

IMPLEMENTAÇÃO DA CENTRAL DE ATIVOS PARA O MELHOR DESEMPENHO DO
SETOR DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO VOTORANTIM METAIS

Lívia Lima Ferreira

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PRODUÇÃO.

Aprovada por:

Prof. Marcos Martins Borges, D. Sc.

Ricardo Alexandre Ribeiro Santoro

Prof. José Geraldo Ferreira

JUIZ DE FORA, MG - BRASIL

JUNHO DE 2009

FERREIRA, LÍVIA LIMA

Implementação da Central de ativos para
o melhor desempenho do setor de
manutenção: Um Estudo de Caso

Votorantim Metais

[Minas Gerais] 2009

XII, 60 p. 29,7 cm (UFJF, Graduação,
Engenharia de Produção, 2009)

Trabalho de Conclusão de Curso -

Universidade Federal de Juiz de Fora,
Departamento de Engenharia de Produção.

1. Manutenção: Gestão de Ativos

I. EPD/UFJF II. Título (série)

DEDICATÓRIA:

Dedico este trabalho a todos que, de alguma forma, possam ter contribuído para que eu conquistasse mais esta etapa em minha vida. Formar-me Engenheira de Produção.

AGRADECIMENTOS:

Aos meus pais, Alberto e Sônia, e meus irmãos, Priscila, Célio e Isadora, pela confiança depositada e por todo apoio dado.

Aos meus tios Mário e Geny pelo acolhimento. E à minha família pela união sempre presente.

A todos meus professores pela sabedoria passada.

Ao meu orientador, professor Marcos Martins Borges, pela paciência e ajuda, não só neste trabalho, mas em toda a faculdade.

Ao professor José Geraldo Ferreira, ao Ricardo Santoro e ao Fabrício Barbosa pelo apoio prestado na realização deste.

A Votorantim Metais por permitir que esse trabalho fosse realizado, e, a todos que me apoiaram e auxiliaram na sua elaboração.

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia Produção.

IMPLEMENTAÇÃO DA CENTRAL DE ATIVOS PARA O MELHOR DESEMPENHO DO SETOR DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO VOTORANTIM METAIS

Lívia Lima Ferreira

Junho/2009

Orientador: Marcos Martins Borges. Dr.

Curso: Engenharia de Produção

A Central de Ativos é um departamento novo na Votorantim Metais. Antes, o controle dos ativos industriais não instalados (disponíveis para operação ou não) na planta era inconsistente, fazendo com que alguns dados do sistema (SAP) se diferenciem da situação real da empresa, implicando em prejuízos para a Gestão de Ativos da unidade. Com isso, identificou-se a necessidade de organizar o controle dos equipamentos para melhorar seu processo de funcionamento nos fatores que estejam relacionados a equipamentos (manutenção, risco, tempo de parada). Para o perfeito funcionamento do setor todos os equipamentos devem estar obrigatoriamente cadastrados no sistema SAP e corretamente identificados na planta permitindo um controle rígido de todos. As melhorias encontradas com a implementação da Central de Ativos foram: a correta armazenagem dos ativos da planta; a organização do funcionamento da planta (sistema eficaz); tomada de decisões técnicas coerentes com os objetivos econômicos da indústria, bem como de decisões econômicas que preservam a performance técnica dos equipamentos; assegurar a melhor rentabilidade dos equipamentos ao longo de sua existência na planta; diminuição do risco na planta devido a confiabilidade de boa condição do equipamento; melhor avaliação e decisão do destino do equipamento (reparo ou descarte).

Palavras-chave: Central de Ativos, Manutenção, Cadastro, Controle, Melhorias.

Juiz de Fora

Junho – 2009

Abstract of the monograph presented to the Coordination of the Production Engineering Course as part of the necessary requirements for graduating in Production Engineering.

IMPLEMENTATION OF CENTRAL ASSETS FOR THE BEST PERFORMANCE OF THE SECTOR OF MAINTENANCE: A CASE STUDY ON VOTORANTIM METAIS

Lívia Lima Ferreira

June/2009

Advisor: Prof. Marcos Martins Borges, Dr.

Course: Production Engineering

The Assest Warehouse is a new department in Votorantim Metais. Before its creation, there wasn't a control over the plant equipments, which made some system (SAP) data differ from the actual situation of the company, the Assets Management operations. Because of that, the need to organize the equipment control was identified, in order to improve its operation process concerning the equipment related factors (maintenance, risk, shutdown time, innovation of equipment). For the perfect functioning of the department, it is mandatory that all equipment are registered in the SAP system and are correctly identified in the plant to allow a strict control. The improvements found with the implementation of the Assets Warehouse were the correct storage of the plant's assets; the organization of the plant's operation (efficient system); consistent technical decision making regarding the industry's economic aims, as well as the economic decisions that preserve the technical performance of the equipment; the assurance of the equipment profitability throughout its existence in the plant; the reduction of the risks at the plant due to the reliability of the equipment's good condition; better evaluation and decision about the equipment destination (to repair or to discard).

