorporada na cultura da empresa, e também um motivador para a continuidade do processo.

A Eletrobras Eletronorte, com o apoio de consultores, desenvolveu um manual de implantação da manutenção produtiva total, tendo como referência o livro TPM em Indústrias de Processo do Professor Tokutaro Suzuki, bem como, a experiência da JIPM na orientação de diversas empresas em muitos países. Consta também neste manual, orientações de como seria feita a transição da sistemática de manutenção adotada na época (Programa de Controle de Operação e Manutenção - PROCOM), implantado desde 1980, para a TPM, que será detalhada e analisada no próximo item para facilitar o entendimento do processo.

### **III.2.1. Integração PROCOM/ TPM**

Para o sucesso da implantação da TPM foram desenvolvidas ações para que a transição PROCOM / TPM ocorresse sem ocasionar perdas para a empresa.

O PROCOM previa a execução de manutenções baseadas no tempo de uso do equipamento ou no número de operações, e alguns poucos itens de preventiva. Não eram feitas análises para verificar se realmente os intervalos de paradas eram os melhores, e se as intervenções eram necessárias. Este sistema funcionava relativamente bem e estava arraigado na cultura do pessoal de manutenção da Eletrobras Eletronorte, há muitos anos. Mudar este sistema não seria fácil, mas teria que ser feito, em função de determinação da alta direção da empresa, baseada nos seguintes motivos:

- reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro, que levou as empresas a empreender esforços no sentido de buscar alternativas viáveis, para suplantar os desafios desenhados pelos novos cenários nacionais e internacionais;
- baixa efetividade do PROCOM frente aos novos desafios, que pela sua estrutura demandava gastos excessivos na manutenção, necessidade de elevado número de homens X hora, para cumprimento do programa de manutenção, e também de não ter entre seus objetivos, foco em melhoria de performance;
- índices de falhas, desligamentos e custos de manutenção não mais atendem às necessidades impostas pelo mercado, bem como pelo Operador Nacional do Sistema – ONS e a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL;
- buscar de metodologias que permitissem atender as necessidades crescentes dos clientes e mercado, levando-se em conta os recursos disponíveis, para fazer frente a nova realidade do setor elétrico;
- estudos realizados por equipe composta de profissionais relacionados aos processos de operar e manter, após profunda pesquisa, indicaram pela adoção da metodologia TPM – Manutenção Produtiva Total, que prima pela busca do retorno do equipamento à sua condição inicial, reduzindo a necessidade de

novas aquisições – novos investimentos, preconizando ainda o aumento da produtividade de 1,5 a 2,0 vezes, aumento do índice operacional de 1,5 a 2,0 vezes, redução nos custos de manutenção de 30% a 40%, redução nos estoques de 50%, mudança de cultura, autoconfiança, multifuncionalidade das equipes, melhoria do local de trabalho, envolvimento da alta administração e melhoria da imagem da empresa.

Esta transição, em função dos prazos estabelecidos para reestruturação dos programas de manutenção, junto com a resistência a mudanças e as características dos homens de operação de manutenção da época, tenham sido as maiores causas das dificuldades encontradas na implementação da metodologia.

Mas como existia determinação e uma condução forte e bem estruturada, os pilares foram implementados, os resultados começaram a aparecer, e mesmo contrariando muitos cétricos, profundas transformações ocorreram na empresa e nas pessoas. Um dado que pode comprovar a mudança de comportamento foi a grande melhoria na escolaridade dos empregados.

As programações de manutenção e operação foram refeitas de acordo com a visão do TPM, a época foi determinado que num prazo de 3 (três) meses as instalações promovessem a reestruturação das suas equipes de operação e manutenção, adequando-as ao método TPM, período no qual o atual programa de manutenção do PROCOM, deveria ser revisado, de maneira a permitir uma maior disponibilidade operacional dos equipamentos.

Os programas de inspeção e controle – PICs, existentes a época, foram revisados para aperfeiçoar os procedimentos de forma que se executasse somente os serviços essenciais, para disponibilizar mais tempo para as equipes de manutenção de iniciarem a implementação das etapas da manutenção planejada nos equipamentos da instalação, bem como, apoiar a estruturação da manutenção autônoma e, atuar nas melhorias específicas identificadas após o levantamento da árvore de perdas (equipe de melhorias).

Algumas ações necessárias para que a transição fosse efetivada, foram desenvolvidas durante as etapas de preparação, como:

- definição dos equipamentos tipo A, B, C;
- estruturação da árvore de perdas e definição de diretrizes, objetivos e metas;
- revisão do programa de manutenção de todos os equipamentos;
- redistribuição das atividades de manutenção e operação.

Com a definição dos níveis de criticidade dos equipamentos, foi possível começar desenvolver as etapas dos pilares da manutenção autônoma e planejada, mantendo em paralelo as atividades de monitoramento, inspeção e manutenção julgadas imprescindíveis para os equipamentos classificados como A e B, já que como será apresentado adiante os classificados como C, pelo menos inicialmente, não serão incluídos no programa de manutenção baseada no tempo e nas condições.

### **III.2.2. Etapa 7– Sistematização para Elevação do Rendimento Produtivo**

O objetivo desta etapa é sistematizar as atividades para alcançar a elevação do rendimento produtivo (homem, máquina, método, material). É nela que é iniciado o desenvolvimento das atividades dos pilares melhoria específica; manutenção autônoma; manutenção planejada e educação e treinamento.

Como se observa na figura 5, resumo dos objetivos dos pilares, os pilares ME, MA e MP, são considerados os pilares que contribuem diretamente para atingir a falha zero e a MQ para o defeito zero, incluindo neste caso não só o produto como os processos que impactam na disponibilidade. Considerando os aspectos técnicos e econômicos, são os que se destacam em importância para o sucesso da TPM, e conseqüentemente, são os que estão mais relacionados com o objetivo deste trabalho. Portanto são os pilares cujos detalhes da implementação serão abordados neste capítulo.

#### **III.2.2.1. Etapa 7.1 – Melhoria Específica**

Quando uma empresa decide adotar a metodologia TPM, ela está admitindo a existência de perdas nos seus processos, que precisam ser eliminadas. E onde há

perdas existem oportunidades de ganhos, que devem ser identificadas, priorizadas e transformadas em metas, cujo alcance é coordenado por este pilar

A melhoria específica é o pilar que coordena todas as atividades voltadas para identificação e eliminação das perdas. Como já citado, o objetivo da ME é: a busca a eliminação das perdas e a melhoria do desempenho dos sistemas, equipamentos e processos, através da execução de ações para maximização dos recursos pessoais, operacionais e financeiros da empresa. A partir deste objetivo todos os empregados devem ter em mente que, onde há perdas existem oportunidades de ganho, portanto todos os esforços devem ser desenvolvidos para a eliminação de todas as perdas nos processos, sistemas e equipamentos da empresa.

“A melhoria específica é uma atividade de melhoria usada por times multifuncionais, composta por pessoas como engenheiros de produção, pessoal de manutenção e operadores. Estas atividades são feitas para minimizar o nível das perdas que foram cuidadosamente medidas e avaliadas” (SUZUKI, 1994, p.13)

A implantação deste pilar se inicia pela identificação das perdas existentes em todos os processos, que deverão ser classificadas em grupos, mensuradas, priorizadas e estruturadas graficamente na forma de um diagrama denominado Árvore de Perdas.

A Árvore de Perdas é um diagrama que apresenta de forma clara e ordenada os problemas do departamento/planta, decompostos em vários segmentos de perdas, permitindo avaliar os pontos fracos dentro do processo de produção, buscando a eficiência global.

Mas como não havia esta cultura na empresa, foi preciso antes definir as perdas a sua estrutura.

#### **III.2.2.1.1. A Estrutura das Perdas**

As atividades do TPM buscam eliminar as perdas que impedem a máxima eficiência do sistema produtivo, que pode ser entendida como a diferença entre o valor ideal esperado e o valor real obtido na desempenho de um equipamento ou



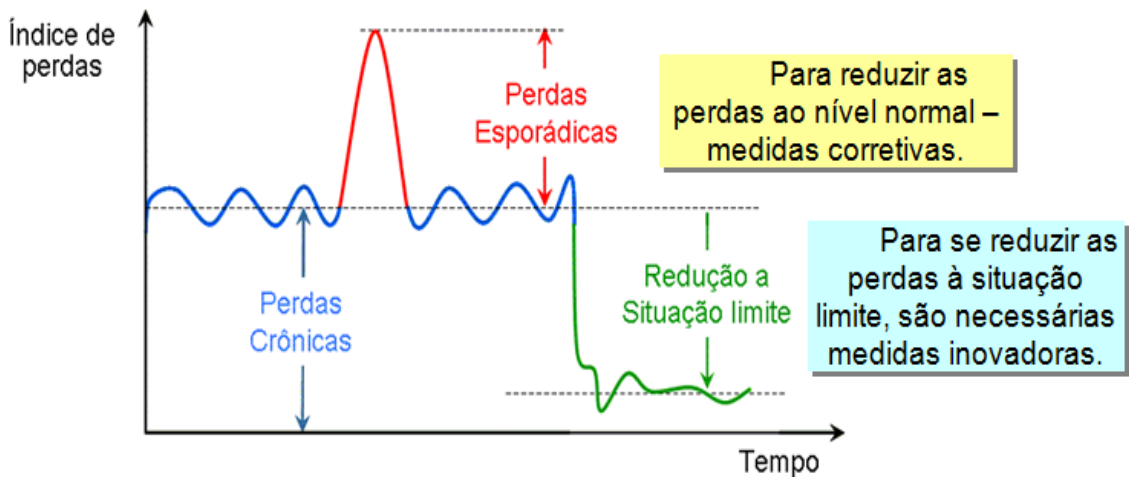
processo. Estas perdas de forma geral estão associadas a três grandes grupos de recursos empregados e presentes em um ambiente de produção, que são eles:

- Materiais e Insumos;
- Ativos e Pessoas;
- Produtos.

As perdas podem ser divididas em dois tipos, as crônicas e esporádicas, que são definidas como:

- Crônicas são aquelas geradas por falhas ou defeitos de difícil detecção e decorrentes de causas diversificadas dificultando o diagnóstico da relação entre causa e efeito bem como a elaboração de medidas defensivas. A perda crônica refere-se normalmente a uma falha ou defeito que ocorre repetidamente dentro de certo intervalo de tempo. A solução deste tipo de perdas necessita de medidas inovadoras, bastante diferentes das convencionais;
- Esporádicas são aquelas geradas por falhas ou defeitos facilmente detectáveis e que mostram uma clara identificação da relação causa e efeito, sendo as soluções corretivas adotadas sem nenhuma complexidade. Normalmente sua ocorrência é pontual e de fácil visualização, sendo, geralmente, motivada por alterações nas condições operacionais do equipamento.

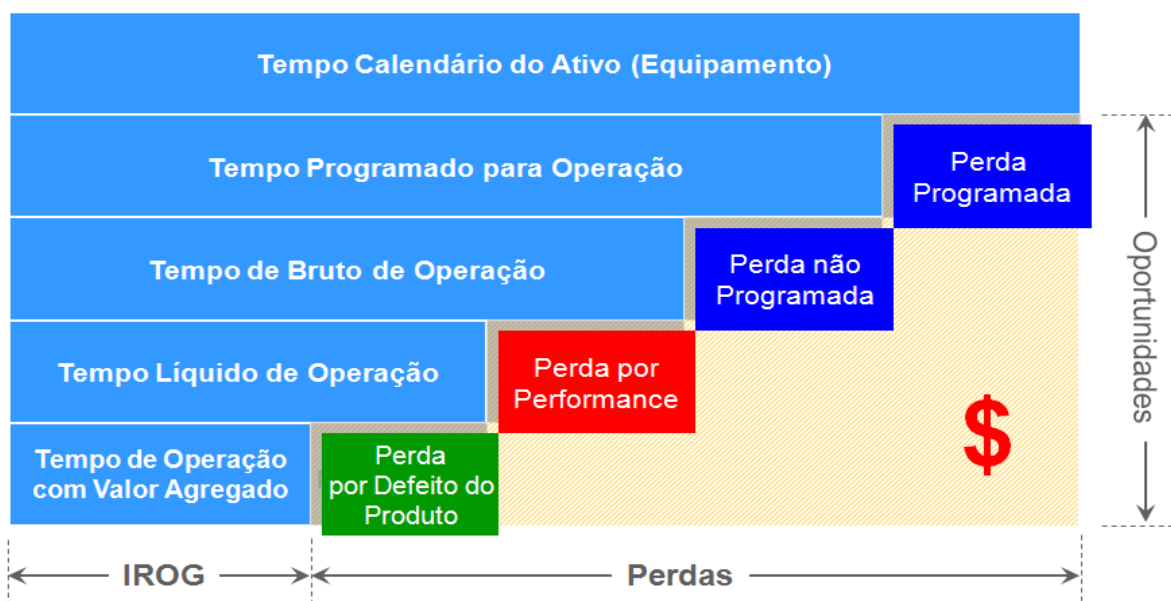
A figura 14 mostra como se relacionam as perdas crônicas e esporádicas presentes em um sistema produtivo.



**Figura 14:** Representação Gráfica do Perfil das Perdas

Fonte: SHIROSE (2007, p.72)

A utilização parcial dos ativos empresariais é uma fonte de perdas, que pode ocorrer por diversos fatores, sendo que alguns são controláveis e outros não, mas que de qualquer forma representa um grande problema para a empresa. As perdas que podem ocorrer no processo produtivo de um determinado produto ou serviço, que podem ser representadas numericamente adotando-se o conceito do rendimento operacional global – OEE, conceito que está representado graficamente na figura 15. O rendimento operacional máximo dos equipamentos significa utilização plena de suas respectivas funções e capacidades. A eficiência dos equipamentos pode ser aumentada por meio da eliminação criteriosa das perdas.



**Figura 15:** Representação Gráfica do OEE

Fonte: Apostila Curso Internacional Formação de Instrutores TPM (JIPM, 2000, p.10)

Analisando separadamente cada uma das perdas pode-se atuar de forma a reduzir os *gaps*, como por exemplo:

- Perda programada: Como na maioria dos nossos equipamentos a manutenção ainda é aplicada a manutenção baseada no tempo, a redução do *gap* pode ser obtida com planejamento, treinamento, aperfeiçoamento das técnicas e desenvolvimento de melhorias, que permitam a redução do tempo de parada de máquina mantendo a qualidade dos serviços executados. A redução do número de defeitos, que devem ser analisados para que não voltem a ocorrer, também influencia na redução deste *gap*;
- Perda não programada: A eliminação das falhas é um dos principais objetivos da TPM, e para este objetivo que a metodologia estruturou os pilares da manutenção autônoma, planejada, melhoria específica, gestão antecipada e manutenção da qualidade, com o suporte da educação e treinamento e dos processos administrativos.

O conhecimento e gestão destes *gaps*, já produzem efeitos na redução das perdas, porque só os problemas conhecidos podem ser resolvidos.

As perdas causadas por falhas e defeitos voltarão a ser tratadas na manutenção planejada e na proposta de condução da TPM, foco deste trabalho.

#### **III.2.2.1.2. A Árvore de Perdas**

Na fase de preparação, foram esboçadas as primeiras versões das suas árvores de perdas, com uma estrutura similar a da figura 10, onde podem ser observados dois grupos principais de perdas, na produção e gestão, que por sua vez foram desdobrados em diversos outros. A árvore trabalhada nesta etapa sofreu melhorias em função do aumento do conhecimento das pessoas em relação ao pilar, a estrutura e definição das perdas e dos *gaps* dos seus processos. Neste trabalho serão enfatizadas as perdas na produção, que foram desdobradas em perdas técnicas e por penalidades, que envolvem os processos de operar e manter.

Com as perdas mapeadas, identificadas, quantificadas e, com o conhecimento dos indicadores de desempenho da geração e transmissão, a partir

de uma sistemática, foi criada uma matriz de priorização, que privilegiava as os maiores *gaps* associados à facilidade de eliminação. Com base nesta matriz foram criados pequenos grupos de melhorias, específicos para cada tema, responsáveis pela eliminação ou redução do *gap* de cada perda. Cada grupo, já definido o papel de cada membro, elaborava um cronograma de atividades que também era desdobrado em planos de ações, para atingir a meta estabelecida para cada um. A formação dos pequenos grupos influenciou muito no trabalho de redução de perdas, pois os técnicos que atuavam diretamente nas plantas operando e mantendo os equipamentos, não tinham o costume de trabalhar em equipe, e a estrutura das plantas ainda estava muito estratificada, nesta altura do desenvolvimento da TPM.

Os pequenos grupos devem ser compostos por profissionais de formação diversas, cujos conhecimentos convergem para a solução do problema. No que diz respeito aos conhecimentos complementares, precisam se enquadrar na definição de Katzenbach e Smith (1994, p.44): "Equipes têm de desenvolver a mistura correta de conhecimentos, isto é, cada um dos conhecimentos complementares necessários ao desempenho do trabalho da equipe".

A metodologia adotada para a condução dos trabalhos é o Método de Análise e Solução de Problemas – MASP ou *QC-Story*, apresentado no item II.1.3.12.1.

### **III.2.2.1.3. Resultados**

Tomando como referência os indicadores de desempenho e dados constantes dos relatórios de atividades as plantas da Eletrobras Eletronorte, pode-se observar que todas as metas foram atingidas, mas muitas perdas foram eliminadas, principalmente as originadas por falhas recorrentes, melhoria de processos e métodos relacionados a operação e manutenção dos equipamentos. O mais importante foi a assimilação, mesmo que por parte dos técnicos, de algumas ferramentas e conceitos.

Um dos conceitos mais importantes é que, em caso de uma ocorrência não basta que a manutenção devolva o equipamento ou sistema para a operação, é

necessário que sejam desenvolvidos estudos para determinar a causa fundamental e a ação de bloqueio, para evitar a reincidência.

Ferramentas como a árvores de perdas, mesmo que de forma não sistêmica continuou sendo utilizada, até no período em que a TPM foi quase banida das instalações da Eletrobras Eletronorte. Hoje se utiliza uma versão mais simplificada, mas com os mesmos objetivos.

Muitos desta época em diante passaram a ter visão crítica das suas atividades, questionando se existe maneira melhor, mais rápida, mais segura e eficiente de desenvolvê-la. Trata-se de visão baseada na ideia da melhoria contínua. Desde então as regionais, praticamente todos os anos promovem seminários internos de casos de melhorias, cujos melhores participam de outros organizados para toda a empresa. Muitos trabalhos conquistaram prêmios em seminários nacionais e internacionais, geraram 41 pedidos de patentes (uma já licenciada) e 13 registros de softwares.

A transformação das instruções técnicas de manutenção – ITMs, de documentos escritos em instruções técnicas virtuais – ITVs, que permite uma maior interação com os usuários, teve como base as ideias de melhoria nos processo de operar e manter, surgidas após a adoção da metodologia TPM.

Muitos problemas foram resolvidos com o desenvolvimento de melhorias, mesmo que num primeiro momento tenham ou não alcançado as metas de redução das perdas que os motivaram, mas que direta e indiretamente ainda rendem para a empresa, muitos benéficos econômicos, financeiros, técnicos e relacionados à segurança de pessoas e meio ambiente.

### **III.2.2.2. Etapa 7.2 – Manutenção Autônoma**

“A manutenção autônoma é uma das atividades mais distintas do TPM. Depois que a manutenção preventiva foi introduzida no Japão vinda da América, operação e manutenção foram formalmente separadas. Assim como os operadores perderam sua posse dos equipamentos, eles gradualmente perderam o sentido de responsabilidade em mantê-los. A manutenção autônoma praticada no TPM reverte esta tendência” (SUZUKI, 1994, p.14).

“Manutenção Autônoma significa que operadores executam rotineiramente inspeções, substituição de peças, reparos, detecção antecipada de anormalidades, nos seus próprios equipamentos, com o propósito de protegê-los” (SHIROSE, 2007, p.208).

O objetivo de todas as atividades de inspeção e manutenção executadas pelos operadores é prevenir a deterioração dos equipamentos e instalações. Outro importante propósito do pilar é ajudar os operadores a aprender mais sobre as funções dos equipamentos, a detectar os problemas comuns que possam ocorrer e como evitá-los, levando-os ao seu estado ideal através da restauração das anormalidades e implementação de melhorias.

Os operadores deverão assumir a responsabilidade pelas atividades básicas de manutenção (preditiva, preventiva e corretiva), além das atribuições normais de operação da instalação. Assim, o conceito “Eu opero, você mantém”, deve ser substituído para “Do meu equipamento cuido eu”. Para que isso ocorra, é necessário que o operador tenha o domínio do equipamento.

De acordo com SHIROSE (2007, p.209) para que os objetivos possam ser cumpridos, como parte do planejamento da implantação do pilar, são elaboradas matrizes de habilidades e competências, para que os operadores sejam dotados de capacidades que os permitisse terem domínio sobre as suas novas funções e equipamentos. As capacidades necessárias para os operadores são cinco:

- a. Capacidade para identificar anormalidades: A partir do contato com seu equipamento, o operador deve ser treinado para desenvolver a capacidade de fazer a distinção precisa entre normalidade e anormalidade, ou seja, capacidade de determinar as condições, através da utilização dos sentidos:
  - o Visão → detectar as anormalidades;
  - o Audição → distinguir ruídos anormais;
  - o Olfato → perceber odores estranhos;
  - o Tato → tocar para distinguir (vibração / temperatura excessiva);

- o Fala → comunicar as anormalidades para busca da eliminação.

“Quando as anomalias são detectadas com antecedência, previne-se a ocorrência de falhas mais graves no futuro. Lembre-se que este é o princípio fundamental da manutenção autônoma” (XENOS, 2004, p. 254).

O uso dos sentidos da detecção de anomalias pelos operadores é facilitado pelo contato diário com os equipamentos, e é aperfeiçoado nos treinamentos e no desenvolvimento das etapas. No caso do tato, muitos alegam que em algumas situações o contato das mãos em algumas partes dos equipamentos pode caracterizar uma situação de ato inseguro. Mas deve ser considerado que os operadores na sua formação recebem conhecimentos sobre os equipamentos e cuidados necessários para a sua operação, no planejamento das atividades de limpeza são feitas preleções sobre segurança, reforçando o que pode ou não ser tocado, noções estas que vão se incorporando aos conhecimentos e habilidades dos operadores. Na detecção de temperatura, recomenda-se o uso de termovisores a laser ou etiquetas térmicas, que facilitam as inspeções. A fala neste conjunto de sentidos é representa todas as formas de comunicação, já que não adianta nada detectar as anomalias se não forem tomadas providências para eliminação, que em muitos casos deverá ser feita por outras pessoas, portanto a necessidade de repassar e registrar o que foi detectado.

De acordo com XENOS (2004, p. 254) os operadores devem ser treinados para relatar as anomalias de maneira rápida e precisa, iniciando a remoção dos sintomas e contribuindo para a investigação e o bloqueio das causas fundamentais com antecedência adequada.

- b. Capacidade de determinar a gravidade da anormalidade: Os operadores devem ser capazes de determinar a gravidade da anormalidade identificada e tomar as providencias necessárias para a sua correção em tempo hábil.
- c. Capacidade de restauração: As anormalidades encontradas deverão ser restauradas preferencialmente pelo próprio operador, desde que possua a habilidade necessária, de forma a possibilitar a volta do equipamento à sua

condição inicial, executando sempre que possível melhoria no sentido de não permitir a sua reincidência.

- d. Capacidade de cumprir rigorosamente as regras definidas: Na execução da manutenção autônoma e no tratamento das anormalidades encontradas deverão ser cumpridas rigorosamente as “regras definidas”, tais como: normas básicas de limpeza, lubrificação e reaperto, normas básicas de controle autônomo, tratamento dos cartões de anomalias, Norma de Execução de Serviços – NO13TR02/NO13EN01, etc.
- e. Capacidade de compreender a relação entre o equipamento e a qualidade do produto: O Operador tem sempre em mente de que maneira a qualidade do produto é afetada pela deterioração do equipamento, buscando sempre medidas preventivas para que isso não ocorra.

#### **III.2.2.2.1. A Aplicação da Manutenção Autônoma na Eletrobras Eletronorte**

A aplicação da MA na Eletrobras Eletronorte foi uma grande quebra de paradigma, um rompimento com anos de acomodação dos operadores diante dos painéis dos equipamentos e das telas dos monitores, apesar de na época já existir um alto nível de automação das instalações, especialmente nas subestações. Mudar esta cultura foi e ainda é difícil, mas em função de resultados alcançados e da determinação da empresa em quebra o paradigma (eu opero – você mantém), os procedimentos relacionados às inspeções e manutenção de primeiro nível se disseminaram em todas as instalações da empresa, e sobreviveu ao período onde a aplicação da TPM, foi oficialmente paralisada. Resistência de operadores a assumir outras funções é observada em todas as empresas que adotaram a metodologia.

Empresas privadas superaram com mais facilidade a resistência dos operadores, mas algumas tiveram que inovar na sua aplicação, como por exemplo: vinculando a continuidade do funcionamento de algumas plantas, ao alcance de metas de outras do mesmo grupo; criando duas categorias de operadores, sendo uma com muito pouco conhecimento sobre os equipamentos, restrita apenas a observação do seu funcionamento e alimentação de matéria prima, outra mais



especializada que além de auxiliar a primeira, identificava e eliminava a grande maioria das anomalias.

