



Universidade Federal do Espírito Santo
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Mecânica

GESTÃO PRÓ-ATIVA DA MANUTENÇÃO

FÁBIO LAZZARINE PERUCHI
JULIO CÉSAR MELO MENEGAZ

Vitória, Março de 2005

FÁBIO LAZZARINE PERUCHI
JULIO CÉSAR MELO MENEGAZ

GESTÃO PRÓ-ATIVA DA MANUTENÇÃO

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Professor Oswaldo Paiva Almeida Filho.

Vitória, Março de 2005

FÁBIO LAZZARINE PERUCHI
JULIO CÉSAR MELO MENEGAZ

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. M.Sc. Oswaldo Paiva Almeida Filho
ORIENTADOR

Prof. D.Sc. Marcos Aurélio Scopel Simões

Prof. M.Sc Frederico Carlos Maciel Thom

Vitória, _____ de _____ de 2005.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Oswaldo Paiva A. Filho pela ajuda na elaboração deste projeto.

Ao Sr. George Bicalho Sandrini – Engenheiro Sênior da Gerência da Engenharia de Manutenção (GAMAP) – CVRD.

Ao Sr. Rubens Silva Lima – Diretor e Consultor da Advanced Consulting & Training.

A empresa Companhia Vale do Rio Doce – CVRD pelo apoio.

As nossas famílias que nos apoiaram neste momento de nossas vidas.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide de Melhor Organização da Manutenção	13
Figura 2 - Os Oito Pilares do TPM.....	30
Figura 3 - Desdobramento das diretrizes	32
Figura 4 – Os três níveis de gestão.....	33
Figura 5 – Indicadores PQCESM e os seus níveis.....	34
Figura 6 – Perdas crônicas e perdas esporádicas.....	36
Figura 7 - Características das perdas crônicas	36
Figura 8 - Eficiência do Equipamento (EE).....	37
Figura 9 - Eficiência Global dos Equipamentos (OEE)	37
Figura 10 - Evolução da deterioração.....	39
Figura 11 - As habilidades dos operadores e os sete passos da manutenção autônoma	41
Figura 12 - Classificação da manutenção planejada	48
Figura 13 - Evolução da divisão da manutenção.....	49
Figura 14 - As quatro fases da redução de falhas	54
Figura 15 - Relação entre conhecimento, habilidade e atitude.....	62
Figura 16 - Ciclo APEM	63
Figura 17 - Trabalhos que afetam o custo do ciclo de vida (LCC).....	65
Figura 18 - O princípio de Heinrich.....	77
Figura 19 – Planejamento das Atividades do PDCA	81
Figura 20 - Execução das Atividades do SDCA	82
Figura 21 - Melhoria da Rotina - CAS-Do	82
Figura 22 - Melhoria do Resultado - CAP-Do	83
Figura 23 - Fluxograma de Pelotização da CVRD.....	86
Figura 24 - Fluxo de Classificação de Equipamentos segundo a AFNOR	89
Figura 25 - Diagrama do Processo.....	90
Figura 26 - Diagrama de Etapas do Processo.....	90
Figura 27 - Parâmetros de Produto e o Processo	91
Figura 28 - Curva P-F	93
Figura 29 - Sequência de Eventos	97
Figura 30 - Gráfico de Disponibilidade da Moagem I e II.....	100

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre os métodos de TQC e TPM.....	19
Tabela 2 - As 12 Etapas de Desenvolvimento do TPM.....	22
Tabela 3 - Atividades que antecedem a 8ª Etapa	28
Tabela 4 - Os sete passos da manutenção autônoma.....	43
Tabela 5 - Modos de Falhas Funcional e Potencial	97

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABELAS	6
RESUMO.....	11
1 Introdução.....	12
1.1 Princípios Básicos do SGM	12
1.2 A Operacionalização do Processo Manter.....	13
1.2.1 Estágio 1 - “A Manutenção do Dia-a-Dia”	14
1.2.2 Estágio 2 - “A Manutenção Pró-ativa”	14
1.2.3 Estágio 3 - “A Integração da Função Manter”	14
1.2.4 Estágio 4 - “Engenharia da Confiabilidade”	15
1.2.5 Estágio 5 - O Estágio da Excelência no Manter	15
2 O TPM.....	16
2.1 Histórico do TPM	16
2.2 Definição do TPM	17
2.3 Comparação entre TQC e TPM.....	18
2.4 Objetivos do TPM	18
2.5 Os cinco pontos chaves do TPM	20
2.6 As doze etapas de implantação do TPM	21
2.7 Os Oito Pilares do TPM	30
3 Pilar Gerenciamento de Dados.....	31
3.1 Objetivo do Pilar Gerenciamento de Dados.....	31
3.2 Desdobramento das Diretrizes, estabelecimento de Itens de Controle e Metas	32
3.3 Níveis de Gestão	33
3.4 Níveis de Indicadores	33
3.5 Estabelecimento de Metas	34
3.6 Perdas Crônicas e Esporádicas	35
3.7 Eficiência do Equipamento – EE	37
3.8 Eficiência Global do Equipamento - OEE	37

3.9	Abrangência da Perda	38
3.10	Conceito de Restauração	38
3.11	Conceito de Melhoria.....	39
4	Pilar Manutenção Autônoma	40
4.1	Definição.....	40
4.2	Desenvolvimento das habilidades dos operadores	41
4.2.1	Habilidade de identificar, corrigir e prevenir anomalias.....	42
4.2.2	Habilidade de detectar as causas das anomalias	42
4.2.3	Habilidade de entender a relação entre equipamento e qualidade	42
4.2.4	Habilidade de executar reparos	42
4.3	Os Sete Passos da Manutenção Autônoma	43
5	Pilar Manutenção Planejada	47
5.1	Divisão da Manutenção	47
5.2	Método de condução da manutenção planejada	48
5.3	Conceito da Redução de falhas.....	49
5.4	As Quatro Fases da Redução de Quebras e Falhas	53
5.5	Os Sete Passos da Manutenção Planejada	56
5.5.1	Atividades para aumento da disponibilidade dos equipamentos:.....	56
5.5.2	Melhoria da qualidade da manutenção:	56
6	Pilar Educação & Treinamento	60
6.1	Por que treinamos?	60
6.2	Treinamento muitas vezes é apenas uma ação corretiva.....	61
6.3	O que é importante desenvolver nos Operadores e Mantenedores	61
6.4	Ciclo de Capacitação.....	63
6.5	Os cinco estágios da capacitação	63
6.5.1	Não tem conhecimento sobre o assunto.....	63
6.5.2	Conhece suficientemente o assunto	64
6.5.3	Capaz de executar corretamente	64
6.5.4	Capaz de executar com confiança.....	64
6.5.5	Capaz de ensinar outra pessoa	64
6.6	Os Sete Passos para implementação do sistema de capacitação dos operadores e mantenedores.....	64
7	Pilar Controle Inicial.....	65

8	Pilar Manutenção da Qualidade.....	67
8.1	Conceito Básico de Manutenção da Qualidade.....	67
8.2	Os 4Ms que decidem a qualidade	68
8.3	As 10 (dez) etapas de Implantação da Manutenção da Qualidade	68
9	Pilar Office TPM.....	71
9.1	A necessidade de TPM para o escritório	71
9.2	O papel do TPM para o Escritório	72
9.3	Abordagem das Atividades de TPM no Escritório	72
9.3.1	Atingir resultados concretos.....	73
9.3.2	Lidar com o escritório, utilizando o mesmo conceito de uma fábrica. ..	73
9.3.3	Aplicar a abordagem dos equipamentos para o TPM de escritório.....	73
9.3.4	Delinear o que o setor deve ser, e começar a estabelecer esta meta para alcançá-la	73
9.3.5	Implantar com base nos 3 (três) pilares.....	74
10	Pilar Segurança, Saúde e Meio-Ambiente	75
11	Estudo de Caso	78
11.1	Organização e Coordenação	79
11.1.1	Problemas relativos a Produção Integrada	79
11.1.2	Ciclos de Gerenciamento.....	79
11.1.3	Papel dos Facilitadores.....	80
11.1.4	Papel dos Times	81
11.1.5	Papel dos Supervisores	82
11.1.6	Papel dos Gestores	82
11.2	As quatro principais ferramentas da Produção Integrada.....	83
11.2.1	Quadros de Gestão.....	83
11.2.2	Lição de um ponto – LUP	84
11.2.3	Utilização de auditorias.....	85
11.2.4	Reuniões e Relatórios.....	85
11.3	Atividades Iniciais	86
11.3.1	Definição das Fronteiras e Interfaces	86
11.3.2	Classificação dos equipamentos.....	87
11.3.3	Determinação da árvore de componentes	88
11.3.4	Elaboração da matriz de condições básicas.....	88

11.3.5	Preparação dos cartões de manutenção das condições básicas	88
11.3.6	Mapeando o Processo	90
11.3.7	Elaboração do FMEA.....	93
11.3.8	Elaboração de LUP sobre condições básicas.....	94
11.4	Gestão da Manutenção	94
11.5	Resultados.....	100
12	Conclusão.....	101
	Referências Bibliográficas.....	102
	GLOSSÁRIO.....	103
	ANEXOS	114

RESUMO

Este projeto de graduação tem como objetivo demonstrar um sistema de gestão, denominado Manutenção Produtiva Total (TPM), e a sua aplicação na Moagem das Usinas I e II da Companhia Vale do Rio Doce.

O objetivo principal do TPM é a eliminação contínua de todas as perdas do sistema produtivo, através da mudança de cultura, buscando a melhoria da disponibilidade e utilização dos equipamentos, evitando paradas não planejadas, sem comprometer a segurança dos operadores e manter a preservação do meio ambiente.

1 Introdução

Nas últimas décadas a manutenção deixou de ser uma simples atividade de reparo para se tornar um meio essencial ao alcance dos objetivos e metas da organização. Coloca-se estrategicamente como parte fundamental do processo produtivo em um ambiente onde, cada vez mais, se utilizam equipamentos de última geração, com os mais modernos sistemas mecânicos e eletro-eletrônicos, de maior grau de complexidade, alto custo e exigências elevadas quanto ao nível da manutenção.

A maior complexidade dos equipamentos e diversidade dos ativos físicos fez da manutenção uma função igualmente complexa, levando ao desenvolvimento de novas técnicas, modernas ferramentas de gestão e abordagens inovadoras quanto à organização e estratégia de manutenção.

Gerenciar corretamente esses modernos meios de produção exige conhecimentos de métodos e sistemas de planejamento e execução que sejam ao mesmo tempo eficientes e economicamente viáveis.

Equipamentos parados em momentos inoportunos comprometem a produção e podem significar perdas irrecuperáveis num ambiente altamente competitivo.

Além do caráter tecnológico envolvido neste processo, a mudança exige também novas atitudes e habilidades do pessoal de manutenção. É preciso uma visão sistêmica do negócio, espírito de equipe e uma disposição irrevogável de mudar paradigmas e assumir desafios.

1.1 Princípios Básicos do SGM

O “*Sistema de Gerenciamento da Manutenção – SGM*” reúne de forma coordenada os princípios e elementos que abrangem o campo do conhecimento da manutenção na CVRD.

Tem como missão unificar e direcionar os esforços da organização, a partir de um padrão de gestão baseado nas melhores práticas e métodos, garantindo que os ativos da empresa cumpram plenamente as suas funções no que se refere à disponibilidade, confiabilidade, manutenibilidade e segurança das operações, preservação do meio ambiente, qualidade do produto e custos competitivos.

O objetivo primordial é garantir a melhoria sustentada dos resultados do negócio, consolidando a manutenção como função estratégica na CVRD.

1.2 A Operacionalização do Processo Manter

O longo caminho na busca de uma “*Manutenção Classe Mundial*” é traçado dentro de uma estratégia que consolide ponto-a-ponto, cada recurso que seja introduzido e/ou modificado, na gestão das práticas de manutenção do desempenho da função dos equipamentos e/ou instalações.

A operacionalização do sistema de gerenciamento da manutenção nas unidades da CVRD deverá ser estabelecida na forma de estágios crescentes, baseando-se ora na forma de atendimento aos quesitos, ora na forma de consolidação, chegando ao “*Estágio da Excelência no Processo Manter*”, conforme **Figura 1**.

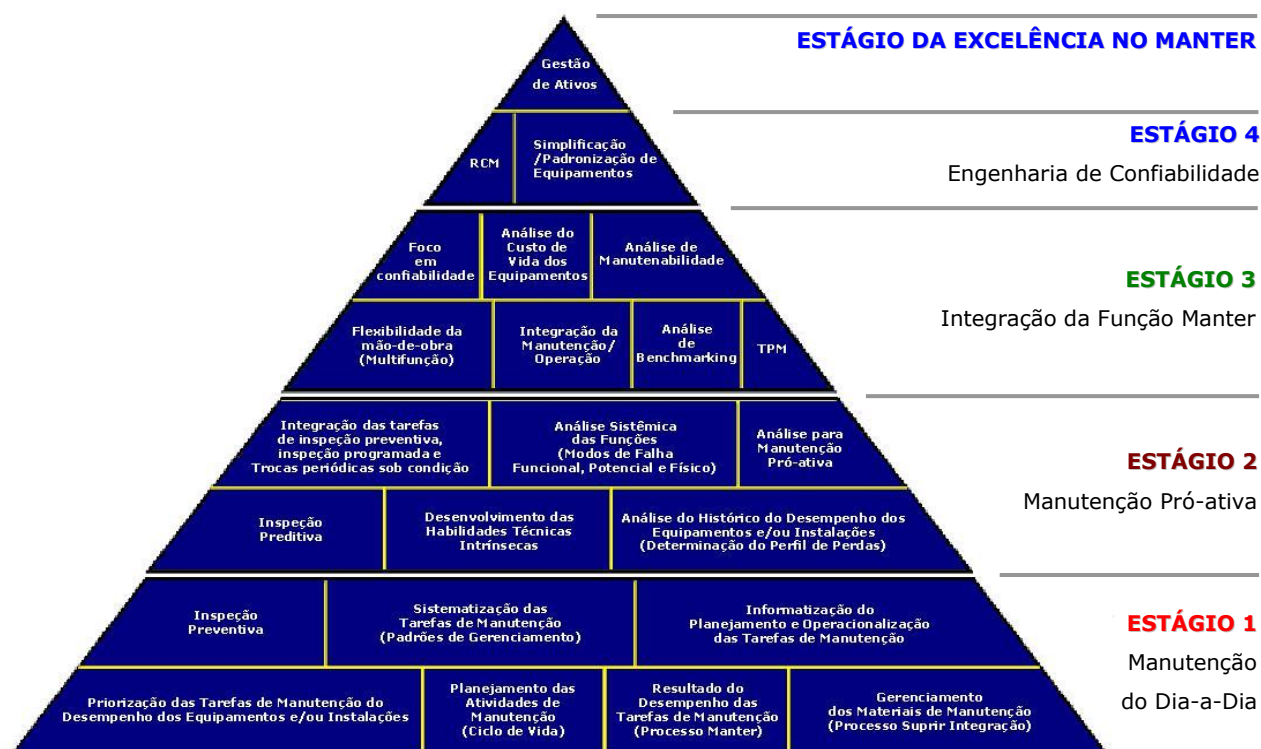


Figura 1 - Pirâmide de Melhor Organização da Manutenção

1.2.1 Estágio 1 - “A Manutenção do Dia-a-Dia”

O conceito básico no processo “*manter função*” é estabelecer as ações de manutenção do desempenho da função padrão para o “*ciclo de vida*” dos equipamentos e/ou instalações, de maneira planejada, desde a sua introdução no processo produtivo. Um trabalho de manutenção de forma planejada dentro dos conceitos técnicos da análise sistêmica das funções é geralmente três vezes mais eficiente do que um “*planejado*” no quando surge a oportunidade de intervenção de reparo, ou seja, no momento da ocorrência de perda da função.

Para implementação da visão sistêmica de manutenção planejada para o “*ciclo de vida dos ativos*”, se faz necessário desenvolver times de trabalho, focados no planejamento e na documentação, do novo processo de gerenciamento das atividades de manutenção.

1.2.2 Estágio 2 - “A Manutenção Pró-ativa”

Este estágio constitui o sucesso da manutenção do dia-a-dia, utilizando-se de técnicas preventivas e preditivas a fim de otimizar o sistema de manutenção e reduzir os eventos de falha.

A previsibilidade da falhas é acompanhada utilizando o histórico dos equipamentos, visando determinar as falhas baseadas no tempo.

Em razão de um programa consistente de análise dos modos e efeitos da falha, os modos de falha são eliminados ou sua probabilidade de ocorrência é reduzida drasticamente.

1.2.3 Estágio 3 - “A Integração da Função Manter”

O estágio 3 enfoca atividades que levem ao aumento da confiabilidade dos equipamentos fora do âmbito da manutenção e da engenharia. Na grande maioria dos casos, os operadores podem agregar grande valor na saúde de um equipamento, mais do que normalmente fazem. Neste estágio, existe um controle do trabalho de manutenção de uma forma estruturada que permite uma descentralização de algumas atividades.

Times de operadores e pessoal de manutenção analisam as atividades e capacitam os operadores a executarem algumas tarefas. O pessoal de manutenção ganha maior entendimento do cenário operacional.

1.2.4 Estágio 4 - “Engenharia da Confiabilidade”

Busca-se através da Engenharia da Confiabilidade, introduzir uma sistemática de atuação pró-ativa, eliminando tanto os modos de falha, como também criar medidas para evitar o aparecimento dos modos de falhas potenciais e funcionais, oriundos de modos de falhas latentes.

Nos estágios iniciais, enfoca-se a manutenção preventiva, o estágio atual foca a prevenção de atuação da manutenção.

Neste estágio somos mais efetivos na execução de reparos. Agora estamos minimizando o impacto das falhas dos equipamentos e utilizamos todos os recursos, visando identificar os problemas dos equipamentos e na manutenção de sua condição operacional. A partir deste estágio estamos qualificados a executar atividades mais complexas de melhoria nos equipamentos.

1.2.5 Estágio 5 - O Estágio da Excelência no Manter

Demonstra-se que a excelência operacional é altamente dependente da confiabilidade dos equipamentos. Neste estágio deverá ser desenvolvida uma sistemática de diagnósticos, baseado em resultados operacionais e na confiabilidade técnica da estruturação da manutenção funcionalmente.

Neste estágio são avaliados criticamente todos os sistemas dos equipamentos, identificando-se as condições operacionais de todos os componentes, estabelecendo-se especificações operacionais e desenvolvendo-se uma estratégia de manutenção “zero falha” para cada sistema crítico dos equipamentos e/ou instalações críticas das unidades da CVRD.

Através de uma pesquisa de Benchmarking, a CVRD passou a utilizar uma metodologia para alcançar a Excelência em Manutenção, sendo essa metodologia baseada na filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM).

2 O TPM

2.1 Histórico do TPM

Depois da Segunda Guerra Mundial, as empresas japonesas se lançaram na busca de alcançar metas governamentais de reconstrução nacional, tendo como objetivo principal, recompor as indústrias que estavam, até então, bastante envolvidas na produção militar. Por questões de sobrevivência, o Japão precisava produzir e exportar, tendo para isso, que vencer o principal desafio de reverter a reputação de produtor de segunda categoria, devido a exportação de bens de má qualidade antes da Segunda Grande Guerra. Foi dentro deste grande movimento japonês em busca da qualidade que se desenvolveu a Manutenção Produtiva Total (TPM - “*Total Productive Maintenance*”) desenvolvido a partir do conceito PM (manutenção preventiva ou manutenção produtiva), por sua vez originária dos Estados Unidos. Criada e desenvolvida nos Estados Unidos, a PM foi introduzida no Japão na seguinte seqüência:

Manutenção Preventiva (1951) – pode ser definida como um acompanhamento das condições físicas dos equipamentos, além de como um tipo de “medicina preventiva” aplicada aos equipamentos. Do mesmo modo que a expectativa de vida humana foi ampliada graças aos processos da medicina preventiva, a vida útil dos equipamentos industriais também pode ser prolongada através da aplicação de medidas preventivas antecipadas, visando evitar tanto falhas em equipamentos quanto perdas definitivas dos mesmos.

Manutenção por Melhoria (1957) – é um sistema no qual o conceito de prevenção de defeitos em equipamentos foi ampliado, no sentido de se aplicar tanto ao aperfeiçoamento dos mesmos de modo a eliminar a ocorrência de defeitos em equipamentos (melhorando a respectiva confiabilidade) quanto a facilitar a manutenção dos equipamentos (melhorando a respectiva capacidade de manutenção).

Prevenção de Manutenção (1960) – significa “equipamentos e linha de produção projetados de modo a minimizar a necessidade de manutenção dos mesmos”. Como o objetivo primordial desses projetos é a obtenção de equipamentos e linhas de

produção isentos da necessidade de manutenção, são empenhados todos os esforços no sentido de se alcançar a condição ideal, ou seja, “equipamentos e linhas como deveriam ser”. Todas essas atividades de aperfeiçoamento da produtividade dos equipamentos, através da aplicação da prevenção da manutenção, Manutenção Preventiva e Manutenção por Melhoria durante a vida útil dos equipamentos são definidas, de maneira geral, pelo termo Manutenção Produtiva (PM).

Aperfeiçoado pelo JIPM - "Japan Institute of Plant Maintenance", foi implementado na indústria japonesa a partir de 1971, na Nippon Denso (pertencente ao grupo Toyota). Devido a essa implantação bem sucedida, ganharam o Prêmio PM de Excelência Industrial. Esse foi o início do TPM no Japão, especialmente no grupo Toyota. O sistema TPM sofreu, entretanto algumas alterações graduais, sendo possível constatar, a partir dos anos 80, uma tendência ao uso de Manutenção Baseada em Condições (CBM), e seus conceitos foram trazidos para o Brasil em 1986.

2.2 Definição do TPM

Manutenção Produtiva Total (TPM) é um sistema de gestão que busca a eliminação contínua de todas as perdas do sistema produtivo, obtendo assim a evolução permanente da estrutura empresarial pelo constante aperfeiçoamento das pessoas, dos meios de produção e da qualidade dos produtos e serviços, ou seja, processo que tem por finalidade o estabelecimento de uma cultura empresarial, destinada à obtenção da maior eficiência possível no sistema da produção industrial como um todo.

Em harmonia com a definição do TPM, cada uma das letras possui um significado próprio como segue:

- a letra "T" significa "TOTAL". Total no sentido de eficiência global, no sentido de ciclo total de vida útil do sistema de produção e no sentido de todos os departamentos e de participação;
- a letra "P" significa "PRODUCTIVE". A busca do sistema de produção até o limite máximo da eficiência, atingindo "zero acidente, zero defeito e quebra/falha zero", ou seja, a eliminação de todos os tipos de perda ate chegar ao nível zero;

- a letra "M" significa "MAINTENANCE". Manutenção no sentido amplo, que tem como objeto o ciclo total de vida útil do sistema de produção e designa a manutenção que tem como objeto o sistema de produção de processo único, a fábrica e o sistema de vendas.

2.3 Comparação entre TQC e TPM

Como o TPM é adotado largamente nas organizações, uma pergunta comum é sobre suas diferenças com o Controle da Qualidade Total (TQC - *"Total Quality Control"*), que já é difundido em círculos industriais.

Um ponto comum de TQC e de TPM é que a finalidade é "a melhoria estrutural das empresas (aperfeiçoamento do desempenho real e criação de um ambiente de trabalho agradável)." Não obstante, diferenças nos meios e nos métodos para conseguir esta finalidade, conforme **Tabela 1** abaixo, destaca as características dos dois sistemas.

Portanto, o TQC possui uma abordagem filosófica, ao passo que o TPM um enfoque mais prático; assim sendo, ambos caracterizam a transformação dos equipamentos, levando-os às condições em que "deveriam estar".

Em outras palavras, para se alcançar as metas do TQC de "se obter qualidade no produto durante o processo de fabricação", é necessário tanto executar plenamente as atividades TPM quanto aperfeiçoar os recursos humanos, de modo que "a qualidade possa ser embutida nos produtos através dos equipamentos".

2.4 Objetivos do TPM

Um dos objetivos do TPM é "reestruturar a cultura empresarial através do aperfeiçoamento, tanto dos recursos humanos quanto dos equipamentos industriais".

Aperfeiçoamento de recursos humanos significa a educação e o patrocínio de todos os funcionários para se adequarem positivamente aos novos requisitos, conforme exigidos pela Automação industrial.

Tabela 1 - Comparação entre os métodos de TQC e TPM

Categoria	Método	Característica
Propósitos	TQC e TPM	Reestruturar a cultura empresarial (aperfeiçoamento do desempenho real, criação de um ambiente de trabalho agradável)
Objetivos	TQC	Qualidade (ênfase no produto e nos resultados)
	TPM	Equipamento (ênfase nos insumos e nas causas)
Meios para atingir a finalidade	TQC	Sistematizar a administração (sistematização, padronização) – orientado para “software”
	TPM	Realização das condições ideais da oficina e dos bens – orientado para “hardware”
Desenvolvimento dos funcionários	TQC	Educação orientada principalmente para técnicas administrativas (método QC) Controle de Qualidade
	TPM	Centrada na tecnologia própria (tecnologias de equipamentos e manutenção)
Atividade de pequenos grupos	TQC	Atividades de círculos voluntários
	TPM	Atividades integradas de cima para baixo e de baixo para cima
Meta	TQC	Qualidade da ordem PPM
	TPM	Através da eliminação de desperdícios e falhas (visando chegar a “zero falhas”)

Os funcionários deverão adquirir as seguintes capacidades:

- a) Operadores – capacidade de realizar a manutenção autônoma;
- b) Elementos de manutenção – capacidade de reestruturar a manutenção, de alta qualidade;
- c) Engenheiros de Produção – capacidade para realizar o planejamento de equipamentos que não necessitam de manutenção.

Melhoria dos equipamentos de fabricação, através do aperfeiçoamento dos recursos humanos, da seguinte forma:

- a) Aumentar o rendimento global, aprimorando o desempenho dos equipamentos existentes na fábrica;
- b) Projetos de novos equipamentos com base no LCC (Life Cycle Cost), minimizando o tempo de entrada em operação.