Key-Words: Assets Warehouse, Maintenance, Registration, Control, Improvements.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO	01
1. Apresentação	01
2. Objetivos	01
3. Justificativas	01
4. Escopo do trabalho	02
5. Metodologia	02
CAPÍTULO II – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	03
1. Definição e Histórico da Manutenção	03
2. Tipos de Manutenção	06
2.1 Manutenção Reativa Corretiva	06
2.2 Manutenção Preventiva	07
2.3 Manutenção Preditiva	09
2.4 Manutenção Proativa.....	10
2.5 Manutenção Detectiva.....	11
3. Manutenção Produtiva Total –TPM (Total Maintenance Productive)	11
3.1 Manutenção Autônoma.....	15
4. Manutenção Centrada à Confiabilidade - RCM (Reliability-Centered Maintenance)	16
4.1 Falhas	17
4.2 FMEA – Failure Mode and Effects Analysis	20
4.3 Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade	20
5. Gestão da Manutenção	21
5.1 Engenharia de Manutenção.....	25
5.2 Gestão de Ativos.....	25
6. Sistemas ERP	27
CAPÍTULO III – DESCRIÇÃO DO SETOR	29
1. O Setor Metalúrgico	29
2. O Grupo Votorantim	30
3. Votorantim Metais Zinco	31
4. Votorantim Metais Zinco - Juiz de Fora	31
5. A Manutenção na Votorantim	33
6. A importância da Gestão de Ativos	36
7. Gestão de Ativos da Manutenção Antes da Central de Ativos	39
8. Gestão de Ativos da Manutenção Depois da Central de Ativos	42

8.1 A Central de Ativos.....	45
9. Status Atual da Central de Ativos	55
CAPÍTULO IV – CONCLUSÕES	56
BIBLIOGRAFIA	57

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1: Oito Pilares de Sustentação da Manutenção Produtiva Total.....	15
Figura 2: Componentes de um Programa de RCM.....	18
Figura 3: Relação entre Esforço e Resistência do equipamento.....	20
Figura 4: Esquema de atribuições da Manutenção.....	23
Figura 5: Estrutura Típica de funcionamento de um sistema ERP.....	28
Figura 6: Os Sete pilares da Gestão da Manutenção.....	34
Figura 7: Três medidas do GVA usados pelo Grupo Votorantim.....	36
Figura 8: O CVA de uma empresa.....	38
Figura 9: Ilustração do espaço físico da Central de Ativos da VMZ-JF.....	44
Figura 10: Central de Ativos no sistema SAP.....	45
Figura 11: Fluxograma de aquisição de um novo ativo.....	47
Figura 12: Exemplo de uma OM.....	48
Figura 13: Fluxograma de reparo de um ativo.....	49
Figura 14: Visualização dos principais dados do ativo no SAP.....	50
Figura 15: Transação de mudança de local de instalação no SAP.....	51
Figura 16: Transação de mudança de status do ativo no SAP.....	52
Figura 17: Histórico de um equipamento no SAP.....	53

SUMÁRIO DE QUADROS

Quadro 1: Cronograma de Atividades.....	02
Quadro 2: Crescimento das expectativas vs. Evolução da Manutenção.....	05
Quadro 3: As quatro gerações do TPM.....	14
Quadro 4: Resultados mensuráveis passíveis de obtenção com o TPM.....	16
Quadro 5: Volume de produção anual da VMZ-JF.....	33
Quadro 6: Comparação do Antes vs. Depois da Central de Ativos.....	53

GLOSSÁRIO

- ABM** – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais
- ABRAMAN** – Associação Brasileira de Manutenção
- BA** - Base de Ativos
- CAPEX** – Capital Expenditure (capital de investimento)
- CEDOC** – Centro de Documentação
- CMM** - Companhia Mineira de Metais
- CPM** - Companhia Paraibuna de Metais
- CTMF** - Curva do Tempo Médio para Falha
- CVA** – Valor Adicionado em Caixa
- ERP** – Enterprise Resource Planning (Sistemas Integrados de Gestão Empresarial)
- FCO** - Fluxo de Caixa Operacional
- GVA** - Geração de Valor Agregado
- FMEA** – Failure Mode and Effects Analysis (Análise do Tipo e Efeito de Falha)
- HSMQ** - Higiene, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade
- JIPM** - Japan Institute of Plant Maintenance (Instituto Japonês de Manutenção de Planta)
- M1** - Nota de Manutenção
- MCBF** - Mean Cicles Between Failures (Número Médio de Ciclos entre Falhas)
- MCC** - Manutenção Centrada à Confiabilidade
- MCTF** - Mean Cicles to Failure (Número Médio de Ciclos até a Ocorrência da Falha)
- MRP** - Material Resource Planning
- MTBF** - Mean Time between Failures (Tempo Médio de Operação entre Falhas)
- MTTF** - Mean Time to Failure (Tempo Médio entre Falhas)
- MTTR** - Mean Time to Repair (Tempo Médio para Reparo)
- OM** - Ordem de Manutenção
- OPEX** – Operacional Expenditure (Custo associado às despesas operacionais e à manutenção)
- PCM** - Planejamento e Controle de Manutenção
- PI** - Projeto de Investimento
- PLR** - Participação nos Lucros e Resultados
- PPCIM** - Planejamento, Programação, Controle e Informação de Manutenção
- RC** - Requisição de Compra
- RCM** - Reliability-Centered Maintenance (Manutenção Centrada à Confiabilidade)
- SAP** – Sotware de sistema ERP utilizado pelo Grupo Votorantim.
- TCC** - Trabalho de Conclusão de Curso
- TMF** - Tempo Médio entre as Falhas