A manutenção autônoma é desenvolvida em sete etapas, resumidas no quadro 7, iniciando pela limpeza e inspeção e procedendo regularmente até alcançar o controle autônomo. Existem três palavras chaves, fundamentais para o êxito no desenvolvimento do pilar: motivação; disciplina e conhecimento técnicos.

**Quadro 7:** As sete etapas para o desenvolvimento da manutenção autônoma

ETAPA	ATIVIDADE
<p style="text-align: center;"><b>1</b> <b>Limpeza e Inspeção Inicial</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar toda sujeira do corpo principal do equipamento expondo os defeitos, fonte de contaminação, locais de difícil acesso e outras anormalidades;</li> <li>• Eliminar pequenas corrosões;</li> <li>• Eliminar todos os itens desnecessários e não essenciais para aumentar a qualidade das inspeções e reparos, enquanto torna-os mais rápidos;</li> <li>• Impedir a deterioração forçada devida à sujeira;</li> <li>• Colocar o equipamento nas suas condições básicas;</li> <li>• Detectar, expor e lidar com defeitos potenciais;</li> <li>• Realizar treinamento no próprio local de trabalho (<i>on job training</i>).</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>2</b> <b>Eliminação de Fontes de Sujeira e Locais de Difícil Acesso</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar todas as fontes de sujeira, umidade e locais de difícil acesso, melhorando a manutenibilidade e confiabilidade e facilitando as inspeções, reparos e lubrificação;</li> <li>• Realizar treinamento no próprio local de trabalho (<i>on job training</i>), utilizando as lições ponto a ponto.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>3</b> <b>Elaboração dos Padrões Provisórios de Manutenção Autônoma</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar padrões de trabalho que permitam que a inspeção, a limpeza, a lubrificação e reaperto sejam realizadas de forma rápida e eficiente;</li> <li>• Manter os três fatores básicos de limpeza, lubrificação e reaperto, que são as condições básicas de manutenção do equipamento (atividades para impedir deterioração forçada);</li> <li>• Realizar inspeções adequadas usando a verificação visual dos itens como nomes de máquinas e faixa de operação permitida dos medidores.</li> <li>• Realizar treinamento no próprio local de trabalho (<i>on job training</i>), utilizando as lições ponto a ponto.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>4</b> <b>Inspeção Geral</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar a matriz de habilidades dos operadores identificando em quais atividades do padrão provisório os mesmos estão com deficiência</li> <li>• Fornecer treinamentos (<i>on job training</i>) baseados nas necessidades identificadas na matriz de habilidades;</li> <li>• Incrementar a qualidade do padrão provisório;</li> </ul>

ETAPA	ATIVIDADE
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar os possíveis pontos que exijam operação manual</li> <li>• Realizar inspeções gerais por categoria (parafusos, elementos filtrantes, níveis de óleo, faixas de temperatura, pressão, etc.) para aumentar a confiabilidade do equipamento;</li> <li>• Facilitar para que qualquer operador possa realizar inspeções, identificando verificações visuais como, por exemplo, nome do equipamento, especificações de acessórios, quantidades de lubrificação, faixa de operação, abertura/fechamento de válvulas, direção de rotação e fluxo, etc.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>5</b> <b>Inspeção</b> <b>Autônoma</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer melhorias para facilitar as inspeções e fazer uso total de verificações visuais;</li> <li>• Reduzir os itens de inspeção;</li> <li>• Reduzir os intervalos de inspeção;</li> <li>• Reduzir os tempos de execução de inspeção;</li> <li>• Elaborar o padrão definitivo de inspeção;</li> <li>• Aumentar a estabilidade e segurança de processo através da operação correta;</li> <li>• Tornar o equipamento mais fácil de operar.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>6</b> <b>Sistematização</b> <b>da Manutenção</b> <b>Autônoma</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assegurar manutenção de qualidade e segurança definindo claramente fluxos e padrões de sistema como modo de assegurar o desempenho da Manutenção Autônoma;</li> <li>• Melhorar configuração e reduzir os inventários de materiais em processos;</li> <li>• Estabelecer sistema de controle autônomo para distribuição do local de trabalho, sobressalentes, ferramentas, materiais em processo, produtos, dados, etc.</li> <li>• Estabelecer sistema de manutenção de qualidade definindo claramente a relação entre qualidade e equipamento;</li> <li>• Revisar e melhorar instalação, equipamento e outros layouts;</li> <li>• Implementar totalmente a padronização e as verificações visuais de equipamento de transporte, sobressalentes, ferramentas, materiais em processo, produtos, dados, passagens, equipamentos de limpeza, etc., no local de trabalho.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>7</b> <b>Gerenciamento</b> <b>Autônomo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer e padronizar as atividades de melhoria em linha com as políticas e metas, e buscar redução de custo através da eliminação de desperdício no local de trabalho;</li> <li>• Refinar ainda mais as melhorias do equipamento mantendo registros de manutenção estáveis como MTBF e analisá-los.</li> <li>• Aumentar a confiabilidade do processo, segurança, manutenção, qualidade e operabilidade, fazendo melhorias do equipamento com base na análise de vários dados;</li> <li>• Prolongar a vida do equipamento e os intervalos de inspeção realizando melhorias seletivas após determinação dos pontos fracos do equipamento.</li> </ul>

Fonte: SUZUKI (1994, p.102)

Nas etapas de um a três é priorizado a eliminação dos elementos que causam a deterioração forçada, o estabelecimento e manutenção das condições básicas dos equipamentos. Nas etapas quatro e cinco, os líderes de grupos ensinam procedimentos de inspeção aos membros de suas equipes, e a inspeção geral se amplia desde máquinas isoladas a sistemas inteiros. Os objetivos destas etapas são reduzir as avarias e formar operadores que compreendam e dominem seus equipamentos e processos. As etapas seis e sete foram concebidas para reforçar e elevar o nível da manutenção autônoma, atividades de melhoria e padronizando sistemas e métodos.

A aplicação da MA na empresa seguiu os ritos da metodologia, isto é, foi feita em etapas, a partir do planejamento desdobrado do plano mestre. A recuperação das condições básicas dos equipamentos e instalações, conseguido até a quarta etapa, foi um dos grandes trunfos da TPM na Eletronorte, a partir daí um novo padrão de condição foi estabelecido, de uma forma geral, tem sido mantido e melhorado. Esta condição não se refletiu apenas na aparência, pode ser medida nos indicadores. Cabe ressaltar que este trabalho foi realizado com o apoio da manutenção especializada.

“Das atividades para eliminar a deterioração, melhorar as condições básicas para a prevenção da deterioração mecânica forçada (limpeza, lubrificação e aperto) e a realização de inspeções rotineiras são as mais importantes. Ao mesmo tempo, elas representam uma grande área que não pode ser coberta por e, portanto, não pode ser relegada para pessoal de manutenção sozinho. A participação dos operadores que conhecem melhor o estado dos seus equipamentos, é essencial para a implementação atividades efetivas de prevenção, medição e retificação da deterioração” (SHIROSE, 2007, p.214).

Em função da importância do pilar para a metodologia, da quebra de paradigma, da interferência de parte do sindicato afirmando que estas atividades estavam em desacordo com as atribuições dos operadores, exigiu uma dedicação e empenho muito grande dos consultores, instrutores e facilitadores para a implantação deste pilar.

Todo o processo de implantação da manutenção autônoma tomou por base os propósitos e definições aqui apresentadas, utilizando o método passo a passo, conforme detalhado a seguir.

#### **III.2.2.2.2. Conceitos Importantes para a Implantação da Manutenção Autônoma**

Um ponto importante na preparação dos operadores, antes de iniciarem o desenvolvimento das etapas, é a compreensão dos objetivos da manutenção autônoma e como alcançá-los e, de alguns conceitos, que são fundamentais para o pleno desenvolvimento do pilar. Alguns destes conceitos, detalhados a seguir, começaram a ser disseminados durante terceira etapa da fase de as etapas de preparação. Outros aspectos importantes que foram considerados na preparação para o desenvolvimento das etapas são:

- Treinamento básico na manutenção autônoma;
- Elaboração do cronograma com todas as atividades a serem desenvolvidas e os respectivos planos de ações;
- Montagem do painel de atividades, para que os operadores possam controlar o desenvolvimento das atividades previstas no cronograma;
- Disponibilização de todos os materiais e ferramentas necessárias para desenvolvimento das etapas da MA.

##### **III.2.2.2.2.1. Tratamento das anormalidades**

O local onde foi detectada a anormalidade deve ser identificado com um cartão, denominado cartão de anomalia (CA), com duas vias, onde a primeira deverá permanecer fixada no equipamento até a correção do problema, e a segunda será utilizada para registro e programação no módulo PM do SAP/R3.

Os operadores antes de registrar o CA no módulo PM do SAP/R3 como uma nota EA (eliminação de anomalia), devem fazer uma análise quanto a sua pertinência e clareza da descrição da anormalidade identificada. Como regra no

preenchimento do cartão de anomalia, deve ser descrito o problema e não a solução, como por exemplo:

- Correto: vazamento de óleo na conexão da tubulação....;
- Errado: eliminar vazamento de óleo na conexão....

Nos cartões de anomalia deverão ser registradas as seguintes informações:

- O tipo de anormalidade
- O local/sistema/subsistema/componente do equipamento onde está sendo afixada (segunda via);
- A descrição resumida da anormalidade;
- Além dos dados acima também são registrados o nome do operador ou mantenedor, a data, e o grau de criticidade a prioridade para eliminação.

Na hora de afixar os cartões de anormalidades nos equipamentos devem ser observados os seguintes critérios de cores, ilustrado na figura 16:

- Azul – identifica uma anormalidade que o operador tenha competência e habilidade para eliminá-la;
- Vermelha – identifica uma anormalidade, que deverá ser eliminada pela equipe de manutenção especializada.

**Figura 16:** Cartões de Anomalias

**Fonte:** Modelos de CAs adotados na Eletronorte

Antes de emitir as notas os Operadores e Mantenedores devem se reunir para avaliar os cartões de anomalias emitidos na semana, que não tenham sido classificados como urgentes ou emergentes, para verificar a consistência da anormalidade, se a descrição da mesma deixa claro o problema a ser resolvido, e outros detalhes que se fizerem necessários.

Atualmente para tornar mais eficiente a gestão dos cartões de anomalia emitidos e, permitir maior controle na eliminação dos mesmos, está sendo adotado um critério de classificação que considera: a dificuldade de realização do serviço; a importância das anomalias, conforme detalhado abaixo:

- a. Quanto à dificuldade de realização do Serviço
  - Alta: Necessita de adquirir material para sua realização;
  - Média: Necessita de desligamento para sua realização;
  - Baixa: Não necessita de material ou desligamento para sua realização.
- b. Quanto à importância das anomalias a serem solucionadas pela MP

- Alta: Provoca redução de vida útil ou grande possibilidade de desligamento;
- Média: Pode provocar redução de vida útil com remota possibilidade de desligamento;
- Baixa: Não provoca perda de vida útil e nem tem possibilidade de desligamento.

c. Quanto à importância das anomalias a serem solucionadas pela MP

- Alta: Altera as condições básicas (peças frouxas, vazamentos, entradas de umidade, contaminação, degradação de matérias, fontes de sujeira, segurança do operador etc...) ou pode levar a multa da ANEEL;
- Média: Dificulta a inspeção ou gestão visual;
- Baixa: ainda não está alterando as condições básicas.

Para facilitar o controle da eliminação, após a emissão os cartões de anomalias distribuídos num painel, de acordo a sua classificação, conforme modelo da figura 17:

<b>PAINEL PARA CONTROLE DE CAs NÃO ELIMIANDOS</b>			
	<b>Risco de Perda da Função</b>		
	<b>Baixo</b>	<b>Médio</b>	<b>Alto</b>
Falta material			
Com desligamento			
Sem desligamento			
Relacionar as Requisições de Compra			

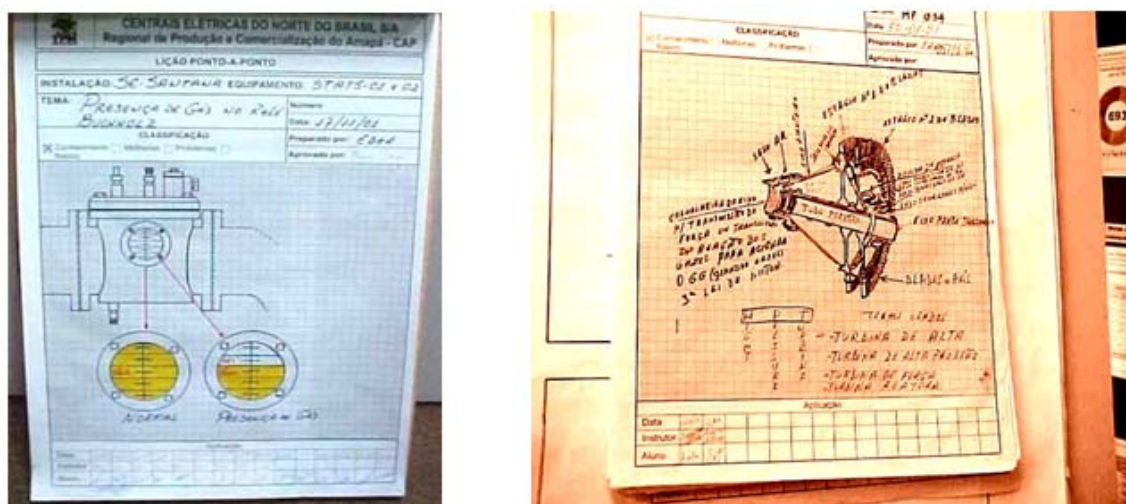
**Figura 17:** Painel para controle de CAs não eliminados.

**Fonte:** Padrão desenvolvido na Eletronorte para os painéis de atividades das suas plantas

#### **III.2.2.2.2. Lições Ponto-a-Ponto (LPP)**

Com já citado anteriormente a LPP, representada na figura 18, é uma ferramenta que tem como objetivo, educar, treinar e capacitar, de modo rápido, claro e direto. A transferência de conhecimento dos mantenedores (MP) para os operadores (MA) deverá ser preferencialmente realizada utilizando-se LPPs. Os temas podem ser:

- Conhecimento básico: informações sobre o desenvolvimento do TPM e da produção.
- Exemplos de problemas: informações sobre problemas detectadas com sua prevenção de reincidência, com base em exemplos concretos de defeitos ou falhas.
- Exemplos de melhoria: é a exposição do raciocínio, do conteúdo das medidas e seus efeitos, para total compreensão e disseminação horizontal.



**Figura 18:** Exemplos de LPPs elaboradas

**Fonte:** LPPs elaboradas por operadores da Eletrobras Eletronorte

O conceito da LPP na Eletrobras Eletronorte extrapolou a manutenção autônoma, muitas secretarias o adotaram para explicar o funcionamento de um aparelho de fac-símile ou de digitalização.

### III.2.2.2.3. Reuniões dos grupos de MA

As reuniões de grupo são fundamentais para o desenvolvimento da MA, pois as atividades não serão cumpridas a menos que cada um saiba exatamente qual o seu papel no grupo.

São nessas reuniões que o grupo faz a autoavaliação do seu desenvolvimento, discutem as dificuldades encontradas, os pontos fortes, os fracos do que foi desenvolvido, a pertinência dos cartões de anomalias, a programação das inspeções, necessidade de atualização dos padrões de inspeções e ideias de



melhorias. A participação de cada um no planejamento estabelece novas metas e determina os responsáveis por cada atividade.

Recomenda-se que as reuniões dos grupos de MA sejam realizadas na frente do Painel de atividades, que é um instrumento de gestão da Manutenção Autônoma.

Também podem ser feitas reuniões entre as trocas de turnos, para que os operadores que estejam saindo informem as condições dos equipamentos e instalações, para os que estão entrando. Esta prática não é corriqueira na Eletrobras Eletronorte, mas é muito utilizado em muitas empresas.

#### **III.2.2.2.4. Painel de atividades da MA**

Uma das principais características do TPM é a gestão visual. Apesar do uso de painéis ser comum em muitas empresas, na maioria das vezes são usados apenas para se afixar comunicados ou folhetos de campanhas internas. No TPM os painéis de atividades, conforme ilustrado na figura 19, são como ferramentas de extrema utilidade, devem ser montados em pontos estratégicos, principalmente onde são realizadas as reuniões das equipes dos pilares, tendo como finalidades principais:

- Relacionar os objetivos da empresa com as atividades que precisam ser desenvolvidas pelas equipes para atingi-los;
- Descrever a orientação e a estratégia das atividades, além da metodologia empregada;
- Mostrar o plano de ação para cada etapa e os objetivos de cada uma delas.



**Figura 19:** Painel de atividades da Manutenção Autônoma

**Fonte:** Painel de Atividades da MA, UHE Coaracy Nunes - Eletrobras Eletronorte

Para garantir resultados consistentes e desenvolvimento constante e uniforme do programa, as atividades da MA devem ser auditadas periodicamente, conforme o fluxograma da figura 21. Essas auditorias devem ser vistas como elemento de orientação e de *feedback*, pois devem deixar bem claro todas as atividades que serão desenvolvidas em cada etapa e os resultados esperados em cada uma delas.

Para as auditorias foram desenvolvidos formulários específicos para cada etapa, com base em modelos de outras empresas disponibilizados pelos nossos consultores, no início do desenvolvimento da metodologia. A avaliação do desenvolvimento das etapas deve seguir a recomendação da metodologia, isto é, em três níveis. As equipes com base no formulário padrão fariam uma autoavaliação, considerando o resultado satisfatório, solicitariam o referendo do coordenador do pilar ou do gerente da planta, que por sua vez e a seu critério, de preferência ao final da terceira etapa, para agilizar o processo, convocaria outro avaliador, geralmente da secretaria da sede da empresa.

As auditorias das próprias equipes e do coordenador local ou gerente da planta seriam feitas por etapa, e a da sede seria feita com base em todos os itens de verificação de cada uma das três etapas. Ao final de cada etapa o Selo de Controle das etapas da MA deve ser atualizado, conforme se observa nas figuras 20 e 21.



Figura 20: Detalhes do selo de controle das etapas da MA

Fonte: Padrão adotado nas plantas da Eletronorte.

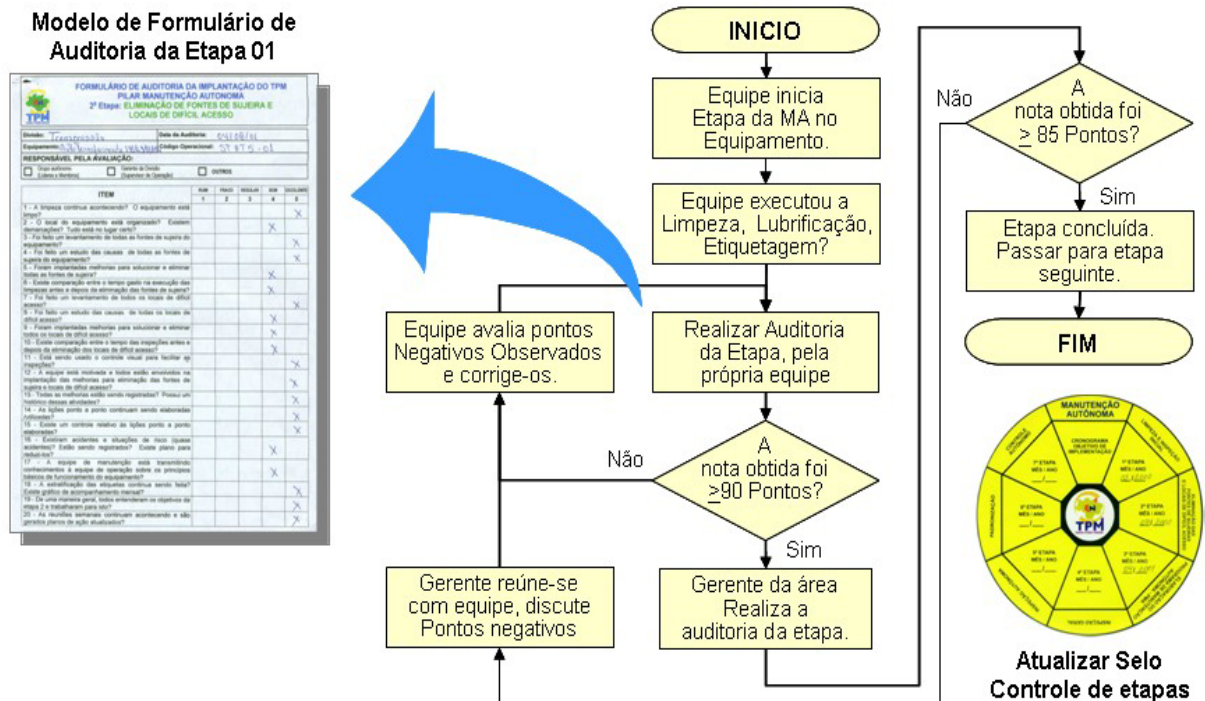


Figura 21: Fluxograma de realização de auditorias da MA.

Fonte: SHIROSE (2007, p.264).

### **III.2.2.2.3. Principais Atividades Desenvolvidas pelos Operadores nas Etapas da Manutenção Autônoma**

As atividades descritas a seguir são fundamentais para o sucesso e pleno desenvolvimento da manutenção autônoma, ao longo de todas as sete etapas, com o objetivo de prevenir a deterioração dos equipamentos e instalações.

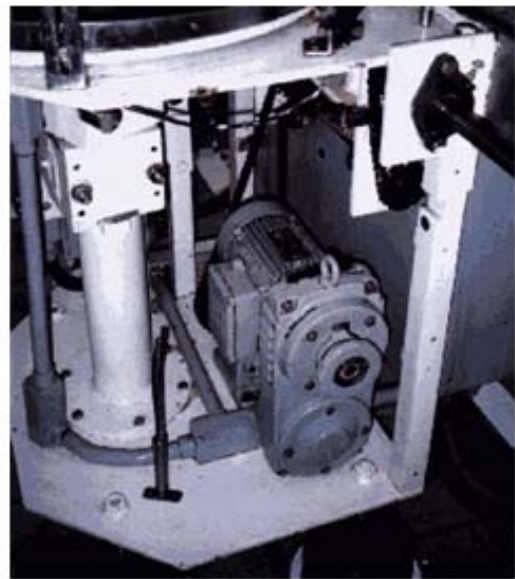
#### **III.2.2.2.3.1. Estruturação das condições ambientais do local de trabalho**

Aplicação dos sensores de utilização (*Seiri*), Limpeza (*Seiso*), Ordenação (*Seiton*)

#### **III.2.2.2.3.2. Estruturação das condições básicas**

De acordo com SUZUKI (1994, p.93) estabelecer condições básicas do equipamento significa eliminar as causas da deterioração acelerada. Significa limpar (para remover todos os vestígios de sujeiras e fuligem e expor e erradicar defeitos ocultos), lubrificar (para prevenir o atrito e o desgaste pela manutenção da qualidade e níveis dos lubrificantes) e apertar (para prevenir mal funcionamento e quebras mantendo porcas e parafusos seguros). A restauração das condições básicas, exemplificada na figura 22, abrange basicamente as seguintes atividades:

- Limpeza das máquinas e equipamentos (partes móveis tais como partes rotativas ou deslizantes);
- Lubrificação (nos locais especificados, com lubrificantes especificados, na quantidade especificada, com frequência especificada e com método especificado).
- Reaperto (sensores, chaves fim-de-curso, tampas de segurança, motores e ventiladores – parafusos de fixação);
- Identificação de anormalidades e respectivas melhorias (remoção de CA).



**Figura 22:** Restauração das condições básicas do equipamento.

**Fonte:** Apostila de Manutenção Autônoma da Eletronorte (2009, p.24)

### III.2.2.2.3.3. Gestão visual

Como o próprio nome diz “gestão visual” consiste em fazer o operador compreender e interpretar o conteúdo numa rápida olhada, de forma a facilitar a inspeção, a detecção de anormalidades e evitar erros operacionais.

A gestão visual é o conjunto de controles visuais, apresentados na figura 23, que tem como objetivos:

- Trazer para perto o que está longe e visualizar aquilo que não se enxerga;
- Níveis de óleo, faixas operacionais de manômetros, termômetros, amperímetros, etc.;
- Pontos de lubrificação indicando o tipo de lubrificante, a frequência da lubrificação, especificação de correias em “v”, etc.;
- Sentido do fluxo de fluídos, de abertura e fechamento das válvulas e se devem ficar normalmente abertas ou fechadas.