Reestruturar a cultura da empresa através do aperfeiçoamento da formação dos recursos humanos e da melhoria da organização funções dos diferentes departamentos, tais como escritório, projetos, vendas, pesquisa & desenvolvimento, entre outros.

2.5 Os cinco pontos chaves do TPM

A definição do TPM, proposta em 1971 pela JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance), foi revista em 1989, estabelecendo-se uma nova exposição, que se constitui dos **cinco** itens seguintes:

- (1) Buscar a criação de uma cultura coletiva ligada à obtenção de máxima eficiência em todo o processo produtivo;
- (2) Ativar o sistema para prevenção de perdas para atingir o objetivo de nível zero de acidentes, nível zero de defeitos e nível zero de quebras no processo produtivo;
- (3) Envolver toda a força de trabalho da empresa. A gerência cria um compromisso e uma visão clara do TPM. Os objetivos são, então, colocados em todos os níveis intermediários, até os operários da linha de produção;
- (4) Obter “zero” perdas através dos resultados das atividades dos pequenos grupos de trabalho, integrados ao sistema produtivo;

- (5) Estar gradativamente presente em todos os aspectos do desenvolvimento, produção, vendas e administração.

2.6 As doze etapas de implantação do TPM

A estimativa média de implementação do TPM é de 3 a 6 meses para a fase preparatória, e de 2 a 3 anos para início do estágio de consolidação, considerando que seja feita segundo as doze etapas sugeridas pela metodologia do JIPM.

A **Tabela 2** mostra as fases e suas respectivas etapas para a implementação da metodologia.

1ª etapa - Manifestação da Alta Administração Sobre a Decisão de Introduzir o TPM

A decisão da alta direção de adotar o TPM deverá ser divulgada para todos os funcionários, pois todos deverão se preparar psicologicamente para colaborar na consecução das expectativas e metas a serem atingidas com o programa em questão.

Em reunião de diretoria ou com as gerências a alta direção deverá declarar sua decisão pela introdução do TPM.

A organização de eventos, como seminários e encontros sobre TPM, direcionados para todos os executivos e o pessoal de chefia da empresa deve ser levada a efeito, e nestas oportunidades, se deve afirmar novamente a decisão de introduzir o TPM.

A publicação desta declaração deve ser feita nos boletins internos da empresa.

É recomendável que o TPM seja desenvolvido ao nível da empresa como um todo, contudo, quando se tratar de uma empresa de grande porte, e que possua muitas divisões em vários locais, deve-se selecionar algumas divisões ou localidades como modelos, e efetuar nestes a introdução piloto do TPM. A partir dos resultados obtidos nestas áreas piloto pode-se passar a difundir o TPM por toda a empresa.

2ª etapa - Campanha de Divulgação e Treinamento para Introdução do TPM

O TPM é um movimento para o aperfeiçoamento da empresa através do aprimoramento das pessoas e dos equipamentos. Assim, à medida que se faz treinamento para a introdução do TPM em todos os níveis hierárquicos, consegue-se

Tabela 2 - As 12 Etapas de Desenvolvimento do TPM.

FASES	ETAPAS	PONTOS PRINCIPAIS
Preparação para a Introdução.	1. Manifestação da alta direção sobre a decisão de introduzir o TPM	Essa Manifestação deve acontecer num encontro interno da empresa sobre TPM, e deve ser publicada num boletim interno da empresa.
	2. Campanha de divulgação e treinamento para introdução do TPM.	Executivos: Realizam estudos em grupo, conforme os cargos que ocupam. Funcionários em geral: passam por seções orientados por projeção de "slides" ou outros recursos.
	3. Estrutura para implantação do TPM.	Comissão ou grupos de estudo por especialidade. Secretaria.
	4. Estabelecimento de diretrizes básicas e metas para o TPM.	Benchmark e metas: previsão dos resultados.
	5. Elaboração do plano diretor para implantação do TPM.	Desde os preparativos para introdução até os detalhes da implantação.
Início da Introdução	6. Início do programa de TPM.	Convites: - Clientes; - Empresas Relacionadas; - Empresas Colaboradoras.
Implementação	7. Aperfeiçoamento individualizado nos equipamentos para melhorar rendimento operacional.	Seleção de um equipamento modelo: organização de uma equipe de projetos.
	8. Estruturação da manutenção por iniciativa própria.	Método de evolução passo a passo, diagnóstico e aprovação.
	9. Estruturação da manutenção programada pelo departamento de manutenção.	Manutenção periódica, manutenção preditiva, controle de construções, peças sobressalentes, ferramentas e desenhos.
	10. Treinamento para melhora do nível de capacitação da operação e da manutenção.	Treinamento concentrado dos líderes: treinamento das outras pessoas envolvidas.
	11. Estruturação do controle da fase inicial de operação dos equipamentos.	Projeto MP: controle de flutuação na fase inicial: LCC
Consolidação	12. Execução total do TPM e elevação do nível geral.	Recebimento do prêmio PM: busca de maior desafio através de objetivos cada vez mais ambiciosos.

Fonte: Apostila do Curso de Formação de Multiplicadores - TPM. São Paulo: IM & C - Programas Especiais de Desenvolvimento Profissional, Out/93, p. 25.

maior compreensão sobre o assunto por todos, que, além disso, passarão a utilizar uma linguagem comum, aumentando sua vontade para enfrentar o desafio proposto pelo TPM.

Recomenda-se que a mídia a ser utilizada na campanha interna seja através de "posters" e "slogans".

O simples fato de o executivo principal ter decidido colocar em prática o TPM não é suficiente que o programa se desenvolva por si só. Tal desenvolvimento será possível somente após a realização de treinamentos adequados.

Nesta etapa, não apenas o setor de produção, mas todos os demais setores, como pesquisa e desenvolvimento, projetos, área técnica de produção, vendas, compras, contabilidade, pessoal, administração e outros, deverão também receber treinamento introdutório, o qual nada mais é que um esclarecimento e conscientização sobre o TPM.

3ª etapa - Estrutura para Implantação do TPM

O objetivo desta etapa é criar uma estrutura matricial para promover o TPM, que junte a estrutura horizontal formada por comissões e equipes de projetos com a estrutura formal, hierárquica e vertical. Além disso, deve-se gerenciar participativamente através de pequenos grupos multifuncionais.

Ao se desenvolver o programa de TPM em nível da empresa como um todo, deve ser constituída uma comissão de TPM de toda a empresa, que se preocupará em promover a implantação do programa de forma global.

Igualmente, será necessário estabelecer uma comissão de promoção do TPM em cada divisão ou filial. Sugere-se criar uma secretaria administrativa de promoção do TPM e designar uma pessoa dedicada, que será responsável pelo programa.

Dependendo da necessidade, podem-se estabelecer, ainda, grupos de estudo ou equipes de projetos visando melhorias individualizadas nas áreas de divulgação, treinamento, manutenção espontânea, manutenção programada e controle dos equipamentos na fase inicial, entre outras.

Deve-se, também, criar e desenvolver, dentro da estrutura formal, pequenos grupos voltados para o TPM, que terão como líderes os responsáveis de primeira linha da empresa.

O sucesso ou insucesso do programa de TPM dependerá enormemente de quem for escolhido para presidente da comissão de implantação de TPM.

Os executivos deverão comparecer assiduamente às reuniões da comissão e liderá-las de forma positiva e efetiva.

4ª etapa - Estabelecimento de Diretrizes Básicas e Metas para o TPM

O TPM deve ser parte integrante das diretrizes básicas da administração da empresa, bem como dos seus planos de médio e longo prazo. Além disso, as metas do TPM devem fazer parte das metas anuais da empresa e sua promoção deve ser feita de acordo com as diretrizes e metas da empresa.

É importante definir claramente a postura que se deseja para cada nível hierárquico, decorridos 3 a 5 anos após a introdução do TPM. Devem-se também estabelecer metas para a incorporação dos conceitos e das principais sugestões para execução, obtendo o consenso de toda a empresa sobre estas questões.

Deve-se fazer uma previsão do tempo necessário para alcançar um nível que permita à empresa concorrer ao prêmio PM (Prevenção da Manutenção), assim como definir os objetivos a serem alcançados nessa época (tais como metas relativas à redução de quebras, aumento do rendimento geral dos equipamentos, etc.).

Para isso, é necessário efetuar um levantamento criterioso de cada item da meta, dos índices atualmente verificados, e monitorá-los.

Recomenda-se fazer comparações entre a situação atual e o objetivo visado, ou seja, quando se atingir o nível de concorrer ao prêmio PM, fazendo uma previsão dos resultados e alocando recursos adequados para tal execução.

Ao se introduzir o TPM deve-se buscar, sem dúvida, a conquista do prêmio PM. Entretanto, o prêmio no mínimo deve ser um meio para melhorar os resultados, mas não um fim, pois o que realmente importa é a realização de melhorias.

Como meta para o TPM alcançar um nível que permita o recebimento do prêmio PM, devem-se propor metas ambiciosas, como a redução do índice de defeitos de 10 para 1, ou a elevação da produtividade em 50 %. Além disso, é importante a criação de um "slogan" que eleve o moral de todos os funcionários e seja facilmente compreendido. Inclusive por pessoas de fora da empresa.

5ª etapa - Elaboração do Plano Diretor para Implantação do TPM

Elaborar um plano de metas (Plano Diretor) que englobe desde os preparativos para a introdução do TPM, até a etapa de avaliação para o prêmio PM. Durante o

desenvolvimento do Plano Diretor deve-se medir sua promoção tendo em mente o propósito de alcançar o nível esperado de avaliação, em base anual.

Inicialmente deve-se elaborar um cronograma contendo as 12 etapas previstas no programa de desenvolvimento do TPM, especialmente o proposto nos pilares básicos do TPM, e indicando claramente o que deve ser feito e até quando. O cronograma, estabelecido em nível da empresa como um todo ou de suas divisões ou filiais, é denominado Plano Diretor.

Baseando-se nesse Plano Diretor, cada departamento, seção ou unidade deverá elaborar o seu próprio cronograma.

Anualmente efetua-se a comparação entre o previsto e o real, fazendo-se uma avaliação do progresso conseguido e introduzindo correções de acordo com a necessidade.

Como o TPM visa o aprimoramento das pessoas e dos equipamentos, se não houver tempo suficiente não se alcançará a melhora desejada. A elaboração do Plano Diretor deve considerar um espaço de tempo suficiente para que surjam resultados.

Para o desenvolvimento de cada um dos pilares básicos deve-se elaborar um manual que possibilite a qualquer pessoa a compreensão do desenvolvimento do programa de TPM.

A comissão deve reunir-se mensalmente para verificar o progresso e avaliar a evolução do programa.

6ª etapa - Início do Programa de TPM

Encerrada a fase preparatória, terá início a implantação do programa. Trata-se, nesta etapa, de fazer frente ao desafio de "zerar" as seis grandes perdas dos equipamentos, procurando que cada funcionário da empresa compreenda as diretrizes da Diretoria, conseguindo assim elevar a motivação moral de todos para participar, desafiando as condições limites atuais, e atingir as metas visadas.

É preciso programar uma cerimônia para lançar o desafio de eliminar as seis grandes perdas, com garra e disposição, e conseguir o apoio de todos os funcionários às diretrizes emanadas da Diretoria.

A cerimônia deve ser um encontro de todos os funcionários, no qual:

- É reafirmada a decisão da Diretoria de implantar o TPM;

- Procedimento de promoção do TPM é explicado, bem como as diretrizes básicas do programa, suas metas, o Plano Diretor e outros aspectos;
- É feita, por um representante dos funcionários, uma declaração solene de aceitação do desafio de conquistar o prêmio PM;
- São recebidas manifestações de incentivo por parte de visitantes presentes ao evento;
- Para esse encontro deverão ser convidados os clientes, empresas fornecedoras e empresas coligadas.

Até a data de início do programa propriamente dito, o treinamento visando à introdução ao TPM, para todos os funcionários da empresa, já deverá estar concluído.

7ª etapa - Melhoria Individualizada nos Equipamentos para Maior Rendimento Operacional

Selecionando-se um equipamento piloto e formando-se uma equipe de projeto, composta por pessoal da engenharia de processo e da manutenção, supervisores de linha de produção e operários, é possível efetuar as melhorias individualizadas destinadas a elevar o rendimento dos equipamentos e comprovar os efeitos positivos do TPM.

Como equipamento piloto, deve ser escolhido aquele que seja um gargalo de produção, ou onde estejam ocorrendo perdas crônicas nos últimos 3 meses, pois assim, após a introdução das melhorias pretendidas, será possível obter resultados altamente positivos.

Dentre os temas para melhoria, deve-se escolher qual das 6(seis) grandes perdas (quebras, "setup" e ajustes, perdas devidas ao ferramental, operação em vazio e paradas momentâneas, redução da velocidade, defeitos no processo e início de produção, e queda no rendimento), é aquela que melhor atende à necessidade de redução de perdas.

Ao demonstrar melhorias individualizadas através de equipes de projeto com temas específicos, é possível demonstrar as reais habilidades do pessoal de engenharia de processo e de manutenção. Ao disseminar a melhoria individualizada lateralmente, cada líder de grupo poderá realizar as melhorias nos equipamentos do seu próprio local de trabalho, através de pequenos grupos.

Para as melhorias individuais é necessário utilizar todos os métodos relevantes, tais como a engenharia industrial, o controle de qualidade, engenharia de confiabilidade, ou outros. Para eliminar perdas crônicas em um equipamento pode-se utilizar uma das metodologias da engenharia de confiabilidade mais eficazes, que é o método de análise de PM - Prevenção da Manutenção.

Cada setor ou seção deve selecionar um único equipamento piloto, pois não se deve atuar sobre muitos ao mesmo tempo.

É sempre recomendável que se inclua como membro da equipe, alguma pessoa que domine o método de análise de PM.

8ª etapa - Estruturação para a Manutenção Espontânea

O objetivo desta etapa é fazer com que a atitude segundo a qual, cada pessoa se encarrega de cuidar efetivamente de seus próprios equipamentos, seja definida para todos os trabalhadores da empresa, ou seja, a habilidade de executar uma manutenção espontânea deve ser adotada por cada operador.

Para o desenvolvimento da manutenção espontânea deve-se proporcionar treinamento a cada passo, executar as manutenções, e as chefias devem avaliar os resultados que, uma vez aprovado, permitirá prosseguir para o passo subsequente, conforme **Tabela 3**.

As etapas 1 (um) a 4 (quatro) referem-se à parte fundamental do aprimoramento das pessoas e dos equipamentos. Ao realizá-las com paciência e perseverança certamente serão alcançados os resultados esperados.

Deve-se evitar pintar corredores e equipamentos sem que antes sejam eliminadas as sujeiras, ferrugens, lixo, vazamentos de óleo e outros.

9ª etapa - Estruturação da Manutenção Programada pelo Departamento de Manutenção.

Nesta etapa a produção e a manutenção buscam complementar-se, com a adoção da manutenção autônoma ou voluntária pela produção, enquanto a área de manutenção se encarrega da condução do planejamento da manutenção.

O departamento de manutenção se desloca para uma nova modalidade de trabalho que é o da incorporação de melhorias.

Tabela 3 - Atividades que antecedem a 8ª Etapa

Etapa	Nome	Atividades a serem realizadas nas etapas anteriores a 8ª Etapa
1	Limpeza inicial	Identificar pontos onde haja defeitos e efetuar o reparo dos mesmos, ou seja, aprender que fazer a limpeza é efetuar a inspeção.
2	Medidas contra fontes geradoras de problemas e locais de difícil acesso	Providenciar ações contra fontes geradoras de problemas e proceder à melhoria do acesso a pontos normalmente difíceis. Com isso será possível reduzir o tempo gasto para efetuar a limpeza e a lubrificação.
3	Elaboração de normas para limpeza e lubrificação	As normas que serão seguidas devem ser elaboradas pelo próprio usuário.
4	Inspeção geral	Faz-se o treinamento nas técnicas específicas de inspeção (por exemplo, os ajustes de parafusos e porcas). Executando-se a inspeção geral, pequenos defeitos nos equipamentos são detectados, procedendo-se em seguida ao efetivo reparo, até que os equipamentos atinjam o estado que deveriam ter.
5	Inspeção espontânea	Efetua-se a inspeção espontânea com a finalidade de manter as condições de performance originalmente concebidas para o equipamento.
6	Arrumação e limpeza	Definem-se as ações necessárias ao controle das estações de trabalho e sua manutenção.
7	Efetivação do autocontrole	As habilidades adquiridas nas etapas 1 (um) a 6 (seis) serão utilizadas para dar continuidade à manutenção espontânea e às atividades de melhoria dos equipamentos.

O planejamento da manutenção é a prática tradicional recomendada para a preservação de máquinas, equipamentos e instrumentos, através da preparação dos calendários de trabalho e a definição das normas e padrões para a sua condução, não se tratando, portanto, de algo inédito.

10ª etapa - Treinamento para Melhoria do Nível de Capacitação da Operação e da Manutenção.

Desenvolver novas habilidades e conhecimentos, tanto para o pessoal de produção quanto para o de manutenção, é o que preconiza esta etapa.

Não se trata do mesmo programa estabelecido na fase inicial, a segunda etapa, que se baseia na conscientização, mas sim, busca a obtenção dos conhecimentos suplementares e habilidades necessárias, através de aulas teóricas e práticas, desenvolvidas nos centros de treinamento das empresas, constituindo-se como parte integrante do programa de formação profissional, visando à boa performance no trabalho.

Portanto, nesta etapa, a empresa deve encarar este programa de educação e treinamento como um investimento, no qual não se deve economizar, visto que apresenta um retorno garantido.

11ª etapa - Estruturação do Controle da Fase Inicial de Operação dos Equipamentos.

Esta é uma etapa designada aos órgãos de engenharia da empresa, tanto no que se refere aos processos, como no que se refere à determinação ou construção de máquinas, buscando o máximo rendimento operacional global.

É nesta fase, que os levantamentos das inconveniências, imperfeições e a incorporação de melhorias são efetivados, mesmo nas máquinas novas, onde os conhecimentos adquiridos possibilitam o desenvolvimento de projetos onde estejam presentes os conceitos de PM - Prevenção da Manutenção, destinada à conquista de resultados de máquinas com Quebra Zero/Falha Zero.

A aquisição de uma nova máquina deve levar em conta também estes conceitos de PM, além dos fatores econômicos e financeiros, variáveis que, em função dos equipamentos atualmente disponíveis no mercado, nem sempre são atendidas satisfatoriamente.

12ª etapa - Execução Total do TPM e Elevação do Nível Geral.

Esta é a etapa da consolidação do TPM onde se dá o incremento do nível geral da sua performance. Com a conquista desse marco a empresa estaria habilitada a inscrever-se ao Prêmio PM de Excelência em Manutenção, concedido pelo JIPM.

2.7 Os Oito Pilares do TPM

No TPM, para a eliminação das 6 (seis) grandes perdas do equipamento, implementam-se as 8 (oito) atividades seguintes designadas como "8 pilares de sustentação do desenvolvimento do TPM", proposto pelo JIPM.

Na sua configuração inicial, o TPM contava com 5 (cinco) pilares ou atividades, estabelecidos como básicos para dar sustentação ao desenvolvimento da metodologia. Posteriormente foram incluídos mais 3 (três) atividades ou pilares, quais sejam: manutenção com vistas a melhoria da qualidade; gerenciamento; segurança, higiene e meio ambiente. A **Figura 2** abaixo ilustra os 8 (oito) pilares.



Figura 2 - Os Oito Pilares do TPM

O papel dos pilares pode ser disposto da seguinte forma:

- A) Estabelecer um sistema para aumento da eficiência do sistema produtivo:
 - (1) Manutenção Autônoma
 - (2) Manutenção Planejada
 - (3) Melhorias Específicas (Gerenciamento de Dados)
 - (4) Educação e Treinamento (Gerenciamento do Conhecimento)
- B) Estabelecer um sistema de gerenciamento inicial para novos produtos e equipamentos:
 - (5) Controle Inicial
- C) Estabelecer um sistema de gerenciamento da qualidade:
 - (6) Manutenção da Qualidade
- D) Estabelecer um sistema que garanta o aumento da eficiência dos departamentos administrativos:
 - (7) Office TPM
- E) Estabelecer um sistema de gestão da segurança, saúde e meio ambiente:
 - (8) Segurança, saúde e meio ambiente.

3 Pilar Gerenciamento de Dados

3.1 Objetivo do Pilar Gerenciamento de Dados

Gerenciamento de Dados é o pilar que norteia as atividades que serão desenvolvidas pelos outros pilares, direcionando esforços à eliminação das perdas mais relevantes.

3.2 Desdobramento das Diretrizes, estabelecimento de Itens de Controle e Metas

Embora muitos não percebam, o objetivo final do TPM vai muito além do que a simples melhoria da manutenção dos equipamentos da empresa. Para que o programa tenha sucesso, é necessário entender o seu papel dentro do negócio da empresa, e os objetivos e metas do programa devem estar em linha com os objetivos e metas da empresa.

As empresas são dirigidas com base nas diretrizes estabelecidas pela alta direção, e essas diretrizes devem ser desdobradas. O desdobramento é uma ação “*Top to Down*” (ocorre de cima para baixo). Desdobrar diretrizes significa entender as ações que serão necessárias em cada um dos setores da empresa e nos diversos níveis hierárquicos, e entender o papel de cada um dentro do resultado final.

Após o desdobramento das diretrizes, o Comitê deverá estabelecer itens de controle e metas, de forma que todos saibam as suas parcelas de contribuição para com os objetivos e metas da empresa. Cada nível ficará responsável pelo cumprimento das metas estabelecidas, sendo que um indicador não pode ser controlado por mais de um nível, não podendo também ser repetido em vários níveis (ver **Figura 3**).

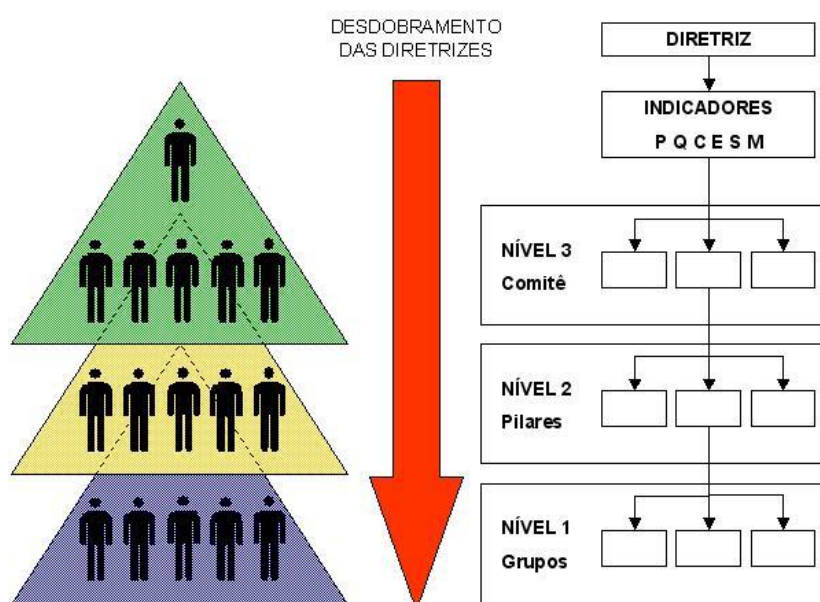


Figura 3 - Desdobramento das diretrizes

3.3 Níveis de Gestão

Podemos entender gestão como sendo um conjunto de recursos atividades com o objetivo de controlar uma ou mais variáveis. Como o TPM é um sistema de gestão que busca a eliminação contínua das perdas existentes no sistema produtivo, as variáveis que deverão ser controladas nos quadros de gestão do programa são as perdas. As perdas, por sua vez, podem ocorrer na empresa de diversas formas, afetando desde o desempenho do equipamento, isoladamente, até o desempenho cooperativo.

Dentro do programa TPM, as atividades serão desenvolvidas pelos diversos grupos de trabalho, que estão dispostos em níveis. Cada nível deverá possuir os seus itens de controle e a gestão deverá ser feita nos 3 (três) níveis, conforme **Figura 4**.

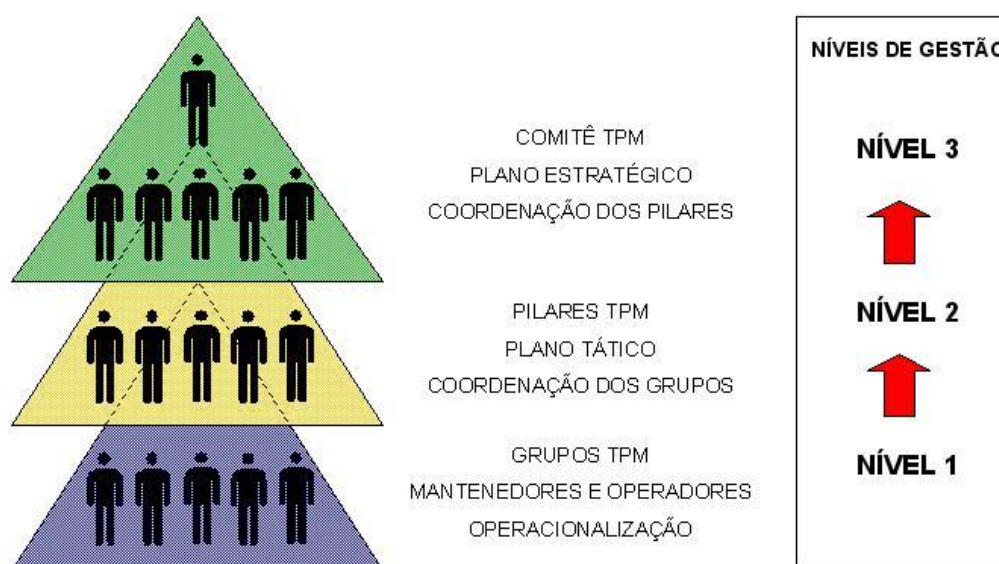


Figura 4 – Os três níveis de gestão

3.4 Níveis de Indicadores

Cada um dos três níveis deve possuir seus indicadores, que devem ser determinados através do desdobramento. Os indicadores possuem três níveis, da mesma forma que os níveis de gestão, conforme **Figura 5**.