TPM – Manutenção Produtiva Total

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UGB – Unidade de Gerenciamento Básica

VMZ-JF – Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

WACC - Custo Médio Ponderado de Capital

Capítulo I

APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

A evolução tecnológica dos processos industriais e a concorrência cada vez mais acirrada expandiram as funções da manutenção até o ponto em que, em muitas indústrias, o próprio termo manutenção foi substituído pela gestão de ativos e a fórmula - menos custos, maior disponibilidade - já não é apenas desejável, mas obrigatória.

Segundo a Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN, 2005). O investimento das indústrias em geral com a manutenção representa cerca de 4,5% do PIB brasileiro. O maior peso da manutenção nos resultados da empresa tende a aumentar este investimento e se reflete na estrutura organizacional das indústrias.

CAPEX é a abreviação de *Capital Expenditure*, que significa despesas de capital ou investimento em bens de capital, ou seja, é o montante de dinheiro (investimentos) gasto na aquisição (ou introdução de melhorias) de bens de capital de uma determinada empresa. Já o OPEX é uma sigla derivada da expressão *Operational Expenditure*, que significa o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos de uma empresa, ou seja, o custo associado às despesas operacionais e à manutenção.

Muitas vezes, ao comprar um equipamento, a empresa avalia somente o custo Capex e não leva em consideração o custo associado ao Opex, e, futuramente, isto gera um custo excessivo de manutenção. Para reduzir os gastos elevados com Opex, corta-se drasticamente a manutenção da planta, levando-a a elevados riscos de falhas e paradas dos equipamentos, caindo assim, a confiabilidade e a produtividade da planta. Todos estes fatores são consequências de um mau planejamento dos ativos da planta. A Gestão de Ativos tem como objetivo principal obter a relação risco/custo mais conveniente para empresa, pois tendo o completo conhecimento do ciclo de vida dos ativos, o menor custo global (Capex+Opex) é mais facilmente alcançado. Com a implementação da Central de Ativos na Votorantim Metais Zinco-Juiz de Fora (VMZ-JF) o ciclo de vida dos equipamentos serão cadastrados no SAP, o sistema ERP da empresa e, assim, conhecidos. Estes dados são muito importantes na tomada de decisão gerencial, diminuindo o custo de manutenção, mas aumentando a disponibilidade e a produtividade dos equipamentos de toda a planta.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso das possibilidades de melhoria que os processos de manutenção obtêm com a implementação de uma Central de Ativos em uma empresa do setor metalúrgico.

3. JUSTIFICATIVAS

O tema foi escolhido mediante uma melhor identificação da autora com o assunto abordado, além de uma maior facilidade em coletar os dados necessários, devido a vivência diária em seu estágio. Outro item importante foi o fato de que nunca este conceito ter sido abordado em toda a faculdade com este ponto de vista. Isso despertou o interesse de se aprofundar no assunto, além da identificação de sua importância e aplicação na prática dentro do setor de engenharia de manutenção.

4. CONDIÇÕES DE CONTORNO

O Presente trabalho aborda a Central de Ativos do setor Engenharia de Manutenção da Votorantim Metais Zinco Juiz de Fora, inserida no setor Metalúrgico, sendo umas das empresas do Grupo Votorantim.

5. METODOLOGIA

A primeira etapa foi a escolha e análise do tema a ser abordado. Para o início do aprofundamento no assunto foi necessário uma coleta de dados históricos, além de pesquisas bibliográficas relacionadas. Um primeiro contato com pessoas que detém conhecimento sobre o assunto, através de entrevistas, também foi necessário.

Em seguida, foi realizado um estudo teórico das informações adquiridas na etapa anterior para iniciar a definição dos conceitos que envolvem o tema, paralelamente foi elaborado o memorial de qualificação que foi apresentado.

Dados relevantes foram coletados para a elaboração do TCC, além de várias entrevistas com as pessoas responsáveis pela Central de Ativos.