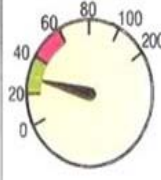
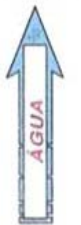
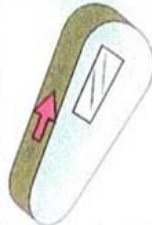

<b>MOTORES ELÉTRICO</b> <b>EXTERNO</b>  Catavento  Fitas	<b>MANÔMETROS</b> 	<b>SENTIDO DO PROCESSO</b>  DIREÇÃO DO FLUXO	<b>NÍVEL</b> UNIDADE DE CONSERVAÇÃO  Máx. Min.	<b>MOVIMENTO</b> POLIAS 	<b>PORCAS E PARAFUSOS</b>  LINHA DE MARCAÇÃO	<b>INSPEÇÃO</b> 02 01 03  LOCAL E SEQUÊNCIA DE INSPEÇÃO
<b>INTERNO</b>  Janela de Inspeção	<b>TERMÔMETROS</b> 	<b>TUBULAÇÕES</b> CONTEÚDO DO FLUXO  AGUA	<b>RESERVATÓRIO</b>  Nível	<b>CORREIAS</b>  Janela de Inspeção e Sentido de Rotação	<b>VÁLVULAS</b>  Aberta Fechada Operação Inversa	<b>MELHORIA</b> 

Figura 23: Padrões de controle visual utilizados na TPM

Fonte: Apostila de MA da Pirelli Cabos reproduzida na apostila da Eletronorte (2009, p.25)

Outros selos, apresentados na figura 24, também foram utilizados nos equipamentos para identificar quais os sentidos que deveriam ser utilizados na inspeção, pontos onde foram detectadas oportunidades de melhorias, destacar melhorias já realizadas e pontos com condições inseguras identificadas e eliminadas.



Figura 24: Modelos de selos empregados na MA.

Fonte: Padrões utilizados nas plantas da Eletronorte

Desde o início da aplicação da metodologia na Eletrobras Eletronorte, mas precisamente com a implantação da manutenção autônoma, o uso dos controles foi disseminado em todas as plantas de geração e transmissão, sendo cada vez mais intensificado e aperfeiçoado. Hoje além dos controles tradicionais, como os exemplos já citados, foi desenvolvida uma inovação, quando existem motores elétricos redundantes, para identificar o que está em funcionamento, com o uso de leds acionados pela corrente gerada por coolers de computador.

Na figura 25 podem ser observados vários exemplos do uso dos controles visuais nas nossas instalações, tanto em plantas de geração térmica, hidráulicas e subestações.



**Figura 25:** Exemplos de uso de controles visuais

**Fonte:** UTE Rio Madeira, UHE Samuel e SE Porto Velho em Rondônia (2000-2002)

#### III.2.2.2.3.4. Inspeção

Verificações periódicas visando manter as condições básicas dos equipamentos, pela identificação e eliminação de anormalidades.

### III.2.2.2.3.5. Pequenos reparos

Troca de lâmpadas sinalizadoras, fusíveis, eliminação de vazamentos de ar e óleo, correção de pontos de corrosão, substituição de peças fáceis tais como: juntas, filtros, “o” rings, correias em “V”.

### III.2.2.2.4. Desenvolvimento das Sete Etapas da Manutenção Autônoma

O objetivo fundamental da manutenção autônoma é evitar no dia-a-dia da produção, a deterioração dos equipamentos, detectando e tratando as suas anomalias num estágio inicial, antes que estas se desenvolvam e resultem em falhas (XENOS, 2004, p.240). Para este objetivo possa ser alcançado, como já citado, é preciso que a manutenção autônoma seja desenvolvida em etapas, para que os operadores aprendam e assimilem as novas atividades. Os pontos-chaves para o sucesso no desenvolvimento da manutenção autônoma são: Motivação; Disciplina e Treinamento Técnico.

A manutenção autônoma é implementada em sete passos, começando com a limpeza inicial, e prosseguindo regularmente em direção ao autogerenciamento. Ele promove o estabelecimento de condições ótimas de processos por ciclo através da gestão de melhoria contínua (CAPDo) mostrado no quadro 8.

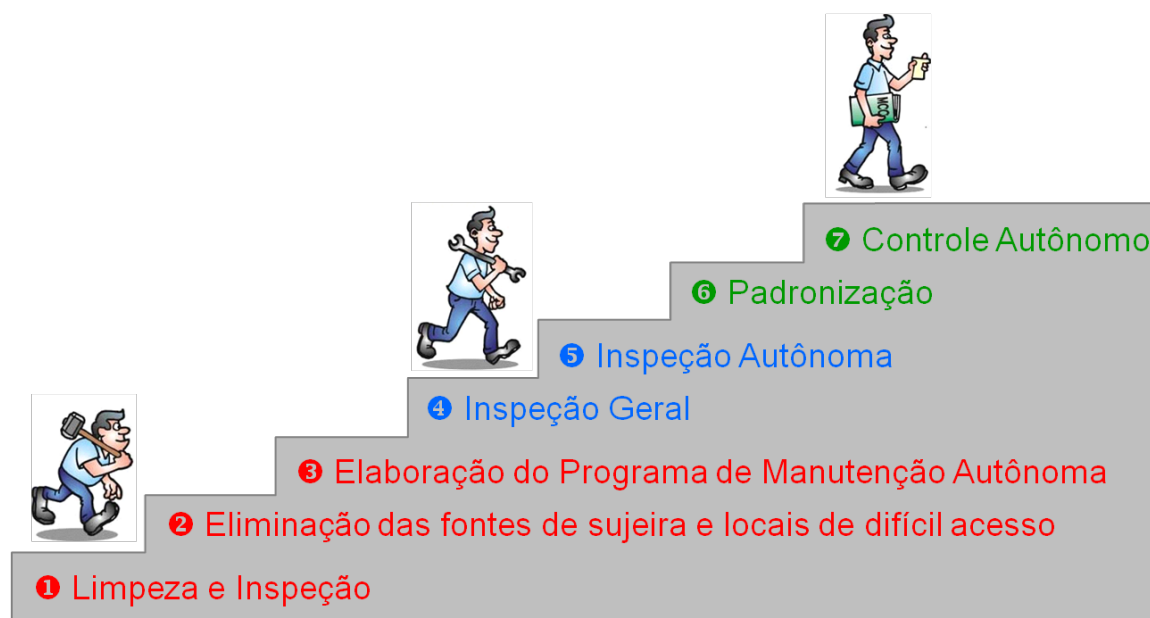
**Quadro 8:** Ciclo CAPDo da MA

<b>Etapa 1:</b> Limpeza inicial	Checagem no equipamento e expor irregularidades	<b>C</b>
<b>Etapa 2:</b> Eliminar fontes de sujeira e locais de difícil acesso	Atuar contra a origem da contaminação e lugares inacessíveis	<b>A</b>
<b>Etapa 3:</b> Preparar o programa de manutenção autônoma	Planejar e executar a limpeza e as inspeções baseadas nos padrões	<b>P, D</b>
<b>Etapa 4:</b> Inspeção geral dos equipamentos	Repetir o ciclo C A P D para cada categoria	
<b>Etapa 5:</b> Inspeção geral dos processos	Repetir o ciclo C A P D para cada categoria	
<b>Etapa 6:</b> Padronização	C → A → P → D → C → A → P → D	
<b>Etapa 7:</b> Controle Autônomo	C → A → P → D → C → A → P → D	

Fonte: SUZUKI (1994, p.101)



A figura 26 apresenta uma representação gráfica da evolução da manutenção autônoma ao longo das sete etapas, divididas em três grupos. As etapas de um a três priorizam a eliminação dos elementos que causam a deterioração forçada, o estabelecimento e manutenção das condições básicas dos equipamentos. Nas etapas quatro e cinco, os líderes de grupos ensinam procedimentos de inspeção aos membros de suas equipes, e a inspeção geral se amplia desde máquinas isoladas a sistemas inteiros. Os objetivos destas etapas são reduzir as avarias e formar operadores que compreendam e dominem seus equipamentos e processos. As etapas seis e sete foram concebidas para reforçar e elevar o nível da manutenção autônoma, consolidando as atividades de melhoria e padronizando sistemas e métodos.



**Figura 26:** Etapas da Evolução da Manutenção Autônoma

**Fonte:** Apostila de Manutenção Autônoma da Eletronorte (2009, p.27)

#### **III.2.2.2.4.1. Preparação para o início das atividades de Manutenção Autônoma**

A preparação também é conhecida como etapa zero. Um ponto importante na etapa de preparação é a compreensão dos objetivos da manutenção autônoma e como alcançá-los. Nesta etapa também existem outros aspectos importantes como:

- Treinamento básico de manutenção autônoma;

- Elaboração do cronograma com todas as atividades a serem desenvolvidas e os respectivos planos de ações;
- Montagem do painel de atividades, para que os operadores possam controlar o desenvolvimento das atividades previstas no cronograma;
- Disponibilização de todos os materiais e ferramentas necessárias para desenvolvimento das etapas da manutenção autônoma;
- Preleção sobre aspectos de segurança envolvidos no desenvolvimento das atividades da manutenção autônoma.

#### **III.2.2.2.4.2. Etapa 01 - Limpeza e inspeção**

Esta etapa busca consolidar o conceito e o método de condução da manutenção autônoma e de melhoria no equipamento. Para tanto é necessário fazer a limpeza inicial no equipamento. Por meio da limpeza realiza-se a inspeção pelo contato com o equipamento, o que possibilita a identificação de anormalidades (vazamentos; afrouxamentos; pontos de corrosão, etc.). É importante também que os próprios executantes da limpeza realizem as correções das anormalidades, sempre que possível. É nesta etapa que os operadores começam a vivenciar o conceito: “Limpeza é Inspeção”.

A limpeza dos equipamentos abrange a remoção de resíduos, tais como poeira, partículas, manchas de óleo ou graxa, limalhas, entre outros, encontradas no corpo do equipamento.

##### **III.2.2.2.4.2.1. Objetivos da etapa**

- Eliminar toda sujeira do corpo principal do equipamento expondo os defeitos, fonte de sujeira, locais de difícil acesso, além de outros maus funcionamentos e anormalidades;
- Eliminar pequenas corrosões;
- Eliminar todos os itens desnecessários e não essenciais para aumentar a qualidade das inspeções e reparos, tornando-as mais rápidas e seguras;

- Impedir deterioração forçada devida à sujeira;
- Restaurar as condições básicas do equipamento;
- Detectar, expor e lidar com defeitos potenciais;
- Realizar treinamentos no próprio local de trabalho (*On the Job Training* - OJT), utilizando as lições ponto a ponto.

#### **III.2.2.2.4.2.2. Método de condução**

- Fornecer treinamento básico sobre os aspectos práticos relacionados à segurança, estrutura e funções dos equipamentos, controle de lubrificação, reaperto, utilizando a lição ponto-a-ponto e estimulando o uso dos sentidos na detecção de anormalidades.
- Preparação inicial constando de definição de área ou equipamento a ser trabalhado; designação das equipes de trabalho; disponibilização de material necessário à limpeza, de ferramentas para correção das anormalidades, de equipamentos de proteção individual e coletivo para as equipes e cartões de anomalia.
- Liberação da área e isolamento do equipamento, de forma a garantir a proteção das equipes que irão desenvolver as atividades, conforme recomendações do Manual de Operação do Sistema (MOT e MOSI) e ITM 000.
- Antes da limpeza propriamente dita é preciso que sejam removidos todos os objetos desnecessários deixados sobre os equipamentos e no seu entorno, facilitando a circulação e melhorando as condições de segurança;
- Limpeza geral do equipamento e da área, removendo toda sujeira e lixo, inclusive o que se forma nos seus arredores, acompanhada das devidas lubrificações e reapertos das peças.
- As anormalidades devem ser reparadas quando da sua identificação, sempre que possível, desde que o Operador tenha conhecimento e habilidade para

fazer a restauração; caso contrário deverá ser identificada por meio de um cartão de anomalia, programando para realizá-la no menor tempo possível.

- Os locais que sujam logo após serem limpos precisam ser identificados para posterior eliminação das fontes de sujeira. Até a eliminação da fonte de sujeira é preciso que o local seja mantido limpo, evitando o acúmulo de resíduos. Os locais de difícil acesso também deverão ser identificados, para posterior eliminação.
- O procedimento de **Limpeza e Inspeção** deve ser uma rotina para os responsáveis pelos equipamentos, de modo a permitir a detecção precoce de defeitos e assim garantir uma máxima disponibilidade.

### III.2.2.2.4.2.3. Atualização do painel de atividades

- Atualizar os cronogramas de atividades.
- Elaborar gráficos de controle, da evolução da identificação e eliminação dos cartões de anomalias, conforme o modelo apresentado na figura 27.
- Elaborar controle dos cartões não eliminados por ordem de prioridade, conforme o exemplo da figura 23, detalhando o motivo da pendência (aguardando desligamento; contratação de serviço ou aquisição de material; etc.).

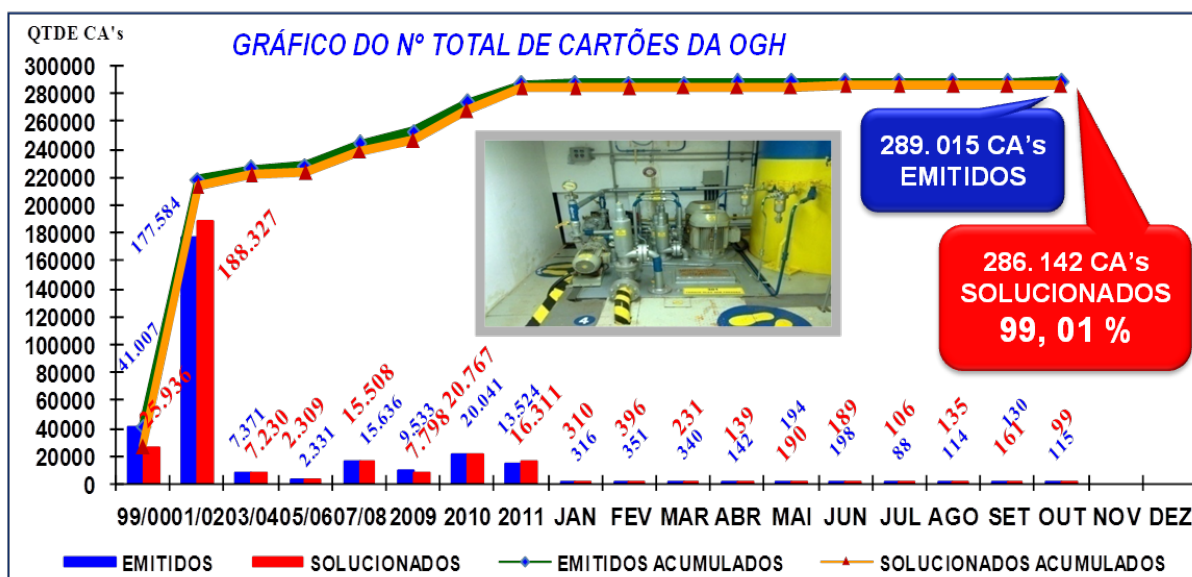


Figura 27: Modelo de Gráfico de CAs emitidos x solucionados

Fonte: Apresentação do Pilar Manutenção Autônoma da UHE Tucuruí – Eletronorte (2012)

#### III.2.2.2.4.2.4. Auditoria da etapa

Após a conclusão das atividades previstas para a etapa, a equipe deverá realizar a auditoria conforme definido no fluxograma da figura 21, utilizando os itens do quadro 9:

**Quadro 9:** Auditoria da Primeira Etapa.

<b>Itens para Auditoria</b>	<b>Pontos Principais da Auditoria</b>
1. Limpeza do equipamento: Levantamento de anormalidades e etiquetação.	⇒ Situação em termos de sujeira, poeira, manchas de óleo, resíduos, corrosão, trincas, etc. ⇒ Situação em termos de folgas, trepidação, vibração, desgastes, ruídos, aquecimento, etc.
2. Limpeza de acessórios (painéis, motores, etc.): Levantamento de anormalidades e etiquetação.	⇒ Situação em termos de sujeira, poeira, manchas de óleo, resíduos, corrosão, trincas, etc. ⇒ Situação em termos de folgas, trepidação, vibração, desgastes, ruídos, aquecimento, etc.
3. Limpeza dos arredores do equipamento.	⇒ Situação levantamento anormalidades dos arredores do equipamento. ⇒ Identificação de locais inseguros.
4. Identificação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso.	⇒ Situação de levantamento de fontes de sujeira e planejamento para sua eliminação. ⇒ Situação de levantamento de locais de difícil acesso e planejamento para sua eliminação.
5. Eliminação de anormalidades.	⇒ Situação quanto à eliminação de anormalidades no equipamento. ⇒ Capacidade da equipe de MA para realização de pequenos reparos no equipamento.
6. Grau de envolvimento com a metodologia TPM.	⇒ Todos os membros da equipe de MA do equipamento estão comprometidos com o TPM. ⇒ Todos os membros da equipe de Manutenção Autônoma participam das atividades de limpeza e inspeção e elaboração de lições ponto a ponto.

**Fonte:** Fichas de Avaliação das Etapas da MA da Eletronorte (2000)

#### III.2.2.2.4.3. Etapa 02 - Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso

Esta etapa, também, busca consolidar o conceito e o método de condução da manutenção autônoma, e de melhoria no equipamento. Destina-se tanto a

eliminar as fontes de sujeira e resíduos, quanto a melhorar os locais onde existem dificuldades de acesso para efetuar limpeza, lubrificação, inspeção, a manipulação de controles e a leitura de instrumentos. Também é importante para o desenvolvimento de melhorias, realizadas para facilitar o acesso a todas as partes do equipamento, aos controles e instrumentos. Muitas destas melhorias são idealizadas e desenvolvidas pelos próprios operadores, que enfrentam estas dificuldades no cumprimento das suas atividades. A implementação de melhorias além de aperfeiçoar os equipamentos e facilitar a rotina dos operadores, também traz uma grande satisfação para todos envolvidos.

#### **III.2.2.2.4.3.1. Objetivos da etapa**

- Manter as condições de limpeza realizadas na etapa 01;
- Eliminar todas as fontes de sujeira, resíduos, umidade e locais de difícil acesso, melhorando a manutenibilidade e confiabilidade e facilitando as inspeções, reparos e lubrificação;
- Realizar treinamentos no próprio local de trabalho, utilizando as lições ponto-a-ponto.

#### **III.2.2.2.4.3.2. Método de condução**

- A necessidade de desenvolver melhorias é estimulada à medida que os operadores observarem, que os equipamentos que foram limpos na primeira etapa continuam sujando. Desta forma, naturalmente, passarão a prestar atenção nas fontes de sujeira, pensando sobre uma maneira de eliminá-las permanentemente. Para o sucesso desta etapa, além do estímulo ao desenvolvimento de melhorias, é necessário que sejam fornecidas orientações, disponibilizados recursos. Também é necessário que todas as melhorias desenvolvidas devam ser registradas para controle e replicação horizontal.
- Desenvolvimento de padrões experimentais de limpeza e lubrificação, padrões provisórios.
- O controle dos locais de difícil acesso é efetuado através da eliminação de obstáculos, rearranjos físicos de partes e acessórios dos equipamentos, de

modo a facilitar os procedimentos de limpeza, inspeção, lubrificação e pequenas manutenções. Ao mesmo tempo a manipulação de controles (abrir e fechar válvulas) e a leitura dos instrumentos devem ser facilitadas. Se por exemplo lubrificadores e visores de nível estiverem instalados próximo ao piso, tanto a lubrificação quanto a verificação do respectivo nível tornam-se difíceis, necessitando nestes casos o desenvolvimento de melhorias, para reposicioná-los.

- Outro exemplo de eliminação de local de difícil acesso é a instalação de janela para facilitar a de inspeção de correias em “V”, permitindo a identificação da deterioração das mesmas, evitando a ocorrência de falhas.

#### **III.2.2.2.4.3.3. Atualização do painel de atividades**

- Atualizar os cronogramas de atividades.
- Atualizar gráficos de controle, da evolução da identificação e eliminação dos cartões de anomalias, conforme o modelo mostrado na figura 27.
- Atualizar controle dos cartões não eliminados por ordem de prioridade, conforme o exemplo da figura 23, detalhando o motivo da pendência (aguardando desligamento; contratação de serviço ou aquisição de material; etc.).
- Inserir no painel as melhorias implementadas bem como apresentar um cronograma de replicação.

#### **III.2.2.2.4.3.4. Auditoria da etapa**

Após a conclusão das atividades previstas para a etapa, a equipe deverá realizar a auditoria conforme definido no fluxograma da figura 21, utilizando os itens do quadro 10:

**Quadro 10:** Auditoria da Segunda Etapa.

<b>Itens para Auditoria</b>	<b>Pontos Principais da Auditoria</b>
1.Redução de tempo.	⇒ Situação em relação à redução do tempo de limpeza e inspeção do equipamento. ⇒ Situação em relação à redução do tempo de

Itens para Auditoria	Pontos Principais da Auditoria
	execução de pequenos reparos no equipamento.
2.Redução de esforços.	⇒ Situação em relação à redução dos esforços para execução de limpeza e inspeção no equipamento. ⇒ Situação em relação à redução dos esforços para execução de pequenos reparos no equipamento.
3.Redução/eliminação de fontes de sujeira.	⇒ Situação em relação à redução/eliminação das fontes internas de sujeira (nos arredores e no equipamento). ⇒ Situação em relação à redução/eliminação de locais inseguros nos arredores do equipamento.
4.Redução/eliminação dos locais de difícil acesso.	⇒ Situação em relação à redução/eliminação dos locais de difícil acesso para limpeza, inspeção e pequenos reparos no equipamento.
5.Introdução de melhorias.	⇒ Situação em relação ao número de sugestões de melhorias. ⇒ Situação em relação à implantação de melhorias.
6.Prática da limpeza, inspeção, pequenos reparos e melhorias.	⇒ Participação dos operadores no processo de redução/eliminação de fontes de sujeira, locais de difícil acesso e sugestões de melhorias.

Fonte: Fichas de Avaliação das Etapas da MA da Eletronorte (2000)

#### III.2.2.2.4.4. Etapa 03 - Elaboração do programa de Manutenção Autônoma

A terceira etapa tem por objetivo manter as condições adquiridas nas duas anteriores. Esta etapa também se destina a aprimorar a confiabilidade e a condição de manutenção dos equipamentos através da preparação e utilização dos padrões provisórios de inspeção, limpeza, reaperto e lubrificação. Estes padrões precisam ser claros e objetivos, para que possam ser facilmente executados, na identificação e correção das anormalidades, locais de difícil acesso. Na Eletronorte convencionou-se a chamar estes padrões de “Programa de Manutenção Autônoma – PMA”, que podem ser definidos como um conjunto de procedimentos de controle e restauração que o próprio operador tem habilidades e condições necessárias para executar. PMAs distintos deverão ser elaborados para equipamentos iguais, porém, com condições operacionais diferentes.

Padrões de inspeção e listas de verificação diárias, por melhores que sejam, quando impostas aos operadores, podem não serem muito eficientes, portanto, é



preciso que eles mesmos os desenvolvam, em função da experiência adquirida nas duas primeiras etapas.

#### **III.2.2.2.4.4.1. Objetivos da etapa**

- Manter e aperfeiçoar as condições obtidas nas duas etapas anteriores;
- Criar padrões de trabalho que assegurem que a inspeção, limpeza, lubrificação e reaperto sejam realizadas em um menor tempo;
- Manter as atividades de limpeza, lubrificação e reaperto, que garantem a manutenção das condições básicas do equipamento;
- Realizar inspeções adequadas usando controle visual dos itens como nomes de máquinas e faixa de operação permitida indicadas nos instrumentos;
- Realizar treinamento no próprio local de trabalho, utilizando as lições ponto a ponto.

#### **III.2.2.2.4.4.2. Método de condução da etapa**

- Determinar as condições de limpeza, reaperto e lubrificação: Com base na experiência adquirida nas etapas anteriores deverão ser determinadas as condições ótimas de limpeza, reaperto e lubrificação do equipamento.
- Elaborar padrões provisórios: Elaborar padrões provisórios para garantir as condições de limpeza e lubrificação estabelecidas. Nestes padrões deve ser especificado o que deve ser feito, onde, o objetivo, procedimentos, periodicidade, tempo de cada atividade.

**Obs.:** O termo provisório caracteriza que os padrões foram elaborados com base na experiência do grupo e, que deverão ser alterados após terem sido colocados em prática.

- Implementar os controles visuais: Para o pleno desenvolvimento das atividades previstas nos padrões provisórios, é preciso que possam ser facilmente executadas por qualquer um dos operadores. O uso intensivo de controles visuais facilita, agiliza e torna mais segura estas atividades, já que todas as

informações básicas necessárias estarão sempre à vista do executante. Os controles visuais são afixados diretamente sobre os equipamentos; acessórios; instrumentos; componentes a serem controlados, de forma que possam indicar claramente as faixas operacionais dos manômetros e termômetros, sentido de fluxo, direção de rotação, se uma válvula deve permanecer normalmente aberta ou fechada, entre outras informações.

#### III.2.2.2.4.4.3. Atualização do painel de atividades

- Atualizar os cronogramas de atividades.
- Atualizar gráficos de controle, da evolução da identificação e eliminação dos cartões de anomalias, conforme o modelo mostrado na figura 27.
- Atualizar controle dos cartões não eliminados por ordem de prioridade, conforme o exemplo da figura 17, detalhando o motivo da pendência (aguardando desligamento; contratação de serviço ou aquisição de material; etc.).
- Atualizar as melhorias implementadas e replicadas;
- Inserir controle da execução dos planos de manutenção autônoma.