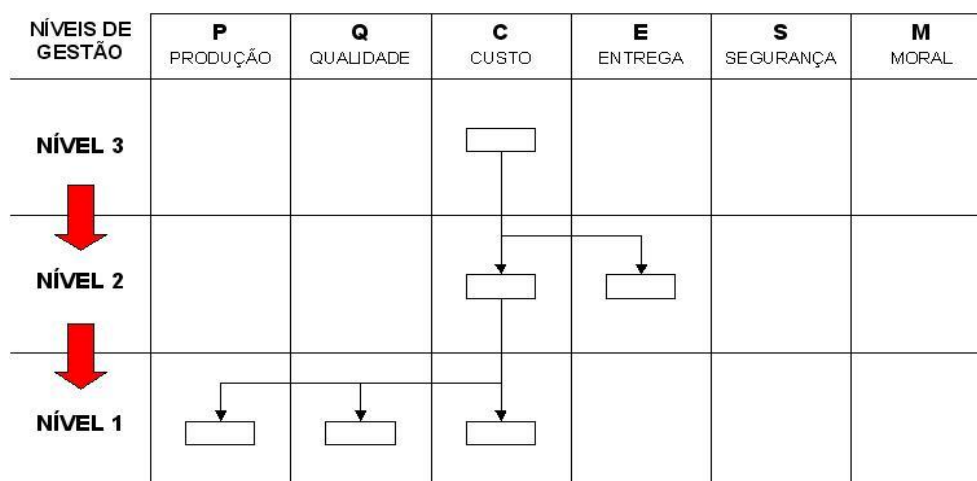


Figura 5 – Indicadores PQCESM e os seus níveis

3.5 Estabelecimento de Metas

A existência de metas é condição fundamental para o gerenciamento.

Após o desdobramento das diretrizes e dos indicadores PQCESM, o grupo deverá fazer a análise da situação atual e estabelecer metas. As metas são estabelecidas pelo desdobramento dos indicadores, onde o comitê estabelece o grau de contribuição de cada indicador, nível a nível, ao resultado total da empresa.

Para que a melhoria ocorra de forma uniforme e os grupos possam avaliar seus desempenhos periodicamente, é necessário o estabelecimento de metas intermediárias. A gestão do período deve ser feita objetivando o atendimento da meta intermediária referente ao período.

O pilar Gerenciamento de Dados desempenha papel fundamental na identificação das principais perdas, na análise de sua ocorrência, na determinação de suas causas e no estabelecimento de práticas que previnam a ocorrência de qualquer perda.

Como o programa TPM objetiva a obtenção de bons resultados, o ponto de partida deverá ser os resultados. Com base nos resultados esperados, os times deverão determinar quais as atividades que contribuem para esses resultados e quais os problemas que ocorrem em cada atividade e que contribuem para a geração de perdas.

O passo final deverá ser a elaboração dos padrões de rotina que garantam o desempenho das atividades de forma a prevenir perdas, e dos padrões de gerenciamento que garantam a melhoria contínua dos resultados.

Cabe ao Gestor da unidade o controle dos padrões de gerenciamento, garantindo o seu cumprimento através das auditorias.

3.6 Perdas Crônicas e Esporádicas

Eliminar defeitos de qualidade continua sendo o maior desafio no chão de fábrica. Enquanto poucas operações de produção apresentam índices de defeitos acima de 2% a 3%, aqueles com índices menores que 1% são provavelmente focado em defeitos que se tornam crônicos. Infelizmente, problemas crônicos, que sejam perdas de qualidade, produtividade, ou até ambos, aparentemente, não têm fim.

Existem duas razões pelas quais as pessoas não obtêm bons resultados na redução de perdas crônicas:

- Dificuldade em entender a natureza das perdas crônicas;
- Utilização de métodos ineficientes para lidar com perdas crônicas;

Falhas e defeitos nos equipamentos se manifestam de duas formas: como perdas crônicas e esporádicas (ver **Figura 6**). As perdas esporádicas indicam desvios repentinos, e geralmente grandes, da condição normal. Por outro lado, as perdas crônicas indicam desvios pequenos e em que sua maioria é encarada como ocorrências normais.

Perdas esporádicas ocorrem como resultado de mudanças na situação. Se os fatores que causam a variação são corrigidos, o estado original pode ser restaurado. As perdas crônicas têm características diferenciadas e são na sua maioria devidas a fatores latentes. Então, torna-se necessário a revisão das técnicas de gerenciamento convencionais.

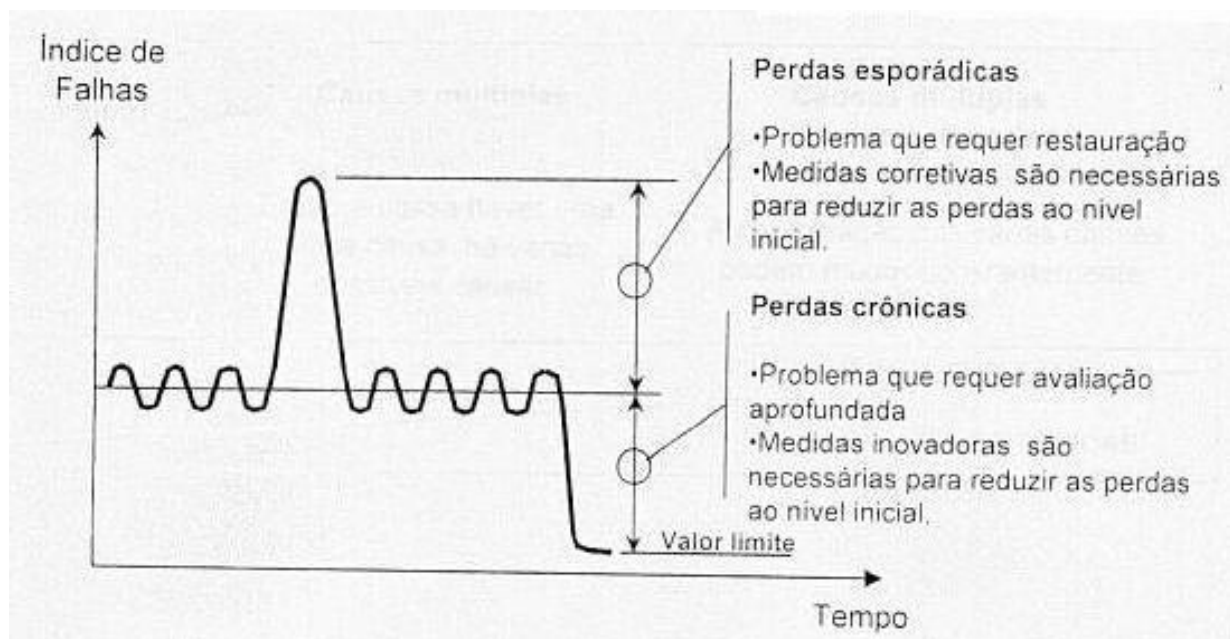


Figura 6 – Perdas crônicas e perdas esporádicas

Os fatores latentes estão presentes na maioria das perdas, tornando-as difíceis de eliminar. O conceito de zero defeito, zero falha e zero acidente está diretamente ligado à capacidade de identificar e tratar tais fatores.

As perdas crônicas têm como característica a pluralidade de fatores causais, que podem ocorrer de forma isolada ou inter-relacionada. Ao atuar em apenas uma das causas, o problema pode ser eliminado temporariamente, porém a perda voltará a ocorrer, só que com características diferentes, conforme ilustrado na **Figura 7**.

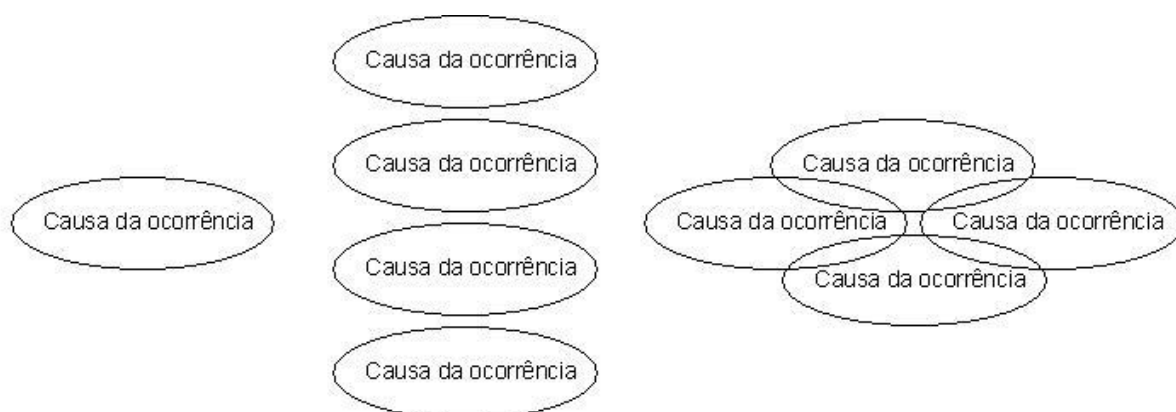


Figura 7 - Características das perdas crônicas

3.7 Eficiência do Equipamento – EE

Ao calcular a eficiência dos equipamentos, o método de calculo varia, dependendo do tipo de equipamento e da forma como ele está disposto dentro do sistema de produção.

Se um equipamento opera isoladamente a sua eficiência pode ser calculada levando-se em consideração apenas a sua programação e perdas. Neste caso teremos a Eficiência do Equipamento (EE), que é medida individualmente, conforme **Figura 8**.

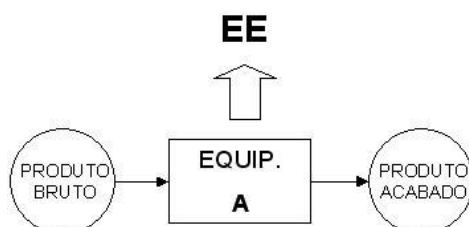


Figura 8 - Eficiência do Equipamento (EE)

3.8 Eficiência Global do Equipamento - OEE

Quando o equipamento faz parte de um grupo de equipamentos, como uma célula ou uma linha de produção, por exemplo, o mesmo apresenta uma determinada eficiência, assim como todos os demais. Como o resultado individual tem-se a EE de cada equipamento, e como resultado global, temos a OEE do sistema, conforme **Figura 9**.

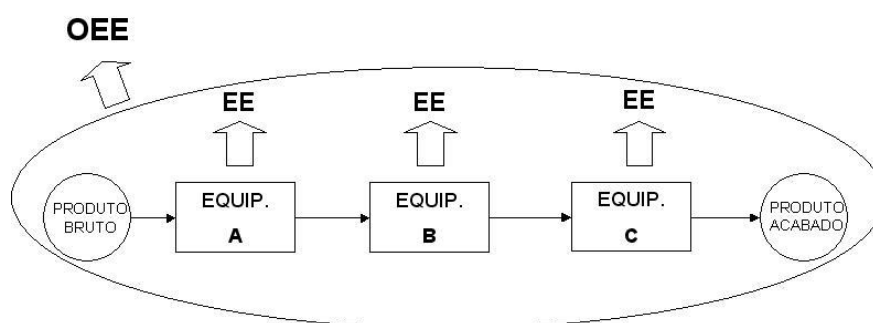


Figura 9 - Eficiência Global dos Equipamentos (OEE)

3.9 Abrangência da Perda

Dependendo da forma como está organizada a produção, uma perda em um equipamento afeta a empresa de diversas formas, podendo gerar perdas na célula e planta, com abrangências diferentes.

O registro da abrangência da perda é necessário para que possamos entender a criticidade da perda e conhecer os diferentes níveis de desempenho da empresa.

Ao ocorrer a perda em um equipamento, os times deveram ficar atentos às suas conseqüências no desempenho da célula e da planta, lançando os tempos correspondentes no registro de perdas.

3.10 Conceito de Restauração

Restauração significa a reversão para o estado original. Todos os equipamentos se deterioram com o passar do tempo, o que muda é o grau de deterioração. O grau de deterioração, por sua vez, depende das características do equipamento como conjunto, das características de seus componentes e das condições ambientais e operacionais.

A deterioração ocorre em forma de alterações no comportamento do equipamento. Normalmente essas alterações não podem ser detectadas a menos que se tornem grandes e evidentes, pequenas alterações geralmente passam despercebidas. Grandes alterações podem levar às perdas esporádicas se não forem reparadas, ocorrendo o mesmo com as pequenas alterações, conforme ilustrado na **Figura 10**.

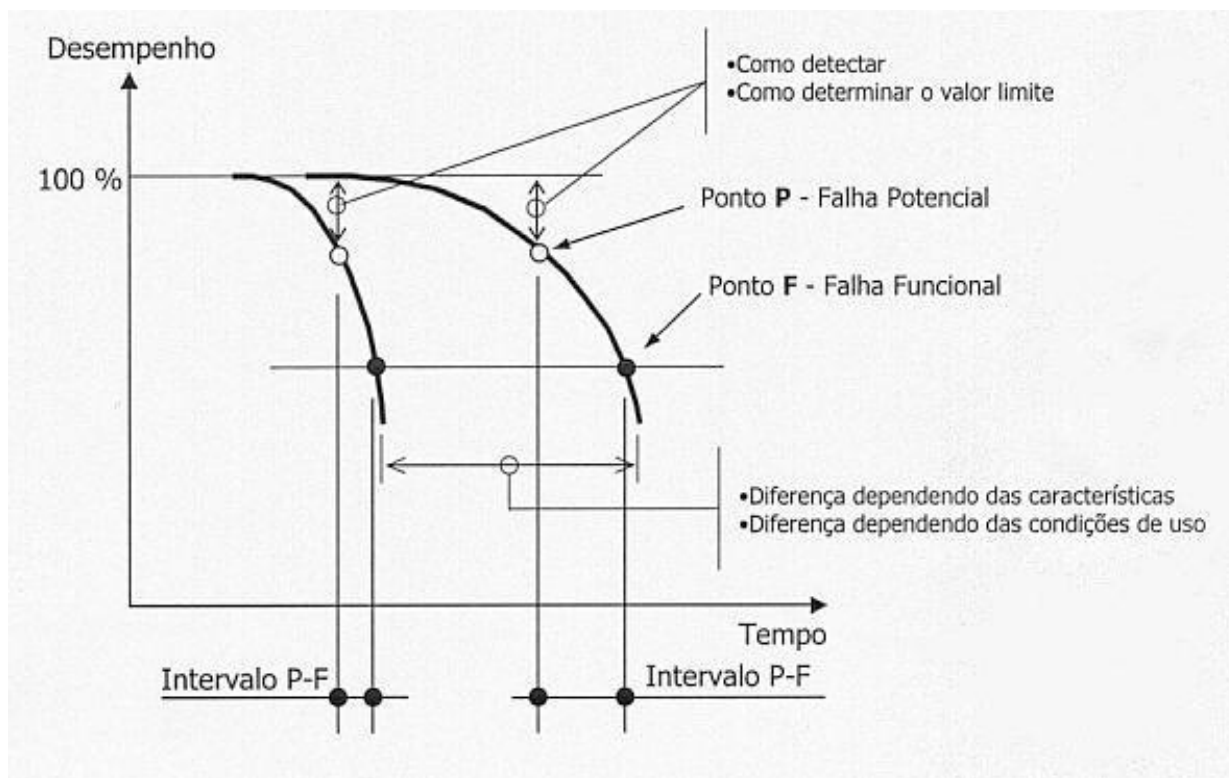


Figura 10 - Evolução da deterioração

3.11 Conceito de Melhoria

O motivo do aumento das perdas crônicas está relacionado com a baixa confiabilidade dos equipamentos. Confiabilidade aqui significa a probabilidade de um equipamento ou sistema operar durante um determinado tempo em condições especificadas. Podemos entender também como a probabilidade de que nenhum problema ocorra durante determinado período de tempo. Essa baixa confiabilidade leva a ocorrência de falhas e defeitos. Como o ciclo de ocorrência é curto, as perdas se tornam crônicas.

Confiabilidade consiste em confiabilidade inerente e confiabilidade de uso. A confiabilidade inerente é definida na fase de projeto, fabricação e instalação e a confiabilidade de uso é definida pelas condições operacionais e de manutenção.

Geralmente os problemas decorrentes da baixa confiabilidade de operação são muitos, comparado com os problemas em função da baixa confiabilidade inerente. Quando as falhas ou defeitos ocorrem, é necessário investigar a natureza dos problemas relacionados à baixa confiabilidade, identificando o fator gerador. Os

problemas decorrentes da baixa confiabilidade de uso é um fator crescente, pois não são feitos estudos e avaliações sobre a forma de uso dos equipamentos. Esses estudos são essenciais para determinar a melhor forma de operação dos equipamentos para aumentar o fator de utilização (tempo, velocidade) e melhorar a operabilidade e manutenibilidade. O desenvolvimento das habilidades dos operadores propicia melhorias consideráveis na operação, ajustes e detecção prévia de anomalias de forma a manter os equipamentos em seus estados ótimos.

Por mais que os equipamentos sejam desenvolvidos, se as condições de operação não acompanharem esse desenvolvimento, os problemas persistirão. Não basta apenas mudar a máquina, é necessário o desenvolvimento de quem opera o equipamento de forma a equilibrar o sistema Homem/Máquina.

4 Pilar Manutenção Autônoma

4.1 Definição

Manutenção Autônoma é o processo de capacitação dos operadores, com o propósito de torná-los aptos a promover no seu ambiente de trabalho mudanças que garantam altos níveis de produtividade.

Quebras e defeitos crônicos ocorrem devido a vários fatores, um deles é o fator humano. Os erros de operação e as quebras repetitivas são comuns no dia-a-dia, sendo encarados como ocorrências normais. O conceito de “eu opero, você conserta” tomou conta dos ambientes fabris e o pessoal da operação acredita que as falhas são de total responsabilidade do pessoal da manutenção. Muitas falhas poderiam ser evitadas se os operadores desempenhassem tarefas muito simples como limpeza, reaperto de parafuso, lubrificação e detecção de anomalias. O TPM busca a cooperação mútua entre os diversos setores e, através da Manutenção Autônoma, procura reverter esse quadro.

A Manutenção Autônoma faz com que os operadores tenham domínio sobre o seu equipamento e possam assumir tarefas que antes apenas eram desempenhadas

pelo pessoal da manutenção. Essa situação dá condições ao pessoal da manutenção de se desenvolverem, passando também a desempenhar novas atividades, melhorando a qualidade dos serviços de manutenção e podendo se dedicar de forma mais intensa às atividades preventivas.

A cooperação mútua da operação e manutenção faz com que ambos tenham os mesmos objetivos em relação aos equipamentos.

4.2 Desenvolvimento das habilidades dos operadores

A Manutenção Autônoma é desenvolvida em sete passos e busca desenvolver o operador para que este tenha total domínio do seu equipamento. A cada etapa os operadores passam a desempenhar novas atividades. Essas novas atividades estão diretamente ligadas ao desenvolvimento do operador em quatro habilidades, conforme **Figura 11**.



Figura 11 - As habilidades dos operadores e os sete passos da manutenção autônoma

4.2.1 Habilidade de identificar, corrigir e prevenir anomalias

Para tanto o operador precisa ter bem claro o conceito de condição normal e anormal. Identificar anomalia significa se antecipar aos acontecimentos indesejados, às perdas. Corrigir significa restaurar a condição ideal ou promover melhorias. O conceito de prevenção está ligado à forma correta de cumprimento das condições operacionais.

4.2.2 Habilidade de detectar as causas das anomalias

Para desenvolver essa habilidade o operador precisa ter bem claro a relação causa/anomalia/efeito. É necessário, então, que o operador tenha conhecimento das funções dos equipamentos, dos seus conjuntos e componentes. Isso lhe dará autonomia para saber o que procurar quando estiver inspecionando o equipamento, tornando-o apto a diagnosticar a causa de alguns tipos de falhas.

4.2.3 Habilidade de entender a relação entre equipamento e qualidade

Os problemas de qualidade do produto, ocorrem em função de variações no seu processo. Da mesma forma, as variações que ocorrem nos equipamentos podem gerar produtos defeituosos. Desenvolvendo essa habilidade, o operador terá condições de entender as relações entre equipamento e causas dos defeitos de qualidade.

4.2.4 Habilidade de executar reparos

Habilidade de executar reparo significa bem mais que simplesmente substituir peças e componentes. Está ligada à capacidade que o operador deverá desenvolver na identificação das causas, das quebras e falhas, do entendimento da função de cada componente dentro do sistema chamado máquina. Tendo desenvolvido essa habilidade, o operador estará apto a promover reparos e a auxiliar a equipe de manutenção nas intervenções preventivas.

4.3 Os Sete Passos da Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma é desenvolvida em sete passos, conforme **Tabela 4**.

Tabela 4 - Os sete passos da manutenção autônoma

PASSO	DENOMINAÇÃO	CONTEÚDO
1°	Limpeza Inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Contato com o equipamento • Limpeza é inspeção • Identificar e eliminar anomalias • Conceito de controle • Restauração das condições básicas
2°	Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso	<ul style="list-style-type: none"> • Conceito de melhoria • Eliminar problemas na sua fonte • Facilitar limpeza (inspeção) • Implementar controle
3°	Elaboração de normas provisórias de limpeza, inspeção e lubrificação	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de procedimentos • Conceito de sistematização • Entender a importância da prevenção • Definição das condições básicas
4°	Inspeção Geral	<ul style="list-style-type: none"> • Entender a função dos componentes • Manutenção das condições básicas • Avaliação dos procedimentos elaborados
5°	Inspeção Autônoma	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão dos procedimentos elaborados • Otimização das condições básicas • Encontro com a manutenção (RCM)
6°	Padronização	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidar trabalhos no equipamento • Romper fronteiras do equipamento • Eliminar tarefas NAV
7°	Gerenciamento Autônomo	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento de um sistema auto-sustentável de gestão da manutenção autônoma • Melhorar capacitação dos operadores, de forma a desenvolver a auto-iniciativa

1° Passo: Limpeza Inicial

O objetivo da limpeza inicial vai muito além de apenas retirar sujeira, geralmente acumulada por anos, deixando o equipamento com um aspecto mais agradável. Nesse passo, temos que aprender o conceito de que limpeza é inspeção, pois quando estiver limpando o seu equipamento, o operador deverá perceber que esse

é o melhor momento para observar o surgimento de falhas ínfimas ou se o equipamento apresenta algumas anomalias, que vão desde um simples parafuso solto até a ausência de algum componente, sendo as maiores responsáveis pelo mau desempenho e baixa produtividade dos equipamentos. Eliminando-as o operador estará restaurando seu equipamento, estabelecendo assim suas condições básicas.

Limpando se inspeciona e inspecionado o operador começa a conhecer o seu equipamento, descobrindo até mesmo a existência de peças e componentes cujas funções ele desconhecia ou sequer sabia que existia.

No programa da Manutenção Autônoma, os operadores passam a assumir maior responsabilidade por seu equipamento, buscando diariamente manter suas condições básicas e operacionais. A limpeza é fundamental para o bom desempenho do equipamento, pois como visto, a sujeira, além dos problemas relacionados à qualidade dos produtos, pode causar perdas como falhas e até acidentes.

O operador deve adquirir o hábito de inspecionar seu equipamento enquanto estiver limpando.

2º Passo: Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso

Durante a limpeza inicial, foram detectadas várias fontes de sujeira e diversos pontos que tornaram a limpeza (inspeção) e a lubrificação muito difíceis. Nesse passo é necessário concentrar esforços na eliminação desses pontos.

3º Passo: Elaboração das normas provisórias de manutenção das condições básicas

O objetivo desse passo é aumentar a confiabilidade e a manutenibilidade dos equipamentos pela elaboração e implementação dos padrões provisórios de manutenção das condições básicas. A preparação desses padrões provisórios deve ser feita pelos seus usuários, ou seja, pelos próprios operadores. A intenção é despertar neles a visão das condições necessárias para a manutenção e controle das atividades de limpeza, lubrificação e reaperto de parafuso. Além disso, é nessa etapa que se inicia a assimilação do método de controle visual.

4° Passo: Inspeção geral

O objetivo desse passo é desenvolver nos operadores as habilidades necessárias para promover a inspeção de todos os mecanismos que constituem os equipamentos. Para isso é necessário que os operadores conheçam os diferentes elementos de máquinas e entendam a estrutura dos equipamentos e seu princípio de funcionamento. A qualidade da inspeção evolui à medida que o operador desenvolve o seu conhecimento sobre o equipamento.

Os passos anteriores foram centrados em atividades para prevenir a deterioração, com ênfase no atendimento das condições básicas. No quarto passo, o foco está em desenvolver os operadores, de forma que estes obtenham o domínio do seu equipamento em termos de avaliação e restauração da deterioração.

5° Passo: Manutenção Autônoma

Nos passos anteriores, o operador desenvolveu suas habilidades em relação às anomalias. A restauração e o estabelecimento das condições básicas promoveram mudanças nos equipamentos, possibilitando a redução drástica do número de quebras e falhas. Para a manutenção do estado alcançado tornam-se essenciais a melhoria da confiabilidade e manutenibilidade.

Por esse motivo o quinto passo busca a revisão e o aperfeiçoamento das normas de limpeza, inspeção geral e lubrificação, evitando a ocorrência de erros. Além disso, neste passo o operador inicia o desenvolvimento da habilidade de entender a relação entre as variações no equipamento e os aspectos de qualidade do produto, acrescentando aos padrões de inspeções o item qualidade.

O ponto chave do quinto passo é a compatibilização das atividades desenvolvidas pelos operadores e mantenedores e a otimização da inspeção de forma a adequar o tempo necessário a sua condução com as necessidades da programação da manutenção.

Nos passos anteriores, os operadores tiveram a oportunidade de vivenciar as dificuldades de conciliar a necessidade de inspeção com a necessidade de produção. À que o tempo de parada inesperada é reduzido, a confiabilidade de operação aumenta, isso torna possível à coordenação de Manutenção Autônoma o estabelecimento de metas referentes ao tempo de inspeção de forma a não inferir no aumento progressivo de eficiência global dos equipamentos.