Capítulo II

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Este capítulo apresenta diversos os conceitos e metodologias relativos a manutenção. Ao longo do desenvolvimento do TCC serão selecionados os conceitos mais adequados ao estudo de caso em questão.

1. DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Segundo NETTO (2008), Manutenção é um conjunto de técnicas e de organização capazes de conservar tão bem quanto novas, máquinas, instalações e edificações, durante o maior tempo possível, com máxima eficiência (limites a serem conquistados). Tendo sempre em vista diminuir desperdícios, satisfazer e motivar tanto os que recebem como os fazem a manutenção.

De acordo com MONCHY (2003), as primeiras referências à palavra Manutenção datam do século XII, mostrando que a história da Função acompanha o próprio desenvolvimento tecnológico-industrial da humanidade. Assim, como descreve TAVARES (2000), a necessidade de realização sistemática de reparos surge no final do século XIX, com a mecanização das indústrias. Até 1914 a Manutenção possuía uma importância secundária, sendo executada pelo mesmo pessoal alocado na Produção. Com o advento da I Guerra Mundial e a introdução das linhas de montagem idealizadas por Henry Ford, as fábricas passaram a necessitar de equipes específicas que pudessem efetuar os reparos nas máquinas operatrizes no menor prazo possível, surgindo um órgão formalmente estabelecido, cujo objetivo básico era executar a Manutenção hoje conhecida como Corretiva.

Esta situação se manteve até o final da década de 30, quando, em função da II Guerra Mundial e da necessidade de grande rapidez de produção, as administrações industriais passaram a se preocupar não só em corrigir falhas, mas também em evitar que elas ocorressem, com o pessoal de Manutenção passando a desenvolver a prevenção de danos e avarias – Manutenção Preventiva - que, juntamente com a Corretiva, completava o quadro geral da Função. (FILHO, 2008).

Posteriormente, a partir de meados dos anos 60, com a difusão dos computadores e a sofisticação dos instrumentos de proteção, medição e controle, fizeram com que a Atividade desenvolvesse critérios de previsão de falhas visando à otimização da atuação de suas equipes, no sentido da melhoria do desempenho operacional dos ativos físicos sob sua

responsabilidade. Tais critérios, que se consolidaram na chamada Manutenção Preditiva, foram associados a sistemas de planejamento e controle informatizados, reduzindo os encargos burocráticos dos executantes da Função e acarretando o aparecimento, de duas grandes áreas formais: a de estudos de ocorrências crônicas e a de PCM - Planejamento e Controle de Manutenção. (FILHO, 2008).

Finalmente, no início dos anos 80, com o surgimento e rápida disseminação dos microcomputadores, os órgãos de Manutenção passaram a desenvolver seus próprios programas de gerenciamento automatizado, eliminando os inconvenientes da dependência de disponibilidade do *main frame* corporativo para atendimento às suas necessidades de processamento de dados e informações. Em algumas empresas, esta atividade tornou-se tão importante que o PCM passou a se constituir num órgão de assessoramento à própria supervisão geral de produção. (FILHO, 2008).

Dentro destes novos cenários e contextos, a Manutenção passou, então, a ser reconhecida por sua contribuição estratégica para os negócios, através da redução do tempo de paralisação dos ativos, obtida pelos reparos em ritmo expedito das ocorrências com impacto sobre o potencial produtivo (aumento da disponibilidade e produtividade), e do cuidado com a precisão de suas intervenções, possibilitando que os produtos finais pudessem atender a critérios e padrões pré-estabelecidos (melhoria da confiabilidade). (FILHO, 2008).

O Quadro 2 sintetiza os elementos referentes ao histórico do desenvolvimento e valorização da Manutenção. Segundo MOUBRAY (1996), o crescimento das expectativas relativas à Função provocou uma correspondente evolução em suas técnicas, políticas e procedimentos, favorecendo a criação de um cenário propício ao surgimento de exigências ainda maiores, num círculo virtuoso que se desenrola dentro de ambientes situacionais também evolutivos.

Quadro 2 - Crescimento das expectativas vs. evolução da Manutenção

Evolução da Manutenção	Ambientes Situacionais	Expectativas quanto ao Desempenho da Função	Políticas e Filosofias Predominantes	Técnicas e Procedimentos	Estrutura e Organização Básica
1ª GERAÇÃO (até 1940-50)	Tecnologia simples. Pouca redundância Grandes estoques de sobressalentes Produtos estandardizados	Reparo após avaria Estabilidade da capacidade de produção	Corretiva	Substituição de Itens. Reparos de emergência Isolamento da falha	Informal Descentralizada