#### III.2.2.2.4.4.4. Auditoria da etapa

Após a conclusão das atividades previstas para a etapa, a equipe deverá realizar a auditoria conforme definido no fluxograma da figura 21, utilizando os itens do quadro 11:

**Quadro 11:** Auditoria da Terceira Etapa.

Itens para Auditoria	Pontos Principais da Auditoria
1. Adoção de controles visuais para melhoria das inspeções	⇒ Situação em relação à utilização de controles visuais (placas de identificação, faixas de operação, posições de inspeção, etc.) no equipamento e arredores.
2. Manutenção das condições básicas do equipamento.	⇒ Situação em relação à consolidação da manutenção do equipamento em suas condições básicas. ⇒ Situação em relação à prevenção da deterioração do equipamento.
3. Elaboração de padrões	⇒ Situação em relação à elaboração de padrões

Itens para Auditoria	Pontos Principais da Auditoria
provisórios.	provisórios de limpeza para o equipamento.
4.Elaboração de Lições Ponto a Ponto.	⇒ Situação em relação á elaboração de lições ponto a ponto (LPP).
5.Utilização dos padrões provisórios.	⇒ A equipe utiliza os padrões provisórios para a realização de limpeza e inspeção. ⇒ A equipe compreende o sentimento de participar da gestão do equipamento.
6.Contribuições individuais.	⇒ Situação individual em relação ao trabalho em equipe. ⇒ Situação individual em relação a sugestões de melhoria no equipamento.

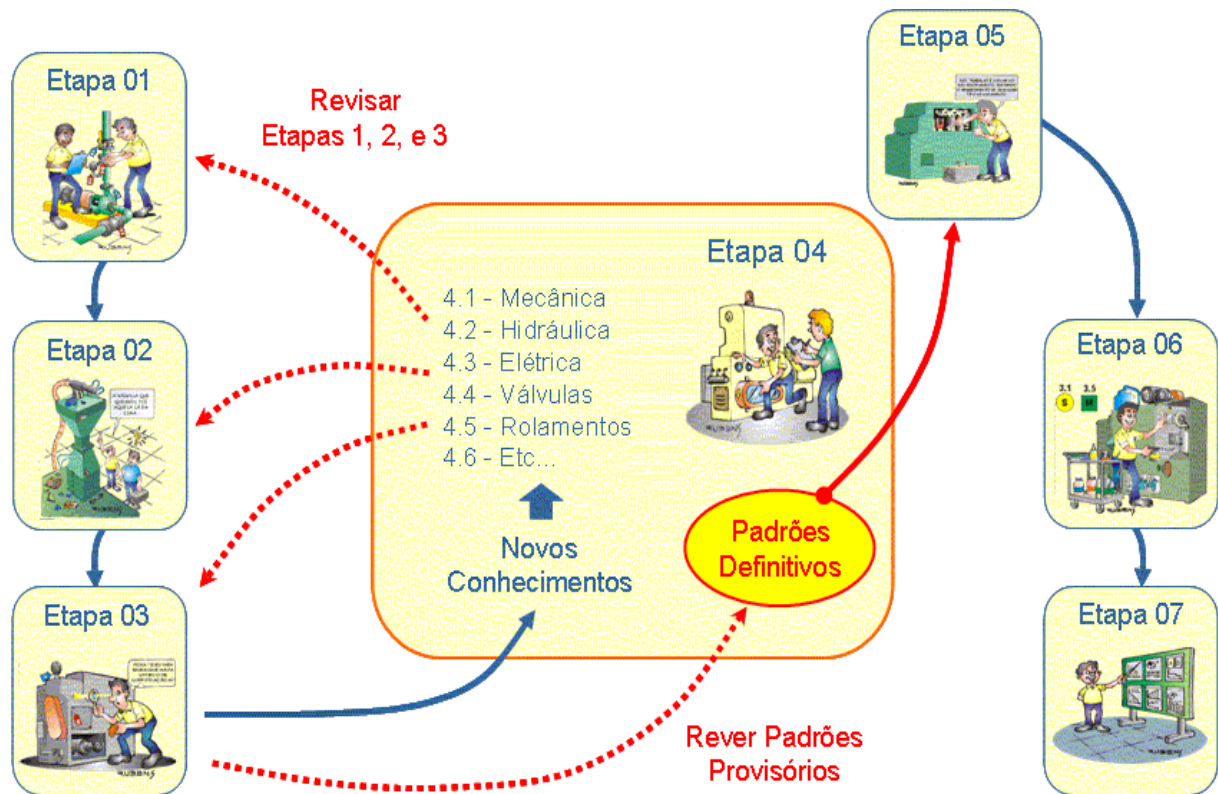
Fonte: Fichas de Avaliação das Etapas da MA da Eletronorte (2000)

#### III.2.2.2.4.5. Etapa 04 - inspeção Geral

As três primeiras etapas enfatizam as atividades de detecção de anormalidades, pelo uso dos cinco sentidos, e estruturação das condições básicas. As atividades desenvolvidas na primeira e segunda etapa contribuem, para a eliminação da deterioração forçada do equipamento e propiciaram aos operadores uma visão acurada, para detectar as anormalidades. As duas primeiras etapas estavam centradas na detecção das anormalidades percebidas através dos cinco sentidos. O objetivo desta etapa é proporcionar aos operadores uma melhor compreensão das funções e da estrutura dos equipamentos, permitindo que possam executar as inspeções com base nos conhecimentos técnicos adquirido.

Nesta etapa será sistematizado o uso dos padrões provisórios na execução das inspeções e restauração de anormalidades nos equipamentos. Estas atividades passam a ser a rotina dos operadores, e têm por objetivo, treiná-los em tarefas antes não executadas, e por isso deve ser realizada em conjunto com a equipe de manutenção.

A figura 28 mostra o fluxograma do desenvolvimento das sete etapas da manutenção autônoma, destacando como a etapa quatro está relacionada com as demais.



**Figura 28:** Fluxograma de desenvolvimento das sete etapas da MA

Fonte: Apostila de Manutenção Autônoma da Eletronorte (2009, p.36)

#### III.2.2.2.4.5.1. Objetivos da etapa

- Elaboração da matriz de habilidades e conhecimentos para verificação dos treinamentos, necessários para que os operadores adquiram as competências e habilidades necessárias, para desenvolverem as novas atividades previstas nos padrões;
- Fornecer os treinamentos teóricos e práticos baseados nas necessidades identificadas na matriz de habilidades, utilizando apostilas, maquetes, peças e partes dos equipamentos (que foram substituídas), lições ponto a ponto (LPPs), de preferência no próprio local de trabalho;
- Incrementar a qualidade dos padrões provisórios;
- Aprimorar e intensificar o uso dos controles visuais, para facilitar, tornar mais segura e eficiente as inspeções (níveis e especificação de óleos lubrificante; faixas de operacionais de manômetros e termômetros (analógicos e digitais); sentido de fluxo; se as válvulas operam normalmente abertas ou fechadas;

sentido de abertura/fechamento de válvulas; sentido de rotação de motobombas; etc.);

- Realização das inspeções e restaurações baseadas nos padrões provisórios definidos;
- Desenvolver melhorias em pontos onde são realizadas operações manuais, que possam ser eliminadas (automatizadas);
- Realizar inspeções gerais por categoria (parafusos, elementos filtrantes, níveis de óleo, correias, faixas de temperatura, pressão, etc) para aumentar a confiabilidade do equipamento;
- Acompanhamento e avaliação das habilidades adquiridas pelos operadores.

#### **III.2.2.2.4.5.2. Método de condução da etapa**

- Listagem das matérias de inspeção geral: Avaliam-se as matérias que se acredita serem necessárias no controle do equipamento pelo operador, tais conceitos de pneumática e hidráulica, sistemas de transmissão de força e parte elétrica.
- Preparação dos materiais didáticos e elaboração do plano de treinamento da inspeção geral: Preparam-se os materiais didáticos necessários a cada matéria da inspeção geral e o cronograma de treinamento. Nestes materiais estão modelos em corte, fotos, painéis didáticos para treinamento de capacitação técnica, manual de inspeção geral e folha de verificação.
- Treinamento dos líderes: As instruções são dadas pelos técnicos de manutenção, com a utilização de texto sobre aspectos básicos do equipamento, modelos em corte, modelos reais, etc., para que seja entendida a estrutura, a função, a regulação especificada, a utilização correta, a necessidade de atenção especial para alguns pontos importantes que requerem verificação diária. A razão pela qual este treinamento é realizado na 4ª etapa se deve ao fato de que, com o prosseguimento da 1ª, 2ª e 3ª etapas, há um conhecimento maior sobre o equipamento e uma visão sobre as anormalidades. E é nesta fase

que finalmente os benefícios das melhorias realizadas, começam produzir os efeitos esperados. Se este treinamento fosse realizado para um operador que não conheça, que não tenha se adaptado ou que nunca tivesse tocado no equipamento, o efeito seria reduzido à metade. Desta etapa em diante a compreensão sobre a estrutura e a função do equipamento torna-se mais aprofundada.

- Treinamento por transmissão dos operadores: O processo de ensinar às outras pessoas é que faz com que o próprio instrutor assimile melhor o conteúdo, e cria a autoconsciência do líder. Os líderes não devem apenas transmitir o que aprendeu, mas também procurar desenvolver melhorias nos equipamentos sob sua responsabilidade, que deverão ser demonstradas para os demais membros da equipe. Se não tiver compreendido perfeitamente o que foi ensinado, o líder não conseguirá ensinar, e ao tentar ensinar na prática, percebe que não consegue explicar da maneira desejada. Este fato de ensinar e aprender novamente dos operadores, os pontos não muito bem compreendidos é que vai proporcionar um incremento ao nível do líder. Além disso, ao mesmo tempo em que se realiza o treinamento dos operadores, é também de extrema importância fazer um teste para verificar se o que foi ensinado foi realmente assimilado, e se o operador consegue realmente colocá-lo em prática. Se o operador não conseguir atingir certo número de pontos no teste, deve-se refazer o treinamento e realizar um novo teste até que haja uma compreensão perfeita. Na Eletrobras Eletronorte esta prática foi mais adotada para os treinamentos externos, quando na maioria das vezes só os líderes (coordenadores de turno) participavam para depois replicar os conhecimentos. Quando os treinamentos eram realizados nas próprias instalações, na medida do possível, procurava-se colocar todos os envolvidos no processo.
- Execução do que aprendeu, detectando as anormalidades (inspeção geral): O mais importante do treinamento é permitir que o operador aplique de imediato os conhecimentos assimilados no local de trabalho, isto é, que possa detectar todas as anormalidades, utilizando além dos próprios sentidos, as teorias relacionadas às técnicas básicas de manutenção e aos equipamentos. Além

disso, é também de extrema importância acrescentar itens de inspeção nos padrões provisórios, a medida que novos conhecimentos fossem assimilados.

- Aprimorar e intensificar o uso dos controles visuais nas inspeções: Como o próprio nome diz, “controle visual” consiste em fazer compreender o conteúdo num relance de olhos, de forma a “facilitar a inspeção” e a “facilitar a detecção de anormalidades”. Outro ponto importante do controle visual é dificultar ao máximo a que operações indevidas sejam executadas, tais como: - fechar uma válvula que opera normalmente aberta; - executar um comando ou operação num sistema ou equipamento diferente do que foi especificado, etc.. Para a maior eficiência dos controles visuais, é importante e necessário para os operadores, ter definido claramente coisas como:

- ✓ Qual o objeto de controle a ser inspecionado?
- ✓ Qual o seu estado normal? Qual o perfil ideal?
- ✓ Esta condição está sendo mantida?
- ✓ Tem conhecimento da sua função e da sua estrutura?
- ✓ Tem conhecimentos da metodologia de inspeção e do julgamento de anormalidades?

Um bom exemplo é a marcação da posição de aperto (marca de torque) em todos os parafusos e porcas, cujo afrouxamento possa ter consequências indesejáveis, que deve ser feita após a aplicação do torque adequado. Os parafusos que provocam um defeito fatal devido a sua folga devem receber a marca de posição de aperto, somente após a aplicação de travas químicas ou mecânicas, para impedir o afrouxamento. É preciso avaliar se estes parafusos serão objeto de controle ou não, ou seja, é desejável que se determine as regras de acordo com os conhecimentos adquiridos e praticados, ao longo desta etapa.

### III.2.2.2.4.5.3. Observações sobre a condução da etapa

- Nos dois primeiros itens (do Método de condução da etapa) estão descritas as ações preparatórias da inspeção geral realizada pelos operadores em conjunto com os mantenedores;
- Com referência aos outros quatro itens, executa-se um a um, para cada matéria de inspeção geral e, ao ser aprovado no diagnóstico, prossegue-se para a matéria seguinte.

### III.2.2.2.4.5.4. Atualização do painel de atividades

- Atualizar os cronogramas de atividades.
- Atualizar gráficos de controle, da evolução da identificação e eliminação dos cartões de anomalias, conforme o modelo mostrado na figura 27.
- Atualizar controle dos cartões não eliminados por ordem de prioridade, conforme o exemplo da figura 17, detalhando o motivo da pendência (aguardando desligamento; contratação de serviço ou aquisição de material; etc.).
- Atualizar as melhorias implementadas e replicadas;
- Atualizar o controle da execução dos planos de manutenção autônoma;
- Inserir a matriz de habilidades.

### III.2.2.2.4.5.5. Auditoria da etapa

Após a conclusão das atividades previstas para a etapa, a equipe deverá realizar a auditoria conforme definido no fluxograma da figura 21, utilizando os itens do quadro 12:

**Quadro 12:** Auditoria da Quarta Etapa.

Itens para Auditoria	Pontos Principais da Auditoria
1. Manutenção e controle das 3 primeiras etapas.	⇒ Situação quanto à manutenção das medidas contra fontes de sujeira, eliminação de CAs, etc. ⇒ Situação quanto às medidas contra reincidência de falhas. ⇒ Situação quanto à adequada especificação dos padrões



Itens para Auditoria	Pontos Principais da Auditoria
	provisórios de limpeza, inspeção e lubrificação.
2. Preparação e implementação da educação e treinamento para capacitação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Situação quanto à utilização das LPP's para treinamento e aprimoramento dos líderes e equipes MA.</li> <li>⇒ Situação quanto ao desenvolvimento das atividades de treinamento, voltadas ao conhecimento pleno das funções dos equipamentos sob responsabilidade das equipes de MA.</li> <li>⇒ Situação quanto ao domínio por todos os líderes e membros da MA, dos conhecimentos básicos dos equipamentos, para desenvolvimento da inspeção autônoma.</li> </ul>
3. Inspeção Geral	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Situação quanto à correta inspeção dos equipamentos objeto dos treinamentos.</li> <li>⇒ Situação quanto à detecção de anormalidades devido ao maior conhecimento dos equipamentos.</li> <li>⇒ Situação quanto às medidas corretivas e preventivas para as novas anormalidades detectadas.</li> </ul>
4. Segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Situação quanto à detecção de pequenas deficiências de segurança e medidas preventivas para novas ocorrências.</li> </ul>
5. Padrão experimental das inspeções autônomas	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Situação quanto à elaboração de padrões experimentais para inspeção.</li> <li>⇒ Situação quanto à realização de melhorias para redução de itens de inspeção.</li> <li>⇒ Situação quanto à realização de melhorias para facilitar a inspeção.</li> <li>⇒ Situação quanto à adequação dos métodos e periodicidade das inspeções.</li> <li>⇒ Situação quanto à incorporação de novas ideias para melhorar as inspeções e evitar omissões.</li> </ul>
6. Painel de Atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Situação quanto à atualização do Painel de Atividades.</li> <li>⇒ Situação dos indicadores de desempenho em relação as metas propostas.</li> </ul>

Fonte: Fichas de Avaliação das Etapas da MA da Eletronorte (2000)

#### III.2.2.2.4.6. Etapa 05 - Inspeção Autônoma

Devem ser mantidas e aperfeiçoadas as condições de restauração das deteriorações nos equipamentos, que foram obtidas com desenvolvimento das atividades da primeira a quarta etapa, de modo a aprimorar mais ainda a confiabilidade, a qualidade e a capacidade de manutenção dos equipamentos.

Devem ser reexaminados os padrões de limpeza, lubrificação e qualidade dos equipamentos, que estão em uso, com o objetivo de aumentar a eficiência das inspeções, eliminando itens desnecessários, agrupando e criando novos itens, para a preparação dos padrões definitivos de inspeção autônoma.

Nesta etapa que os operadores começam assumir a responsabilidade pela condução da manutenção de primeiro nível dos equipamentos, isto é, passam a ter mais comprometimento com o equipamento, de modo a que tenham maior disponibilidade.

As atividades implementadas nesta etapa se destinam a esclarecer aspectos de controle sobre os equipamentos e de qualidade, verificando-os e aperfeiçoando-os rumo à meta de zero defeito/falha. São examinados os aspectos de implementação da inspeção autônoma, limpeza, lubrificação e padrões de inspeção, à luz dos seguintes pontos de vista:

- ✓ Ponto de Vista 1 → Zero Falhas e Defeitos;
- ✓ Ponto de Vista 2 → Eficiência na Inspeção;
- ✓ Ponto de Vista 3 → Equilíbrio de Carga no Trabalho;
- ✓ Ponto de Vista 4 → Controle Visual.

#### **III.2.2.2.4.6.1. Objetivos da etapa**

- Revisar os padrões provisórios de limpeza, inspeção e lubrificação, bem como, os de inspeção geral da quarta etapa;
- Fazer melhorias para facilitar as inspeções;
- Otimizar os itens de inspeção;
- Reduzir os intervalos de inspeção;
- Reduzir os tempos de execução de inspeção;
- Elaborar o padrão definitivo de inspeção;

- Aumentar a estabilidade e segurança de processo através da operação correta;
- Tornar o equipamento mais fácil de operar e mais confiável.

#### **III.2.2.2.4.6.2. Método de condução da etapa**

- Ponto de vista de zero falha e zero defeito: Revisar as medidas preventivas contra recorrência de falhas e defeitos adotadas anteriormente, bem como, os erros de inspeção, observando se há falta de algum item no padrão.
- Ponto de vista da eficiência da inspeção: Reexaminar os padrões de limpeza, lubrificação e inspeção, tentando descobrir redundâncias, e reduzir os itens de inspeção através da combinação de trabalhos e verificações, como as que são executadas simultaneamente com procedimentos de limpeza ou lubrificação.
- Ponto de vista do equilíbrio de carga do trabalho: Se as inspeções se concentram num determinado período da semana, deve ser feita uma avaliação cuidadosa visando distribuir estas atividades para se obter um equilíbrio da carga de trabalho de inspeção. É conveniente dividir as inspeções em diárias, semanais, quinzenais, mensais e trimestrais. Para tornar mais eficiente as inspeções diárias, deve-se adotar uma lista de verificação que contemple tão somente os itens considerados críticos, ou seja, os que em função da sua deterioração influem diretamente na segurança e disponibilidade dos equipamentos.

#### **III.2.2.2.4.6.3. Atualização do painel de atividades**

- Atualizar os cronogramas de atividades.
- Atualizar gráficos de controle, da evolução da identificação e eliminação dos cartões de anomalias, conforme o modelo mostrado na figura 27.
- Atualizar controle dos cartões não eliminados por ordem de prioridade, conforme o exemplo da figura 17, detalhando o motivo da pendência (aguardando desligamento; contratação de serviço ou aquisição de material; etc.).
- Atualizar as melhorias implementadas e replicadas;
- Atualizar o controle da execução dos planos de manutenção autônoma.

#### III.2.2.2.4.6.4. Auditoria da etapa

Após a conclusão das atividades previstas para a etapa, a equipe deverá realizar a auditoria conforme definido no fluxograma da figura 21, utilizando os itens do quadro 13:

**Quadro 13:** Auditoria da Quinta Etapa.

<b>Itens para Auditoria</b>	<b>Pontos Principais da Auditoria</b>
1. Revisão das medidas preventivas	⇒ Situação quanto à recorrência de falhas e defeitos observados nas etapas anteriores.
2. Avaliação da eficiência e inspeção	⇒ Situação quanto a redundâncias dos itens de inspeção do padrão provisório. ⇒ Situação de redução dos itens de inspeção, através da combinação de trabalhos e verificações.
3. Avaliação da distribuição da carga de trabalho	⇒ Situação quanto a distribuição equilibrada das atividades de inspeção em relação a um determinado período de tempo.
4. Avaliação dos Controles Visuais	⇒ Situação quanto à facilidade: a. de localização dos itens de inspeção. b. da realização das inspeções; c. de detecção de anormalidades.

**Fonte:** Fichas de Avaliação das Etapas da MA da Eletronorte (2000)

#### III.2.2.2.4.7. Etapa 06 - Padronização

“A planta que completa as primeiros cinco etapas do programa de manutenção autônoma, alcança ótimas condições de equipamento e estabelece um sistema de padrões para sustentar essas condições. Operadores competentes, conhecedores dos equipamentos e processos estão aptos a detectar e prevenir anomalias, realizar as inspeções e a correta operação. A etapa seis acrescenta os toques finais ao sistema de manutenção autônoma” (SUZUKI, 1994, p.129).

Nessa etapa são efetivadas todas as modificações e melhorias introduzidas nos padrões provisórios (procedimentos operacionais) e, eventualmente, na sistemática de acompanhamento dos cartões de anomalias. As normas e procedimentos operacionais devem ser padronizados, para que todos os responsáveis pela execução das atividades passem a realizá-las sob um mesmo enfoque, para que seja alcançada uma manutenção autônoma com elevado padrão

de qualidade e segurança. Os itens listados abaixo também devem ser observados e executados nesta etapa:

- Nova postura dos operadores em relação às quebras, falhas, metas dos indicadores de disponibilidade e outras perdas;
- Entender o relacionamento entre o equipamento e a qualidade do produto, isto é, como este afeta a disponibilidade, para estabelecer um sistema de manutenção autônoma apropriado;
- Ter condições de evidenciar carências e necessidades de aprimoramento;
- Estabelecer um sistema de gestão de instrumentos de medição e ferramentas, para que estejam sempre calibrados, aferidos, organizados e disponíveis;
- Sistematizar o registro e análise de dados de manutenção.

#### **III.2.2.2.4.8. Etapa 07 - Controle Autônomo**

Nesta etapa com as competências e habilidades necessárias acumuladas, os operadores assumem o controle autônomo da manutenção de primeiro nível, ou seja, o operador está apto para “raciocinar por si e executar por si” todas as ações necessárias à execução da manutenção autônoma, bem como implementar melhorias no processo. O ponto principal desta etapa é que o operador já possui “domínio pleno de seu equipamento” podendo realizar e consolidar análises das anormalidades cuja restauração é de sua responsabilidade, e ainda sugerir melhorias para o incremento da eficiência do equipamento, contribuindo assim para que seja atingida a meta de falha zero.

As rotinas referentes às reuniões semanais, incluindo emissão, controle e programação de eliminação dos cartões de anomalias, bem como a atualização dos painéis da manutenção autônoma e planejada, devem ser mantidas atualizadas e, serem do conhecimento e compreensão de todo pessoal de operação.

As instruções para execução do controle autônomo dos equipamentos da instalação devem estar elaboradas, e em uso por todos os operadores, substituindo os padrões provisórios estabelecidos na terceira etapa.

“Esta etapa resume todas as atividades que estavam sendo realizadas nas etapas de um a seis. Com a confiança adquirida e pelos resultados das melhorias nos equipamentos, nas pessoas e nos locais de trabalhos. Deve-se manter o espírito que as melhorias devem ser contínuas, prevalecer a colaboração, a criatividade e o trabalho em equipe. Trata-se de formar pessoas capazes de conduzir as políticas e metas da empresa” (Manual TPM Capítulo 4 – JIPM, 2007, p. 51).

Nas Usinas Hidrelétricas de Tucuruí e Samuel, primeiras plantas da Eletrobras Eletronorte a alcançar a última etapa da manutenção autônoma, a gestão deste pilar passou a ser conduzida com base na teoria do ciclo infinito, resumida na figura 29.



**Figura 29:** Etapas do ciclo infinito aplicado à manutenção autônoma

**Fonte:** Apresentação do Pilar Manutenção Autônoma da UHE Tucuruí – Eletronorte (2012)

#### III.2.2.2.4.9. Diagnóstico da implantação da manutenção autônoma

As etapas de implantação do pilar de manutenção autônoma promoveram uma profunda mudança cultural na operação e manutenção dos equipamentos de geração e transmissão, e demandaram um período relativamente longo desde as primeiras ações até sua conclusão. Durante a implantação, e mesmo na consolidação, das etapas da MA é importante, que se tenha uma visão de todo o processo e, que se adotem ferramentas para verificação do seu andamento.