O tempo demandado pelas atividades de inspeção e manutenção, embora seja extremamente vital é considerado como uma perda, o que reforça a necessidade do estabelecimento e elaboração de padrões otimizados de inspeção e manutenção.

6° Passo: Padronização

Até agora, as atividades estiveram focadas no aperfeiçoamento das condições básicas e inspeções de rotina. O sexto passo busca a garantia da manutenção e controle da Manutenção Autônoma, rompendo a fronteira do equipamento, passando a administrar as perdas referentes às atividades periféricas, completando assim o gerenciamento autônomo.

As atividades de padronização esperadas nesse passo são:

- Padrões Logísticos;
- Padrões de trabalho, relativos à produtividade e segurança;
- Padronização de informações;
- Padrões de controle de gabaritos, ferramentas e instrumentos de medição;
- Procedimento de controle de peças de reposição;
- Normas de garantia de qualidade do processo;

7° Passo: Gerenciamento Autônomo

O sétimo passo é um resumo de todas as atividades desenvolvidas até o sexto passo. Agora, os membros dos grupos adquirem autoconfiança, baseado nos resultados alcançados em relação às pessoas e aos equipamentos. Este é o passo da consolidação da Manutenção Autônoma e tem como objetivo estabelecer um sistema auto-sustentável de gerenciamento da produção e formar um cenário que encorajem os operadores à busca de novos desafios. A partir de agora, o operador enfrentará novos desafios, baseado no pensamento de que as melhorias não têm limite.

Com a experiência adquirida nos seis passos anteriores, os operadores mudaram de forma mais contundente a sua postura, deixando de lado as posturas passivas. Sendo cada vez mais ativos, estarão aptos a estabelecer seus próprios objetivos e metas baseados no desdobramento das diretrizes da alta direção.

A palavra chave nessa altura dos acontecimentos é motivação, uma vez que não há uma regra pré-estabelecida a ser seguida nem objetivos específicos, como havia

anteriormente para mudança de passo. O sétimo passo é como uma catraca, que só gira em uma direção. O regresso, que é a queda do desempenho do grupo, quando acontece é sinal que algum dente da catraca foi quebrado e na Manutenção Autônoma a única força capaz de quebrar esse dente de sustentação é a desmotivação.

5 Pilar Manutenção Planejada

O desenvolvimento da manutenção planejada, da mesma forma que a Manutenção Autônoma, busca a capacitação dos mantenedores, de forma que os mesmos estejam aptos a atender os seus equipamentos e os sistemas nos quais eles operam, podendo assim determinar as práticas de manutenção melhor custo-eficiente para garantir a sua disponibilidade.

A função das atividades da manutenção é controlar a disponibilidade de fábrica dentro de valores especificados em um intervalo de tempo também especificado, ao melhor custo e com segurança. Esse controle é feito através de métodos, técnicas, tecnologias e principalmente pessoas.

5.1 Divisão da Manutenção

A primeira dificuldade que encontramos quando começamos a trabalhar com manutenção é o entendimento da forma como as atividades de manutenção estão divididas e quais as características de cada uma delas. Há uma confusão terrível sobre os termos planejada, preventiva, periódica, preditiva e corretiva.

A manutenção pode ser Planejada e Não Planejada. Estaremos, aqui, abordando a manutenção planejada e, para facilitar o entendimento e uniformizar a informação, adotaremos a divisão da manutenção planejada conforme **Figura 12**.



Figura 12 - Classificação da manutenção planejada

5.2 Método de condução da manutenção planejada

O sistema de manutenção planejada compreende a combinação de atividades que visão estabelecer um sistema de gerenciamento das atividades de manutenção, afim de aumentar a confiabilidade e a manutenibilidade dos equipamentos, possibilitando, assim, a obtenção de zero quebras e falhas.

A ajuda mútua entre operação e manutenção só é possível se ocorrer o desenvolvimento simultâneo das Manutenções Autônoma e Planejada. Além disso, à medida que o operador vai se desenvolvendo, passa a desempenhar atividades de manutenção, assumindo parte da carga de trabalho do pessoal da manutenção, que pode assim, iniciar o desenvolvimento de novas atividades, conforme **Figura 13**.

A cooperação mútua é vital, porém se não for feita uma divisão criteriosa das atividades de manutenção e operação, a cada passo da evolução do programa poderá ocorrer diversos problemas, que vão desde redundância à negligencia de atividades.

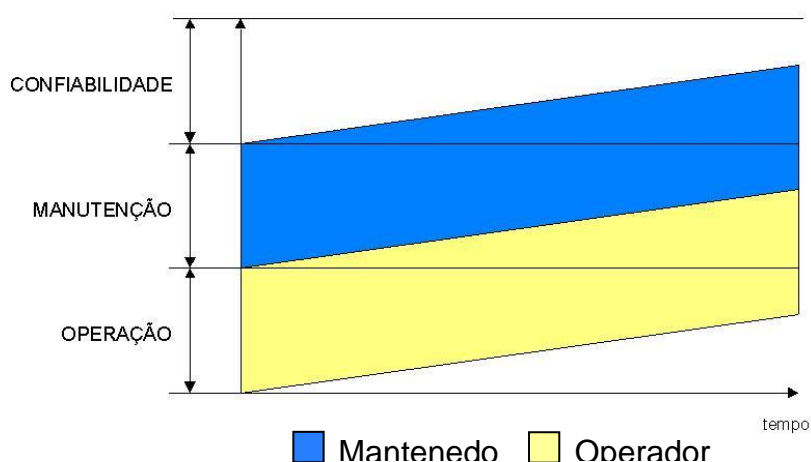


Figura 13 - Evolução da divisão da manutenção

5.3 Conceito da Redução de falhas

As falhas podem ocorrer devido a uma única causa ou a várias causas inter-relacionadas. Essas características conferem às quebras e falhas o seu grau de dificuldade.

Para atingir a redução das quebras e falhas, os seguintes itens são necessários:

- A) Classificação das falhas;
- B) Análise das falhas;
- C) Estabelecimento das condições básicas;
- D) Cumprimento das condições de uso;
- E) Restauração da Deterioração;
- F) Melhoria dos pontos fracos de projeto;
- G) Capacitação dos operadores e mantenedores.

A) Classificação das quebras e falhas

Segundo levantamento da JIPM em diversas empresas premiadas com o “*TPM Award*”, 70% das falhas ocorridas são de simples resolução e 30% são de difícil resolução.

As falhas de simples resolução podem ser prevenidas com o avanço da Manutenção Autônoma, enquanto que as falhas de difícil resolução e as falhas recorrentes serão prevenidas pela Manutenção Planejada.

A classificação das falhas permite associar as suas causas em famílias, esclarecendo os fenômenos causais e orientando as ações corretivas para os problemas de maior relevância. Podem ser estratificadas em pelo menos seis grupos:

- Equipamentos;
- Locais de ocorrência;
- Tipologias;
- Modos de Falha;
- Reincidência;
- Tempo de reparo;
- Previsibilidade.

B) Análise das falhas

Em muitas fábricas, quando a falha ocorre, os mantenedores conduzem o seu reparo e a sua análise. Como dito anteriormente, 70% das falhas podem ser prevenidas com as atividades de Manutenção Autônoma, isso significa que as falhas nunca chegarão a zero se o controle ficar exclusivamente sob responsabilidade do pessoal da manutenção.

Uma vez ocorrida a falha, ações devem ser tomadas para que ela não ocorra novamente. A melhor forma de verificar a efetividade das análises de falhas e suas medidas corretivas é pelo controle da reincidência de falhas. A prevenção da reincidência de falhas só é possível pelo estudo de suas causas, da existência ou não de uma forma de detecção dos seus sintomas, efetividade do método de inspeção e das ações corretivas propostas.

Além de prevenir a reincidência, a análise de falhas proporciona aos operadores e mantenedores uma forma de aprendizado sobre os equipamentos.

Existem inúmeros métodos de análises de falhas, sendo a indicação em função das características das falhas. Dentre os métodos podemos citar:

- Método de análise convencional (*Ishikawa* + Cinco Porquês);
- Árvore de falhas – FTA (*Failure Tree Analysis*);
- Análise PM;

C) Estabelecimento das condições básicas

Embora o desgaste dos componentes seja inevitável, com o passar do tempo, o estabelecimento e manutenção das condições básicas são fundamentais para evitar a deterioração forçada dos equipamentos. São os fatores mais importantes na prevenção e na criação das condições que elevam à ocorrência de falhas. As condições básicas se referem a três atividades: limpeza, lubrificação e reaperto.

D) Cumprimento das condições de uso

Os equipamentos são sistemas cuja função principal depende da função de seus vários componentes. Cada componente tem sua característica própria e o seu desempenho depende do cumprimento de suas condições de uso. Essas condições são os parâmetros no qual o equipamento foi projetado e deve ser operado para garantir seu total desempenho. Condições apropriadas devem ser preparadas, levando em conta aspectos como rotação, temperatura, volume, pressão, etc.

Um operador pode, por exemplo, aumentar a rotação de seu equipamento para recuperar a produção perdida por qualquer outro motivo. Ao alterar esse parâmetro de operação, que é a rotação, o operador estará alterando uma condição de uso, podendo sobrecarregar o equipamento, gerando uma falha. O estabelecimento da condição de uso, através dos parâmetros de operação deve ser incluído nos padrões de manutenção das condições operacionais.

E) Restauração da deterioração

Envolve as atividades de manutenção preventiva conduzidas periodicamente, a fim de restaurar a deterioração natural dos equipamentos.

Nos estágios iniciais, um jeito rápido de reduzir as falhas é através das atividades de inspeção e verificação dos pontos críticos do equipamento. Isso implica numa maior disponibilização dos equipamentos para inspeção e, conseqüentemente, menor disponibilização do equipamento para a produção. Ao avançar na manutenção planejada, a forma de conduzir as atividades evolui, diminuindo a necessidade de paradas para diagnósticos.

As atividades de planejamento, programação, preparação, bem como o reparo, fazem parte das atividades da rotina de reparo da deterioração.

F) Melhoria dos pontos fracos de projeto

Para reduzir as falhas a zero, normalmente é necessário fazer algumas mudanças no projeto dos equipamentos, alterando o tipo, características e o material de alguns componentes. Quando a manutenção das condições básicas e as condições de uso são observadas e as atividades de restauração da deterioração natural não são capazes de eliminar as falhas, significa que há necessidade de se rever o projeto.

Para tanto, os itens abaixo devem ser seguidos:

- Entenda o estado do equipamento antes e depois da falha;
- Determine a estrutura e a função do equipamento;
- Confirme se as condições básicas, condições de uso e a restauração da deterioração foram devidamente implementadas;
- Clarifique o mecanismo do fenômeno;
- Identifique as causas;
- Determine as melhorias e estabeleça um plano de implementação;
- Acompanhe a implementação das contramedidas;
- Monitore o desempenho do equipamento após a implementação da melhoria e verifique se as contramedidas foram eficientes.

G) Capacitação dos operadores e mantenedores

O TPM se desenvolve de forma gradual, o que implica na necessidade da melhoria do conhecimento e da habilidade das pessoas à medida que vai avançando.

No que se refere à redução de falha, a capacitação dos operadores e mantenedores é tão ou mais importante que os outros seis itens já abordados. A simples existência de uma falha recorrente, causada por erro de operação ou de manutenção, indica a necessidade de estabelecer, ou revisar, o programa de capacitação dos operadores e mantenedores. Esse plano deve ser estabelecido através dos sete passos de desenvolvimento da manutenção autônoma e do desenvolvimento da manutenção planejada.

5.4 As Quatro Fases da Redução de Quebras e Falhas

Nas últimas décadas, a maioria das empresas de grande porte, percebeu o quão impactante é o custo da manutenção em seus gastos, passando a ver a manutenção como uma necessidade vital para a obtenção de bons resultados da produção (custo, qualidade, segurança, produtividade) e procurando investir em técnicas e meios de manter os seus equipamentos dentro de uma certa confiabilidade. Diversas técnicas, inclusive de elevados custos, são empregadas, porém os resultados na maioria das vezes não são satisfatórios.

Ao avaliar a forma como a manutenção é conduzida, pode-se verificar que em sua maioria o método de manutenção é determinado sem a adoção de critérios que levem em conta as características dos componentes a serem mantidos. É comum ver empresas praticando a manutenção periódica em equipamentos que apresentam estado de deterioração forçada. O mesmo acontece com a manutenção preditiva. Não importa quão sofisticada a tecnologia de diagnóstico possa ser os resultados serão ruins em um equipamento onde ocorram falhas devidas a problemas básicos, como parafusos soltos ou erros de operação.

Até agora vimos como identificar o potencial das falhas, e as cinco medidas para evitá-las são:

- Estabelecimento e melhoria das condições básicas;
- Obediência às condições operacionais;
- Restauração da deterioração;
- Melhoria das deficiências de projeto;
- Prevenção de erros humanos;

Contudo essas cinco medidas são difíceis de serem implementadas em um curto espaço de tempo. Se torna mais efetiva a sua divisão em quatro fases, implementando-as sistematicamente uma após a outra, conforme **Figura 14**. Essas quatro fases são as seguintes:

- Redução da variação do tempo médio entre falhas (MTBF)
- Prolongamento da vida útil dos equipamentos
- Implementação da manutenção baseada no tempo (preventiva)
- Implementação da manutenção baseada na condição (preditiva)

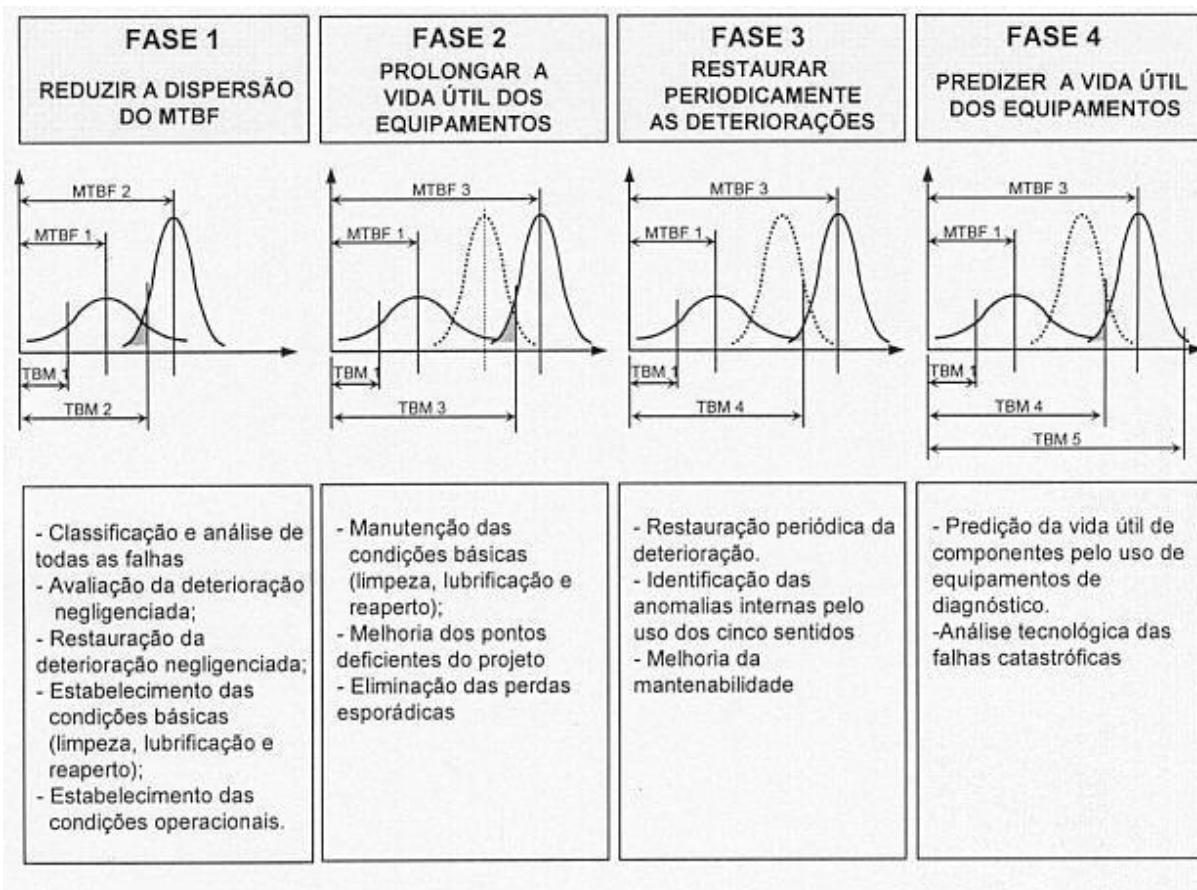


Figura 14 - As quatro fases da redução de falhas

Fase 1 – Redução da Dispersão do MTBF

Um dos fatores mais importantes que influenciam na variação no intervalo entre as falhas é a deterioração negligenciada, ou forçada. Essa deterioração surge em função da inadequação das condições básicas ou condições de uso.

Para reduzir a dispersão do tempo médio entre falhas (MTBF – *Mean Time Between Failure*) é necessário restaurar a deterioração dos equipamentos e estabelecer suas condições básicas e condições operacionais.

Restaurando o equipamento e mantendo esse estado, o número de quebras e falhas será reduzido em mais de 50%.

Fase 2 – Prolongamento da vida útil dos equipamentos

Ao garantir a manutenção das condições básicas e operacionais o equipamento passa a ter um comportamento mais homogêneo. Para prolongar a vida útil dos equipamentos se torna necessário adotar medidas que busquem a mudança do quadro atual. Essas medidas consistem basicamente em:

- **Melhoria dos pontos fracos**

Com a eliminação da deterioração forçada, a vida útil dos componentes do equipamento chega bem próxima da vida útil inerente (característica do projeto). Se a vida útil inerente é curta, isso indica que pode haver problemas de projeto. Esses problemas devem ser identificados e medidas para suas correções devem ser tomadas. Esse tipo de atitude, que aumenta a confiabilidade dos equipamentos, recebe o nome de Manutenção por Melhorias (*“Corrective Maintenance”*).

- **Eliminação das quebras e falhas esporádicas**

Esse tipo de perda se refere principalmente às falhas por erros operacionais ou erros de ações corretivas por parte da manutenção. Falhas esporádicas podem ser freqüentes, mas não podem ser prevenidas através de inspeções, pois os problemas muitas vezes decorrem de ações de reparo onde o mantenedor, por falta de uma análise mais criteriosa, não localizou a causa básica do problema, reparando-o de forma ineficiente.

A eliminação das quebras e falhas esporádicas é possível pelo desenvolvimento das habilidades dos operadores e mantenedores e pela implementação de procedimentos operacionais.

Fase 3 – Implementação da manutenção baseada no tempo

No desenvolvimento da manutenção autônoma e manutenção planejada, os operadores e os mantenedores elaboram padrões provisórios de inspeção e manutenção. Paralelamente, desenvolveram juntos os padrões definitivos que contemplam todas as atividades de manutenção relacionadas aos equipamentos. Esses padrões contemplam o plano de manutenção que possui atividades preventivas baseadas no tempo, preventivas baseadas em condição (pelos cinco sentidos) e corretivas.

A melhoria da manutenibilidade se torna necessária por dois fatores:

- **Viabilização do plano de manutenção**

As atividades de manutenção demandam um tempo considerável. Para tornar viável o cumprimento rigoroso do plano de manutenção planejada é necessária a realização de trabalhos para melhorar a manutenibilidade dos equipamentos. Esses

trabalhos dizem respeito à incorporação de melhorias que facilitem tanto a inspeção quanto o reparo.

- **Redução do tempo médio de reparo (MTTR)**

A maioria das falhas eliminadas até o momento é considerada falha simples. Essas, por sua vez, têm como principal característica a necessidade de um tempo curto para a sua restauração. Com a eliminação de um grande número de falhas cujo tempo de reparo é curto, ocorrerá um fenômeno que tenderá a elevar o tempo médio para reparo (MTTR – *Mean Time To Repair*).

Fase 4 – Implementação da manutenção baseada na condição

Em alguns casos a detecção dos sintomas das falhas (anomalias) não é possível apenas pelo uso dos cinco sentidos, outras vezes, a variação é tão sutil que quando é percebida já é muito tarde para evitar a falha. Nesses casos o operador ou o mantenedor deve fazer uso de aparelhos que permitam a monitoração dos parâmetros indicativos da falha.

5.5 Os Sete Passos da Manutenção Planejada

Nas quatro fases de redução de falhas, as atividades serão conduzidas a fim de melhorar a disponibilidade dos equipamentos e aumentar a disponibilidade da manutenção. Essas atividades podem ser resumidas nos quatro itens abaixo:

5.5.1 Atividades para aumento da disponibilidade dos equipamentos:

- Aumento da confiabilidade, que pode ser avaliado pelo MTBF;
- Aumento da manutenibilidade, que pode ser avaliado pelo MTTR;

5.5.2 Melhoria da qualidade da manutenção:

- Aperfeiçoamento das técnicas de manutenção;
- Desenvolvimento das habilidades dos mantenedores;

A condução do método passo-a-passo consiste em dividir as quatro fases em sete passos, o que torna possível a divisão das atividades específicas a cada um.

1º Passo: Análise da diferença entre as condições básicas a condição atual

A limpeza inicial serve como meio de educação dos mantenedores sob o ponto de vista da tecnologia de manutenção. Os mantenedores devem entender o papel e funcionamento de todos os componentes dos equipamentos e desenvolver suas habilidades em detectar as anomalias que são os fatores causais das falhas.

Nesse passo é importante que o mantenedor tenha acesso ao plano atual de manutenção e procure desenvolver as atividades de inspeção e reparo, de forma a iniciar a coleta de dados e otimização da manutenção.

2º Passo: Medidas para lidar com a diferença entre condições básicas e condição atual

Baseado no mapa de falhas, elaborado no passo anterior através da coleta de dados, o grupo deverá revisar o plano de inspeção e reparo, executar as ações corretivas determinadas e desenvolver melhorias. O ponto mais importante nessa etapa é a prevenção de falhas recorrentes.

As atividades a serem desenvolvidas neste passo são:

- Determinação dos Modos de Falha e Efeitos da Falha (elaboração do FMEA – “*Failure Mode and Effect Analysis*”);
- Determinação dos pontos que necessitam de lubrificação;
- Determinação dos controles visuais para inspeção e lubrificação;
- Identificação dos pontos críticos de quebras com base no mapa de falhas e ações preventivas;
- Revisão dos padrões provisórios de inspeção e reparo, com base no mapa de falhas;
- Elaboração de LUP sobre modos de falha, lubrificação e inspeção;
- Implementação da manutenção por oportunidade;
- Prevenção de falhas recorrentes;

3° Passo: Preparação dos padrões de manutenção das condições básicas

Elaborar e implementar padrões de manutenção das condições estabelecidas no segundo passo.

As atividades a serem desenvolvidas neste passo são:

- Determinação da criticidade dos modos de falhas;
- Determinação das atividades críticas de inspeção e reparo;
- Elaboração dos manuais de inspeção;
- Elaboração de práticas de manutenção;
- Elaborar padrões de atividades críticas de manutenção;
- Estabelecer indicadores para avaliação das atividades de inspeção e reparo (tempo de inspeção preventiva, tempo de reparo preventivo, taxa de manutenção preventiva, tarefas mais difíceis, etc.);
- Esclarecimento das responsabilidades da manutenção planejada e manutenção autônoma;
- Análise de todas as quebras;
- Desdobramento do tempo de reparo para falhas acima de 120 minutos;

4° Passo: Atividades para extensão da vida útil

Implementar a manutenção por melhorias, direcionadas basicamente à extensão da vida útil. A manutenção por melhorias não se refere somente aos equipamentos, no seu sentido mais amplo inclui também a melhoria dos métodos de manutenção.

Nesse passo, o grupo compila todas as informações coletadas nos três primeiros passos, determinando a prática de manutenção melhores custo-eficiente para cada componente.

As atividades desenvolvidas são:

- Análise do mapa de falhas, dos cartões de atividades preventivas e dos indicadores MTBF e MTTR e, principalmente MTBM (*“Mean Time Between Maintenance”*);
- Desdobramento e análise do tempo de reparo;
- As causas das falhas são rigorosamente analisadas e as melhorias elaboradas com base em análise PM, FTA (Árvore de Falhas), FMEA. Os itens de melhoria são classificados em relação à confiabilidade, manutenibilidade, operabilidade e

segurança. Os dados são organizados e propostos como informações de prevenção da manutenção;

- Melhoria da eficiência da manutenção (avaliação da habilidade e conhecimento da manutenção e posterior treinamento);
- Estruturação do sistema de controle sobre documentação técnica, dados de manutenção e custos;
- Estabelecimento do controle de serviços prestados por terceiros;

5° Passo: Melhoria da eficiência da inspeção e da manutenção

Estabelecer o plano ótimo de manutenção com base nos conceitos de RAM (confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade). Garantir a execução do plano de manutenção preventiva e reduzir a taxa de inspeção preventiva, através do aprimoramento dos padrões e método de inspeção e manutenção.

As atividades desenvolvidas serão:

- Revisão dos padrões de inspeção e manutenção estabelecidos no quarto passo;
- Melhorias a fim de tornar a inspeção e a manutenção mais fáceis;
- Desdobramento e avaliação dos tempos de inspeção e reparos preventivos;
- Estabelecimento do plano ótimo (melhor custo-eficiente) de manutenção e do calendário de manutenção;
- Avaliação dos desdobramentos do MTTR;
- Atividades para redução do tempo de manutenção corretiva;
- Análise criteriosa de eventuais falhas recorrentes;
- Implementação de método simples de detecção de deteriorações internas;

6° Passo: Diagnóstico geral do equipamento

Garantir a manutenção da qualidade pela redução das falhas que causam declínio de função que, geralmente, são as maiores responsáveis pelos problemas de qualidade.