<p>2ª GERAÇÃO (1950-1980)</p>	<p>Tecnologia Semi automatizada Alguma redundância Estoques moderados Produtos especializados</p>	<p>Maior disponibilidade e produtividade dos ativos físicos Maior vida útil dos equipamentos e componentes Menores custos</p>	<p>Preventiva</p>	<p>Troca sistematizada de componentes Revisões gerais programadas ("overhauls") Sistemas de planejamento e Controle. Informática "main frame"</p>	<p>Centralizada</p>
<p>3ª GERAÇÃO (1980-2000)</p>	<p>Tecnologia automatizada Alta redundância Estoques "Just-in-Time" Sistemas complexos Altos investimentos de capital Produtos personalizados</p>	<p>Maior disponibilidade e confiabilidade dos ativos físicos Maior vida útil dos equipamentos e sistemas Maior segurança operacional Melhor qualidade dos serviços e produtos Ausência de danos ao Meio Ambiente Melhor custo x benefício dos processos (efetivid) Maior produtividade competitividade e lucratividade</p>	<p>Preditiva TPM MCC (RCM)</p>	<p>Monitoramento de condições e parâmetros operacionais de processos Inclusão da confiabilidade e manutenibilidade nos projetos Análise de riscos, modos de falhas, causas e efeitos Microinformática Versatilidade e "teamwork"</p>	<p>Híbrida</p>
<p>4ª GERAÇÃO (2000-....)</p>	<p>Tecnologia avançada Processamento Contínuo Sistemas interconectados Investimentos otimizados Produtos inteligentes</p>	<p>Alinhamento com os objetivos estratégicos corporativos Inserção nos Sistemas integrados de gestão Respeito aos preceitos da Sustentabilidade Engª. de Manutenção e melhoria da manutenibilidade</p>	<p>Pró-Ativa Asset Management (Gestão de Ativos Físicos)</p>	<p>Redes neurais Sistemas especialistas Auto-teste e auto-diagnóstico Interfaces "wireless" e "blue tooth" Multidisciplinaridade Multiespecialização</p>	<p>Matricial Arranjos em Constelação ("Cluster") Redes</p>

Fonte: Adaptado de MOUBRAY (1996), RIIS et al. (1997) e ROMERO(2001)

2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

De acordo com SIQUEIRA (2005), os tipos de manutenção são também classificados de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas. Seis categorias são normalmente identificadas, sob este aspecto:

- Manutenção Reativa ou Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Proativa;
- Manutenção Produtiva;
- Manutenção Detectiva.

A manutenção Corretiva ou Reativa destina-se a corrigir falhas que já tenham ocorrido, enquanto a Manutenção Preventiva tem o propósito de prevenir e evitar as conseqüências das falhas. A Manutenção Preditiva busca a previsão ou antecipação da falha; medindo parâmetros que indiquem a evolução de uma falha a tempo de serem corrigidas. Similarmente, a Manutenção Detectiva procura identificar falhas que já tenham ocorrido, mas que não sejam percebidas. A Manutenção Produtiva objetiva garantir a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos. Finalmente, na Manutenção Proativa, a experiência é utilizada para otimizar o processo e o projeto de novos equipamentos, em uma atitude proativa de melhoria contínua. (SIQUEIRA,2005).

2.1 MANUTENÇÃO REATIVA OU CORRETIVA

A lógica da manutenção corretiva é simples e direta: quando uma máquina quebra, conserte-a. Este método (“Se não está quebrada, não conserte”) de manutenção de maquinaria fabril tem representado uma grande parte das operações de manutenção da planta industrial, desde que a primeira fábrica foi construída e, por cima, parece razoável. Uma planta industrial usando gerência por manutenção corretiva não gasta qualquer dinheiro com manutenção, até que uma máquina ou sistema falhe em operar. (ALMEIDA, 2008)

A manutenção corretiva ocasiona a paralisação do processo produtivo. Devido a isso, é bastante onerosa no ponto de vista econômico, em virtude da quebra de produção e do lucro cessante. Para as indústrias modernas, tal manutenção não é a mais adequada, pois não possibilita segurança para o cumprimento de prazos num plano de produção. (MARÇAL 2004).

Os maiores custos associados com este tipo de manutenção são: altos custos de estoques de peças sobressalentes, altos custos de trabalho extra, elevado tempo de paralisação da máquina, e baixa disponibilidade de produção. (ALMEIDA, 2008). Ela pode ser subdividida em:

- Manutenção corretiva não planejada: é a correção da falha de maneira aleatória. MARÇAL (2004) complementa KARDEC e NASCIF (1998) dizendo que a manutenção ocorre no fato já ocorrido ou no momento seguinte à identificação do defeito. Implica na paralisação do processo, perdas de produção, perdas de qualidade e elevação de custos indiretos de produção. A manutenção objetiva colocar o equipamento nas condições de voltar a exercer sua função.
- Manutenção corretiva planejada: é a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial. MARÇAL (2004) enfatiza que a manutenção é efetuada em um período programado, com intervenção e acompanhamento do equipamento, desde que o defeito não implique necessariamente na ocorrência de uma falha. Caso a decisão seja deixar o equipamento funcionando até quebrar, recomenda-se compartilhar com outros defeitos já relatados e tomar ação preventiva e naturalmente econômica. O planejamento é fundamental e deve considerar fatores diversos para o não comprometimento do processo produtivo.