É importante ao longo de todo processo, verificar se as etapas estão sendo implementadas de acordo com o planejamento, se as atividades previstas para cada uma estão sendo satisfatoriamente desenvolvidas, se os resultados estão sendo alcançados, para que o objetivo final de falha zero seja atingido. Além dos cronogramas, são utilizados os formulários de auditoria e os indicadores de desempenho do pilar e alguns da manutenção que são diretamente impactados.

Para que as avaliações sejam eficientes e produzam melhorias no processo, não devem ficar dividida apenas entre aprovação e rejeição. É essencial que os pontos fracos sejam apontados junto com as oportunidades de melhorias. Neste processo também é importante destacar os pontos fortes para motivação do grupo e, até mesmo para as replicações.

#### **III.2.2.2.4.10. Resultados**

De todos os pilares da manutenção produtiva total, a manutenção autônoma é o que mais promoveu mudanças, sejam elas culturais, organizacionais e de procedimentos. Apesar da resistência de alguns operadores, nitidamente decrescente ao longo da evolução do desenvolvimento do pilar, foi fundamental para a transformação das nossas plantas, e na melhoria dos principais indicadores de desempenhos dos equipamentos e manutenção, com reflexos positivos na segurança e meio ambiente. O maior número de melhorias também foi desenvolvido pelos operadores isolados na manutenção autônoma ou em conjunto com os demais pilares.

Todo este processo de transformação está suportado pela educação e treinamento.

Mas apesar do mesmo incentivo e investimento na metodologia em todas as regionais, a manutenção autônoma não se desenvolveu da mesma maneira, apesar dos conceitos estão e estarem definitivamente enraizados nas plantas da Eletrobras Eletronorte.

Os melhores resultados na aplicação da manutenção autônoma foram obtidos nas usinas de Tucuruí e Samuel, onde não praticamente não houve descontinuidade no desenvolvimento da manutenção produtiva total, como já citado

anteriormente, alcançaram a sétima etapa da MA. Nestas usinas os operadores desenvolveram um grande número de melhorias, que impactaram positivamente nos indicadores de desempenho, principalmente nos de disponibilidade.

### **III.2.2.3. Etapa 7.3 – Manutenção Planejada**

As atividades da manutenção planejada foram estruturadas e desenvolvidas visando manter os equipamentos e processos em condições ótimas, assegurar o máximo de disponibilidade e confiabilidade, bem como, alcançar a meta de zero falha. Com a implantação da manutenção autônoma, as manutenções de primeiro nível (atividades mais simples) passam a ser executadas pelos operadores, deixando as mais complexas para os mantenedores, que além dos sólidos conhecimentos a respeito dos equipamentos das suas plantas, de mecânica; elétrica; eletrônica; instrumentação; lubrificação; corrosão; pintura e materiais diversos devem estar capacitados para desenvolverem as seguintes atividades:

- orientar e apoiar a manutenção autônoma;
- elaborar, atualizar e cumprir os programas de manutenção preventiva e preditiva;
- reparar todos os equipamentos da planta;
- executar inspeções e medidas diversas;
- elaborar diagnósticos de equipamentos;
- promover melhorias nos equipamentos visando à prevenção da manutenção;
- ter conhecimento sobre o sistema integrado de gestão da manutenção;
- saber gerenciar os custos, materiais de consumo e sobressalentes;
- dominar todas as técnicas de predição aplicadas na planta;
- desenvolver novas técnicas de manutenção visando a redução do tempo de intervenção e conseqüentemente a redução dos custos ;



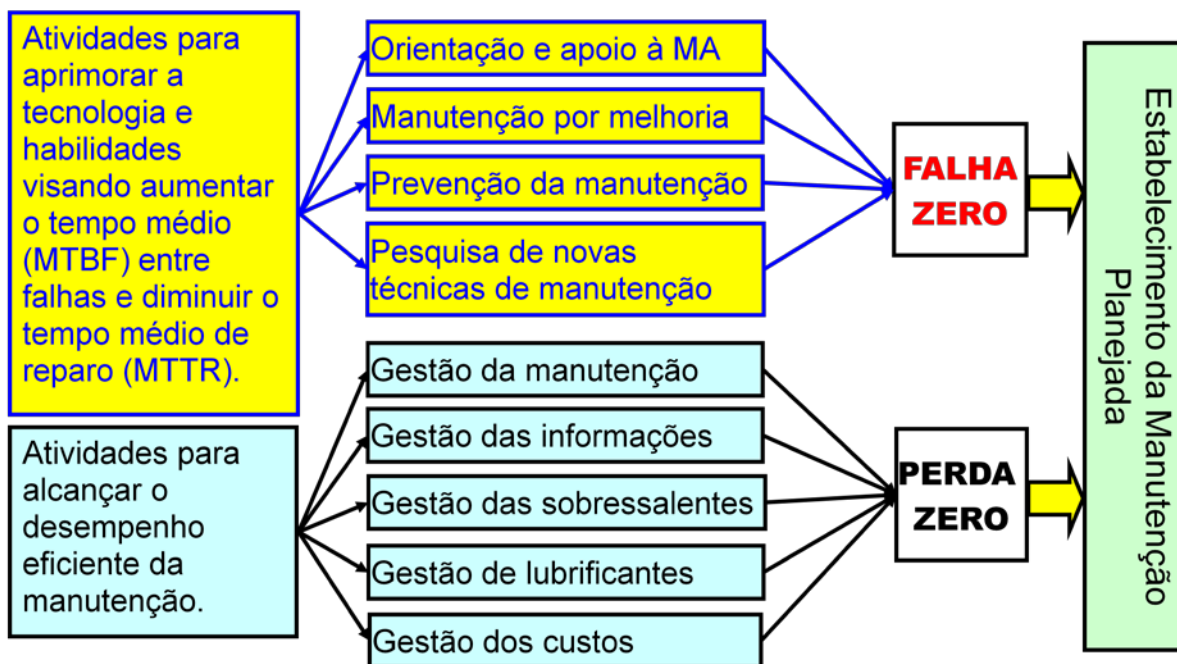
- descrever com clareza e objetividade as atividades de manutenção executadas, bem como, as ocorrências nos equipamentos.

Portanto, de acordo com SUZUKI (1994, p.148) os mantenedores realizam dois tipos de atividades: as que melhoram os equipamentos; e as que melhoram a capacidade da manutenção.

“Realizar manutenção planejada, apropriadamente, requer uma compreensão profunda dos equipamentos de produção, até o nível de componente de equipamento. Essa compreensão precisa começar com os produtos e suas características essenciais, e fluir para baixo através do equipamento, processos do equipamento, os parâmetros de processo.” (MOBLEY, p.2.43).

Manutenção planejada refere-se a todas as atividades realizadas pelos mantenedores, resumidas na figura 30, com o apoio dos operadores - manutenção autônoma, com o objetivo de:

- melhorar a disponibilidade dos equipamentos;
- melhorar a eficiência da manutenção;
- atingir um nível ótimo de redução das perdas;
- atingir zero acidentes;
- desenvolver técnicas de manutenção que possibilitem uma diminuição do tempo de intervenção bem como nos custos envolvidos;
- promover melhorias na estrutura da manutenção através de um bom gerenciamento da manutenção, do sistema informatizado, dos sobressalentes, dos custos envolvidos e dos óleos lubrificantes;
- desenvolver atividades em conjunto com as equipes de operação, buscando a falha zero dos equipamentos.



**Figura 30:** Resumo dos objetivos das atividades desenvolvidas pelos mantenedores

**Fonte:** Manual de regulamentos e métodos da TPM – MP -Capítulo 3, Eletronorte (1998, p.3)

A manutenção planejada na Eletrobras Eletronorte segue a estrutura mostrada na figura 01 e, é desenvolvida em seis etapas, que estão apresentadas no quadro 14,

**Quadro 14:** As seis etapas para o desenvolvimento da MP

ETAPAS	ATIVIDADES
<b><u>Etapa 01</u></b> <b>Avaliação do Equipamento e Levantamento da Situação Atual</b>	Recadastramento dos equipamentos; Elaboração e execução dos procedimentos p/ avaliação dos equipamentos; Definição dos níveis de quebra; Levantamento da situação atual; Estabelecimento de metas para a manutenção.
<b><u>Etapa 02</u></b> <b>Restauração da Deterioração e Melhoria dos Pontos Deficientes</b>	Restauração da deterioração e cumprimento das condições básicas; Eliminação de ambientes que provocam deterioração forçada; Atividades de prevenção de reincidência de falhas e defeitos de alta gravidade; Melhoria dos pontos deficientes para prolongamento da vida útil; Melhorias para redução de falhas no processo e operações normais.
<b><u>Etapa 03</u></b>	Sistema de controle de dados sobre as quebras;

<b>ETAPAS</b>	<b>ATIVIDADES</b>
<b>Estruturação do Controle de Informações e de Dados</b>	Sistema de controle de manutenção de equipamentos; Sistema de controle orçamentário dos equipamentos; Sistema de controle de equipamentos de reserva e peças de reposição.
<b><u>Etapa 04</u> Estruturação da Manutenção Periódica</b>	Redefinição do sistema de atividades da manutenção periódica; Elaboração do cronograma de manutenção periódica; Aumento do rendimento das manutenções periódicas.
<b><u>Etapa 05</u> Estruturação da Manutenção Preditiva</b>	Revisão das atividades da manutenção preditiva; Revisão e ampliação dos equipamentos objetos de manutenção preditiva; Introdução de desenvolvimento de novos instrumentos e tecnologias para diagnóstico de equipamentos.
<b><u>Etapa 06</u> Avaliar o Sistema de Manutenção Planejada</b>	Avaliação do sistema de manutenção planejada; Avaliação do aumento de confiabilidade e manutenibilidade; Avaliação global sobre a redução de custos.

Fonte: SUZUKI (1994, p. 160)

As definições para os termos e conceitos aqui empregados podem ser encontradas no item dois do segundo capítulo.

### **III.2.2.3.1. A Manutenção Planejada na Eletrobras Eletronorte**

Como comentado na introdução do pilar de melhoria específica, o principal motivador a decisão da adoção da metodologia TPM, é o reconhecimento da existência de perdas na empresa, que no caso da Eletrobras Eletronorte, na sua grande maioria se concentravam nos processos produtivos, principalmente em consequência de falhas e defeitos. A necessidade de eliminar as perdas por falhas e defeitos, vai ao encontro do objetivo da manutenção planeja que é: Desenvolver um sistema de gestão de manutenção para assegurar a manutenibilidade e a confiabilidade operacional nos sistemas e equipamentos, a fim de garantir a excelência no atendimento aos clientes, com o menor custo.

Desde o início da aplicação da manutenção planejada ficou claro que atingir seus objetivos não seria tarefa fácil. Um dos desafios era a complexidade do processo de manutenção do sistema de geração e transmissão, que envolvia profissionais diversos, com nível cultural e conhecimento técnico bastante distinto.

O processo de treinamento também foi essencial na implantação das etapas da manutenção planejada. Além da capacitação técnica, dos conceitos específicos do pilar, foi necessário disseminar os conhecimentos sobre métodos de análise e solução de problemas e as ferramentas necessárias ao seu desenvolvimento. Neste processo coordenado pelo pilar de educação e treinamento, também foram utilizadas matrizes de habilidades. Também apoiada pelo treinamento, ocorreu a transferência de conhecimentos dos mantenedores para os operadores, que teve fundamental importância para o aperfeiçoamento da manutenção nas plantas da empresa. Ao longo do desenvolvimento das etapas da manutenção autônoma, os itens de manutenção básicos, classificados como de primeiro nível, foram sendo transferidos para os operadores, liberando os mantenedores para desenvolverem as atividades mais complexas, entre elas, as voltadas para a obtenção da falha zero. Neste processo iniciou-se o uso de outras metodologias associada à TPM, como por exemplo, a manutenção centrada na confiabilidade - RCM<sup>7</sup>.

#### **III.2.2.3.2. Desenvolvimento das Seis Etapas da Manutenção Planejada**

Como na manutenção autônoma a planejada também é desenvolvida em etapas, pois também exige cuidados e trabalho árduo e meticuloso. As etapas são estruturadas de forma que possa organizar, estabilizar e melhorar continuamente todo o processo de manutenção, o que fica evidente ao analisar cada uma. “As vantagens do enfoque passo a passo consistem em que os resultados se acumulam conforme se desdobram as atividades e se reforçam e contrastam entre si como parte integral do programa. Para utilizar plenamente estas vantagens, a equipe de planejamento deve especificar claramente o que se tem que fazer em cada passo” (SUZUKI, 1994, p.159).

A primeira evidencia o princípio de que é preciso conhecer um problema para que se possa resolvê-lo. A segunda tem o objetivo criar condições para o desenvolvimento das demais, propondo um grande esforço para a redução de falhas, principalmente as recorrentes, disponibilizando tempo e recursos para a implantação de um sistema de manutenção programada. A terceira está relacionada

---

<sup>7</sup> A manutenção centrada na confiabilidade é “um processo utilizado para determinar o que se deve fazer para assegurar que qualquer ativo físico continue cumprindo suas funções previstas e desejadas em seu contexto operativo presente” (Moubray, 1990, p.7).

à gestão do processo, enfatizando a necessidade de um sistema onde possam ser controladas as atividades de manutenção, as ocorrências, custos, recursos humanos e materiais. A quarta e quinta estão voltadas para a estruturação da manutenção programada, com a implantação de uma sistemática preventiva, baseada no tempo e nas condições. A sexta está relacionada ao conceito da melhoria contínua, na qual cada etapa é sistematicamente revisada, considerando os conhecimentos e tecnologias absorvidas, com objetivo de identificar principalmente, os pontos fracos e as oportunidades de melhorias, criando meios necessários para atingir as metas estabelecidas.

### **III.2.2.3.2.1. Etapa 01 - Avaliação dos Equipamentos e Levantamento da Situação Atual**

#### **III.2.2.3.2.1.1. Levantamento da situação atual**

O levantamento da situação atual é feito a partir da apuração dos indicadores, tais como disponibilidade – DISP, taxa de falhas – TF, tempo médio entre falhas MTBF e tempo médio para reparos – MTTR, relacionados com a eficiência dos equipamentos e da manutenção.

#### **III.2.2.3.2.1.2. Estruturação para implementação da MP**

A partir do levantamento da situação atual, identificar problemas relacionados ao processo de manutenção, bem como as suas consequências para os resultados dos indicadores da planta, tendo como referência as iniciativas estratégicas relacionadas, que levem a confirmar a necessidade. Para cada problema deverá ser estabelecido um objetivo, a partir dos quais serão definidas as ações e metas a serem atingidas, conforme exemplificado no quadro 15.

**Quadro 15:** Exemplo de Contexto Histórico X Objetivos

CONTEXTO HISTÓRICO		OBJETIVOS
Ausência de controle das falhas nos equipamentos	➔	Estabelecer controle de falhas nos equipamentos em busca da quebra zero.
Ausência de acompanhamento dos custos da manutenção.	➔	Estabelecer sistemática de acompanhamento e controle dos custos da manutenção para redução de perdas.

Ausência de rotina para análise e avaliação dos resultados dos ensaios de manutenção.	➔	Estabelecer sistemática de análise e avaliação dos resultados dos ensaios da manutenção.
Deficiência no sistema de gestão de manutenção.	➔	Tornar mais eficiente o sistema de gestão para controle das manutenções.

Fonte: Baseada nos Relatório (*Books*) da MP da ELETRONORTE (2000-2012)

### **III.2.2.3.2.1.3. Revisão do cadastro dos equipamentos**

Os registros proporcionam dados em bruto para avaliar os equipamentos, em conjunto com o seu histórico de manutenção. O padrão de cadastro é o estabelecido no módulo PM do SAP/R3, em todos os seus detalhes.

### **III.2.2.3.2.1.4. Elaboração e execução dos critérios de seleção dos equipamentos**

Para priorizar os equipamentos de forma que possam ser tratados de acordo com a sua importância, adotando a classificação A-B-C, apresentada resumidamente no item III.1.15, onde estão exemplificados no quadro 6 a matriz e o na figura 13 o fluxograma de classificação.

### **III.2.2.3.2.1.5. Definição dos níveis de ocorrências**

Atualmente as ocorrências são classificadas em defeito e falha, de acordo com o padrão do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, adotado pelo Setor Elétrico Brasileiro – SEB.

Quando ocorrerem falhas a profundidade da análise deve ser adequada ao tipo de falha. Para isso, são estabelecidos critérios de priorização, criados para ajudar a focar os principais problemas, de forma utilizar melhor os recursos. Deve ser considerado na determinação da profundidade da análise, em primeiro lugar, a segurança, meio ambiente e saúde, e depois o tamanho das perdas, para avaliar os itens abaixo:

- falha repetida, sim ou não?;

- resultou em risco de acidentes, agressões ambientais ou perda da produção, sim ou não?;
- falha catastrófica (de grande extensão, que irá indisponibilizar o equipamento por um longo período ou cause perda total)?.

#### **III.2.2.3.2.1.6. Estabelecimento de metas**

As metas deverão ser estabelecidas tomando-se por base os resultados apurados para os indicadores de desempenho, e fazendo projeções ousadas, mas que possam ser alcançadas. Existem diversas sistemáticas de estabelecimento de metas (benchmarking).

#### **III.2.2.3.2.2. Etapa 02 - Restauração das Deteriorações e Melhoria dos Pontos Deficientes**

##### **III.2.2.3.2.2.1. Restaurações das deteriorações e cumprimento das condições básicas - apoio à MA**

###### **a. Restauração das Deteriorações:**

- ação rápida na eliminação das etiquetas vermelhas;
- elaboração de lições ponto-a-ponto – LPPs para ensinar aos operadores a estrutura e funções dos equipamentos;
- treinar os operadores, no local de trabalho, sobre inspeções, restaurações e como realizar pequenas melhorias.

###### **b. Manutenção das Condições Básicas**

- elaborar e de padrões de controle visuais e orientar os operadores sobre o seu uso ;
- ajudar os operadores na elaboração de padrão de inspeção;
- treinar os operadores sobre lubrificação e padronizar os tipos de óleo lubrificantes.

#### **III.2.2.3.2.2.2. Eliminação de ambientes que provoquem deterioração forçada**

Ensinar e apoiar os operadores na execução de inspeções e no desenvolvimento de melhorias para eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso.

#### **III.2.2.3.2.2.3. Atividades de prevenção de reincidência de falhas**

Executar a análise de falhas, identificar as causas fundamentais, implementar de ações de bloqueio, confirmar resultados e fazer a replicação horizontal;

#### **III.2.2.3.2.2.4. Melhorias dos pontos deficientes para prolongamento da vida**

Além da deterioração normal e forçada, os equipamentos podem apresentar falhas inesperadas em função de erros de projeto, no processo de fabricação e instalação. Muitas vezes estas debilidades só se tornam aparente quando os equipamentos operam fora das suas condições de projeto. Neste caso as equipes devem utilizar técnicas como FMEA (análise dos modos de falhas e seus efeitos) e análise PM;

Identificar, classificar e priorizar os pontos que além da sua relevância para o sistema, apresentaram falhas que impactaram nos indicadores e causaram perdas, e que pelo histórico não tiveram a causas identificadas e bloqueadas;

#### **III.2.2.3.2.2.5. Melhorias para redução de falhas no processo e operações manuais.**

Implementar melhorias que evitem, sempre que possível, as operações manuais, que possam acarretar as falhas humanas.

#### **III.2.2.3.2.3. Etapa 3 - Estruturação do Controle de Informações e Dados**

Nesta etapa são estabelecidos sistemas de controle de dados sobre:

- falhas e defeitos;



- histórico e planejamento das manutenção dos equipamentos;
- orçamentário dos equipamentos;
- sobressalentes, desenhos, documentos técnicos e bibliográficos.

“O R/3 (*Real Time System Version 3*) é um ERP (Enterprise Resource Planning), Sistema de Planejamento dos Recursos Empresariais, desenvolvido pela SAP (Sistemas, Aplicações e Produtos), estruturado em ambiente cliente/servidor e com processamento de informações em tempo real. O sistema oferece um conjunto de módulos integrando as diversas áreas do negócio. Estes módulos contemplam a maior parte das funcionalidades necessárias à ELETRONORTE (manutenção, materiais, finanças, vendas de serviços e recursos humanos)” (Manual do Módulo PM – SAP/R3, 2002, p.2). No módulo de manutenção, ou módulo PM, é realizada a administração de equipamentos, planejamento da manutenção, pedidos de serviços e planejamento de capacidades.

Os dados coletados permitem análises estatísticas da manutenção e gerenciamento de custos, que são insumo para a tomada de decisão. Para que os objetivos desta etapa possam ser atingidos, é preciso que haja um compromisso com a qualidade e precisão das informações cadastradas, que formarão a base para se tenha um histórico de manutenção confiável. A qualidade das informações, desde a implantação do SAP/R3, têm sido um dos grandes problemas relacionados à qualidade da manutenção, pois sem histórico confiável o processo de manutenção fica prejudicado.

A estruturação e controle de dados têm por objetivos:

- Aumento de produtividade da manutenção através da melhoria no controle de equipamentos;
- Fortalecimento da estrutura de manutenção através do sistema integrado de dados das instalações;
- Redução dos custos através da condução eficaz do controle orçamentário da manutenção;

- Elevação do nível de tecnologia de manutenção, incluindo-se análises de falhas e treinamentos;
- Racionalização das atividades de coleta e análise de dados;
- Ações preventivas através de medição e avaliação dos efeitos das atividades de manutenção.

#### **III.2.2.3.2.4. Etapa 4 - Estruturação da Manutenção Preventiva**

Nesta etapa já existe as condições para a implantação de um sistema de manutenção baseada no tempo calendário ou de operação dos equipamentos. Os indicadores foram levantados e estão sendo controlados, as ocorrências estão sob controle, permitindo que os esforços antes empregados na correção de falhas e defeitos, sejam migrados para a execução de programas de manutenção. A elaboração dos programas e a periodicidade de cada, deve inicialmente ser baseada nos manuais dos equipamentos, em modelos já existente e na experiência dos mantenedores e operadores.

Esta etapa consiste em:

- desenvolver atividades de preparação da manutenção preventiva (controle de equipamentos de reserva, peças de reposição, instrumentos de medição, óleos lubrificantes, desenhos e documentos técnicos);
- elaboração do fluxograma do sistema de atividades da manutenção preventiva;
- elaboração e organização de normas e procedimentos de manutenção (cadastros de materiais, normas de comissionamento, normas de ensaios e testes, normas de inspeção – PMPs, etc.);
- aumento do rendimento das manutenções programadas.

#### **III.2.2.3.2.5. Etapa 5 - Estruturação da Manutenção Preditiva**

“Apesar de que as falhas inesperadas se reduzem consideravelmente uma vez que se tenha implantado a manutenção periódica, realmente não se as eliminou

de todo e seguem acontecendo, e, às vezes, os custos da manutenção podem aumentar. Isto é consequência de que a manutenção periódica se baseia no tempo e assume uma taxa hipotética de deterioração dos equipamentos. Sem dúvidas, não se pode estabelecer intervalos de manutenção ótimos sem medir a extensão da deterioração real dos diferentes tipos de equipamentos. Isto requer um enfoque baseado nas condições, no qual o intervalo e a natureza das manutenções necessárias se baseiam na deterioração real confirmada através de diagnósticos dos equipamentos. Para por em prática a manutenção preditiva ou baseada nas condições, deve ser possível medir as características que indiquem fielmente a deterioração” (SUZUKI, 1994, p.191-193).

Para que se possa estabelecer um sistema de manutenção baseada nas condições é preciso que sejam estabelecidos alguns critérios. Deve-se lembrar que o monitoramento, em muitos casos, tem custo elevado, o que leva a necessidade estabelecer a relação custo x benefícios. Também é preciso lembrar que não adianta monitorar sem que se saiba o que fazer com os resultados, ou seja, que se faça uma análise crítica dos dados, que se verifiquem tendências que indiquem a necessidade de intervir nos equipamentos. A seguir são listados alguns itens a serem considerados na implantação de um sistema de manutenção preditiva:

- avaliação das necessidades (custo x benefícios);
- seleção e ampliação dos equipamentos que serão submetidos à preditiva;
- estrutura para execução e fluxograma da manutenção preditiva;
- avaliação e introdução de técnicas para diagnóstico de equipamentos;
- treinamento dos responsáveis;
- desenvolvimento gradual do sistema na instalação;
- introdução de tecnologias para diagnósticos de equipamentos;
- elaboração do fluxograma de atividades da manutenção preditiva;

- seleção e ampliação dos equipamentos a serem aplicados às novas tecnologias para diagnóstico de inconveniências;
- desenvolvimento de instrumentos e tecnologias para diagnóstico de inconveniências.

#### **III.2.2.3.2.6. Etapa 6 - Avaliação da Manutenção Planejada**

“O objetivo da manutenção planejada nas indústrias de processos não é meramente planejar os calendários e técnicas de manutenção, mas, também, planejar os métodos para manter eficazmente a funcionalidade e confiabilidade esperadas dos equipamentos. Basicamente, a manutenção planejada sistematiza as técnicas de manutenção mais eficazes para eliminar as falhas que conduzem à degradação ou perda total das funções de produção dos equipamentos” (SUZUKI, 1994, p.194-195).