As atividades desenvolvidas serão:

- Basicamente a implantação dos passos um a cinco, tendo como objetivo atingir zero defeito;
- Analisar a relação entre condições do equipamento e qualidade do produto;

- Avaliar a relação entre equipamento e qualidade da energia. Em alguns casos, queda de tensão, efeitos de ruído e outras variações relativas à energia podem ser as causas de problemas de qualidade;
- Avaliação dos efeitos do ambiente onde se encontra instalado o equipamento, principalmente vibrações;
- Elaboração e aprimoramento dos padrões para conservação das condições de produto sem defeitos;

7º Passo: Uso do equipamento até o seu limite

Usar o equipamento até o limite de sua vida útil, pela implementação da manutenção preditiva.

Ao alcançar esse passo, o pessoal da manutenção já terá se desenvolvido nos aspectos referentes à gestão da manutenção dos equipamentos, conseguindo estabelecer a otimização do plano de manutenção, mantendo os equipamentos em suas condições ótimas, reduzindo a dispersão do MTBF. Esse cenário permite a utilização efetiva de técnicas preditivas, tornando possível a utilização do equipamento até o seu limite.

As atividades a serem desenvolvidas serão:

- Predição da manutenção para componentes prioritários (utilização da distribuição de Weibull);
- Pesquisa e utilização de tecnologias de diagnóstico de equipamentos;
- Pesquisa e introdução de funções de auto-diagnose nos equipamentos;

6 Pilar Educação & Treinamento

6.1 Por que treinamos?

A maioria absoluta das empresas reconhece a importância do treinamento dentro de seus objetivos. As empresas que adotam sistemas modernos de gestão, têm o desenvolvimento de seus recursos entre suas prioridades em termos estratégicos.

Assim sendo, as atividades de Educação e Treinamento sempre ocorre, e em muitos casos são vistos como itens prioritários para a empresa.

Analisando o cenário da Educação e Treinamento dentro das empresas, podemos afirmar que os principais problemas ocorrem por 3 (três) motivos:

- A) **Nem sempre treinamos** para as coisas certas;
- B) **Nem sempre treinamos** no momento certo;
- C) **Nem sempre treinamos** a pessoa certa;

Se o treinamento for feito porque reconhecemos que treinar é importante e, por isso, sempre o temos feito, isso pode significar que estamos sempre treinando o mesmo tema e da mesma forma o tempo todo, porém, poucos são os trabalhos que permanecem iguais através dos anos.

Se pensarmos simplesmente que o treinamento deve ser dado porque é algo importante para a empresa, estaremos correndo sério risco de incorrer nos problemas citados acima.

6.2 Treinamento muitas vezes é apenas uma ação corretiva

Quando ocorre um problema na empresa, ao fazer a análise, poderemos em muitos casos identificar a falta de conhecimento ou habilidade entre os principais fatores causais. A ação imediata e automática é programarmos algum tipo de treinamento relacionado com o problema ocorrido.

Dentro do TPM, o treinamento deve ser visto como uma ação preventiva. O ponto mais nobre do trabalho desse pilar deve ser a determinação do perfil ideal dos Operadores e Mantenedores, de forma que esses desempenhem suas funções da forma mais correta possível, evitando perdas, e atuem fortemente na prevenção de problemas.

6.3 O que é importante desenvolver nos Operadores e Mantenedores

Dentro de uma empresa as pessoas são contratadas para desempenharem funções. O bom desempenho das funções de operação e manutenção está diretamente ligado a habilidades específicas requerida para cada função. O principal problema

com os sistemas tradicionais de treinamentos e desenvolvimento é que todo o trabalho está na busca do desenvolvimento do conhecimento das pessoas ao invés de se buscar o desenvolvimento das habilidades.

O desenvolvimento das habilidades, por sua vez, depende do conhecimento que a pessoa sobre um determinado assunto. Se objetivarmos o desenvolvimento das habilidades, deveremos, então, identificar quais os conhecimentos que suportam tais habilidades. Assim, garantindo que a pessoa tenha recebido o conhecimento, o desenvolvimento da habilidade ocorrerá de forma plena.

A idéia básica desse pilar é estabelecer um sistema de Educação e Treinamento voltado, inicialmente, ao desenvolvimento das habilidades dos Operadores e Mantenedores, de modo a capacitá-los ao cumprimento pleno de suas funções.

Com a evolução dos equipamentos e dos meios de produção, devemos buscar o desenvolvimento dos profissionais para que estes a cada dia possam desempenhar melhor suas funções. Para isso é necessário sabermos quais as habilidades necessárias para o bom desempenho de cada função.

Dentre os maiores desafios do pilar esta a manutenção da moral das pessoas, para que estas apresentem níveis elevados de atitude. Para que isso ocorra, a empresa deve desenvolver um ambiente motivador.

A relação entre conhecimento, habilidade e atitude estão descrito na figura abaixo:

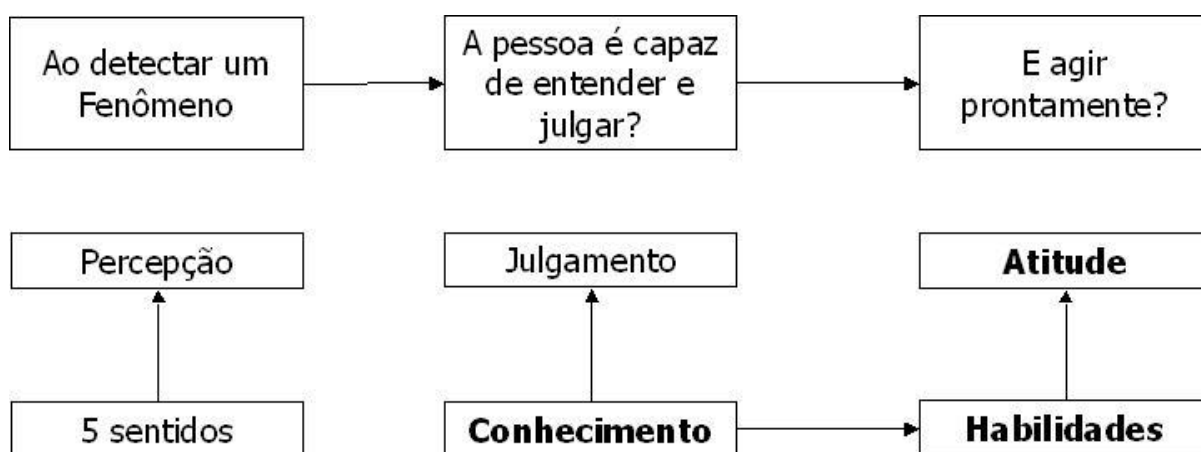


Figura 15 - Relação entre conhecimento, habilidade e atitude

6.4 Ciclo de Capacitação

Capacitar é mais que desenvolver o conhecimento das pessoas. Além do conhecimento, a capacitação é conseguida com base no desenvolvimento das habilidades e da atitude dos Operadores e Mantenedores.

O monitoramento da capacitação das pessoas deve ser feito através do monitoramento do ciclo APEM (Aprende – Pratica – Ensina - Melhora) de capacitação (ver **Figura 16**).



Figura 16 - Ciclo APEM

6.5 Os cinco estágios da capacitação

6.5.1 Não tem conhecimento sobre o assunto

O primeiro estágio é caracterizado pela falta de conhecimento sobre o assunto. Se a pessoa possuir alguns anos de experiência em sua função, com certeza já possuirá alguma habilidade em relação às tarefas que desempenha. Porém, se o nível de conhecimento sobre os temas necessários para o desempenho de suas atividades for baixo, com certeza existirão falhas no desempenho das tarefas. Após a determinação de todo o conhecimento necessário para cada habilidade, se for identificada falta de conhecimento suficiente sobre o assunto, mesmo que o operador demonstre certa habilidade o mesmo deverá ser classificado dentro do primeiro estágio, para que, então, suas habilidades sejam desenvolvidas da melhor forma possível.

6.5.2 Conhece suficientemente o assunto

Podemos considerar nesse estagio as pessoas que passaram com bom aproveitamento pelos treinamentos sobre os conhecimentos necessários para o bom desempenho de suas habilidades. Não estaremos ainda avaliando as habilidades, porém é necessário assegurar que o operador conheça toda a carga de teoria existente por trás de suas atividades diárias.

6.5.3 Capaz de executar corretamente

Dizemos que o operador é capaz de executar corretamente, após assegurarmos que o mesmo, além de executar, conhece suficientemente o assunto. O grupo deverá iniciar a observação de seu trabalho, afim de avaliar com qual grau de confiança são desempenhadas suas diversas atividades.

6.5.4 Capaz de executar com confiança

Nessa etapa, o operador estará apto ao pleno desempenho de suas atividades, apresentando desempenho elevado, com níveis reduzidos de perdas.

6.5.5 Capaz de ensinar outra pessoa

Estágio onde o operador estará em condições de ser o multiplicador do programa. Nesse estágio além de ter total domínio do tema a ser ensinado, o operador, ou mantenedor, deverá ter sido preparado em técnicas de ensinamento e didática.

6.6 Os Sete Passos para implementação do sistema de capacitação dos operadores e mantenedores

Com o objetivo de promover efetivamente o desenvolvimento das habilidades dos operadores e mantenedores, as empresas devem elaborar um sistema de capacitação, que engloba os seguintes passos:

1º Passo: Determinação do perfil ideal dos operadores e mantenedores.

2º Passo: Avaliação da situação atual e determinação dos “GAP’s” existentes.

3° Passo: Elaboração do plano de Educação e Treinamento para os operadores e mantenedores.

4° Passo: Implantação do plano de Educação e Treinamento.

5° Passo: Estabelecimento de um sistema de avaliação do aprendizados.

6° Passo: Criação de um ambiente de auto-desenvolvimento.

7° Passo: Avaliação das atividades e estudo de métodos para atividades futuras.

7 Pilar Controle Inicial

O ambiente econômico, que está se tornando cada vez mais severo, acelera a diversificação de produtos e reduz o ciclo de vida do produto. Tarefas importantes nestas circunstancias são a redução do período entre desenvolvimento do produto e o início da produção plena, e a consecução do efetivo desenvolvimento de produto e investimentos em equipamentos, com vistas a atingir um início vertical da produção plena.

A **Figura 17** mostra o conceito de controle inicial e seu impacto sobre o custo do ciclo de vida.

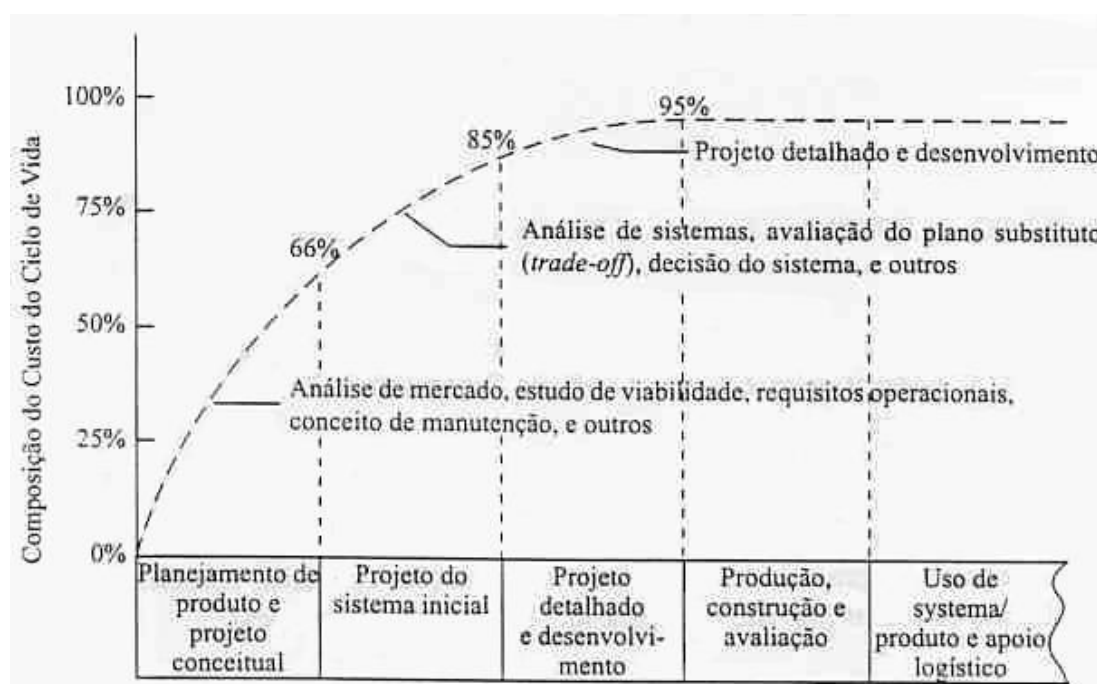


Figura 17 - Trabalhos que afetam o custo do ciclo de vida (LCC)

Os seguintes procedimentos são recomendados para um início eficaz das atividades de controle inicial de produto e de equipamentos.

Etapa 1: Pesquisa e análise de situação atual

Pesquisar e analisar a situação atual (a condição de controle inicial nos últimos um ou dois anos) através do seguinte procedimento e identificar problemas:

- (1) Definir o fluxo de trabalho atual do controle inicial;
- (2) Isolar os problemas do fluxo atual;
- (3) Captar a incorporação de medidas de prevenção de problemas para cada estágio no controle inicial;
- (4) Captar a condição real dos problemas e as medidas tomadas com relação a eles nos períodos de manufatura de ensaio, marcha de ensaio e controle inicial;
- (5) Captar o estado atual de demora de processo nos períodos de manufatura de ensaio, marcha de ensaio e produção inicial;
- (6) Captar estado atual da captação de informações. Acúmulo e utilização para projeto de produtos e equipamentos de fácil utilização e manufatura, que não geram defeitos, de fácil manutenção, alto grau de confiabilidade, segurança e competitivos para a empresa;

Etapa 2: Estabelecer o sistema de controle inicial

Construir um novo sistema buscando o que o controle inicial deve cumprir com base nos problemas identificados na primeira etapa.

- (1) Estudar e estabelecer um sistema básico para controle inicial e definir o alcance da aplicação do sistema;
- (2) Estudar e estabelecer um sistema para colher, acumular e utilizar as informações necessárias para o controle inicial;
- (3) Estabelecer e revisar os padrões e documentos necessários à operação do sistema mencionado em (1) e (2);

Etapa 3: Depuração e treinamento do novo sistema

Estabelecer modelos (número de temas suficientes para que todos os projetistas possam ter a experiência e temas adequados aos níveis dos projetistas) para homogeneizar, e para aprimorar o sistema e implantar atividades.

- (1) Partida das atividades para cada tema e para cada estágio de controle inicial;

- (2) Fornecer treinamento nas várias técnicas de padrão necessárias para implantação em paralelo;
- (3) Avaliar a compreensão do novo sistema, as técnicas e processos através das várias etapas. (Utilizando a depuração como diagnóstico)
- (4) Complementação e revisão do sistema, padrões e documentos com base nos resultados de implantação;
- (5) Resumo dos efeitos de utilização do sistema;

Etapa 4: Utilização completa e fixação do novo sistema

- (1) Utilização completa do novo sistema. (Expansão do âmbito de aplicação a todos os temas);
- (2) Maior aprimoramento da otimização do LCC e utilização das informações em projeto MP como controle inicial;
- (3) Extração dos problemas para cada estágio de controle inicial de cada tema, captar o número de unidades construídas e problemas ocorridos, bem como avaliação e número de meses de atraso, condensados a cada 6 (seis) meses ou um ano e compilação dos resultados. Análise dos problemas após controle de fluxo inicial, estudo dos métodos para correção na etapa inicial, e realização de padronização para consecução da redução do tempo de produção conforme programação;

8 Pilar Manutenção da Qualidade

8.1 Conceito Básico de Manutenção da Qualidade

As atividades de garantia de qualidade e as atividades de gerenciamento dos equipamentos são interligadas, e a correlação entre as características da qualidade, por um lado, e das condições dos materiais e da energia, e da precisão dos equipamentos, por outro, é um objetivo que se tenta alcançar para estabelecer

condições nas quais os equipamentos não gerem defeitos como forma de prevenir defeitos por condições dos equipamentos e do processamento.

O estabelecimento das condições a que nos referimos significa definir o sistema de fatores de defeitos e estabelecer uma gama de condições para materiais e energia, condições de método e precisão dos equipamentos que devem ser mantidas para se alcançar um sistema que resulte em produtos de qualidade. O conceito básico de manutenção da qualidade é manter e administrar as condições e conseguir zero defeito como resultado, com base nas atividades de manutenção autônoma, e nos operadores que dominam os equipamentos, capacitados através de treinamento de habilidades e educação.

É importante mudar, visando medir os itens de inspeção que afetam a qualidade regularmente, para determinar as condições que não geram defeitos, e para tomar as medidas de combate antes que os valores ultrapassem os valores de referência determinados, em vez de conhecer os defeitos após inspeção dos produtos, e então tomar medidas de combate.

8.2 Os 4Ms que decidem a qualidade

Um importante fator que decide a qualidade na linha (especificação na linha de produção) é transformar os 4Ms (moral, máquina, material e método) em condições ideais.

O gerenciamento do aprimoramento da qualidade consiste em criar condições ideais de 4M, para melhorar a capacidade de garantia de qualidade até que ela se estabilize em um nível alto, e decidir os padrões de trabalho e de inspeção que ajude a mantê-los. O gerenciamento da manutenção da qualidade consiste em acompanhar o trabalho e inspecionar os padrões que mantêm as condições ideais definidas.

8.3 As 10 (dez) etapas de Implantação da Manutenção da Qualidade

A implantação da manutenção da qualidade se divide em 10 (dez) etapas:

1ª Etapa: Confirmação do estado atual

Nesta etapa, o estado atual é investigado para que possa estabelecer pontos de referência e valores de metas para as atividades de manutenção da qualidade para que seja possível preparar o programa de implantação e para uma condução de atividades sem problemas.

2ª Etapa: Pesquisa dos processos que geram defeitos

A matriz de qualidade para analisar a relação entre os processos e os modos de defeitos analisados na 1ª Etapa é preparada nesta etapa. A pesquisa e a análise também são feitas nesta etapa para determinar quais os processos que geram defeitos que obstruem a qualidade e quais os processos da unidade que geram defeitos no caso de condições de equipamento ou de método de algum processo da unidade falharem. Ao mesmo tempo, os registros anteriores dos modos de defeito e da importância são analisados.

3ª Etapa: Pesquisa e análise das condições de 4M

Nesta etapa, as pesquisas são feitas para determinar quais os materiais, energia, equipamentos, métodos ou verificações eliminam modos de falha para cada processo na matriz de qualidade examinando-se desenhos, padrões, linhas e produtos usando-se as condições de 4M para temas como uma chave. Estas condições são julgadas e os pontos defeituosos são extraídos, julgando-se se as condições atendem aos padrões, se a execução dos mesmos é ambígua, e se os padrões necessários são preparados e seguidos. Geralmente, as “condições ou padrões ainda não estão estabelecidos” ou as “linhas julgam, a seu critério, na falta de critérios claros” responde por 20 a 40% dos casos.

4ª Etapa: Estudar as medidas de combate de “não-conformidades”

Nesta etapa, os pontos de não-conformidade das condições de 4M da 3ª Etapa são relacionados para cada processo da unidade para um estudo das medidas de combate. Se as medidas de combate contra as não-conformidades puderem ser tomadas imediatamente, as pessoas encarregadas delas são selecionadas para a implantação de melhorias. As medidas de combate para as demais não-conformidades são estudadas na 5ª Etapa.

5ª Etapa: Analisar as condições para produtos não defeituosos que não estão confirmadas

Nesta etapa, os pontos de não-conformidades e os defeitos para os quais as medidas de combate para incorporação de conceitos para edificação da qualidade não podem ser tomadas imediatamente entre as não-conformidades e a lista de defeitos propagada na 4ª Etapa são analisados, usando-se técnicas tais como a análise de PM, FMEA e projeto de experiências.

6ª Etapa: Melhorar as atividades de melhoria de defeito da condição de 4M

Nesta etapa, a melhoria através de medidas de combate estudadas para não-conformidades e defeitos na 5ª Etapa é implantada, e os resultados da implantação são avaliados dentro de certo tempo se as características de qualidade definidas pelo setor de projeto foram satisfeitas.

7ª Etapa: Definir as condições de 4M

Nesta etapa, as condições e os padrões que impedem os defeitos de 4M obtidos na 3ª Etapa (pesquisa e análise das condições de 4M) são novamente examinados.

8ª Etapa: Aprimorar o reforço do método de verificação

Todas as condições de 4M definidas na 7ª Etapa devem ser tomadas e inspecionadas nesta etapa. Geralmente, o número de itens de verificação que evitam defeitos é grande, e nem todos os itens de verificação podem ser examinados no gerenciamento da manutenção.

9ª Etapa: Decidir o valor do padrão de verificação

O importante nesta etapa é verificar com facilidade todos os itens de verificação para resumir a relação entre as características de qualidade e os valores do padrão de precisão dos componentes do equipamento em uma matriz de manutenção autônoma. É muito importante que esta matriz de verificação seja compreendida por todos: quando, onde, quem, o que e como a verificação e o gerenciamento devem ser realizados, e por que é necessário. Também são necessários nesta etapa o aprimoramento da confiabilidade, a simplificação e a redução de mão-de-obra, em melhorias de verificação.

10ª Etapa: Revisar o padrão

Esta etapa requer determinar se as condições para cada um dos fatores que evitam os defeitos estão sendo mantidas dentro de um período pré-determinado e por um método pré-determinado e de controle dos graus de flutuação das tendências. O pessoal nas divisões operacionais e de manutenção é treinado para a necessidade e método de verificação para estabelecer este sistema de controle das condições.

9 Pilar Office TPM

9.1 A necessidade de TPM para o escritório

As empresas são obrigadas a ajustar-se a mudanças ambientais severas, como tendências do mercado em relação a uma grande variedade de produtos e redução do tempo de “*lead time*” da produção, e à informatização avançada. Sua tarefa urgente é construir uma estrutura que garanta a elas o desenvolvimento e a sobrevivência dentro da concorrência nacional e internacional.

As empresas devem deixar claras suas próprias estratégias de gerenciamento de forma a acompanhar estas tendências. A tarefa mais importante dentro do gerenciamento da empresa é a rápida apresentação ao mercado de novos produtos e do diferenciamento dos concorrentes tanto em qualidade quanto em custo.

O que é que o setor administrativo e indireto tem a ver com as atividades de TPM, se não tem equipamentos de produção? Mais do que mero aprimoramento do trabalho administrativo como redução de desperdício e perdas geradas como resultado de trabalho de escritório e desenvolvimento de manuais de sistemas de escritórios, é necessária uma abordagem que contribua de forma a tornar os sistemas de produção eficientes em todas as atividades organizacionais. Os resultados concretos devem ser alcançados como contribuição para o gerenciamento da empresa.

9.2 O papel do TPM para o escritório

Departamentos como o de planejamento e desenvolvimento, técnico e administrativo, não produzem um valor direto como o departamento de produção. Estes departamentos devem processar informações em campo funcionais do sistema de produção e fornecer orientações necessárias e apoio às atividades de produção e outros departamentos, de forma a reduzir os custos e reforçar o poder de concorrência. Esta é a primeira regra.

Segundo: A produtividade individual deve ser aumentada e o custo deve ser reduzido a fim de contribuir para a evolução estratégica exigida pela gerência para sobreviver à concorrência, ajustando-se rapidamente à mudanças nas esferas social e econômica de hoje.

Terceiro: Contribuir de forma a corresponder à confiança do cliente e aprimorar a imagem da empresa com base naquela confiança.

9.3 Abordagem das atividades de TPM no escritório

As atividades no departamento de produção são iniciadas através de informações provenientes dos departamentos de engenharia e administração. Portanto, a qualidade, exatidão e pontualidade das informações afetam profundamente as atividades do departamento de produção.

O TPM dos escritórios cuja função principal é processar informações conforme mencionado acima, pode ser considerado fácil, à medida que o processo de produção de informações é substituído por equipamentos de produção.

Todas as abordagens mencionadas abaixo são organizadas em série, utilizando-se como referência os resultados de esforços empreendidos por empresas que já realizaram o TPM de escritório:

- (1) Atingir resultados concretos;
- (2) Lidar com o conceito de criar uma planta de escritório;
- (3) Aplicar a abordagem de TPM para os equipamentos do escritório;
- (4) Delinear o que o setor deve ser, e começar a estabelecer esta meta para alcançá-la;
- (5) Implantação com base nos 3 (três) pilares;

9.3.1 Atingir resultados concretos

Em muitos casos, a melhoria do setor de escritório no passado consistia meramente em criar um sistema de informações ou preparação de manuais e padrões para o trabalho de escritório.

O atrativo do TPM é atingir resultados tangíveis significativos, e as atividades de TPM do setor de produção alcançaram isto sem exceções.

O setor de escritório também não pode considerar o TPM como implantado a menos que, em primeiro lugar, os resultados tangíveis sejam alcançados sempre que implantados.

9.3.2 Lidar com o escritório, utilizando o mesmo conceito de uma fábrica.

A idéia é que o escritório é a fábrica de processamento de informações. São plantas que produzem informações. As informações entram na planta para serem processadas com um alto valor agregado. Na condição de planta, as informações produzidas devem ser de alta qualidade, corretas e precisas, e úteis para os indivíduos que as utilizam. A pontualidade também é importante. Para assegurar estas qualidades, o processo de produção das informações deve ser visível e de fácil diagnóstico através de gerenciamento.

9.3.3 Aplicar a abordagem dos equipamentos para o TPM de escritório.

A idéia de substituir a papelada por equipamento é útil na aplicação da implementação do TPM realizado pelo setor da produção para o setor de escritório.

Se os procedimentos burocráticos forem considerados como equipamentos, o caminho estará aberto para a aplicação da manutenção autônoma, implantação etapa por etapa, melhoria específica e o projeto do sistema.

9.3.4 Delinear o que o setor deve ser, e começar a estabelecer esta meta para alcançá-la

Vazamentos e diferenças de nível em cadeias funcionais entre os setores, causam várias perdas em todo o ciclo de vida do sistema de produção e surtem um grande

impacto sobre a eficiência do sistema de produção. Os setores individuais têm suas funções próprias a serem cumpridas e os níveis em que devem ser atingidas. “Visão e missão” definem isto com clareza.