Normalmente, a quebra ocorrerá quando as demandas de produção forem as maiores. O pessoal de manutenção deve então reagir à falha inesperada. Neste modo de manutenção reativa, a máquina é desmontada e inspecionada para determinar os reparos específicos requeridos para retorná-la ao serviço. Se as peças de reparo não estiverem no estoque, elas devem ser encomendadas, a custos de mercado, e deve ser solicitado o envio expedito. Mesmo quando as peças de reparo já estão no estoque da planta industrial, o tempo de mão de obra para reparo e o custo são muito maiores neste tipo de manutenção reativa. O pessoal de manutenção deve desmontar toda a máquina para localizar a fonte do problema ou problemas que forçaram a falha. Admitindo que eles identifiquem corretamente o problema, o tempo requerido para desmontar, reparar, e remontar a máquina seria, pelo menos, maior do que teria sido requerido por um reparo planejado. (ALMEIDA, 2008)

2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Todos os programas de gerência de manutenção preventiva são acionados por tempo, ou seja, as tarefas de manutenção se baseiam em tempo gasto ou horas operacionais. A conhecida curva do tempo médio para falha (CTMF) indica que uma máquina nova tem uma alta probabilidade de falha, devido a problemas de instalação,

durante as primeiras semanas de operação. Após este período inicial, a probabilidade de falha é relativamente baixa por um período prolongado de tempo. Após este período normal de vida da máquina, a probabilidade de falha aumenta abruptamente com o tempo transcorrido. Na manutenção preventiva, os reparos ou recondiçõamentos da máquina são programados baseados na estatística CTMF. (ALMEIDA, 2008)

A implementação da manutenção preventiva real varia bastante. Alguns programas são extremamente limitados e consistem de lubrificação e ajustes menores. Os programas mais abrangentes de manutenção preventiva programam reparos, lubrificação, ajustes, e recondiçõamentos de máquinas para toda a maquinaria crítica na planta industrial. O denominador comum para todos estes programas de manutenção preventiva é o planejamento da manutenção x tempo. (ALMEIDA, 2008)

Todas as máquinas irão se degradar em um determinado período de tempo, de acordo com suas características típicas. Por exemplo, uma bomba centrífuga, horizontal, de estágio simples normalmente rodará 18 meses antes que tenha que ser revisada. Usando técnicas da manutenção preventiva, a bomba seria removida de serviço e revisada após 17 meses de operação. O problema com esta abordagem é que o modo de operação e variáveis específicas da planta industrial ou do sistema afetam diretamente a vida operacional normal da maquinaria. O tempo médio entre as falhas (TMF) não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando com água e uma bombeando polpas abrasivas de minério. O resultado normal do uso da estatística TMF para programar a manutenção ou é um reparo desnecessário ou uma falha catastrófica. No exemplo, a bomba pode não precisar ser recondiçõada após 17 meses. Portanto, a mão de obra e o material usado para fazer o reparo foram desperdiçados. O segundo cenário da manutenção preventiva é ainda mais caro. Se a bomba falhar antes dos 17 meses, somos forçados a consertar usando técnicas corretivas. A análise dos custos de manutenção tem mostrado que um reparo feito de uma forma reativa (isto é, após a falha) normalmente será três vezes mais caro do que o mesmo reparo feito numa base programada. (ALMEIDA, 2008)

Segundo MARÇAL (2004) a manutenção preventiva se subdivide em:

- Manutenção preventiva programada ou sistemática: é quando os serviços de manutenção são efetuados de maneira periódica, através de intervalos pré-estabelecidos, dias de calendários, ciclos de operações, horas de operações e outros desprezando as condições dos componentes envolvidos.
- Manutenção preventiva de rotina: são as manutenções preventivas feitas com intervalos pré-determinados e de tempos reduzidos, com prioridades claramente definidas e curtas duração de execução, na maioria das vezes apoiadas apenas nos sentidos humanos, sem causar a indisponibilidade da instalação ou equipamento.

Geralmente são conhecidas como inspeções e verificações sistemáticas apoiadas pelo uso de *check list* ou demais controles.