Portanto, nesta etapa as equipes de manutenção se reúnem para avaliar o sistema de manutenção, desde os resultados dos indicadores de desempenho, sistematização e qualidade das análises para evitar as reincidências das falhas, registro e controle de dados, até a eficácia dos planos de manutenção baseada no tempo e nas condições. As equipes deverão fazer uma análise crítica das cinco etapas, identificando os pontos fracos, oportunidades de melhorias, indicadores que estejam deslocando das tendências estabelecidas e revisar as metas que já tenham sido ou estejam próxima de ser atingidas. A etapa de avaliação pode ser resumida nos seguintes itens:

- avaliação do sistema de manutenção planejada;
- avaliação do aumento de confiabilidade dos equipamentos através de análise dos casos de falhas e desligamentos forçados, MTBF (tempo médio entre falhas), periodicidade das intervenções programadas, etc.;
- avaliação do aumento de manutenibilidade através de uma análise da quantidade de manutenção periódica, quantidade de manutenção preditiva, quantidade de manutenção corretiva, MTTR (tempo médio para reparo), etc.;

- avaliação sobre redução de custos através da verificação da redução nos custos de manutenção e sua respectiva estratificação.

### **III.2.2.3.3. Desenvolvimento da Manutenção Planejada**

“O objetivo da TPM é reforçar a constituição básica de uma empresa mediante a obtenção do zero defeito, zero falha e zero acidente. Ou seja, eliminar todo tipo de perdas. O mais importante de tudo isso é a zero falha ou avarias” (SUZUKI, 1994, p.155). A falha zero pode soar inicialmente como uma utopia, principalmente em instalações extremamente complexas com as usinas hidrelétricas, mas pelo menos como meta deve ser considerada como meta. Os parâmetros definidos na Eletrobras Eletronorte para definir os casos de ZERO FALHA, são aceitos pelos auditores da JIPM, como já mencionado anteriormente, quando não são registradas falhas durante o intervalo entre duas manutenções periódicas. Considerando este parâmetros, atualmente existem registros de muitos casos de zero falha, nas plantas de geração e transmissão, fato que contribuiu muito na avaliação dos auditores na obtenção das certificações.

Um dos grandes trunfos da MP para atingir a falha zero é a parceria da com a MA, no desenvolvimento de um sistema de manutenção planejada, que está resumido no quadro 16. Na Eletrobras Eletronorte esta parceria tem se desenvolvido muito bem, especialmente nas plantas que continuaram a submeter ao processo reconhecimento da aplicação da TPM, sendo mais evidenciada na manutenção das condições de equipamentos e instalações. Tanto as equipes de MA como MP se empenham na detecção e eliminação de anomalias de forma precoce, antes que evoluam para defeitos ou falhas. Neste processo as anomalias detectadas nas inspeções, que não requeiram ação imediata, ficam automaticamente programadas para a próxima parada dos equipamentos, caracterizando a manutenção por oportunidade, isto é, serão acrescentados à lista dos itens previstos no planejamento da intervenção.

Para que não haja estagnação no processo de manutenção, que em todas as nossas plantas está estruturado de acordo com as etapas da MA e MP, é preciso que sejam perseguidas metas, que devem ser reavaliadas periodicamente. Na sexta etapa da manutenção planejada além do que foi descrito no item específico,

também se avalia de cada das cinco anteriores, para detectar pontos fracos e oportunidades de melhorias, permitindo desta forma aperfeiçoar o processo, o que também é feito na MA, reavaliando sistematicamente as etapas anteriores, com o mesmo intuito.

**Quadro 16:** As Seis Etapas da Criação de um Sistema de MP

Fase	1- Estabilizar os intervalos entre as falhas	2 - Aumentar a vida útil dos equipamentos	3 - Restaurar periodicamente a deterioração	4 - Predizer e ampliar a vida dos equipamentos	
MA	<b>1º Etapa:</b> Limpeza e inspeção <b>2º Etapa:</b> Eliminar as fontes sujeira e os locais de difícil acesso <b>3º Etapa:</b> Estabelecer os padrões de limpeza e inspeção	<b>4º Etapa:</b> Inspeção geral dos equipamentos	<b>5º Etapa:</b> Inspeção geral do processo	<b>6º Etapa:</b> Sistematizar a MA <b>7º Etapa:</b> Consolidação do controle autônomo	
MP	<b>1º Etapa:</b> Avaliar o equipamento e compreender a situação atual				<b>6º Etapa :</b> Avaliar o sistema de manutenção planejada.
	<b>2º Etapa:</b> Restaurar a deterioração e corrigir as debilidades (apoiar a MA e prevenir as reincidências)	<b>Implantar a manutenção por melhorias</b>			
		<b>3º Etapa:</b> estruturar o controle de informações e dados	<b>Estabelecer a manutenção preventiva</b>		
			<b>4º Etapa:</b> Criar um sistema de manutenção periódica		
				<b>5º Etapa:</b> Criar um sistema de manutenção preditiva	

Fonte: SUZUKI (1994, p.159).

Para dar continuidade às atividades antes desenvolvidas nas secretarias na coordenação e desenvolvimento dos pilares, foram criados os centros de planejamento, responsáveis pelo planejamento e gestão das atividades de manutenção, com os seguintes objetivos:

- elaboração, acompanhamento e análise do plano de manutenção;
- administração de mão de obra, orçamento, estoque e produção;
- avaliação e suporte às atividades de manutenção;
- análise do desempenho e de ocorrências em equipamentos ou sistemas;
- estudos de engenharia de manutenção.

Além das atribuições e dos objetivos acima descritos, os centros de planejamento se constituem em ambientes propícios para a integração dos pilares e,

desenvolvimento das atividades voltadas à maximização da disponibilidade, especialmente pela eliminação das falhas e defeitos.

A manutenção produtiva total estabeleceu alguns critérios relacionados ao conceito de falha zero, como as seis medidas e as quatro fases zerar as falhas, que serão detalhadas na sequência.

As falhas e defeitos são parte dos fatores que afetam a disponibilidade, existem outros, que muitas vezes são negligenciados, que interferem negativamente na taxa equivalente de indisponibilidade programada (TEIP), um dos indicadores que compõem o índice de disponibilidade (ID). A gestão dos fatores que afetam a TEIP será tratada no capítulo IV.

#### **III.2.2.3.3.1. Medidas para Zerar as Falhas**

De acordo com SUZUKI (1994, p. 156) nas plantas onde a manutenção das condições básicas (limpeza, lubrificação e aperto) é negligenciada e as condições de uso não são cumpridas, somadas a falta de conhecimento e habilidades dos técnicos e debilidades de projeto, os equipamentos sofrem deterioração acelerada. Nesta condição são habituais ocorrências de defeitos e falhas. Em ambientes como estes, é inútil tentar realizar a manutenção preditiva ou periódica.

Segundo NAKANO (2003, p.16) os cinco itens detalhados abaixo, são as principais fatores para a ocorrência de falhas:

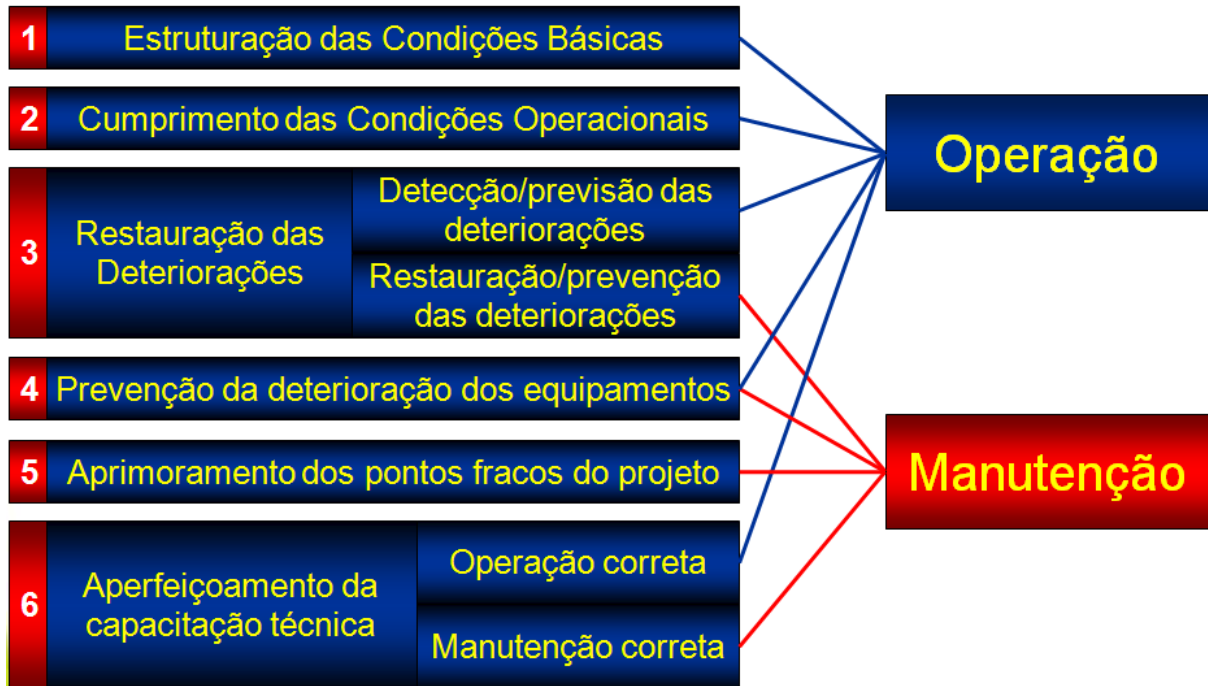
- a. **“Insuficiente cumprimento das condições básicas:** O departamento de operação não executa confiavelmente a manutenção de rotina, ou não possui um sistema de manutenção autônoma necessário ao cumprimento de requisitos básicos como limpeza, lubrificação, aperto e inspeção. Esta negligência pode agravar a deterioração de equipamentos, isto é, deterioração forçada. Ser incapaz de detectar anormalidades causadas por estresse no equipamento leva ao insuficiente cumprimento requisitos básicos e as falhas”.
- b. **“Negligenciar a deterioração:** Esta é a situação quando o equipamento deixa de ser restaurado, mesmo que esteja deteriorado, ele pode vir a falhar a qualquer momento. Os operadores e mantenedores por carência de

conhecimentos, são incapazes de fiscalizar adequadamente, que resulta na incapacidade de reconhecer os sinais, aparentes ou ocultos, de deterioração do equipamento. Estas condições levam a ocorrência de falhas”.

- c. **“Não conformidade com requisitos de uso:** Geralmente existem condições de operação para os equipamentos (condições de utilização, tais como corrente, tensão de alimentação, rotação, velocidade, temperatura, etc.) especificados para equipamentos operar normalmente. Se os requisitos de uso são violados, os equipamentos irão operar em condições para as quais não foi especificado. Não conformidade com requisitos de uso às vezes é atribuída à falta de uma avaliação cuidadosa, pela engenharia, quando promovem modificações no equipamento para uma aplicação diferente”.
  
- d. **“Falta de habilidade:** Às vezes na restauração do equipamento um especialista de manutenção não consegue perceber a vida útil projetada para o mesmo. Às vezes falhas resultam de reparações impróprias. Também, os operadores podem cometer erros porque eles não são adequadamente qualificados, submetendo os equipamentos a condições extremas e a subsequente falha”.
  
- e. **“Debilidades do projeto:** Fragilidade em equipamentos podem resultar de resultar de erros de projeto. Estes erros podem ser causados por descuidados ou mesmo erros atribuídos à falta de conhecimento, experiência e informações dos projetistas e fabricantes dos equipamentos”.

Os itens acima se equivalem aos propostos pelo Suzuki nas seis medidas para eliminar as falhas (SUZUKI, 1994, p.64), resumidas na figura 31, que se referem às contramedidas para cada uma dos fatores descritos por NAKANO (2003, p.16). São medidas que destinam a eliminar a deterioração forçada e controle da natural aumentando a vida útil, incluindo a capacitação dos técnicos e a eliminação dos pontos fracos de projeto.





**Figura 31:** As Seis Medidas para Zerar as Falhas

**Fonte:** Apostila do Curso De Manutenção Planejada – JIPM (2001, p.26)

“As seis medidas de para eliminar as falhas apresentadas anteriormente envolvem um trabalho muito grande. Implementar tudo ao mesmo tempo é quase impossível. Mesmo se pudessem instalar as seis em efeito de uma só vez, você ainda desperdiçaria tempo tentando realizar a manutenção periódica na sujeira, e em equipamento sem lubrificação exposto à deterioração acelerada. O equipamento que estraga antes do próximo serviço ser realizado força você a estabelecer intervalos de serviços ridiculamente curtos. Em ambos os casos a manutenção periódica falha. A manutenção preditiva está sujeita aos mesmos limites. Não importa quão boa sejam suas táticas de diagnóstico, os intervalos de melhores serviços não podem ser previstos em um meio onde as falhas persistem como um resultado de parafusos e porcas soltos, erros de operadores, e assim por diante. Muitas plantas de produção descobriram que a maneira mais eficaz de implementar as seis medidas é distribuí-las em quatro fases sistematicamente” (SUZUKI, 1994, p.157).

No quadro 17 estão descritas as fases para a obtenção da zero falha, fases estas coincidentes com as do quadro 16 - As Seis Etapas da Criação de um Sistema de MP, que prioritariamente tem como objetivo máximo a eliminação das falhas, que para a empresa são as maiores fontes de perdas, pois além de outros custos, têm grande impacto na disponibilidade.

Atualmente na Eletrobras Eletronorte em todas as plantas são utilizadas metodologias e ferramentas de análise, RCM, FTA, FMEA e análise PM voltadas para determinar e bloquear as causas fundamentais das falhas ou mesmo atuar preventivamente para evitar a sua ocorrência. As falhas recorrentes, principalmente na geração hidráulica, foram bastante reduzidas, bem como as inéditas, o que pode ser atestado pelos indicadores de desempenho. Hoje já existem registros de caso de zero falha, considerando parâmetros que definem esta condição, como por exemplo:

- quando não são registradas falhas durante o intervalo entre duas manutenções baseadas no tempo ou em horas de operação.

**Quadro 17:** As Quatro Fases para Obtenção da Falha Zero

<b>Fase</b>	<b>Tema</b>	<b>Atividades Principais</b>
01	Redução na irregularidade da frequência das falhas	<p>Restauração das deteriorações negligenciadas durante longo tempo e recuperação das condições originais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução dos defeitos latentes.</li> </ul> <p>Eliminação das deteriorações forçadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecimento das condições básicas;</li> <li>• Definição e obediência às condições operacionais.</li> </ul>
02	Expectativa de ampliação da vida útil	<p>Aperfeiçoamento dos pontos fracos dos projetos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aperfeiçoamento dos pontos fracos relacionados à resistência e precisão;</li> <li>• Seleção de componentes que cumpram os requisitos;</li> <li>• Aperfeiçoamento dos pontos fracos relacionados à sobrecargas.</li> </ul> <p>Eliminação de falhas acidentais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprimoramento dos conhecimentos operacionais e de manutenção;</li> <li>• Medidas defensivas para evitar operações incorretas;</li> <li>• Medidas defensivas para evitar reparos incorretos;</li> <li>• Restauração das deteriorações externas.</li> </ul>
03	Restauração periódica das partes deterioradas às condições originais	<p>Restauração periódica das deteriorações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsão das durações (vida útil);</li> <li>• Inspeções cronológicas e padrões para testes;</li> <li>• Critérios para reposições cronológicas;</li> <li>• Aperfeiçoamento da capacidade de manutenção.</li> </ul>

Fase	Tema	Atividades Principais
		Detecção dos sinais de anomalias nos equipamentos através dos sentidos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinais aparentes e sinais não aparentes;</li> <li>• Que tipos de sinais podem ser vistos antes de alguma anomalia ocorrer?;</li> <li>• Como se faz para detectar os sinais?</li> </ul>
04	Previsão da vida útil	Previsão da vida útil através da técnica de diagnósticos em equipamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise tecnológica das falhas catastróficas;</li> <li>• Análise dos danos de fraturas;</li> <li>• Análise da fadiga dos materiais;</li> <li>• Análise dos dentes das engrenagens, etc;</li> <li>• Medias preventivas para ampliar a vida útil;</li> <li>• Desde previsão da vida útil até restaurações cronológicas das deteriorações.</li> </ul>

Fonte: SHIROSE (2007, p. 140)

Para contribuir com meta de falha zero, com base na metodologia TPM foi criado um item no Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte com o objetivo estabelecer critérios para sistematizar os procedimentos para análise de ocorrências nas instalações de geração, subestações e linhas de transmissão, visando:

- Identificar e bloquear a(s) causa(s) fundamental(ais) das ocorrências para evitar a reincidência das mesmas;
- Implementar melhorias nos equipamentos, instalações e procedimentos;
- Alimentar o banco de dados do módulo PM do R/3 com informações das ocorrências e dos serviços efetuados;
- Gerar informações para a gestão antecipada e considerar as melhorias nos próximos projetos;
- Auxiliar na avaliação da qualidade dos programas, serviços e procedimentos de manutenção;
- Auxiliar na análise estatística do desempenho dos equipamentos, componentes e vida útil de cada um;

- Gerar material para treinamento e reciclagem de operadores de mantenedores;
- Trocar informações e experiências entre todas as regionais da empresa.

Estes procedimentos se aplicam às ocorrências em equipamentos dos sistemas elétricos da transmissão e geração, que:

- Provoquem desligamento automático ou forçado da unidade geradora, compensador síncrono, equipamentos e linhas dos sistemas de transmissão;
- Apresentem falhas em componente ou sistema que impeça o retorno dos equipamentos à operação;
- Apresentem falhas ou defeito em componente ou sistema que provoque uma redução significativa na confiabilidade ou restrição operacional;
- Apresentem falhas ou defeito em componentes ou sistema que afete a segurança da instalação, das pessoas ou do meio ambiente.

No manual também estão disponíveis todas as definições referentes ao assunto, classificação das falhas, procedimentos e ferramentas de análise e um padrão de relatório, para ser preenchido e atualizado até que se confirme que a ação de bloqueio foi efetiva.

O relatório de análise de ocorrência foi elaborado de acordo com a ferramenta MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), que tem por objetivo sistematizar um processo de análise de problemas diagnosticados e identificar as melhores soluções. É desdobrado em 08 etapas tendo por base o ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir para Corrigir):

- **1ª Etapa - Identificação do problema:** Tem o objetivo de levantar dados para confirmar a intensidade do problema. Deve-se inventariar os dados para se ter um histórico detalhado e, com isto, a equipe de trabalho ter clareza das perdas atuais e dos ganhos possíveis de serem obtidos. Definir a equipe e o coordenador do trabalho;

- **2ª Etapa - Observação do problema:** O problema foi diagnosticado com a utilização de dados passados, então se faz necessário o acompanhamento no local da ocorrência do mesmo, a fim de caracterizar, com clareza, todos os detalhes do fato. Com o levantamento realizado, devem-se definir as metas e o cronograma;
- **3ª Etapa – Análise:** Nesta etapa, deve-se elencar todas as possíveis causas e, por meio da estratificação das mesmas, identificar a(s) causa(s) fundamental(ais) geradora(s) do problema. Analisar a(s) causa(s) usando as ferramentas folha de verificação, diagrama de causa e efeito, diagrama de Pareto, histograma e gráficos;
- **4ª Etapa - Plano de ação:** Elaborar a estratégia de ação e a revisão do cronograma, definido na 1ª etapa. Utilize as ferramentas de análise diagrama de árvore e 5W1 para definir o planejamento;
- **5ª Etapa – Ação:** Divulgar o plano para todos os envolvidos no processo e implementar as ações definidas;
- **6ª Etapa – Verificação:** Mensurar os resultados e comparar os dados coletados antes e após, para verificar a efetividade das ações e o grau de redução dos resultados indesejáveis. Devem ser utilizadas as mesmas ferramentas e o mesmo critério adotado na 3ª etapa, para coleta e análise dos dados. O objetivo desta etapa é verificar se a causa fundamental foi bloqueada;
- **7ª Etapa – Padronização:** Com a constatação da efetividade das ações, elaborar ou alterar o padrão a ser implementado. Treinar os empregados no novo padrão, implantar e acompanhar a utilização do mesmo;
- **8ª Etapa – Conclusão:** Relacionar as causas remanescentes e planejar as ações futuras que deverão ser desenvolvidas para eliminá-las, comparando os resultados obtidos com as metas, mostrando as melhorias atingidas. Fazer uma análise da equipe durante o desenvolvimento dos trabalhos com o objetivo de aperfeiçoar as atividades futuras.

#### **III.2.2.3.4. Diagnóstico da implantação da manutenção planejada**

Como na manutenção autônoma o sucesso do desenvolvimento passo a passo, depende das auditorias, permitindo ratificar os resultados ou a propor melhorias. Com base nos modelos propostos na literatura e pelos consultores, foram desenvolvidas fichas específicas para a avaliação das etapas da MP. O processo de avaliação das etapas nas instalações da Eletrobras Eletronorte ficou restrito ao período que concorreram ao prêmio de excelência. As auditorias da manutenção planejada exigem um alto nível de conhecimento dos técnicos que a realizam, portanto, são mais difíceis que as auditorias da manutenção autônoma.

A sexta etapa da MP, ciclicamente, reavalia cada uma das cinco etapas anteriores, o que permite a identificação de *gaps* e oportunidades de melhorias.

O diagnóstico da MP na prática é constante, porque é feito com base em indicadores de desempenho, que são atualizados mensalmente e cujos desvios de metas resultam em contramedidas para correção de tendência.

#### **III.2.2.3.5. Resultados**

Além dos resultados que possam ser controlados pelos indicadores de desempenho, tem que ser destacado a estruturação de um sistema de manutenção que está padronizado em todas as plantas de geração e transmissão.

### **III.2.3. Etapa 9 - Estabelecimento de um Sistema de Manutenção da Qualidade**

Pelas características do produto da Eletrobras Eletronorte, a energia elétrica, e pelas políticas do setor elétrico, a manutenção da qualidade foi um pilar que no início da implementação da metodologia não foi muito bem assimilado.

Desta forma, o principal objetivo do pilar MQ era manter a qualidade física da energia elétrica, livre de problemas de qualidade, ou seja, dentro dos parâmetros de voltagem e frequência estabelecidos pelos órgãos regulamentadores do governo. Na transmissão além destes parâmetros também foram considerados o controle da frequência e duração dos desligamentos, indicadores que estavam relacionados com a disponibilidade. A satisfação dos clientes também passou a ser medida como um indicador de qualidade, o que

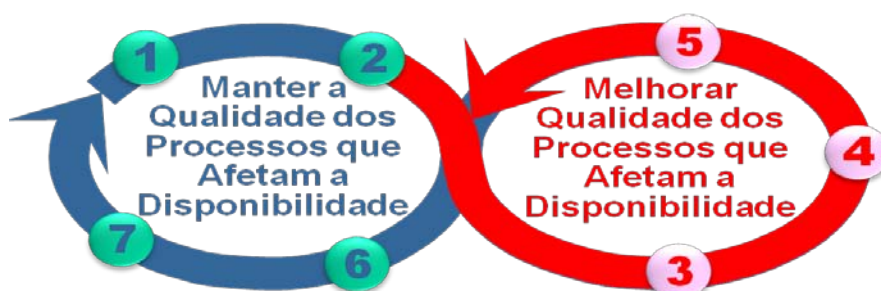
monitorado até hoje por uma área da empresa. Assim, as ações do pilar foram concentradas no monitoramento do produto final (energia elétrica) e no controle dos equipamentos que pudessem produzir variações, como no caso da geração, o regulador de voltagem e regulador de velocidade.

Alterações nos requisitos do cliente, com a implementação do novo modelo do setor de elétrico brasileiro, o nosso produto passou a ser a disponibilidade da energia elétrica. Ao longo dos anos, observou-se que a geração não causava desvios na tensão e frequência, parâmetros eram mantidos sob controle, e que os distúrbios nestes parâmetros eram causados em sua maioria por falhas nos sistemas distribuição. Desta forma ficou entendido que tensão e frequência não eram mais os nossos parâmetros da qualidade, e que o seu controle está sendo feito pelo operador nacional do sistema elétrico.

O pilar de manutenção de qualidade mudou o foco a disponibilidade do produto energia elétrica. Desta forma o pilar passou a controlar a eficiência dos processos de operar e manter para assegurar a as metas contratadas para o índice de disponibilidade.

Como a disponibilidade não depende só dos processos operar e manter, o conceito do pilar evoluiu, e o foco da manutenção da qualidade passou a ser o fomento da gestão da qualidade em todos os processos que impactam na disponibilidade dos ativos da empresa, expandindo a abrangência das ações da MQ, antes restritas à operação e manutenção.

A gestão da manutenção da qualidade também é baseada no ciclo infinito, conforme demonstrado na figura 32 e quadro 18.