A “Visão” enfoca a abordagem para as funções básicas do trabalho que devem ser alcançadas por um setor, com base na “abordagem do gerenciamento da empresa”.

A “Missão” enfoca a “abordagem para o trabalho” em direção à “abordagem e consecução da visão”, e define o que deveria ser feito ou o que se deseja fazer para alcançar os objetivos originais do trabalho.

“Visão e missão” é o pano de fundo do “o que o setor deve ser”, em cada setor.

As atividades de TPM do escritório devem ser implementada sob a orientação da “visão e missão” do setor, e coordenadas entre os vários setores. As atividades de TPM de um setor são as atividades que levam a alcançar a “visão e missão” do setor e devem ser implantadas como linha de atividade do setor. O “que o setor deve ser” dentre as funções necessárias do setor para atingir a “visão e missão”, deve envolver o estudo das funções básicas do setor, dos dois pontos de vista seguintes:

- (1) Apresentar uma condição ideal (do tipo de manutenção da função);
- (2) Estado ideal dentro das mudanças futuras (do tipo revolução da função);

9.3.5 Implantar com base nos 3 (três) pilares.

Basicamente, as atividades do TPM de escritório também devem ser implantadas com base nos 3 pilares seguintes:

A) Melhoria específica do trabalho

A eficácia do trabalho atualmente desempenhado é detalhadamente estudada tanto do aspecto da função como do aspecto do sistema, com base nas definições de “visão e missão” do setor, para aprimoramento de perdas crônicas. O trabalho dentro de um setor raramente funciona independentemente dentro do próprio setor, e em muitos casos está fortemente ligado a outros setores. Uma recomendação é selecionar o trabalho que provavelmente produza mais efeitos de melhorias a partir do trabalho realizado em conjunto com outros setores e implementar a melhoria específica para eliminação das perdas formando-se, para tanto, uma equipe de projeto com o pessoal administrativo e os gerentes dos departamentos envolvidos.

B) Atividade de manutenção autônoma para o trabalho de escritório

A chave para as atividades de TPM para o escritório será edificar em sistema de manutenção autônoma, que é uma característica do TPM. A manutenção autônoma do trabalho de escritório é indispensável para o processamento eficiente do trabalho. Esta tarefa deve ser abordada em dois aspectos, ou seja, a função do escritório e os aspectos ambientais do escritório. O primeiro aspecto tem por objetivo melhorar a qualidade do escritório, aprimorando a eficácia e edificando uma cultura de escritório econômica com relação ao trabalho a ser desempenhado. O segundo aspecto tem por objetivo criar um ambiente de escritório que aprimora e mantém a eficiência eliminando-se as pressões causadas pelos equipamentos do escritório e pelo ambiente e removendo as pressões psicológicas e fisiológicas do ser humano.

C) Educação e Treinamento

A tendência de nossos tempos é a mudança radical através da informática. Promover excelência pessoal na habilidade de processar informações é uma questão muito importante para as empresas. As empresas não poderão existir ou crescer se a abordagem for aquela de aprender o trabalho através das adaptações complementadas a partir da experiência. Deve se estabelecer um sistema de treinamento por posto e posição; padrões para a aquisição do conhecimento e habilidades necessárias devem ser estabelecidos, o currículo do treinamento deve ser criado e o treinamento deve ser aplicado. O valor dos recursos humanos deverá ser expandido.

10 Pilar Segurança, Saúde e Meio-Ambiente

Embora mostrado como a última coluna de TPM, o pilar segurança, saúde e meio-ambiente de TPM é igualmente, se não a mais, importante do que o sete outros. Shirose descreve a segurança como "a manutenção da paz da mente" (Shirose, 1996). Nenhum programa de TPM é significativo sem foco estrito na segurança e em interesses ambientais. "Assegurar a confiabilidade do equipamento, impedir o erro humano, e eliminar acidentes e a poluição são os princípios chaves do TPM"

(Suzuki, 1994). Suzuki fornece exemplos de como o TPM melhora a segurança e a proteção ambiental.

- Equipamento defeituoso ou inseguro é uma fonte de perigo ao operador e ao ambiente. O objetivo do TPM do zero - falha e do zero - defeito compreende diretamente zero - acidente.
- A manutenção autônoma ensina a operadores do equipamento como operar corretamente o equipamento e manter uma estação de trabalho limpa e organizada. A atividade 5-S elimina condições inseguras na área de trabalho.
- Os operadores treinados em TPM têm uma compreensão melhor de seus equipamentos e processos e podem detectar e resolver rapidamente as anormalidades que puderam resultar em circunstâncias inseguras.
- A operação do equipamento por operadores não qualificados é eliminada com a propagação eficaz do TPM.
- Os operadores aceitam a responsabilidade para a segurança e a proteção ambiental em suas estações de trabalho.
- Os padrões de segurança e de proteção ambiental proliferam e reforçam como parte do pilar da manutenção da qualidade de TPM.

O pilar segurança, saúde e meio-ambiente do TPM foca em identificar e em eliminar os incidentes de segurança e ambientais. Está em concordância ao princípio de Heinrich (Heinrich 1980), pois a cada 500.000 incidentes de segurança 300 são evitados por um triz, 29 causam ferimentos, e 1 causa morte, ver **Figura 18**. Investigando os acidentes industriais, Heinrich verificou que 88% dos acidentes, onde causados, são por atos inseguros das pessoas, 10% são resultados de circunstâncias físicas inseguras, e 2% ele considera “atos de Deus”.

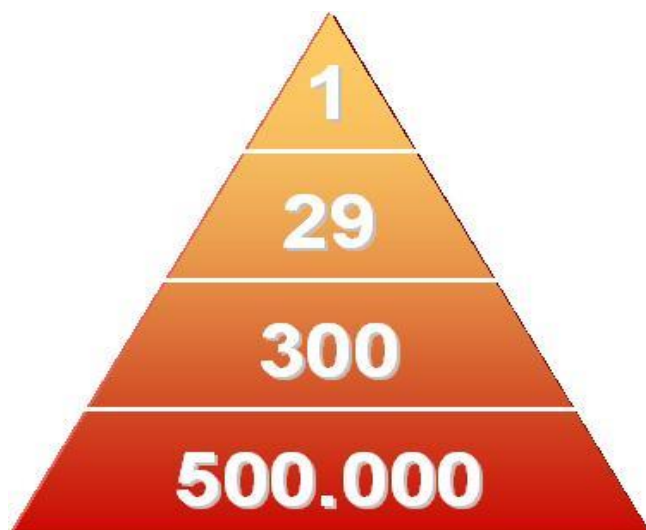


Figura 18 - O princípio de Heinrich

O uso da análise dos cinco porquês do TPM converge para as causas da raiz (incidentes no modelo de Heinrich) esse resultado na segurança ou na falta próxima ambiental. Suzuki descreve seis fases que uma operação passa completamente durante um acidente industrial. (Suzuki, 1994)

Fase 1 - Operação normal, estado estável.

Fase 2 - Os sinais da anormalidade, o sistema tornam-se mais e mais desordenado.

Fase 3 - Estado instável, difícil de restaurar ao normal.

Fase 4-Perigo óbvio em consequência da falha ou da anomalia. Os danos e ferimento podem ainda ser contidos e minimizado.

Fase 5 - Ferimento e os danos severos ocorrem.

Fase 6 - A recuperação após a situação está sob controle.

As práticas de TPM, tais como aquelas alistadas abaixo, permitem a intervenção rápida do operador e impedem incidentes da fase 3.

1. Monitore o equipamento e os processos e rapidamente anormalidades corretos.
2. Instale e verifique o equipamento de segurança.
3. Identifique e elimine anormalidades e defeitos escondidos do equipamento.

A segurança ambiental está transformando-se num ponto crescente do foco para a execução de TPM. "A gerência de produção no século XXI não será eficaz se as condições ambientais forem ignoradas. A gerência de produção que não faz exame das condições ambientais na consideração será removida da sociedade. Uma das causas das condições ambientais é que as indústrias, as instituições acadêmicas, e

as agências de governo estiveram empenhadas na pesquisa, no desenvolvimento, na promoção, e na difusão de tecnologias de projeto para produzir uns produtos mais artificiais. Há muito pouco concernimento sobre as circunstâncias do ajuste do equipamento mais favoráveis depois que este é posto em operação ou em técnicas diagnóstica para manter aquelas circunstâncias." (Ishikawa, 1999) A segurança ambiental vai além simplesmente de eliminar acidentes. No ambiente de produção de hoje, a segurança ambiental inclui a redução do consumo de energia, o eliminação do desperdício tóxico, e a redução do consumo material cru. Funahashi descreve um estudo de caso que usa a atividade de TPM para reduzir o consumo de energia na produção (Funahashi, 1998).

Ishikawa propõe que o TPM foque os seguintes objetivos ambientais chaves dentro do pilar segurança, saúde e meio-ambiente. (Ishikawa, 1999)

1. Construa um sistema de gerência ambiental que integre condições ambientais como um sistema. Este objetivo é consistente com o ISO14001/14004.
2. Execute atividades, com o programa de TPM, para reduzir o impacto ambiental de operações de produção.
3. Crie sistemas para reduzir o impacto ambiental do produto na produção e no desenvolvimento do processo.
4. Realce a consciência e a instrução ambientais de todos os empregados.

Ishikawa enfatiza que o sistema de gerência ambiental "é parte e parcela do trabalho e esta execução deve ser feito com TPM. Em termos concretos, isto consiste na instrução ambiental, produtos e desenvolvimento de equipamentos que executam melhorias nos aspectos ambientais de redução e que leve em consideração a carga ambiental, e considera-se ser apropriado desenvolver estes temas ao longo dos pilares convencionais de TPM"(Ishikawa, 1999).

11 Estudo de Caso

O estudo de caso está baseado nas atividades desenvolvidas pela Engenharia de Métodos da Diretoria de Pelotização (DIPE) da Companhia Vale do Rio Doce

(CVRD), mais precisamente na moagem das Usinas de Pelotização I e II, onde tal filosofia está sendo aplicada com o nome de Produção Integrada.

11.1 Organização e Coordenação

11.1.1 Problemas relativos a Produção Integrada

Todas as empresas, sem exceção, enfrentam dificuldades no início da implantação de qualquer sistema de gestão, em função do surgimento de diversos problemas com a Produção Integrada a situação não é diferente.

Dentre todos os problemas possíveis, a principal dificuldade está na incorporação das atividades da Produção Integrada à rotina das diversas funções. Isso ocorre, pois a grande vantagem que a Produção Integrada trás é a inovação, e inovar significa romper com o tradicional, experimentar novas formas de atuação, diferentes e de certa forma desconhecidas.


Porém, entre o estado atual e o novo estado sempre existirá uma fase de transição, quando as pessoas estarão desenvolvendo sua nova forma de trabalho, sem poder parar a rotina atual.

No caso particular do programa Produção Integrada, as principais dificuldades dizem respeito à tendência que as empresas tem de, inicialmente, desenvolverem o programa de forma paralela à estrutura de gestão atual da manutenção. Esse fato agrava ainda mais a dificuldade de disseminação da Produção Integrada como sistema de gestão, fazendo com que esse programa amplo seja restrito a algumas atividades isoladas, quer sejam de Manutenção Autônoma ou Manutenção Planejada. O primeiro grande desafio, então, passa a ser a incorporação da Produção Integrada na rotina de Operadores, Mantenedores, Supervisores e Gerentes.


11.1.2 Ciclos de Gerenciamento

A Produção Integrada é conduzida através dos 4 (quatro) ciclos de gerenciamento:


Ciclo de Planejamento – PDCA

	<p>Busca o estabelecimento de novos padrões de trabalho, necessários para se atingir as metas de Produção, Qualidade, Custo, Entrega, Segurança e Moral.</p>
---	--


Ciclo de Manutenção – SDCA

	<p>Busca estabelecer o melhor método de trabalho, de forma a prevenir a ocorrência de perdas, pela garantia do cumprimento dos padrões de trabalho estabelecidos no Ciclo de Planejamento.</p>
---	--

Ciclo de Melhoria da Rotina – CAS-Do

	<p>Busca garantir a adequação das rotinas à capacidade de trabalho da empresa, através da melhoria contínua das práticas e do recurso humano envolvido.</p>
---	---

Ciclo de Melhoria do Resultado – CAP-Do

	<p>Busca garantir a melhoria contínua dos resultados, do sistema de gestão e padrões de trabalho.</p>
---	---

11.1.3 Papel dos Facilitadores

Os facilitadores são responsáveis pelo estabelecimento do ciclo de Planejamento das atividades (PDCA), definição do ciclo de manutenção (SDCA) dos times de

operação e manutenção e pelo ciclo de melhoria do resultado (CAP-Do). O papel dos facilitadores pode ser resumido conforme **Figura 19**.

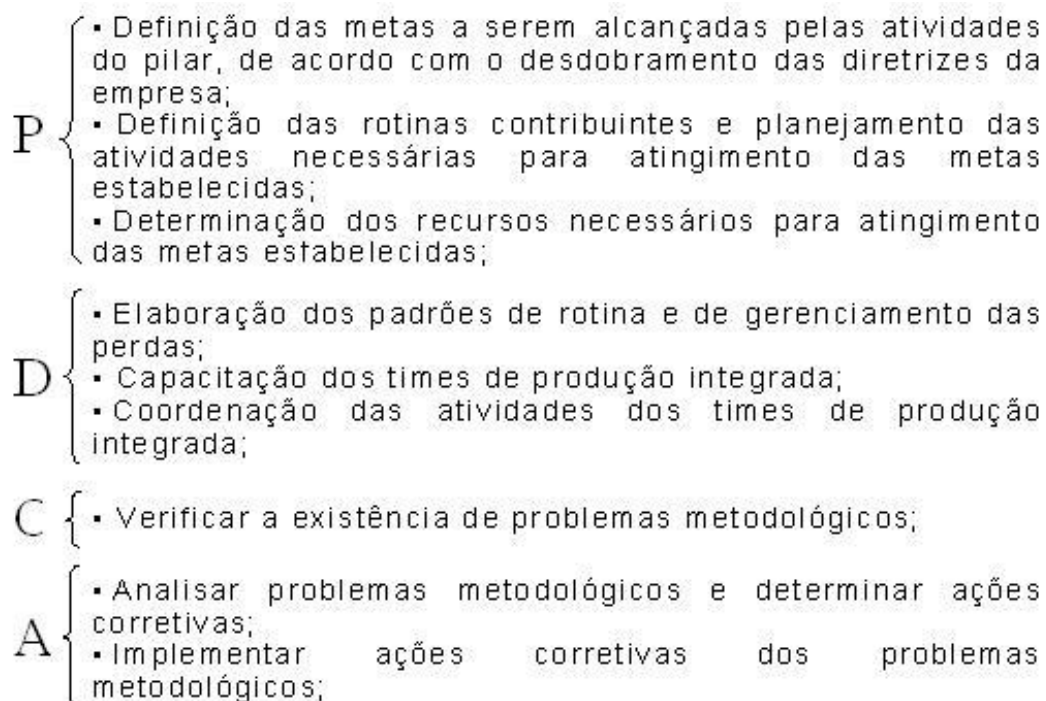


Figura 19 – Planejamento das Atividades do PDCA

11.1.4 Papel dos Times

As atividades de Produção Integrada são conduzidas pelos times de Manutenção Autônoma, formados pelos operadores, e os times de Manutenção Planejada, formado pelos mantenedores.

Os times de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada são responsáveis pelo estabelecimento do Ciclo de Manutenção (SDCA), conforme **Figura 20**.

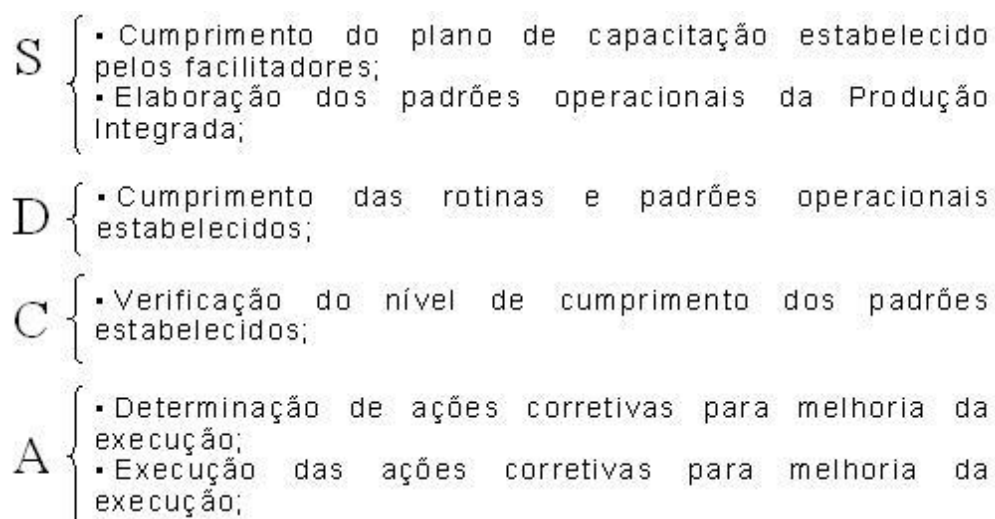


Figura 20 - Execução das Atividades do SDCA

11.1.5 Papel dos Supervisores

Cabe aos supervisores o gerenciamento da rotina, conforme **Figura 21**.

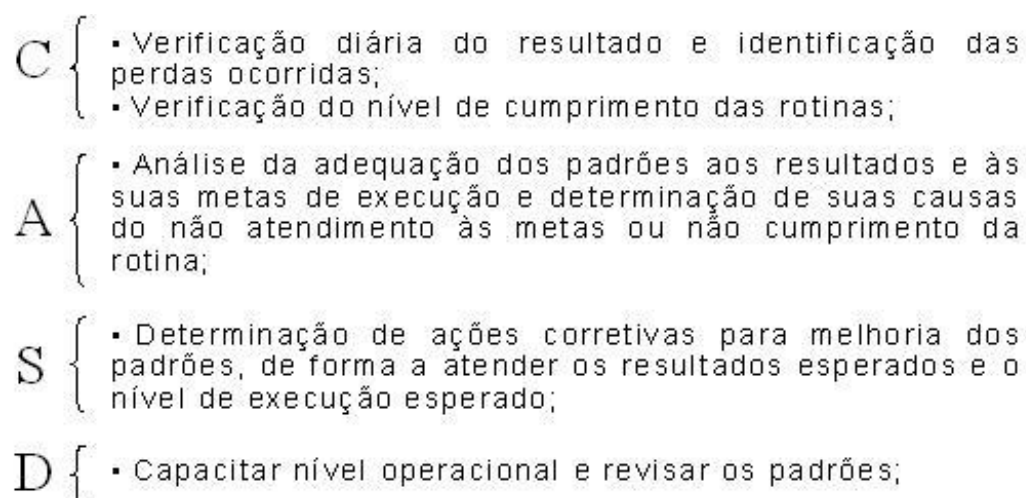


Figura 21 - Melhoria da Rotina - CAS-Do

11.1.6 Papel dos Gestores

Os gestores são responsáveis pelo estabelecimento do Ciclo de Melhoria do Resultado (CAP-Do), conforme **Figura 22**.

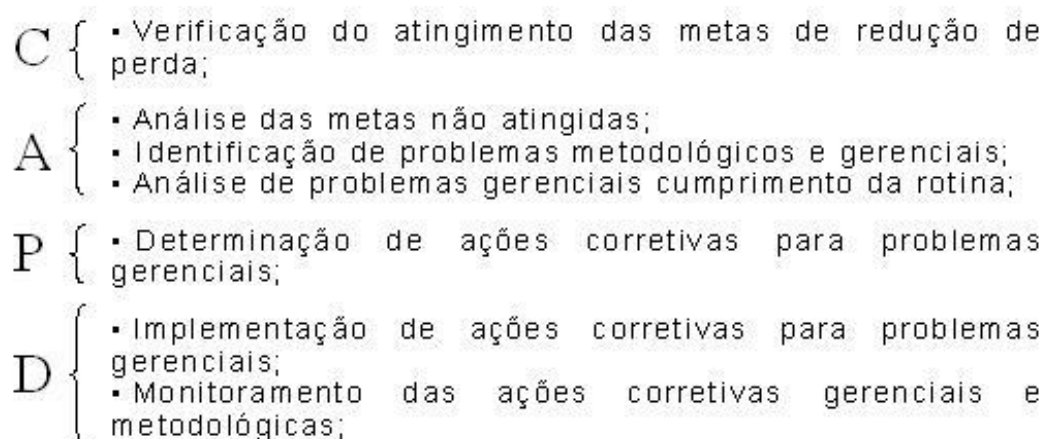


Figura 22 - Melhoria do Resultado - CAP-Do

11.2 As quatro principais ferramentas da Produção Integrada

As atividades de cada pilar devem estar em linha com os objetivos globais do programa Produção Integrada. O desdobramento de todas as atividades pode gerar certa confusão e até incoerência entre os diversos indicadores que se inter-relacionam. Para evitar essa confusão podemos fazer uso de algumas práticas que permitem a fácil visualização e alinhamento de todas as atividades.

As quatro principais ferramentas do TPM:

- 1) Quadros de Gestão;
- 2) Lição de um ponto (LUP);
- 3) Auditorias;
- 4) Reuniões de grupo.

11.2.1 Quadros de Gestão

Uma das principais características do programa TPM é a gestão à vista. Apesar o uso de quadros já ser comum em muitas empresas, na maioria das vezes são usados apenas para se afixar comunicados ou folhetos de campanhas internas. No TPM eles são poderosas ferramentas de gestão, de extrema utilidade.

Os times de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada devem ter seus quadros de gestão permanentes, que servem para controlar as atividades desde o primeiro passo ao sétimo passo.

Os times de melhorias específicas também terão seus quadros de gestão, durante o tempo necessário para que os times concluam os trabalhos.

11.2.2 Lição de um ponto – LUP

É uma forma rápida e eficaz de transmissão de conhecimento, experiências, informações práticas sobre os equipamentos, casos de melhorias e eliminação de problemas. Além de permitir a troca de experiência entre os grupos de trabalho e é uma forma de valorização do conhecimento das pessoas.

Tem esse nome, pois deve abordar tópicos sobre um determinado tema e o tempo necessário para a sua transmissão não pode ser superior a 5 (cinco) ou 10 (dez) minutos.

Para cumprir de forma eficaz a sua função, devemos considerar alguns aspectos referentes às LUP's:

- Devem ser um tipo de “*on the job training*” (OJT), ou seja, o treinamento deve ser feito no local onde é aplicável;
- Devem ser de fácil interpretação, contendo muitas ilustrações e/ou fotos e textos sem muita complexidade técnica;
- Deve ser evitado o uso de termos ou palavras em língua estrangeira e, se for realmente necessário, colocar essa palavra entre “aspas”, indicando ao lado a sua tradução;
- A sua divulgação pode ser feita em grupo, não excedendo o máximo de cinco pessoas;
- Após o treinamento, todos devem assinar e datar o campo referente às pessoas treinadas;

Uma das melhores formas de medir o moral das equipes de trabalho é através das sugestões espontâneas. As LUP's tem essa característica e devem ser elaboradas em função da necessidade das pessoas de transmitirem ou receberem conhecimentos;

Podemos classificar as LUP's em pelo menos quatro tipos:

- a) **Conhecimento Básico** – devem abordar os tópicos cujo conhecimento é necessário para o desenvolvimento da Manutenção Autônoma nas atividades do dia-a-dia.

- b) **Melhorias** – ao realizar uma melhoria, o grupo ou pessoa responsável elabora uma LUP, mostrando resumo sobre o raciocínio, o conteúdo das medidas e os efeitos e benefícios da melhoria.
- c) **Problemas** – as pessoas possuem diferentes níveis de conhecimento sobre os problemas mais comuns que ocorrem. Algumas ações sobre esses problemas são efetivas que outras. Esse tipo de LUP busca mostrar a relação causa efeito dos problemas e as ações mais efetivas.
- d) **Segurança** – mostra as formas corretas de ação em determinadas situações e os cuidados que a pessoa deve ter frente a situações de perigo.

11.2.3 Utilização de auditorias

Para garantir resultados consistentes e desenvolvimento constante e uniforme do programa, as atividades de Manutenção Autônoma também devem ser auditadas periodicamente. 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 de cada uma delas.

11.2.4 Reuniões e Relatórios

As reuniões de grupos são fundamentais para o desenvolvimento da Manutenção Autônoma, pois as atividades não serão cumpridas a menos que cada um se sinta como parte do grupo.

São nas reuniões que o grupo faz a auto-avaliação do seu desenvolvimento, discute as dificuldades encontradas, os pontos fortes e os fracos do que foi desenvolvido a participação de cada um dentro do proposto estabelece novas metas e determina os responsáveis por cada atividade.

A cada reunião o grupo deverá emitir um relatório com o conteúdo do que foi estabelecido na reunião. Esse relatório tem a função de informar a coordenação do programa sobre as atividades discutidas, mostrando a forma com que o grupo vem agindo e a relação entre as atividades propostas e os resultados obtidos.

11.3 Atividades Iniciais

Para que a gestão dos ativos fosse iniciada, foram necessárias a realização de algumas tarefas preliminares, conforme seqüência abaixo:

11.3.1 Definição das Fronteiras e Interfaces

Como qualquer processo de análise de sistemas, o objetivo consiste em focar corretamente os elementos que estão incluídos na análise e determinar explicitamente aqueles que são considerados como entradas ou saídas do sistema. Nesta fase, a equipe documentou o seu entendimento do sistema fazendo uma descrição sucinta do sistema em análise. Para disciplinar e facilitar o processo de análise, o sistema foi modularizado em subsistemas (criação de um fluxograma ou um diagrama de blocos dos subsistemas). Este diagrama de blocos ilustra também, de forma gráfica, todos os fluxos de entrada e saída de cada subsistema, conforme demonstrado na **Figura 23**.

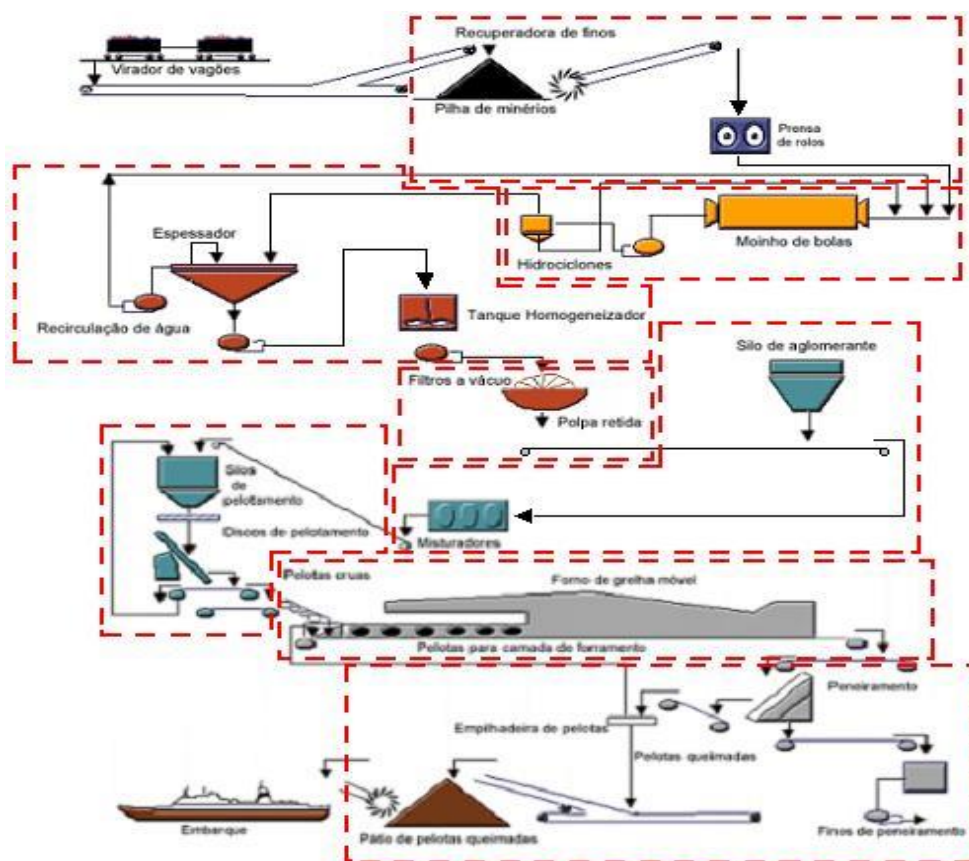


Figura 23 - Fluxograma de Pelotização da CVRD

11.3.2 Classificação dos equipamentos

A elaboração de um plano de manutenção planejada é uma atividade que demanda um tempo relativamente extenso. A determinação da técnica de manutenção melhor custo-eficiente para cada componente depende de diversos fatores, relacionados às características dos equipamentos e seus diversos componentes, do sistema de controle de dados da manutenção e, principalmente, da capacitação do pessoal da manutenção e operação.

A classificação adotada na CVRD, tem como base, a classificação de equipamentos da Associação Francesa de Normas - AFNOR (ver **Figura 24**) e, tem como objetivo, a priorização das atividades de manutenção e a determinação dos métodos a serem aplicados.

Segundo essa norma, os equipamentos pertencem a três tipos de classe:

Equipamentos Classe A

São equipamentos que interrompem o processo de produção ou que causem transtornos aos mesmos, reduzindo a capacidade produtiva e influenciando na qualidade e/ou custos dos produtos e subprodutos.

São caracterizados como equipamentos de risco operacional e, devem ser tratadas com manutenção preventiva baseada no tempo, manutenção preditiva e inspeções constantes.

Equipamentos Classe B

São equipamentos que embora importantes ao processo produtivo, não causam paradas e nem trazem transtornos significativos ao mesmo. Sua parada não traz conseqüências importantes ao produto final.

São caracterizados como equipamentos importantes ao processo produtivo e, devem ser tratados com manutenção preventiva baseada no tempo e inspeções programadas.

Equipamentos Classe C

São equipamentos necessários ao processo produtivo, mas que não trazem nenhum transtorno ao mesmo. Normalmente, estes equipamentos são de fácil substituição e sua manutenção pode ser feita com tranqüilidade. São caracterizados como

equipamentos necessários ao processo produtivo e, devem ser tratados com manutenção corretiva (atuação apenas na quebra).

11.3.3 Determinação da árvore de componentes

Objetivando identificar os diversos conjuntos que compõem o equipamento, desmembrando-os, até chegar ao nível de componente, a árvore foi dividida em três níveis:

- Equipamento
- Conjunto
- Componente

Para evitar dúvidas se um determinado item é um conjunto ou componente, foi definido que o componente é o último item gerenciável, ou seja, se no momento de sua substituição o mantenedor tiver que substituir todo o conjunto (por exemplo: redutor), o mesmo, dentro da estrutura da árvore, será um componente, conforme ANEXO A.

11.3.4 Elaboração da matriz de condições básicas

Para a elaboração da matriz de condições básicas, foi necessário a determinação e priorização dos componentes críticos da árvore de componentes. Em seguida, foi preenchido os itens da matriz, conforme modelo no ANEXO B.

11.3.5 Preparação dos cartões de manutenção das condições básicas

Concluída a matriz das condições básicas, cada atividade listada nesta, se torna um cartão de manutenção das condições básicas, ou seja, no cartão são incluídas as seguintes informações: equipamento, conjunto, componente crítico, o que é necessário fazer para manter, quem e quantos mantêm (operador ou mantenedor), situação da máquina (operando ou parada), frequência, duração da atividade (min.).

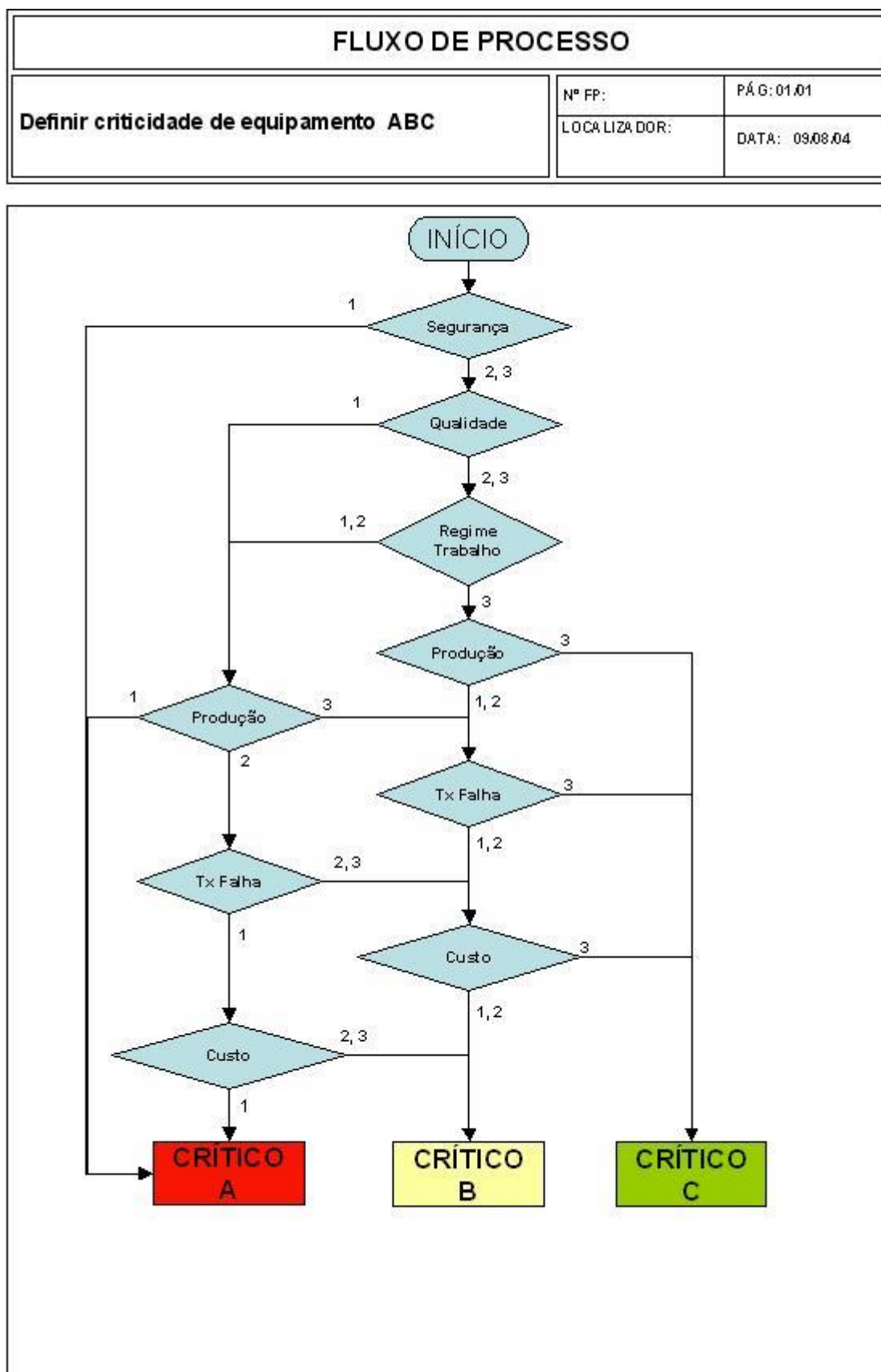


Figura 24 - Fluxo de Classificação de Equipamentos segundo a AFNOR

11.3.6 Mapeando o Processo

O programa Produção Integrada é desenvolvido com foco na garantia do desempenho do processo. Isso implica na necessidade de definição do resultado esperado de cada processo e no esclarecimento sobre todas as variáveis do processo que possam influenciar no resultado.

Avaliando o processo como um conjunto de recursos voltados a transformar algum produto, agregando valor a este, podemos diagramar o processo conforme **Figura 25**.

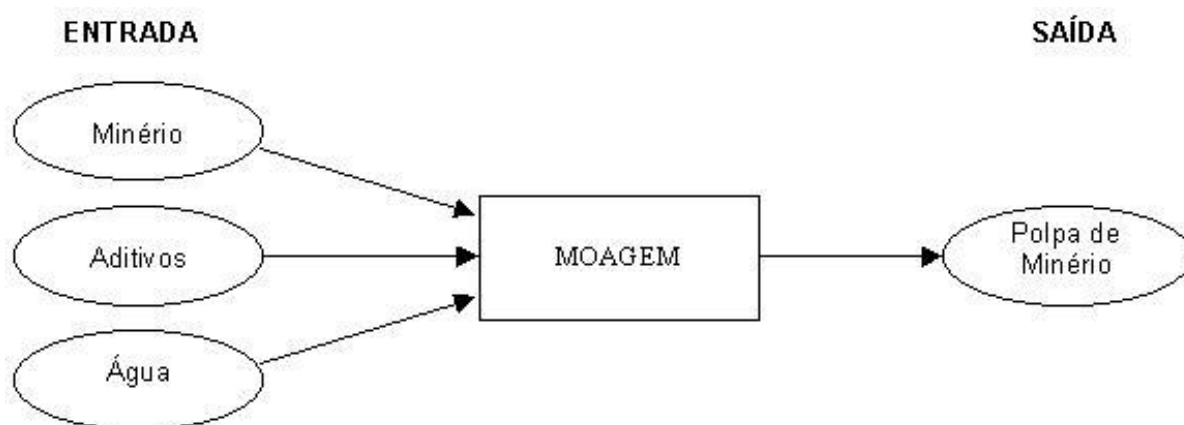


Figura 25 - Diagrama do Processo

O processo, por sua vez, pode ser dividido em diversas etapas consecutivas, conforme **Figura 26**.

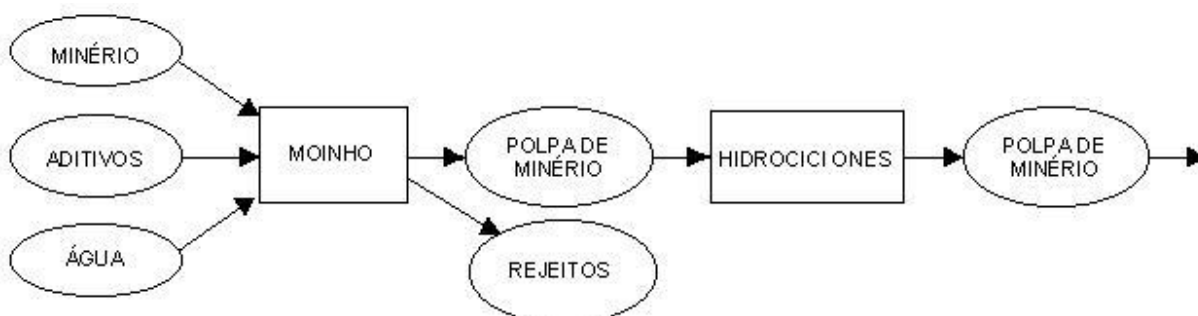


Figura 26 - Diagrama de Etapas do Processo

É esperado que cada etapa de processo seja realizada satisfatoriamente, atendendo aos padrões de desempenho requeridos. Esses padrões são determinados para

cada produto da etapa de processo, sendo denominados Parâmetros de Produto, conforme **Figura 27**. Os parâmetros de produto expressam as características desejadas do produto de cada etapa de processo, em relação a sua especificação qualitativa e quantitativa.

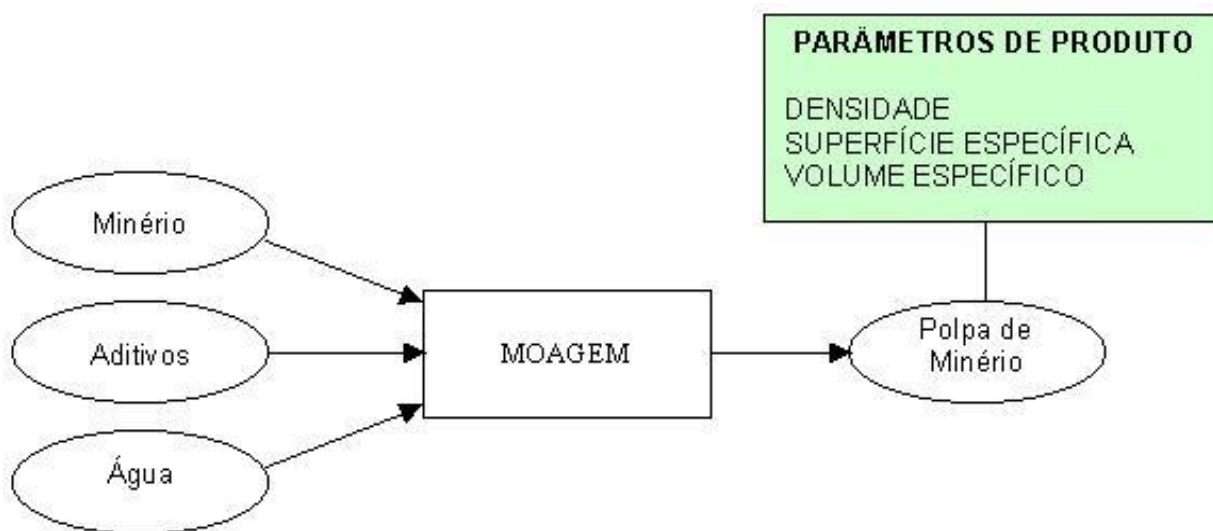


Figura 27 - Parâmetros de Produto e o Processo

Dizemos que nosso processo está operando satisfatoriamente quando estamos atendendo aos padrões de desempenho requeridos, ou seja, quando estamos atendendo aos parâmetros de produto de cada etapa de processo.

Caso nosso processo não atenda a pelo menos um desses parâmetros, temos a ocorrência de uma falha. Além disso, quando não conseguimos realizar a etapa de processo, também temos a ocorrência de uma falha.

Como o termo falha é muito abrangente e genérico, para direcionarmos nosso trabalho, definimos que os problemas ocorridos em nosso processo são denominados como **Falhas de Processo**. Tais problemas dizem respeito a não realização de uma etapa de processo ou a não obtenção de um parâmetro de produto.

As falhas de processo ocorrem devido a diversas causas. Ao ocorrer uma falha, através de análise, podemos identificar suas causas. Se as causas das falhas podem ser identificadas, então podem ser prevenidas.

As falhas de processo são causadas por alterações ocorridas em algum parâmetro do processo. Através do mapeamento do processo, podemos estabelecer uma

relação causa-efeito entre as falhas de processo e a alteração de um ou mais parâmetros de processo.

Pensando preventivamente, o ponto chave, porém, é determinar quais os parâmetros de processo que garantem a execução da etapa, bem como o atendimento a cada parâmetro de produto.

Os parâmetros de processo foram organizados dentro dos 5M's (ver ANEXO C):

Máquina: função que o equipamento deve desempenhar para atender determinado parâmetro de produto.

Método: tarefa que deve ser realizada para se atender determinado parâmetro de produto.

Mão-de-obra: habilidade operacional necessária para a realização da tarefa.

Material: material necessário à realização da etapa de processo.

Meio Energético: tipo de energia necessário para realizar a etapa de processo.

Dos 5M's, quatro são de responsabilidade da manutenção autônoma (método, mão-de-obra, material e meio energético). Já o parâmetro máquina, é de responsabilidade da manutenção planejada, sendo que se este parâmetro não for atendido, ou seja, se o equipamento estiver funcionado fora da sua linha padrão de desempenho, ele poderá ser classificado em dois tipos: Falha Potencial (Anomalia) ou Falha Funcional (Falha).

Existem diversas definições para os termos utilizados na manutenção. Visando a otimização do processo de comunicação na CVRD, onde a idéia do transmissor seja compreendida da mesma forma pelo receptor, foi definido que:

Falha Potencial ou Anomalia é a perda **parcial** da função estipulada para o equipamento, com base em um padrão de desempenho estabelecido.

Falha Funcional é a perda **total** da função estipulada para o equipamento, com base em um padrão de desempenho estabelecido.

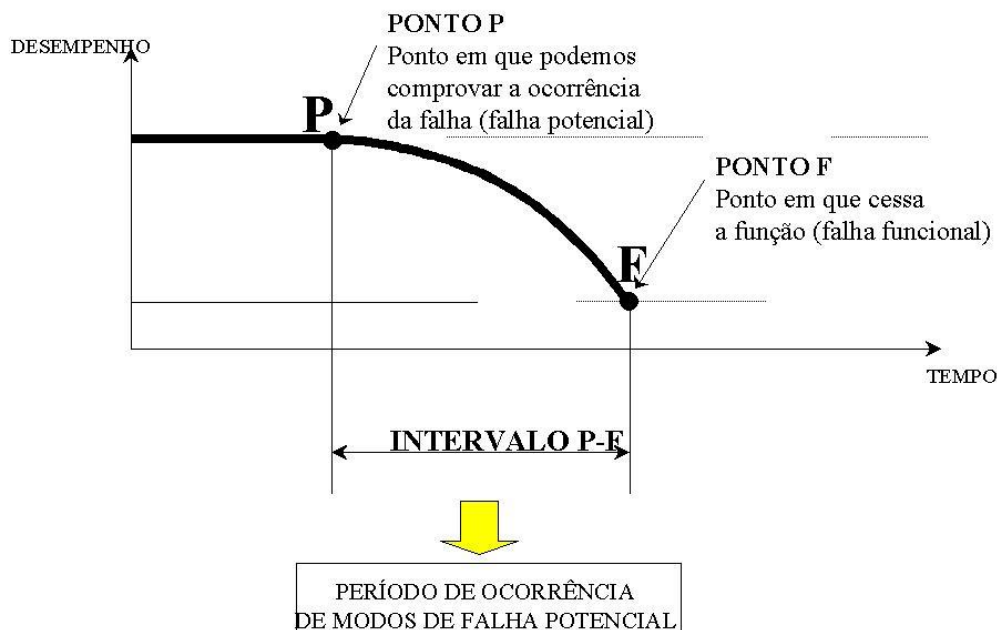


Figura 28 - Curva P-F

A falha começa a ocorrer no ponto P, quando o equipamento começa a apresentar perda de desempenho de função. Nesse momento dizemos que o equipamento entrou em Falha Potencial. Com o passar do tempo, se nenhuma ação que reverta à situação normal for tomada, o desempenho do equipamento chegará ao ponto F, quando o equipamento perderá totalmente a sua função, ocorrendo assim a Falha Funcional.

11.3.7 Elaboração do FMEA

FMEA vem do inglês *“Failure Mode and Effect Analysis”*, que traduzindo para o português, significa Análise dos Modos e Efeitos das Falhas. Essa ferramenta é utilizada para análise dos modos de falha e seus efeitos. Tem como objetivo a prevenção dos possíveis modos de falha, a partir das funções do equipamento em análise.

Existem diversos métodos para a elaboração do FMEA e diversos critérios para avaliação da criticidade dos modos de falha, sendo que o método aplicado é de utilização específica para a manutenção de equipamentos.

Para o preenchimento do FMEA, foi necessário a determinação das funções, falhas funcionais, modos de falhas funcionais e os efeitos das falhas, sendo este não realizado até o presente momento, conforme descrito no ANEXO D.

Para se determinar a função, foi definido que esta será a atividade, dentro do processo, pela qual a empresa adquiriu o equipamento e a descrição de uma função é composta por um verbo, um objeto e um padrão de desempenho, conforme exemplo abaixo:

Bombear	polpa de minério	a pressão de 1,3 kgf/cm ²
VERBO	OBJETO	PADRÃO DE DESEMPENHO

A determinação da falha funcional depende diretamente das funções que o equipamento deve desempenhar. Assim, definimos falha funcional como sendo a incapacidade do equipamento em desempenhar suas funções.

Já o modo de falha funcional é a causa imediata da falha, sendo todo e qualquer evento que cause uma falha funcional.

11.3.8 Elaboração de LUP sobre condições básicas

A elaboração da LUP, só se fez necessária quando o operador ou mantenedor não tinha conhecimento da atividade de inspeção ou reparo do componente crítico (atividade da coluna “o que é necessário fazer para manter” da matriz de condições básicas).

11.4 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção pode ser realizada através da Gestão Reativa ou da Gestão Pró-Ativa da manutenção.

Uma Gestão Reativa, baseia-se apenas nas atividades do ciclo PDCA, ou seja, com base em dados e cálculos estatísticos são definidas as metas de produção. Caso essas metas não sejam atingidas, só então é realizada uma análise para descobrir a(s) causa(s) do não cumprimento da(s) meta(s).

A Gestão Pró-Ativa visa o gerenciamento diário do equipamento, atuando de uma forma mais freqüente, ou seja, ao invés de ter como único foco a produção, a Gestão Pró-Ativa está focada, também, no desempenho diário dos equipamentos, diminuindo, assim, as chances de não cumprimento dos resultados (metas). O cumprimento das metas são baseadas em apenas seis rotinas:

- A) Capacitação Operacional
- B) Manutenção das Condições Básicas
- C) Manutenção das Condições Operacionais
- D) Reparo da Deterioração
- E) Prevenção da Manutenção
- F) Tratamento de Falhas

Sendo que para cada rotina, existe um padrão de execução e acompanhamento denominados como Padrões de Rotina (PR), conforme ANEXO E.

A) Capacitação Operacional

A capacitação se faz através da Matriz de Capacitação ou Matriz “X”, onde são informados os nomes dos envolvidos, a função de cada um, as habilidades a serem desenvolvidas e os conhecimentos a serem adquiridos, além da data dos treinamentos, conforme ANEXO F.

B) Manutenção das Condições Básicas

A rotina de manutenção das condições básicas se faz através da execução das atividades descritas no cartão de manutenção das condições básicas, onde o operador ou mantenedor, após o cumprimento da atividade, deve preencher no verso do cartão, a data da execução, a condição do componente (com ou sem anomalia) e a sua matrícula. No dia seguinte a execução da atividade, o supervisor observa, no quadro de manutenção das condições básicas, se todas as atividades programadas foram ou não executadas, atualizando o indicador da rotina com a porcentagem de atividades executadas, sendo a meta de 100%.

C) Manutenção das Condições Operacionais

Essa rotina se resume as atividades do técnico da sala de controle, que faz uso do mapa de processo, para informar ao operador se o equipamento está trabalhando

acima ou abaixo de seus limites operacionais ou se os parâmetros de produto estão dentro dos limites especificados.

D) Reparo da Deterioração

A rotina de reparo da deterioração se refere a atividade de reparar o equipamento com anomalia ou falha, sendo que este reparo poderá ser programado ou não. Isso será melhor explicado na rotina de tratamento de falha, quando for descrito a atividade de registro das falhas.

E) Prevenção da Manutenção

Prevenir a manutenção nada mais é que eliminar o maior número possível de pontos de manutenção, o que implica em alteração do projeto e, por isso, atividade da engenharia de projetos.

F) Tratamento de Falhas

As falhas são mais ou menos indesejadas, dependendo das perdas que venha a causar. A ocorrência de uma falha é a simples manifestação de um problema gerencial. Da perda ao problema gerencial que a causou, ocorre a seqüência de eventos, conforme **Figura 29**.

Como a seqüência de ações que levam à ocorrência de perdas tem origem em algum problema gerencial, se, ao concluirmos a análise, tivermos identificado apenas as causas imediatas ou básicas, o problema voltará a ocorrer, pois a condição fundamental que gerou o problema não foi alterada. O bloqueio, assim, não será eficaz.

Entre a identificação da falha e sua restauração, revertendo à condição normal de operação, a pessoa responsável por essa ação já fez a sua primeira análise, identificando a causa imediata, que é o evento que causou a perda de função do equipamento.

A causa imediata se manifesta sempre na forma de um Modo de Falha. Assim, a análise inicial esclarece o modo de falha ocorrido e as causas de sua ocorrência.