**Figura 32: Ciclo** Infinito da Manutenção da Qualidade

**Fonte:** Relatório de Atividades da Manutenção da Qualidade da Superintendência de Geração Hidráulica da Eletronorte (2012)

**Quadro 18:** Desdobramento das etapas do ciclo infinito da MQ

<b>MANTER A QUALIDADE: Respeitar Rigorosamente os Padrões Estabelecidos</b>	
<b>ETAPA</b>	<b>CONTEUDO</b>
1 Levanta-mento da situação atual	1.1. Identificar as características da qualidade dos processos que afetam a disponibilidade; 1.2. Levantamento dos fatores que afetam a disponibilidade; 1.3. Estabelecer a correlação dos fatores com os processos; 1.4. Identificar e avaliar os desvios das metas
2 Restauração	2.1. Restaurar as condições ideais; 2.2. Avaliar resultado das medidas adotadas.
6 Melhoria das condições	6.1. Rever os procedimentos de monitoramento da qualidade e as respectivas periodicidades; 6.2. Divulgar as alterações nas reuniões dos centros de planejamento.
7 Controle das condições	7.1. Executar as ações de monitoramento da qualidade dos processos que afetam a disponibilidade; 7.2. Controlar a tendência.
<b>MELHORAR A QUALIDADE: Mudar Regras Equivocadas e Instaurar Regras onde Forem Necessárias.</b>	
<b>ETAPA</b>	<b>CONTEUDO</b>
3 Análise das causas	3.1. Utilizar as ferramentas de análise para determinar as causas fundamentais dos problemas de qualidade que afetaram a disponibilidade.
4 Eliminação das causas	4.1. Estratificar e priorizar as causas; 4.2. Implantar melhorias para bloquear cada uma das causas; 4.3. Avaliar resultados; 4.4. Replicar horizontalmente as melhorias.
5 Estabelecimento das condições	5.1. Revisar a Matriz QM 5.2. Revisar e melhorar os padrões, normas e procedimentos de inspeção.

**Fonte:** Relatório de Atividades da Manutenção da Qualidade da Superintendência de Geração Hidráulica da Eletronorte (2012)

Os resultados desta mudança de filosofia da MQ já podem ser observados na usina hidrelétrica de Tucuruí, que recentemente recebeu o maior prêmio concedido às empresas que aplicam a TPM - Classe Mundial, cuja gestão da manutenção está totalmente baseada na manutenção produtiva total, já devidamente às características e necessidade da planta.



## CAPÍTULO IV – MÉTODO PROPOSTO

### IV.1. Objetivo do Método

“A etapa 12 tem por objetivo manter os níveis e resultados da organização, uma vez alcançadas as metas propostas pelo programa de implantação da TPM” (PALMEIRA, 2002, p.165). Para que este objetivo seja atingido é preciso, de acordo com SUZUKI (1994, p.19), construir times fortes e estabelecer uma organização de promoção ajuda a integrar o TPM ao trabalho diário. Também é preciso enfatizar uma metodologia de melhoria contínua, estabelecendo metas mais ousadas e novos desafios, como o Prêmio Especial PM, também ajuda na manutenção dos resultados.

“Muitas empresas americanas mesmo tendo sido reconhecidas com prêmio de excelência, experimentaram uma queda significativa de performance no ano seguinte” (ROBINSON e GINDER, 1995, p.91). Nesta etapa muitas empresas encontram dificuldades, considerando o fato de sem que tenha atingido todos os objetivos da TPM, como por exemplo, em relação aos níveis de falha. Metas difíceis de serem alcançadas, falta de motivação, ou mesmo dificuldade para integrar a TPM às atividades rotineiras, que permitam continuar com o pleno desenvolvimento da metodologia, são um dos principais fatores. O método de condução da metodologia aqui proposto tem por objetivo contornar estas dificuldades.

Como já citado em outras oportunidades, atualmente setor elétrico brasileiro está estruturado sobre a disponibilidade das unidades geradoras, subestações e linhas de transmissão. Com a aplicação das regras do novo modelo do setor, tanto as empresas de geração como as de transmissão, passaram a ser submetidas a mecanismos que penalizam a indisponibilidade, causada por desligamentos forçados ou programados, dos seus ativos. Para evitar a aplicação destes mecanismos, e outras penalidades, que causam grandes prejuízos, é preciso desenvolver e aplicar um método de gestão da produção, para garantir os índices de disponibilidade, confiabilidade e integridade dos equipamentos, considerando a segurança das pessoas e do meio ambiente, com um controle efetivo dos custos. O método proposto está baseado na manutenção produtiva total - TPM, associadas a outras metodologias e ferramentas de análise de ocorrências, focadas não só nos

processos de operar e manter (O&M), mas também em todos os processos que impactem na disponibilidade de unidades geradoras, subestações e linhas de transmissão. “A manutenção produtiva pode ser entendida como a melhor aplicação dos diversos métodos de manutenção, visando a otimizar os fatores econômicos da produção, garantindo a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos com o custo mais baixo” XENOS (2004, p.28).

## II.2. Fundamento do Método

A proposta do método está fundamentada na experiência da implementação da TPM nas plantas de geração e transmissão da Eletrobras Eletronorte. A avaliação de todo o processo permitiu identificar os pontos fracos e fortes, ameaças e oportunidades de melhorias. Também foi considerada a definição mais recente do conceito da qualidade da energia, que até então estava relacionado à tensão e frequência (qualidade física do produto energia elétrica), que foi definido numa portaria da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, como a disponibilidade.

Esta nova visão da qualidade da energia permitiu a revisão dos conceitos do negócio da empresa, do seu produto, da forma e método de controle, que estão resumidos na figura 33.



Figura 33: Representação gráfica do negócio e produto Eletrobras Eletronorte

Fonte: Elaborada pelo autor

Desta forma a gestão da produção tem focar todos os processos que possam impactar na disponibilidade dos ativos da geração e transmissão, para identificar os mecanismos para atuar preventivamente sobre eles.

Analisando os indicadores de desempenho que impactam na disponibilidade, de várias plantas desde o início da implementação da TPM, constata-se que os piores resultados foram registrados nos períodos, onde houve, por motivos diversos, intermitência na aplicação da metodologia. No estudo de caso o efeito da intermitência foi denominado de “dente de serra”, que em muitas plantas foi de difícil reversão. Este efeito se refere à descontinuidade no desenvolvimento da TPM de acordo com os objetivos estabelecidos, ou também a perda da motivação a plena e correta aplicação dos princípios da metodologia, quando não se está objetivando o recebimento de prêmios. “Para a manutenção do estímulo das pessoas, mesmo depois terem sido alcançadas diversas metas e objetivos, é imprescindível para que a filosofia mantenha o ciclo de melhoria contínua, buscando sempre a eliminação das perdas e incentivando o aperfeiçoamento das pessoas engajadas no programa” (ESTANQUEIRO & TURRIONI, 2006, p.6).

A descontinuidade não significa o abandono da aplicação da TPM, já que muitos princípios permanecem enraizados na cultura da empresa, especialmente da manutenção autônoma.

Conforme ESTANQUEIRO & TURRIONI (2006, p.6) a falta de comunicação entre os pilares produtivos, na simplificação deste e na implantação de apenas alguns pode levar a ruína das bases da TPM. Outra oportunidade de melhoria detectada foi a falta de integração plena dos pilares. Na aplicação contínua as atividades de condução dos pilares, antes exercida pela Secretaria de Promoção da TPM, estrutura montada no início da implementação da metodologia, deveriam migrar para os Centros de Planejamento da Manutenção – CPs, que estavam sendo implantados na sede da empresa e nas regionais e nas plantas.

Mantendo o foco na disponibilidade das unidades geradoras, subestações e linhas de transmissão, um dos principais objetivos é promover a integração plena dos pilares e, evitar o efeito “dente de serra” no desenvolvimento da metodologia TPM. As ações propostas visam eliminar as causas destes problemas, promover

ações de melhoria contínua no sistema de gestão da manutenção, de forma que este processo tenha como dar, de forma rápida e eficiente, suporte à produção. Desta forma a Eletrobras Eletronorte estará pronta para atender as demandas de energia do Setor Elétrico Brasileiro - SEB, por meio dos despachos do Operador Nacional do Sistema – ONS.

Para WILLIAMSON (2006, p.1) a TPM é uma estratégia que exige o envolvimento de todos aqueles que contribuem para a solução do problema (engenharia, suprimento, manutenção, gestão de contratos, operação, técnicos de processos, qualidade, almoxarifado, fornecedores, fabricantes, instrutores, terceirizados, gestores), e não apenas dos operadores em "manutenção autônoma".

O método proposto tem que estar alinhado com a metodologia TPM, garantindo primeiramente a sua aplicação plena e a sua melhoria contínua. Tem que promover a integração de todos os pilares, responsáveis pelos processos que impactam na disponibilidade dos ativos de geração e transmissão, nos Centros de Planejamento da Manutenção – CPs, procurando sustentar a o nível de qualidade atingido por estes processos. Este método resgata uma parte do plano da fase inicial do desenvolvimento da manutenção produtiva total, propondo a transferência da condução continuada dos pilares para os Centros de Planejamento.

Na Eletrobras Eletronorte os centros de planejamento, detalhados adiante, foram definitivamente implantados, após a publicação do Manual de Manutenção em 2006, onde foram descritas as suas atribuições. Apesar do manual ter sido elaborado de acordo com os princípios da TPM, na definição das atribuições dos centros de planejamento, não foi considerada a migração das atividades desenvolvidas nas antigas secretarias da TPM, que em algumas regionais, continuaram a existir com o propósito de tratar as questões relacionadas submissão aos prêmios de reconhecimento da aplicação da metodologia, outorgados pela *Japan Institute of Plant Maintenance - JIPM*.

Para facilitar a explicação da proposta serão utilizados exemplos específicos da geração, como o principal indicador para as usinas do sistema interligado, o índice de disponibilidade – ID. Este indicador se desdobra em dois outros, como a taxa equivalente de indisponibilidade forçada – TEIF, e a taxa equivalente de

indisponibilidade programada - TEIP. Portanto para manter o ID nos valores contratados é preciso monitorar e agir preventiva e corretivamente em todos os processos que impactam na TEIF e TEIP.

Nesta proposta além das ações necessárias para evitar as ocorrências de falhas que afetam a TEIF, é preciso investir na otimização das manutenções baseada no tempo, que afetam a TEIP, para que sejam realizadas em prazos menores, mas sem perda de qualidade e aumento de custos. A otimização dos prazos de execução das manutenções periódicas depende de investimento no planejamento de todas as ações que serão executadas nos equipamentos, isto é, identificando possíveis problemas em tempo hábil para que possam ser eliminadas antes que gerem atrasos. Também se faz necessário tomar ações que garantam a partida vertical<sup>8</sup> das unidades geradoras após as manutenções, que se iniciam no planejamento e monitoram a execução até a conclusão, para que não haja necessidade de indisponibilizá-las quando for entregue à operação.

Para que os objetivos do método sejam alcançados é preciso que as ações de planejamento da manutenção, não fiquem restritas aos aspectos técnicos. Como exemplos podem ser citadas as situações na quais, a área de suprimentos não cumpra o prazo para aquisição de algum material ou contratação de serviço necessários nas atividades de manutenção, ou que uma peça em estoque não esteja em condições de uso, para que o cronograma não seja cumprido.

### **II.2.1. Centros de Planejamento**

No Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte (2006, p.2) é descrito como o centro responsável pela logística da manutenção em uma ou mais instalações. Os objetivos dos centros de planejamento devem estar alinhados à engenharia de manutenção, que “compreende todo um conjunto de atividades de análises, estudos, planejamento, logística, treinamento, apoio e suporte técnico e operacional, necessário ao pleno funcionamento das instalações e equipamentos” (Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte, 2006, p.24).

---

<sup>8</sup> A Partida Vertical é um conceito da Gestão Antecipada, que objetiva garantir que os empreendimentos, equipamentos e/ou processos sejam implementados com “zero” de alteração após sua implantação, ou seja, visa eliminar todos os problemas cuja origem esteja nas fases iniciais de desenvolvimento e implantação.

Na Eletrobras Eletronorte os centros de planejamento são estruturados em três níveis, conforme definidos a seguir de acordo com o Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte (2006, p.2):

- CPC – Centros de Planejamento Corporativos da Geração e da Transmissão: responsáveis pelo planejamento e gestão das atividades de manutenção com foco na engenharia de manutenção, análise de desempenho, análise de ocorrências, acompanhamento do plano de manutenção e gestão dos documentos corporativos de suporte aos processos produtivos dos parques geradores e sistemas de transmissão da Eletrobras Eletronorte;
- CPR – Centros de Planejamento das Regionais: responsáveis pelo planejamento e gestão das atividades de manutenção com foco na engenharia de manutenção, análise de desempenho, análise de ocorrências, acompanhamento do plano de manutenção e gestão das atividades de logística e suporte aos processos produtivos dos parques geradores e sistemas de transmissão das regionais.
- CPC – Centros de Planejamento das Divisões: responsáveis pelo planejamento e gestão das atividades de manutenção com foco na programação e execução dos serviços de manutenção, análise de ocorrências, acompanhamento da execução do plano de manutenção e gestão das atividades executivas e operacionais dos processos produtivos dos parques geradores e sistemas de transmissão sob a responsabilidade da gerência local.

#### **II.2.1.1. Reestruturação dos Centros de Planejamento**

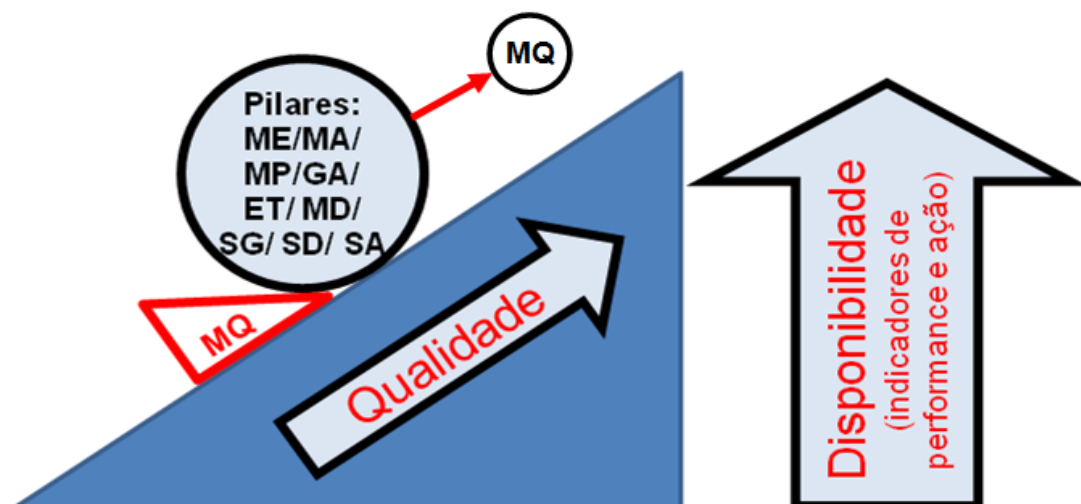
A aplicação do método depende da reestruturação dos centros de planejamento das regionais e das divisões, que além das atribuições normais passaria a coordenar os pilares produtivos da TPM e, também promover um estreito relacionamento de todas as divisões. Desta forma os CPs estariam em condições de fornecer todos os insumos necessários ao processo de manutenção, como por exemplo:

- informações da área de planejamento energético;

- relatórios com histórico de manutenção e condições operacionais dos equipamentos;
- sobressalentes, materiais e serviços na quantidade e qualidade especificados;
- pessoal capacitado, motivado e em plenas condições físicas e mentais.

“A manutenção da qualidade consiste em atividades que estabelecem as condições do equipamento que não produz defeitos de qualidade, com o objetivo de manter o equipamento em condições perfeitas para produzir produtos perfeitos” (SUZUKI, 1994, p.235). Em função da própria definição da MQ e da atual característica da qualidade, a disponibilidade, o pilar assumiria a supervisão da integração dos demais pilares nos centros de planejamento. Desta forma o pilar da MQ, além da qualidade intrínseca do produto, que na Eletrobras Eletronorte foi definida como a disponibilidade dos ativos, passaria a controlar os ganhos obtidos pelos demais pilares, garantindo a melhoria contínua, isto é, evitando retrocessos. A MQ deverá fomentar a gestão da qualidade em todos os processos que impactam na disponibilidade das plantas da Eletrobras Eletronorte, expandindo a abrangência das ações das suas ações, antes restritas à operação e manutenção.

A figura 34 é bastante representativa da ação do pilar MQ, que atua como força de tração que movem os processos que afetam a disponibilidade sobre o plano da qualidade, representada pela ação dos pilares, e também como uma cunha (supervisão da ação dos pilares), para evitar retrocessos.



**Figura 34:** Representação gráfica da visão da MQ

Fonte: Elaborada pelo autor

### II.3. Aplicação do Método

A reestruturação dos centros de planejamento, com o pilar MQ coordenando as ações dos demais, permitirá a eliminação de alguns pontos fracos identificados, criando um ambiente em condições de executar ações de planejamento e controle, bem como, desenvolver melhorias, que permitam que os equipamentos cumpram, de acordo com o planejado, as funções para os quais foram projetados. Além destas ações também deverá ser desenvolvido o monitoramento da tendência em dos indicadores verificação da TEIF e TEIP, para identificar as causas dos desvios das metas e atuar preventivamente na correção dos mesmos. As metas para a TEIF e TEIP, são estabelecidas com base no valor do índice de disponibilidade de referência contratado, junto a Aneel, para cada usina, sobre o qual se estabelece uma margem de segurança, para evitar a aplicação de penalidades. Das metas dos indicadores de controle são estabelecidas outras para os indicadores de verificação, sobre as quais deve haver um monitoramento constante e rígido.

Para identificar os indicadores que afetam a TEIF e TEIP, e os processos que os influenciam pode-se criar uma árvore que mostra a correlação de todos os indicadores de ação – KAIs, com os indicadores de desempenho – KPI e o gerencial, distribuídos por pilar e em ordem decrescente de importância, conforme demonstrada na figura 35.

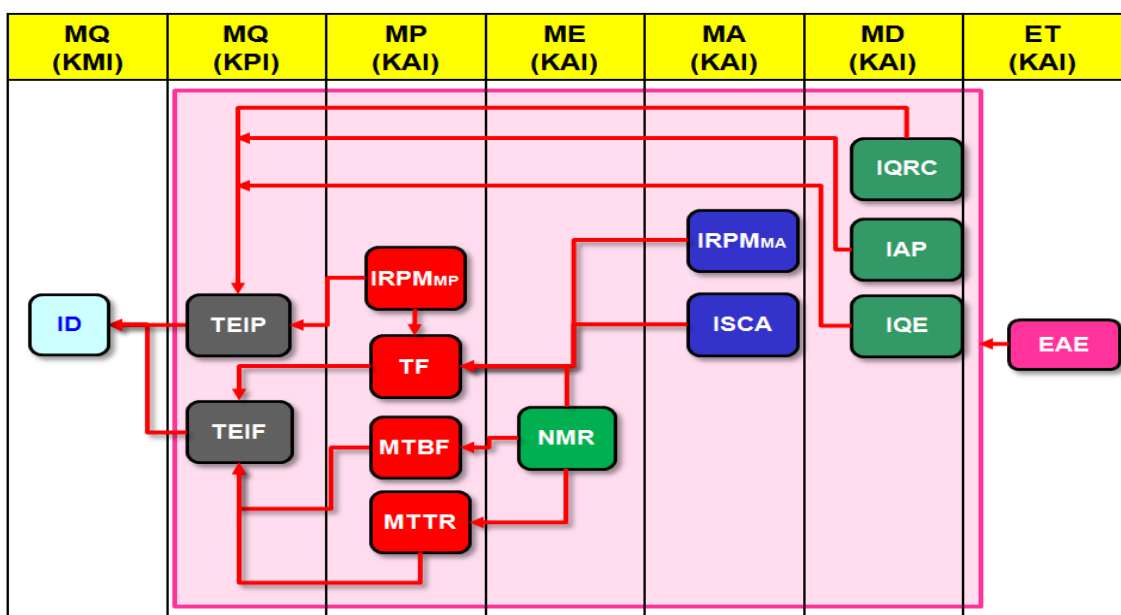


Figura 35: Árvore de Correlação dos Indicadores

Fonte: Elaborada pelo autor



Os indicadores apresentados na figura 35 estão resumidos no quadro 19, de acordo com os pilares responsáveis. Nem todos necessitam ser monitorados, pois o impacto de alguns na disponibilidade é insignificante.

**Quadro 19:** Definição dos indicadores.

<b>Pilar</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descrição</b>
<b>MQ - Manutenção da Qualidade</b>	<b>ID</b>	Índice de disponibilidade
	<b>TEIF</b>	Taxa equivalente de indisponibilidade forçada
	<b>TEIP</b>	Taxa equivalente de indisponibilidade programada
<b>MP - Manutenção Planejada</b>	<b>IRPM<sub>MP</sub></b>	Índice de realização das manutenções programadas
	<b>TF</b>	Taxa de falhas
	<b>MTBF</b>	Tempo médio entre falhas
	<b>MTTR</b>	Tempo médio entre reparos
<b>ME - Melhoria Específica</b>	<b>NMR</b>	Número de melhorias realizadas
<b>MA - Manutenção Autônoma</b>	<b>IRPM<sub>MA</sub></b>	Índice de realização das manutenções autônomas
	<b>ISCA</b>	Índice de solução de cartões de anomalias
<b>MD - Processos Administrativos</b>	<b>IRQC</b>	Índice de qualidade das requisições de compras
	<b>IAP</b>	Índice de atendimento dos prazos de aquisição
	<b>IQE</b>	Índice de qualidade do edital
<b>ET - Educação e Treinamento</b>	<b>EAE</b>	Eficácia das ações educacionais

Definidos os indicadores de desempenho, que mais impactam na disponibilidade, que deverão ser monitorados, é preciso determinar as atividades dos processos que podem influenciar no resultado destes indicadores. Esta correlação pode ser feita numa matriz de monitoramento da qualidade – QM Matrix. O conhecimento das atividades permite desenvolver não só ações corretivas, mas também de planejamento que previna a ocorrência de fatores que possam impactar na disponibilidade.

Para permitir que seja posta em prática, o objetivo geral da manutenção da qualidade foi desdobrado nos seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver atividades de consultoria, auditoria e controle, para assegurar que os conceitos da manutenção da qualidade estejam permeados em todos os demais pilares, conforme detalhado no quadro 5;

- Promover a integração dos pilares “em torno” da manutenção da qualidade nos centros de planejamento, para permitir maior efetividade das ações de planejamento, análise e desenvolvimento de melhorias;
- Controlar as precondições para o pleno desenvolvimento da manutenção da qualidade, de acordo com o seu objetivo geral;
- Atuar preventivamente para garantir a manutenção das precondições para o sucesso de programa de manutenção da qualidade.

**Quadro 20:** Detalhamento das atuais atividades da manutenção da qualidade

<b>Atividades</b>	<b>Descrição</b>
<b>Consultorias</b>	Disseminação dos conceitos de manutenção da qualidade e orientações para implantação nos processos.
	Ações conjuntas com os demais pilares para identificação das causas dos desvios e na implementação de melhorias para correção das metas.
<b>Auditorias</b>	Verificação periódica da efetividade de aplicação dos conceitos de MQ.
<b>Acompanhamento dos resultados</b>	Análise de tendências dos indicadores cujos resultados afetam a disponibilidade de geração.

**Fonte:** Relatório de Atividades da Manutenção da Qualidade da Superintendência de Geração Hidráulica da Eletronorte (2012)

De acordo com SUZUKI (1994, p. 238) existem precondições necessárias para o pleno desenvolvimento da manutenção da qualidade, que podem ser resumidas na eliminação das condições que levam a deterioração forçada dos equipamentos, das falhas recorrentes e, mesmo das inéditas, quando estão superando a meta estabelecida. Mesmo estando sob controle, é preciso que seja mantido monitoramento dos indicadores medem o desempenho destas precondições, de forma que mantê-las dentro das metas estabelecidas, para que não haja um descontrole da produção.

A aplicação dos conceitos da qualidade nos demais pilares, não significa alterações na essência dos mesmos, e sim melhorias na condução e controle das suas atividades, conforme o exemplo da manutenção da planejada apresentada no quadro 21, que irão impactar positivamente na disponibilidade dos equipamentos.

**Quadro 21:** Aplicação de conceitos do Pilar MQ na Manutenção Planejada

Conceito	Aplicação
1. Garantia do cumprimento das normas e procedimentos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manter atualizadas todos os documentos, manuais, normas, instruções e planos de manutenção;</li><li>• Realizar todas as atividades de manutenção de acordo com as normas, planos e instruções vigentes;</li><li>• Aplicar lista de verificação de execução das atividades.</li></ul>
2. Aprimoramento das inspeções preditivas e análise de tendências	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inovar no uso de inspeções preditivas como o uso do ultrassom para avaliar a integridade de tubulações de água e de vasos de pressão.</li></ul>
3. Otimização do controle quali-quantitativo de sobressalentes e meios auxiliares de produção – MAPs <sup>9</sup> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Registro e controle de consumo de sobressalentes;</li><li>• Controle das condições de armazenagem e preservação de sobressalentes e MAPs.</li></ul>
4. Melhorias no planejamento e acompanhamento da execução das manutenções programadas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planejamento integrado de manutenções programadas;</li><li>• Otimização da mão de obra (integração entre as plantas)</li><li>• Melhoria nos registros e acompanhamento estatístico das manutenções;</li><li>• Partida vertical após as manutenções.</li></ul>
5. Integração dos processos da MP com os demais pilares nos centros de planejamento.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melhoria do desempenho dos grupos de análise de ocorrências - GAOs, visando a eliminação das falhas recorrentes;</li><li>• Desenvolvimento de ações de prevenção de falhas;</li><li>• Eliminação de fatores que possam atrasar ou dificultar as manutenções.</li></ul>

**Fonte:** Relatório de Atividades da Manutenção da Qualidade da Superintendência de Geração Hidráulica da Eletronorte (2012)

Estes conceitos quando aplicados á manutenção autônoma, tornam mais eficiente as inspeções realizadas pelos operadores, incorporando o uso de técnicas preditivas como a termovisão, que permite a detecção precoce de falhas em função de:

- pontos quentes em conexões elétricas em painéis dos equipamentos, que indicam mal contato;

<sup>9</sup> Meios auxiliares de produção – MAPs são dispositivos de montagem/desmontagem, ferramentas especiais, instrumentos de medição, máquinas de oficina e máquinas portáteis.

- desalinhamento em acoplamentos;
- problemas em mancais de rolamento ou de deslizamento;
- problemas transmissões por correias;
- eficiência de trocadores de calor;
- compressores de ar; etc..

A identificação destes problemas em fase inicial, associada a pronta intervenção das equipes de manutenção planejada, permite que sejam evitadas as ocorrências de falhas, condição que garante as metas a TEIF, conseqüentemente da disponibilidade.

Outros processo que não sejam relacionados a operação e manutenção, que também impactam na disponibilidade, podem ser beneficiados pela aplicação dos conceitos do pilar MQ, como no processo de armazenagem. Os sistemas informatizados controlam perfeitamente os parâmetros de estoque, mas não trazem informações sobre a condição dos sobressalentes, que podem ter se deteriorados, e não estar em condições de uso quando requisitados. Muitos sobressalentes utilizados nas nossas plantas são de fabricação exclusiva, isto é, requerem um tempo muito longo para a reposição, o que poderia causar atrasos nas atividades de manutenção e, conseqüentemente impacto na disponibilidade. A qualidade do processo de armazenagem pode ser fomentada pela implementação de uma política de preservação de sobressalentes estratégicos, que também deve ser estendida para equipamentos reservas e meios auxiliares de produção, que pode ser resumida nas seguintes atividades:

- Definir relação dos sobressalentes estratégicos (como por exemplo, os sobressalentes fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos);
- Conferir e corrigir se necessário as condições de armazenagem de acordo com as normas atuais;

- Criar instruções de preservação para os sobressalentes estratégicos, equipamentos reserva em estoque e meios auxiliares de produção (inspeção, preservação, ensaios);
- Cadastrar no sistema informatizado as instruções de preservação para serem executadas pelos almoxarifes ou técnicos de manutenção;
- Promover a capacitação almoxarifes e técnicos;
- Implantar, acompanhar e dar suporte técnico ao processo.

Todo este conjunto de atividades visa o a adaptação e aprimoramento da metodologia TPM, que se constituem no método proposto para a gestão da produção. Para a sua aplicação não são necessárias grandes mudanças estruturais e comportamentais, como observadas no início da aplicação da TPM na empresa, que mexeram com a rotina de muitos e resultaram na resistência de alguns à metodologia. Como já existe nas áreas técnicas uma conscientização de que sobre o negócio e produto da empresa, e de como a atividades de cada um pode influir neste resultado, a sigla da metodologia - TPM, que ainda causa resistência de alguns, passa ter importância relativa quanto às metas a serem alcançadas. Os ajustes necessários para a aplicação correta do método são relativamente fáceis de serem compreendidos e implementados.

#### **II.4. Aspectos Práticos do Método**

Um exemplo prático da aplicação do método pode ser demonstrado utilizando os dois indicadores que compõem o índice de disponibilidade da geração – ID, a taxa equivalente de indisponibilidade programada – TEIP e a taxa equivalente de indisponibilidade forçada – TEIF. Como já demonstrado este dois indicadores podem ser considerados índice de controle que se desdobram em diversos de verificação. Considerando que as falhas estejam sob controle, isto é, que todos as metas dos indicadores relacionados estejam sendo atingidas ou mesmo superadas, a TEIP será utilizada para exemplificar a aplicação do método.

As manutenções nas plantas de geração da Eletrobras Eletronorte são executadas de acordo com programas anuais de manutenção – PAMs, elaborados

de acordo com critérios que consideram dados hidrológicos, provisão de demanda, histórico de manutenção e matriz de criticidade das unidades geradoras. Com base no PAM todas as unidades são indisponibilizadas por um determinado tempo, definido de forma que possam ser realizadas todas as inspeções e reparos necessários para garantir que possam operar sem problemas até a próxima parada programada. O impacto desta disponibilidade no ID, é previamente calculado e considerado no ajuste das metas do índice de disponibilidade do período, considerando que não ocorram atrasos e nem necessidade de retrabalho, Istoé é, partida vertical no retorno à operação. Caso o tempo previsto para a execução da manutenção seja excedido, ou algum problema decorrente da qualidade dos serviços causem desligamentos prematuros, haverá desvio da meta. Então todos os fatores que possam provocar estes problemas, precisam ser levantados, avaliados e eliminados para que não venham afetar a disponibilidade. A seguir estão relacionadas situações que possam causar atrasos no cronograma de manutenção, impactando negativamente na disponibilidade, sendo que algumas já foram citadas:

- quando na fase de planejamento é identificada a existência física dos sobressalentes necessários, mas não é feita a avaliação das condições dos mesmos e, na hora da aplicação é constatado que não está em condições de uso, isto é, está deteriorado por falta de preservação durante o período em que permaneceu em estoque;
- quando a deterioração não é percebida e uma peça sobressalente é instalada, causando falhas prematuras;
- quando os dispositivos de desmontagem e montagem, ferramentas especiais (MAPs) não estiverem disponíveis ou em condições de uso;
- quando se constata na horta da aplicação que os materiais adquiridos não estão de acordo com as especificações (por falha na descrição ou na interpretação desta pelo pessoal da área de suprimentos);
- quando materiais adquiridos ou serviços contratados para serem utilizados na manutenção não sejam disponibilizados no prazo;

- quando na elaboração das listas dos técnicos para execução dos itens do plano de manutenção não forem previstos substitutos para eventuais afastamentos dos titulares;
- quando alguns técnicos, por excesso de confiança ou imprudências deixam executar os itens previstos no plano, de acordo com as normas, instruções técnicas de manutenção ou manuais, confiando no conhecimento e experiência que julgam ter;
- quando problemas relacionados à segurança e ao meio ambiente provoquem adiamentos ou atrasos nos cronogramas da manutenção.

Todos os problemas citados acima podem ser evitados, deixando de causar atrasos que afetam a disponibilidade, desde que sejam considerados nas etapas do planejamento. No manual de manutenção da Eletrobras Eletronorte é previsto que as ações de planejamento das grandes paradas, sejam iniciadas dois meses de antecedência no centro de planejamento da divisão ou da regional, como no caso da UHE Tucuruí. De acordo com o método proposto, para que todas as variáveis possam ser controladas, é preciso que haja integração dos pilares e seus respectivos processos que possam influenciar no tempo de execução da manutenção, no planejamento das atividades de manutenção nos CPs. Desta forma é necessário que responsáveis pelos processos participem destas reuniões.

O resultado da integração pode ser exemplificado no planejamento de uma manutenção quinquenal de uma unidade geradora, com antecedência de dois meses, quando seriam discutidos e avaliados todos os itens dos processos que pudessem interferir na disponibilidade da unidade geradora, conforme roteiro apresentado no quadro 22.

**Quadro 22:** Roteiro para reunião integrada nos CPs.

<b>Item do Planejamento</b>	<b>Pilares Envolvidos</b>	<b>Ações</b>
1. Sobressalentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MQ</li> <li>• MA</li> <li>• MP</li> <li>• PA;</li> <li>• GA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar a relação de todos os sobressalentes a serem utilizados;</li> <li>• Verificar o estoque de cada um;</li> <li>• Inspeccionar cada item para avaliar as condições de preservação e, determinar se</li> </ul>

Item do Planejamento	Pilares Envolvidos	Ações
		<p>podem ser utilizados (exemplos: corrosão de itens metálicos; deformações e ressecamento de elastômeros, etc.).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar a possibilidade e viabilidade de recuperação ou reposição em tempo hábil para manter a programação;</li> <li>• Tomar providências para recuperação, aquisição ou transferência de outro almoxarifado dos itens que não estejam em condições de uso;</li> <li>• Na impossibilidade de um dos itens acima, rever o planejamento de forma a não afetar a disponibilidade sem comprometer a confiabilidade e integridade das unidades geradoras;</li> <li>• Promover melhorias ou implantar o programa de preservação para os sobressalentes que ainda não estão sendo submetidos a este procedimento.</li> </ul>
2. Meios auxiliares de produção - MAPs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MQ</li> <li>• MA</li> <li>• MP</li> <li>• PA</li> <li>• GA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar a relação de todos os MAPs necessários para a execução das atividades de manutenção;</li> <li>• Localizar cada um dos MAPs relacionados;</li> <li>• Inspecionar os MAPs para verificar se estão em condições de uso;</li> <li>• Tomar providências para recuperação ou reposição;</li> <li>• Promover melhorias ou implantar o programa de preservação para os sobressalentes que ainda não estão sendo submetidos a este procedimento.</li> </ul>
3. Especificação técnicas dos materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MQ</li> <li>• MA</li> <li>• MP</li> <li>• PA</li> <li>• GA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adotar o padrão de descrição de material (rotina);</li> <li>• Conferir se a especificação técnica corresponde exatamente com o que se deseja adquirir, isto é, que não deixem margem de dúvidas;</li> <li>• Conferir se as descrições constantes nos editais conferem com o que está sendo requisitado (rotina);</li> <li>• Os técnicos da área requisitante devem participar da avaliação das propostas (rotina).</li> </ul>
4. Prazo das aquisições e contratações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MQ</li> <li>• MA</li> <li>• MP</li> <li>• PA;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os técnicos da área requisitante devem acompanhar sistematicamente o processo de aquisição (rotina);</li> <li>• Nas reuniões dos CPs devem se discutidas as</li> </ul>



Item do Planejamento	Pilares Envolvidos	Ações
	<ul style="list-style-type: none"> <li>GA</li> </ul>	<p>situações dos processos de aquisição, para que em caso de problemas, possam ser encontradas alternativas que não interfiram na programação.</p>
5. Equipes	<ul style="list-style-type: none"> <li>MQ</li> <li>MP</li> <li>MA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir, de acordo com a disponibilidade de mão de obra própria, de outras plantas e de terceiros, as equipes com os membros titulares e eventuais substitutos;</li> <li>Apresentar às equipes a relação das atividades que irão executar.</li> </ul>
6. Qualidade na execução dos serviços	<ul style="list-style-type: none"> <li>MQ</li> <li>MA</li> <li>MP</li> <li>PA</li> <li>ET</li> <li>GA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relacionar toda documentação técnica que irá subsidiar as inspeções e reparos (Programa de Manutenção Planejada – PMP, Instruções Técnicas de Manutenção – ITM, normas técnicas diversas, catálogos de fabricantes, Formulários Específicos de Manutenção – FEM);</li> <li>Verificar a necessidade de revisão/atualização dos documentos técnicos, principalmente dos PMPs, ITMs e normas da Eletrobras Eletronorte,</li> <li>Discutir cada um dos itens para verificar se estão claros, se existe necessidade de atualização técnica das equipes e, se a execução pode ser aperfeiçoada (melhor técnica, menos tempo, mais segurança, menor custo, etc.);</li> <li>Enfatizar a necessidade da utilização dos documentos técnicos na execução das atividades, independente do nível de conhecimento e experiência das equipes;</li> <li>Elaboração de listas de verificação dos itens de manutenção, para assegurar a qualidade dos serviços executados e contribuir com a partida vertical;</li> <li>Ratificar a relação de sobressalentes e MAPs.</li> </ul>
7. Prevenção de interrupções relacionadas a segurança e meio ambientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>MQ</li> <li>MA</li> <li>MP</li> <li>PA</li> <li>AB</li> <li>SD</li> <li>SA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar as análises preliminares riscos;</li> <li>Elaborar as relações dos bloqueios e isolamento de áreas;</li> <li>Providenciar todos os equipamentos de segurança individuais e coletivos, dos materiais necessários para os bloqueios e isolamento de áreas;</li> <li>Verificar os requisitos ambientais que precisam ser atendidos, e as ações de prevenção de impactos ambientais.</li> </ul>

Fonte: Do autor

A adoção do roteiro do quadro 22 além otimizar as manutenções programadas, também irá contribuir com o objetivo de atingir a falha zero, isto é, que a unidade fique disponível para operação até a próxima intervenção programada.

A integração dos pilares também pode trazer ganhos para a TEIF, como por exemplo, pela melhor eficiência nas análises de ocorrências, desde a determinação das causas fundamentais até a confirmação da eficácia das ações de bloqueio, para prevenir as reincidências. A participação dos operadores – equipe da manutenção autônoma, que convivem diariamente com os equipamentos, certamente poderão agregar muito valor às análises, juntamente com os engenheiros e mantenedores. Além de ajudar na determinação das causas fundamentais, o grupo deverá avaliar se a ocorrência poderia ter sido detectada precocemente, por algum item de inspeção, que passaria a integrar a rotina dos operadores.

A eficiência das inspeções autônomas também seria favorecida, caso nas reuniões para oferta e pertinência dos cartões de anomalias – CAs, pudessem contar, além dos mantenedores, com engenheiros, representando os pilares da MQ, GA e ME.

Todas as ações que permitam a integração e condução dos pilares da MA e MP, a identificação precoce de itens de inconveniência, ante que venham ocasionar alguma ocorrência associadas às melhorias, principalmente as que impactam na disponibilidade e confiabilidade, também encontram nas reuniões dos centros de planejamento o fórum ideal. Como a disponibilidade pode ser desdobrada em dois grupos, sendo um deles relacionado aos desligamentos forçados e programados, além das ações para evitar as falhas e defeitos, devem ser realizadas melhorias nos procedimentos que permitam executar as manutenções programadas num tempo menor sem a perda de qualidade. Todas estas iniciativas necessitam da parceria dos pilares de suporte à produção e de gestão da qualidade dos processos que impactem na disponibilidade, para que todas as metas sejam atingidas.

## **CAPÍTULO V – CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS**

### **V.1. Conclusão**

O método proposto de gestão da produção baseado na TPM, procurou ser fiel à metodologia, procurando, pela identificação dos pontos fracos, fortes e oportunidades de melhorias, como melhor adaptá-lo a cultura e realidade da Eletrobras Eletronorte, para que possa ser competitiva no ambiente atual do setor elétrico brasileiro. Permite criar um ambiente onde todos possam enxergar, como as suas atividades suportadas estão pelo modelo de gestão da produção adotado são determinantes para que as metas sejam atingidas, e conseqüentemente estão contribuindo para que o objetivo do planejamento estratégico – alcançar resultados sustentáveis – seja atingido.

No capítulo III a TPM na Eletrobras Eletronorte, além de descrever em detalhes como esta metodologia foi implementada e desenvolvida nas nossas plantas de geração e transmissão, também foram descritas as dificuldades, pontos fracos e fortes, resultados relevantes, que estão relacionados as questões de pesquisa, que serão relacionadas a seguir com as soluções do método proposto.

A Eletrobras Eletronorte, independente de submeter a condução da TPM, a apreciação da JIPM com vista aos prêmios, optou por mantê-la como metodologia de gestão da manutenção das suas plantas, por estar plenamente difundida entre os seus empregados, pelo seu potencial de transformação e simplicidade. O método proposto em parte já está sendo aplicado nas usinas da superintendência de geração hidráulica, que pode ser constatado no relatório das atividades da TPM elaborado quando da submissão da planta ao prêmio Classe Mundial e, também já foi divulgado na regional do Amapá.

Independente da opinião dos céticos é inegável as transformações promovidas na Eletrobras Eletronorte. Transformações, que nas pessoas, podem ser constatadas pelo aumento do nível de escolaridade dos técnicos, pelo grande número de melhorias desenvolvidas, pelos registros de patentes produzidas na empresa. Muitas transformações que podem ser observadas nas condições gerais

das plantas, que se tornaram mais limpas, sinalizada, seguras, menos poluidoras, e contatadas pelos resultados medidos pelos indicadores de desempenho.

Investimento em capacitação, disseminação dos conceitos de melhoria contínua, criam condições e motivam os empregados a serem proativos, como responderem aos problemas da produção, com o desenvolvimento de melhorias que impeçam reincidência. O reconhecimento da dedicação e esforço dos empregados, como o fomento a participação em seminários internos ou externos, também ajuda a manter um ambiente de trabalho onde todos se sentem valorizados e consequentemente motivados a superar todos os desafios.

À medida que os objetivos estejam sendo atingidos, que os empregados se sintam motivados, que consigam relacionar o seu trabalho aos resultados alcançados, as resistências vão naturalmente sendo eliminadas.

A manutenção dos pontos forte, eliminação dos pontos fracos e desenvolvimento de melhorias, como a integração das ações dos pilares nos CPs e o monitoramento dos da qualidade dos processos que impactem na disponibilidade, tendem a eliminar a intermitência na aplicação da TPM, isto é, o efeito “dente de serra”.

#### **V.1.1. As questões de pesquisa que delinearão este trabalho são:**

- a. Como sistematizar a aplicação de forma, a eliminar as resistências ainda existentes, minimizar as ameaças, eliminar os pontos fracos, principalmente o efeitos “dente de serra”, para garantir a sustentabilidade da metodologia em todas as nossas unidades produtivas?:
  - Com a integração dos pilares nos centros de planejamento da manutenção que além da coordenação centralizada dos pilares desenvolveria as atividades relacionadas à logística da manutenção;
  - Considerando que aplicação da TPM é uma diretriz empresarial;
  - Divulgando amplamente como e quanto cada processo afeta os indicadores de disponibilidade.

- b.** Como promover a plena integração dos pilares?:
- Com a reestruturação e fortalecimento dos CPs, de forma que possam desenvolver todas as atribuições previstas no Manual de Manutenção da Eletrobras Eletronorte;
  - Estabelecer uma árvore de correlação de todos os indicadores que impactam na disponibilidade relacionados com os respectivos pilares;
  - Promovendo a participação de representantes de todos os pilares nas reuniões de planejamento das manutenções previstas no PAM, e quando necessário nas discussões sobre o desenvolvimento de melhorias e análise de falhas.
- c.** Como manter os ganhos, evitando retrocessos, para uma constante melhoria nos processos que impactem na disponibilidade dos ativos e, nos resultados dos indicadores de desempenho?
- Desenvolvendo as atividades de consultoria, auditoria e acompanhamento dos resultados, do pilar da manutenção da qualidade de acordo com o seguinte objetivo: Fomentar a gestão da qualidade em todos os processos que impactam na disponibilidade dos ativos da de geração e transmissão da Eletrobrás Eletronorte;
  - Atuar junto com os demais pilares para restabelecer e controlar as condições (manutenção) para o pleno desenvolvimento da manutenção da qualidade.

## **V.2. Trabalhos Futuros**

A seguir são listados os trabalhos futuros que poderão complementar o método proposto.

- a.** Consolidar a gestão da manutenção da qualidade baseada no ciclo infinito.
- b.** Identificação das características da qualidade dos processos que afetam a disponibilidade e elaboração da matriz QA.
- c.** Elaborar a matriz QM para acompanhar os processos que afetam a disponibilidade.

- d.** Utilização da realidade virtual no planejamento preciso das atividades de manutenção.
- e.** Utilização da realidade virtual em ensaios prévios, para tornar mais precisa e segura e, evitar erros durante a execução da ação de manutenção.
- f.** Promover a disseminação dos conceitos da MQ não só na MA e MP, mas em todos os demais pilares, considerado a forma e o nível que afetam a disponibilidade:
- g.** PA - Implantar o processo de preservação de sobressalentes e MAPs em todos os almoxarifados que atendam as plantas de geração e transmissão;
- h.** ET – Aplicar a realidade virtual para capacitar os mantenedores e operadores para executarem as suas atividades num tempo menor e sem perda de qualidade, com impacto direto na disponibilidade.

## Referências Bibliográficas

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. Confiabilidade e manutenibilidade. NBR 5462. Rio de Janeiro, 1994.
- AFFONSO, LUIZ OTÁVIO AMARAL. Análise de Falhas e Solução de Problemas de Equipamentos Mecânicos. Rio de Janeiro: IBP, 2000.
- BLANCHARD, B.S; DINESH, VERMA; PETERSON, E.L. Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management. New York: John Wiley and Sons, 1995.
- CAMP, Robert C. Benchmarking: O Caminho da Qualidade Total. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.
- CAMPOS, VICENTE FALCONI. Gerenciamento da Rotina do trabalho do dia-a-dia. 6. ed. Belo Horizonte: Editora Indg Tecnologia e Serviços, 1998.
- CAMPOS, VICENTE FALCONI. Gerenciamento Pelas Diretrizes. 4. ed. Belo Horizonte: Editora Indg Tecnologia e Serviços, 2005.
- CAMPOS, VICENTE FALCONI. TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 8. ed. Belo Horizonte: Bloch Editora, 2004.
- DHILLON, B.S, Engineering Maintenance – A Modern Approach. Boca Raton: CRC Press LLC. 2002.
- ELETRONORTE, ELETROBRAS. Apostila do Curso de Manutenção Autônoma. Brasília, 2009.
- ELETRONORTE, ELETROBRAS. Manual de Manutenção. Brasília, 2006.
- ELETRONORTE, ELETROBRAS. Manual de regulamentos e métodos da TPM – MP -Capítulo 3. 1998,
- ESTANQUEIRO, R.F. & LIMA, C.R.C. & TURRIONI, J.B. Discutindo as dificuldades na implementação do TPM. In Anais XXVI ENEGEP, 2006.
- FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO. Telecurso 2000 – Profissionalizante – Mecânica e Manutenção. Rio de Janeiro.
- HOLANDA, AURÉLIO BUARQUE. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
- HOUAISS, ANTÔNIO. Dicionário da Língua Portuguesa. São Paulo: Editora Objetiva, 2001.

- IMC INTERNACIONAL. Apostila do Curso de Manutenção Planejada TPM TPM. São Paulo, 2001.
- JIPM, JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. Apostila do Curso Internacional para Formação de Instrutores TPM. São Paulo, 2000.
- JIPM, JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. Manual de Promoção TPM para Empresas do Prêmio Especial TPM e Prêmio de Continuação. Tokyo, 2002.
- KARDEC, ALAN; NASCIF, JULIO. Manutenção: Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1999.
- KATZENBACK, JON R; SMITH, DOUGLAS K. A Força e o Poder das Equipes. São Paulo: Makron Books, 1994.
- KUME, HITOSHI. Statistical Methods For Quality Improvement. Tokyo: 3A Corporation, 1992.
- KUME, HITOSHI. The QC Story In: Statistical methods for quality improvement. Tokyo: 3A Corporation, 1992.
- MIRSHAWKA, VICTOR - Manutenção Preditiva - Caminho para Zero Defeitos. São Paulo: Editora Makron Books, 1991.
- MOBLEY R. KEITH; HIGGINS, LINDLEY R; WIKOFF, DARRIN J. Maintenance Engineering Handbook. 7th Edition. New York. McGraw-Hill, 2008.
- MOUBRAY, JOHN. Manutenção Centrada na Confiabilidade. Lutterworth: Aladon, 2000.
- NAKAJIMA, SEIICHI. Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- NAKANO, KINJIRO. Comprehensive Approach to Zero Breakdown. Tokyo: JIPM-Solutions, 2003.
- NEPOMUCENO, LAURO XAVIER. Técnicas de manutenção preditiva. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1989.
- PALMEIRA, JORGE NASSAR. Flexibilização Organizacional. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2002.
- ROBINSON, CHARLES J.; GINDER, ANDREW P.. TPM - The North American Experience. Mensagem do Editor Normam Bodek. Portland: Productivity Press, 1995.



- SHIROSE, KUNIO. New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries. 7. ed. Tokyo: JIPM-Solutions, 2007.
- SIQUEIRA, YONI PATRIOTA. Manutenção Centrada na Confiabilidade. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2005.
- SUZUKI, TOKUTARO. TPM in process industries. Portlant: Library of Congress Cataloging-in- Publication Data, 1994.
- TAVARES, LOURIVAL AUGUSTO. Administração moderna da manutenção. Rio de janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.
- UCHIDA, JUN-ICHI. TPM Encyclopedia (Expanded Edition) Keyword Book. Japan Institute of Plant Maintenance, 2002.
- WILLIAMSON, ROBERT M. Total Productive Maintenance: What It Is and What It Is Not. Strategic Work Systems, Inc., Columbus, 2006.
- XENOS, HARILAU S.G. Gerenciando a Manutenção Produtiva Total. Belo Horizonte: Editora Indg Tecnologia e Serviços, 2004