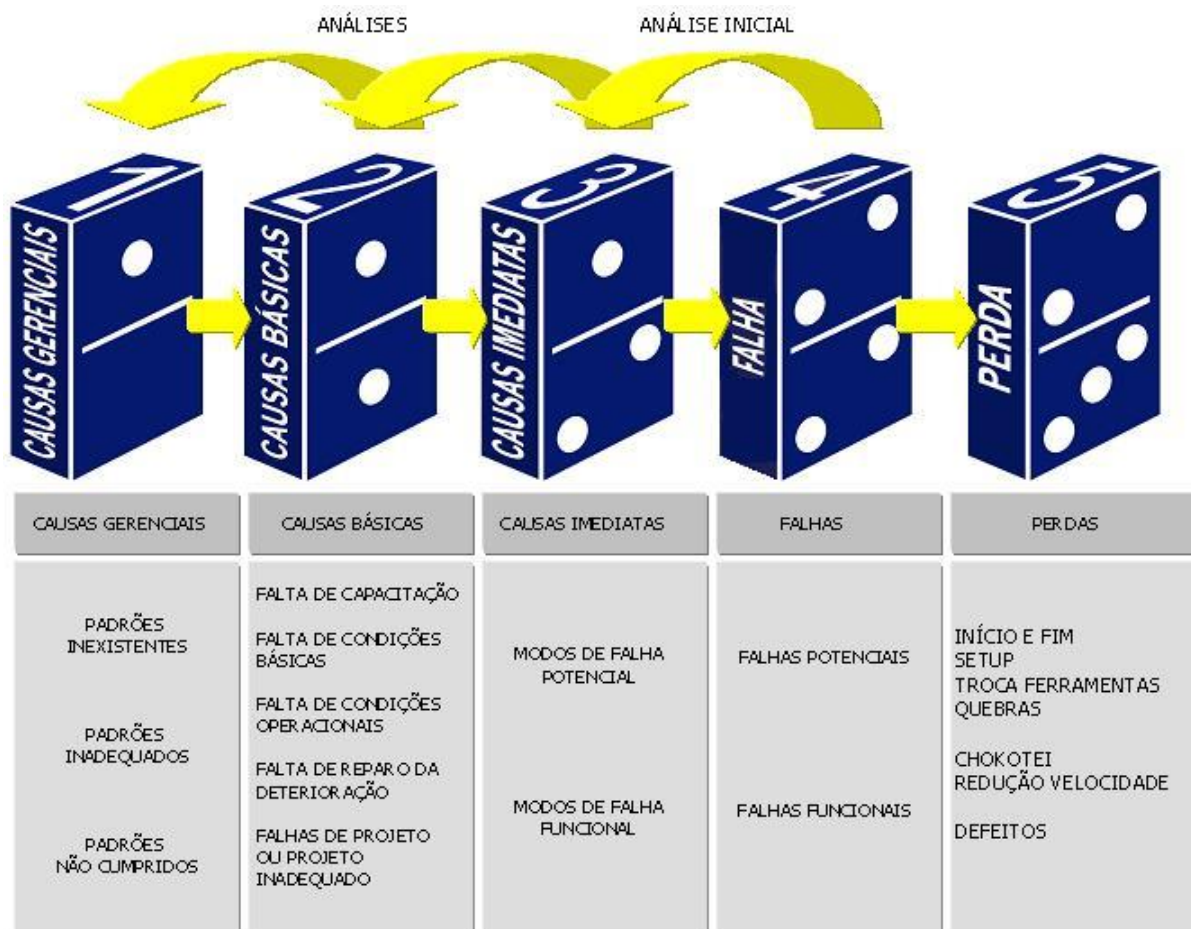


Figura 29 - Sequência de Eventos

As falhas potenciais têm como causa imediata os Modos de Falhas Potencial (anomalias) e as falhas funcionais os Modos de Falha Funcional, conforme **Tabela 5**.

Tabela 5 - Modos de Falhas Funcional e Potencial

FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA FUNCIONAL
Transportador de correia parou de transportar minério.	Rolamento travado
Ponte rolante parou de elevar carga.	Cabo de aço rompido
FALHA POTENCIAL	MODO DE FALHA POTENCIAL
Mesa de elevação operando acima do ciclo.	Cilindro hidráulico vazando

O tratamento de falhas ocorre através de três ações:

- Registro das falhas
- Análise das falhas
- Determinação das ações corretivas

A) Registrando as Falhas

O registro de falhas é o princípio básico da manutenção planejada. Deve ser emitido pelo operador ou mantenedor que atuou no diagnóstico. Quando o problema se refere a uma falha ou uma anomalia de processo, é utilizado a etiqueta azul, sendo o operador o responsável por encerrá-la, mas quando o problema se refere a uma falha ou anomalia de máquina, é utilizada a etiqueta vermelha, sendo o mantenedor o responsável por encerrá-la, sendo que qualquer funcionário, operador ou mantenedor, pode abrir uma etiqueta azul ou vermelha, ou seja, o operador pode abrir uma etiqueta vermelha e vice-versa.

É com base nos registros de falhas que o pessoal da manutenção (autônoma ou planejada) decidirá quais ações preventivas e corretivas a serem adotadas para poderem melhorar a manutenção. Além disso, é com base nos dados contidos no registro de falhas que os indicadores são levantados.

A análise das falhas funcionais ocorridas é de responsabilidade do pessoal da manutenção planejada, porém a participação dos operadores é de suma importância.

O registro de falha ocorre na forma de um FCA (Fato, Causa e Ação), sendo necessário fornecer as seguintes informações:

Fato: no campo de fato, é registrado claramente qual foi a falha ocorrida no equipamento.

Causa: no campo de causa, é descrito a causa imediata que causou a falha, ou seja, o modo de falha.

Ação: no campo ação diagnóstico, é explicado o raciocínio utilizado para a identificação do modo de falha e as ações tomadas para a restauração da função do equipamento, é descrita no campo ação de reparo.

Para decidir se um reparo deverá ser realizado no momento do registro ou se o reparo poderá ser programado, é feita uma primeira análise e indicado no cartão se a prioridade é de nível 1, 2 ou 3:

Prioridade 1: componente em estado avançado de deterioração (próximo ao ponto “F”), devendo ser reparado em até 24 horas.

Prioridade 2: componente em estado moderado de deterioração, devendo ser reparado em até 1 semana.

Prioridade 3: componente em estado inicial de deterioração, devendo ser reparado em até 1 mês.

B) Analisando as Falhas

Uma vez identificada a causa imediata, o modo de falha, o mantenedor já terá tido condições de restaurar o equipamento colocando-o em condições normais de operação. Assim sendo, a análise começa pela identificação das causas básicas, que levaram à ocorrência do modo de falha. O objetivo de análise de falhas é identificar as causas gerenciais da falha e propor ações que evitem a sua reincidência.

Os métodos de análise de falhas utilizados são o Diagrama de Ishikawa, seguido pela análise dos Cinco Porquês (conforme ANEXO G). Mas, se as causas básicas e gerenciais já são conhecidas, a análise pelos métodos anteriormente citados, não é necessária.

A ocorrência de qualquer falha está ligada à existência de pelo menos um dos cinco fatores citados abaixo:

1. Não observação das condições de uso;
2. Condições básicas inadequadas;
3. Falta de reparo da deterioração;
4. Falha de projeto;
5. Falta de capacitação de operadores e/ou mantenedores;

Tais fatores são conhecidos como Tipologia de Falha.

A análise das causas básicas tem como finalidade determinar quais dentre os cinco fatores acima causaram a ocorrência da falha, e o grau de contribuição de cada um, tornando possível a adoção precisa de medidas de controle gerencial.

O sistema de gerenciamento é estabelecido com base em Padrões de Gerenciamento (PG), Padrões Operacionais (PO) e Padrões de Rotina (PR). Assim, as causas gerenciais, problemas existentes no sistema de gerenciamento, que

levaram à existência das causas básicas, estão relacionadas a esses padrões, podendo ocorrer os seguintes problemas:

- Inexistência de padrões
- Não cumprimento dos padrões
- Existência de padrões inadequados

C) Determinando as ações corretivas

Para cada causa básica ou gerencial, identificada determinamos as ações corretivas necessárias para evitar a sua reincidência.

11.5 Resultados

Conforme **Figura 30**, nota-se que a partir do mês da agosto, mês em que o programa foi implantado em toda a Moagem I e II, a disponibilidade passou a ter uma tendência de aumento e de manter uma estabilidade sempre acima da meta.

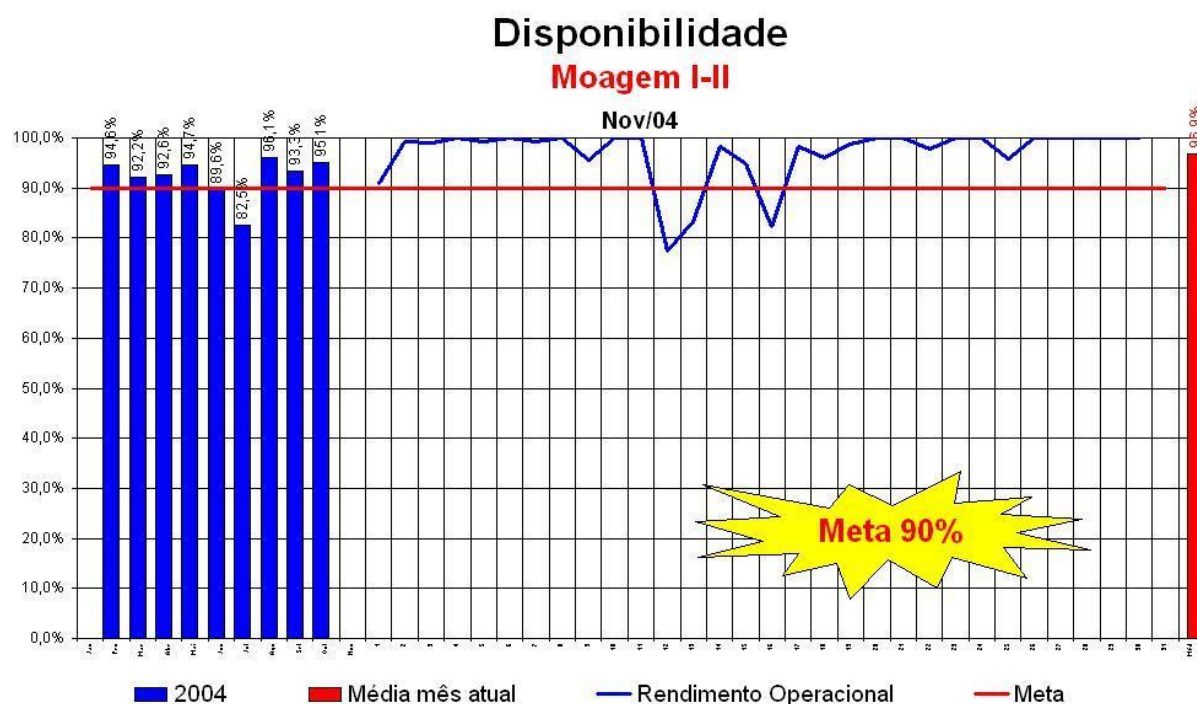


Figura 30 - Gráfico de Disponibilidade da Moagem I e II

12 Conclusão

Ficou evidenciado que na CVRD o TPM provocou uma mudança na cultura dos envolvidos, colaboradores da CVRD e das empresas contratadas, no processo Moagem das Usinas I e II, havendo, agora, uma melhor qualificação da mão-de-obra desta área.

Além disso, o cumprimento das rotinas promoveu um incremento na confiabilidade dos equipamentos e conseqüente ganho de produtividade, com o aumento da disponibilidade e utilização dos mesmos.

O sistema promoveu ainda, um maior contato entre o operador e a máquina, reduzindo por vezes, a necessidade da intervenção do pessoal de manutenção e dos tempos de parada desnecessário. Como conseqüência, os mantenedores passaram a planejar melhor suas inspeções e intervenções, além de poderem, também, começar a atuar no aumento de vida útil dos equipamentos.

E com o ambiente mais limpo e organizado, a qualidade dos serviços prestados resultou numa melhora considerável.

Referências Bibliográficas

- Apostila do Curso de Formação de Instrutores TPM - IM & C
- Apostila de Gestores TPM – Advanced Consulting & Training
- Apostila de Facilitadores TPM – Advanced Consulting & Training
- Manual do SGM – Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)
- Site da Advanced Consulting & Training (www.advanced-eng.com.br)

GLOSSÁRIO

Ação de Manutenção: Seqüência de atividades elementares de manutenção efetuadas com uma dada finalidade. Como exemplo de tais ações, tem-se o diagnóstico da pane, a localização da pane, a verificação do funcionamento e suas combinações (NBR 5462-1994).

Ambiente: Conjunto de todas as condições que influenciam a produção e conservação tais como, equipamentos próximos, ações humanas, condições de temperatura, umidade, sal, pulverização (*spray*), aceleração, choque, vibração, radiação e contaminantes na área circundante.

Análise de Falhas: Exame lógico e sistemático de um item que falhou, para identificar e analisar o mecanismo, a causa e as conseqüências da falha (NBR 5462-1994).

Análise de Modos de Falha e de seus Efeitos (FMEA): identificação e avaliação dos itens passíveis de falhas e das conseqüências dessas falhas.

Anomalia: Irregularidade, anormalidade, qualquer acontecimento diferente do usual.

Árvore de Falhas (FTA): Método lógico seqüencial de acontecimentos utilizado para a análise da confiabilidade de um item. Técnica de análise de riscos.

Atividade: Parte de um trabalho, ou de uma tarefa. Várias atividades podem constituir uma tarefa.

Atividade Elementar de Manutenção: Cada uma das unidades de trabalho nas quais pode ser dividida uma atividade de manutenção em um dado nível de intervenção (NBR 5462-1994).

Benchmarking: Comparação com referências de excelência, é a atividade de comparar um processo com os líderes reconhecidos para identificar oportunidades para a melhoria da qualidade. (NBR ISO 9004-4)

Causa da Falha: Circunstâncias relativas ao projeto, fabricação ou uso que conduzem a uma falha (NBR 5462-1994).

Ciclo de Vida (*Life Cycle*): Tempo durante o qual um item conserva sua capacidade de utilização, envolve desde a aquisição até que seja substituído, ou seja objeto de uma reabilitação.

Classe: Grupo de equipamentos/componentes que se definem por ter as mesmas características técnicas e operacionais, tendo em comum posição, materiais sobressalentes, planos e padrões (PRO's) de manutenção.

Componente: Unidade pertencente a um conjunto, que geralmente não é funcional por si mesma e está formada por peças.

Confiabilidade (*Reliability*): Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo. O termo confiabilidade $R(t)$ é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade (NBR 5462-1994).

Conformidade: Atendimento a requisitos especificados (NBR ISO 8402-1994).

Componentes Críticos: Componentes com taxas excessivas de falha. Suas falhas podem ou não causar parada do sistema ou danos catastróficos, mas são umas fontes de perturbações operacionais.

Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost*): Custo total de um item ao longo de sua vida, incluindo custos de aquisição, operação, manutenção e remoção. Equivale ao termo LCC e à expressão custo do ciclo de vida.

Defeito: Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos (NBR 5462-1994).

Diagnóstico: Conhecimento da natureza de uma falha baseada nos sintomas detectados.

Disponibilidade (*Availability*): Capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados. O termo “disponibilidade” é usado como uma medida do desempenho de disponibilidade (NBR 5462-1994).

Eficácia: Capacidade de um item atender a uma demanda de serviço de determinadas características quantitativas. Esta capacidade depende dos aspectos combinados da capacidade e da disponibilidade do item (NBR 5462-1994).

Eficiência: Medida de comparação do que foi feito e o que deveria ser feito.

Elemento: Partes constituintes de um Componente. Equivale ao termo “peça”.

Eliminação de Defeito (*Troubleshooting*): Localizar ou identificar discrepâncias ou mau funcionamento do equipamento e determinar a ação corretiva requerida.

Engenharia de Manutenção: Função consultiva que compõe o sistema de controle da gerência de manutenção para corrigir, melhorar e dar suporte à gestão. Sua missão é aperfeiçoar as técnicas de organização, métodos e procedimentos, favorecendo a implantação da Política de Manutenção mais adequada e o desenvolvimento e aplicação de novas idéias e métodos de trabalho.

Equipamento: Unidade complexa, constituída por subconjuntos, componentes e peças, agrupados para formar um sistema funcional.

Falha (*Failure*): Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. Depois da falha o item tem uma pane. A falha é um *evento*; diferente de pane que é um *estado*. Esta ocorrência impede o seu funcionamento. Este conceito como definido não se aplica a itens compostos somente por software (NBR 5462-1994).

Falha Aleatória: Qualquer falha cuja causa ou mecanismo faça com que seu instante de ocorrência se torne imprevisível, a não ser no sentido probabilístico ou estatístico (NBR 5462-1994).

Falha Crítica: Falha que provavelmente resultará em condições perigosas e inseguras para pessoas, danos materiais significativos ou outras conseqüências inaceitáveis (NBR 5462-1994).

Falha Funcional: É definida como a incapacidade de qualquer ativo de cumprir uma função para um padrão de desempenho que é aceitável pelo usuário (MOUBRAY, 2000).

Falha por Deterioração: Falha que resulta de mecanismos de deterioração inerentes ao item, os quais determinam uma taxa de falha instantânea crescente ao longo do tempo (NBR 5462-1994).

Família: Grupo de classes que tenham a mesma aplicação ou aplicação semelhantes no processo produtivo.

Função: Uma ação separada e distinta necessária para alcançar um dado objetivo, a ser realizada através do uso de equipamento (*hardware*), programas de computador, pessoal, instalações, procedimentos, ou uma combinação destes recursos; ou uma operação que um sistema deve executar para cumprir sua missão ou alcançar seu objetivo.

Garantia da Qualidade: Conjunto de atividades planejadas e sistemáticas, implementadas no sistema da qualidade e demonstradas como necessárias para

prover confiança adequada de que uma entidade atenderá os requisitos para a qualidade (NBR ISO 8402-1994).

Histórico de Equipamento: Registro das ocorrências, avarias, reparos e todas as informações gerais que se referem a um determinado item.

Item: Qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente. Um item pode eventualmente incluir pessoas (NBR 5462-1994).

Item de Controle: Item estabelecido para medir a qualidade do processo, é a expressão numérica da meta.

Item de Verificação: É um índice numérico, uma medida estabelecida sobre as causas que influenciam em determinado item de controle.

Mantenabilidade (*Maintenability*): Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar as suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos. O termo “mantenabilidade” é usado como uma medida do desempenho de manutenção (NBR 5462-1994). O mesmo que **Manutenibilidade**.

Manutenção: Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. A manutenção pode incluir uma modificação de um item (NBR 5462-1994).

Manutenção Autônoma: É a utilização do pessoal da operação em atividades de inspeção e realização de tarefas simples de manutenção visando antecipar danos em equipamentos.

Manutenção Baseada na Condição: Manutenção preventiva, também conhecida como “manutenção condicional”, baseada no conhecimento por comparação do

estado de um item através de medição periódica ou contínua de um ou mais parâmetros significativos. Equivale à manutenção preditiva.

Manutenção Corretiva: Manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida (NBR 5462-1994).

Manutenção de Emergência: Manutenção corretiva que é necessária efetuar imediatamente para evitar graves conseqüências.

Manutenção de Melhoria: Refere-se à introdução de melhorias nos equipamentos com objetivo de prolongar a sua vida em serviço e reduzir o tempo de manutenção. Baseia-se na investigação das causas fundamentais das falhas.

Manutenção Planejada: Ações pré- planejadas executadas para manter um item em uma condição de operação especificada por meio de inspeção sistemática, detecção e prevenção de falha incipiente. Algumas vezes é chamada de manutenção preventiva, mas de fato, é uma subdivisão da manutenção preventiva.

Manutenção não Planejada: Manutenção de emergência ou manutenção corretiva para restaurar um item que falhou a uma condição utilizável. Frequentemente chamada de manutenção de parada por motivo de quebra (*breakdown maintenance*).

Manutenção por Oportunidade: Manutenção normalmente não esperada que é efetuada em um item assim que ele termina um ciclo de operação. Manutenção preventiva realizada aproveitando o tempo de parada de um item por outro motivo qualquer.

Manutenção Preditiva: Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (NBR 5462-1994).

Manutenção Preventiva: Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (NBR 5462-1994).

Manutenção Programada: Manutenção programada baseada na condição do item, em intervalos aperiódicos de tempo, realizada para a remoção de sintomas ou defeitos identificados através da inspeção.

Manutenibilidade: O mesmo que manutenibilidade.

Material: todos os itens utilizados ou necessários em qualquer atividade, indústria, ou operação exceto pessoal.

Melhoria: Alteração efetuada em um item, da qual se espera ou se obtém um aperfeiçoamento de sua função.

Modificação: Mudança parcial do projeto de um item. Pode ou não incluir troca de materiais originalmente empregados.

Modo de Falha: Qualquer evento que causa uma falha funcional (MOUBRAY, 2000).

Não Conformidade: Não cumprimento de requisitos especificados ou de padrões de qualidade aceitos.

Nível de Manutenção: Conjunto de ações de manutenção a serem efetuadas em um nível de intervenção especificado (NBR 5462-1994).

Ordem de Serviço: Documento escrito que define o trabalho a ser realizado, coleta e registra dados das intervenções.

Padrões: Regras estabelecidas e aceitas, modelos ou critérios através dos quais o grau de satisfação de um usuário de um produto ou ação é determinado, ou contra os quais são feitas comparações.

Parada: Situação em que se coloca uma instalação industrial ou parte dela, por motivos diversos.

Parada Geral: Parada da unidade devida à interrupção programada da operação para revisões e reparos dos itens, concentrados em um determinado período de tempo.

Peça de Reposição (*Spare Parts*): Peça, componente ou conjunto pertencente a um item de ordem superior, que seja suscetível de substituição. Equivale ao termo “sobressalente”.

Plano: Conjunto de um ou mais PRO's com sua periodicidade de execução.

Política de Manutenção: Descrição das inter-relações entre os escalões de manutenção, os níveis de intervenção e os níveis de manutenção a serem aplicados para a manutenção de um item (NBR 5462-1994). Consiste na estratégia que rege as decisões gerenciais.

Prevenção de Manutenção: Conjunto de medidas adotadas na fase de projeto e desenvolvimento de um item visando à confiabilidade e manutenibilidade. Normalmente realizadas em conjunto com o fabricante do equipamento, objetiva evitar as ocorrências de falhas e otimizar os serviços de manutenção que serão aplicados ao item na fase de operação.

Procedimento: Forma específica de executar uma atividade (NBR ISO 8402-1994).

Procedimento Operacional (PRO): Modelo detalhado cuja finalidade é servir de base para execução de uma rotina operacional. No caso da manutenção, inclui as atividades, os recursos humanos e materiais, as providências adicionais, as medidas e os equipamentos auxiliares necessários à sua execução.

Processo: Conjunto de recursos e atividades inter-relacionadas que transformam insumos (entradas) em produtos (saídas). (NBR ISO 8402-1994).

Rendimento Operacional: Tempo trabalhado pelo equipamento ou sistema, em relação às horas calendário.

Reparo (*Repair*): Restituição de um item à sua condição admissível de utilização através do conserto ou reposição das partes danificadas, desgastadas ou consumidas.

Sistema: Conjunto de equipamentos/componentes entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação no processo produtivo. Este agrupamento é utilizado para fins gerenciais. Um sistema pode conter subsistemas e um item pode pertencer somente a um único sistema

Sobressalentes: Componentes, conjuntos e equipamentos que são completamente intercambiáveis com itens semelhantes e podem ser usados para repor itens removidos durante a manutenção.

Tarefa: Conjunto de atividades que são realizadas em um local ou posto de trabalho.

Taxa de Falhas: Número de avarias de um item por unidade de tempo. É o inverso do “tempo médio entre falhas”.

Taxa de Frequência de Acidentes: Número de acidentes por milhão de homens-hora trabalhados.

Taxa de Reparos: Número de reparos efetuados em relação ao tempo total de reparo. É o inverso do “tempo médio para reparo”.

Tempo de Operação: Tempo durante o qual o equipamento se mantém trabalhando de modo satisfatório para o operador.

Tempo de Parada (*Downtime*): Tempo (de calendário) em que um item ou equipamento não está apto a desempenhar totalmente a função esperada.

Tempo de Reparo: Parte do tempo de manutenção corretiva durante a qual são executadas as ações de reparo de um item (NBR 5462-1994).

Tempo de Restabelecimento: Intervalo de tempo entre a ocorrência de uma falha e a colocação do item em estado de disponibilidade (NBR 5462-1994).

Tempo entre Falhas: Tempo acumulado entre duas falhas consecutivas de um item reparado (NBR 5462-1994).

Tempo Médio Entre Falhas (MTBF – *Mean Time Between Failure*): Média aritmética dos tempos entre falhas sucessivas de um item reparável.

Tempo Médio Entre Manutenções (MTBM – *Mean Time Between Maintenance*): Média de tempo entre qualquer tipo de ação, corretiva ou preventiva.

Tempo Médio Entre Trocas (MTBR – *Mean Time Between Repair*): Média de tempo de uso de um item, entre trocas efetuadas devido ao mau funcionamento ou por outra razão qualquer.

Tempo Médio Para Reparo (MTTR – *Mean Time To Repair*): Média aritmética dos tempos de reparo de um item.

Treinamento: Abordagem pragmática para suplementar a educação, usando-se conhecimento específico e assistindo no desenvolvimento de habilidades especiais, ajudando pessoas a aprender uma arte, ciência, comércio, profissão ou outra atividade relacionada. Basicamente, é mais especializado do que a educação e envolve o aprendizado de “o que fazer” ao invés de “porque isto é feito”.

Tribologia: Conjunto de conhecimentos, técnicas e práticas relativas ao atrito e à lubrificação.

Vida Útil (*Useful Life*): Período de vida onde o equipamento produz em condições normais, a um custo razoável, e pode ser mantido em operação. O termo é aplicado

também a componentes para designar o período no qual as condições de utilização são preservadas.

Weibull: Função de distribuição de probabilidade criada pelo Eng. Wallodi Weibull que, entre outras aplicações, descreve o comportamento da taxa de falhas ao longo do ciclo de vida do equipamento. Possui parâmetros que indicam se a falha é um evento prematuro, aleatório ou ocasionada por desgaste.

ANEXOS