2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva é o monitoramento regular da condição mecânica real, do rendimento operacional, e outros indicadores da condição operativa das máquinas e sistemas de processo, fornecendo os dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre os reparos. Ela também minimiza o número e os custos de paradas não-programadas criadas por falhas da máquina. Portanto, as peças corretas para reparo, ferramentas, e habilidades da mão de obra podem estar disponíveis para corrigir o problema da máquina antes da ocorrência de falha catastrófica. Talvez a diferença mais importante entre manutenção reativa e preditiva seja a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado de manutenção reativa é substancial e raramente pode ser recuperado. A maioria das plantas industriais, durante períodos de produção de pico, opera 24 horas por dia. Portanto, o tempo perdido de produção não pode ser recuperado. (ALMEIDA, 2008)

A manutenção preditiva é muito mais. Trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção. A manutenção preditiva não é meramente monitoramento de vibração ou análise de óleo lubrificante ou de imagens térmicas ou qualquer das outras técnicas de teste não destrutivo que tem sido marcadas como ferramentas de manutenção preditiva. A manutenção preditiva é uma filosofia ou atitude que usa a condição operacional real do equipamento e sistemas da planta industrial para otimizar a operação total da planta industrial. (ALMEIDA, 2008)

A manutenção preditiva é um programa de manutenção preventiva acionado por condições. Ao invés de se fundar em estatística de vida média na planta industrial ou industrial (p.ex., tempo médio para falha) para programar atividades de manutenção, a manutenção preditiva usa monitoramento direto das condições mecânicas, rendimento do sistema, e outros indicadores para determinar o tempo médio para falha real ou perda de rendimento para cada máquina e sistema na planta industrial. Na melhor das hipóteses, os métodos tradicionais acionados por tempo garantem uma guia para intervalos “normais” de vida da máquina. Em programas preventivos ou corretivos, a decisão final sobre os programas de reparo ou de recondição se baseia na intuição e experiência pessoal do gerente de manutenção. A adição de um programa de gerência preditiva abrangente pode fornecer dados sobre a condição mecânica real de cada máquina e o rendimento operacional de cada sistema de processo. Estes dados habilitarão o gerente de manutenção

a programar atividades de manutenção muito mais efetivamente em termos de custo. Um programa de manutenção preditiva pode minimizar o número de quebras de todos os equipamentos mecânicos da planta industrial e assegurar que o equipamento reparado esteja em condições mecânicas aceitáveis. Ele pode identificar problemas da máquina antes que se tornem sérios já que a maioria dos problemas mecânicos podem ser minimizados se forem detectados e reparados com antecedência. (ALMEIDA, 2008)

A manutenção preditiva utiliza uma ou mais técnicas de monitoração, como:

- Análise de vibrações de equipamentos rotativos e alternativos;
- Análise de corrente e fluxo magnético de motores elétricos;
- Análise de óleo lubrificante (tribologia e ferrografia);
- Termografia de sistemas elétricos e mecânicos;
- Ultrassom para detecção de vazamentos e defeitos de válvulas e purgadores.

Essas técnicas são capazes de detectar os defeitos de funcionamento sem interrupção do processo produtivo e com antecedência suficiente para programar as intervenções corretivas, de modo a atingir os seguintes benefícios:

- Aumento da segurança e da disponibilidade dos equipamentos, com redução dos riscos de acidentes e interrupções inesperadas da produção;
- Eliminação da troca prematura de componentes com vida útil remanescente ainda significativa;
- Redução dos prazos e custos das intervenções, pelo conhecimento antecipado dos defeitos a serem corrigidos;
- Aumento da vida útil das máquinas e componentes pela melhoria das condições de instalação e operação.

A análise estatística dos dados coletados pela Manutenção Preditiva permite ainda:

- Identificar equipamentos com problemas crônicos e orientar a sua correção;
- Avaliar a eficácia e a qualidade dos serviços corretivos e propor programas de treinamento e a adoção de novas tecnologias, visando o seu aprimoramento.

De um modo geral, pode-se afirmar que a aplicação de programas de Manutenção Preditiva em indústrias de processo resulta, a médio e longo prazo, em reduções da ordem de 2/3 nos prejuízos com interrupções inesperadas de produção e de 1/3 nos gastos com a manutenção, após uma fase inicial de investimentos.

2.4 MANUTENÇÃO PROATIVA

A manutenção proativa tem recebido atenção mundial como o meio mais importante de alcançar economias inalcançáveis pelas técnicas de manutenção convencionais. A

abordagem substitui a filosofia de manutenção de “falha reativa” pela de “falha proativa” evitando as condições subjacentes que levam a falhas e degradação da máquina. Ao contrário da manutenção preditiva/preventiva, a manutenção proativa cria ações conetivas que objetivam as causas da falha-raiz, não apenas sintomas. Seu objeto central é aumentar a vida da máquina mecânica ao invés de fazer reparos quando em geral nada está quebrado, aceitar a falha como rotina e normal substituindo a manutenção de falha de crise pela manutenção de falha programada. (FICTH, 2008)

Na maioria dos casos, os sintomas da falha mascaram a causa raiz ou são eles próprios considerados como a causa. A maioria das máquinas são sistemas dependentes de fluidos, tais como lubrificantes, fluidos hidráulicos, líquidos refrigerantes, combustíveis e ar carregam e transportam os contaminantes dentro do sistema. A presença anormal de contaminação num sistema pode ser descrita como a etapa inicial da falha, significando que, apesar da máquina ainda não apresentar perda de desempenho ou degradação do componente no momento, as condições que levam à falha e vida operacional reduzida estão presentes e sem defesa. (FICTH, 2008)

2.5 MANUTENÇÃO DETECTIVA

Segundo PINTO (1998) a manutenção detectiva “É a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não-perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção”. Detectiva vem da palavra “detectar”.

Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade.

À medida que aumenta a utilidade de instrumentação de comando, controle e automação nas indústrias, maior é a necessidade de manutenção detectiva para garantir a confiabilidade dos sistemas e da planta. (XAVIER, 2003).

3. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - TPM (*Total Productive Maintenance*)

A Manutenção Produtiva Total pode ser definida como um esforço elevado na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas, atingindo assim o zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e

Administração, requerendo o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos. (JIPM, 2002)

O objetivo global da Manutenção produtiva total é a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc.) e em termos humanos (aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimento, habilidades e atitudes). A meta ser alcançada é o rendimento operacional global.

Três características importantes podem ser observadas no TPM (NAKAJIMA, 1989 e XENOS, 1998):

- busca da economicidade, ou seja, tornar a manutenção uma atividade geradora de ganhos financeiros para a empresa. Essa característica está presente em todas as políticas de manutenção baseadas nos conceitos de prevenção de falhas e na melhoria da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos;
- integração e otimização de todas as políticas de manutenção disponíveis, de maneira a promover a melhoria da eficiência global dos equipamentos;
- participação voluntária de operadores de produção nas atividades de manutenção, levados pelo conceito de gerenciamento dos resultados e de atividades de pequenos grupos.

A Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial. As empresas Japonesas, até então famosas pela fabricação de produtos de baixa qualidade e arrasadas pela destruição causada pela guerra, buscaram, na excelência da qualidade, uma alternativa para reverter o quadro na qual se encontravam. Com isso, os primeiros registros de implementação de TPM pertencem à empresa Nippon Denso, pertencente ao grupo Toyota. No Brasil, essa filosofia começou a ser praticada em 1986.

Desde seu nascimento em 1971 o TPM segue uma evolução constante que pode ser dividida em quatro gerações (PALMEIRA, 2002 e JIPM, 2002).

No início do TPM as ações para maximização da eficiência global dos equipamentos focavam apenas as perdas por falhas (quebra zero) e em geral eram tomadas pelos departamentos relacionados diretamente ao equipamento e possuía cinco pilares (Eficiência, auto-reparo, treinamento, planejamento e ciclo de vida). Esse período pode ser denominado a primeira geração do TPM.

A segunda geração do TPM se inicia na década de 80, período em que o objetivo de maximização da eficiência passa a ser buscado por meio da eliminação das seis principais perdas nos equipamentos divididas em: perda por quebra ou falha, perda por preparação e ajuste, perda por operação em vazio e pequenas paradas, perda por velocidade reduzida, perda por defeitos no processo e perda no início da produção.

No final da década de 80 e início da década de 90 surge a terceira geração do TPM, cujo foco para maximização da eficiência deixa de ser somente o equipamento e passa a ser o sistema de produção. A maximização da eficiência passa a ser buscada então por meio da eliminação de dezesseis grandes perdas divididas em:

- Oito perdas ligadas aos equipamentos: por quebra ou falha, por instalação e ajustes, por mudanças de dispositivos de controle e ferramentas, por início de produção, por pequenas paradas e inatividade, por velocidade reduzida, por defeitos e retrabalhos e perda por tempo ocioso;
- Cinco perdas ligadas às pessoas: falha na administração, perda por mobilidade operacional, perda por organização da linha, perda por logística e perda por medições e ajustes;
- Três perdas ligadas aos recursos físicos de produção: perda por falha e troca de matrizes, ferramentas e gabaritos, perda por falha de energia e perda de tecnologia.

A quarta geração do TPM que se inicia a partir de 1999, considera que o envolvimento de toda a organização na eliminação das perdas, redução dos custos e maximização da eficiência ainda é limitado. Essa geração contempla uma visão mais estratégica de gerenciamento e o envolvimento também de setores como comercial, de pesquisa e desenvolvimento de produtos, para eliminação de 20 grandes perdas divididas entre processos, inventários, distribuição e compras.

O Quadro 3 mostra um resumo das quatro gerações do TPM.

Quadro 3: As quatro gerações do TPM

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

Fonte: PALMEIRA, 2002, p.92

IM&C internacional, JIPM *Japan Institute of Plant Maintenance* (2002) *apud* Moreira (2003), propôs oito pilares de sustentação para embasar a TPM, a saber:

1. Melhoria individual dos equipamentos para elevar a eficiência;
2. Elaboração de uma estrutura de manutenção autônoma do operador;
3. Elaboração de uma estrutura de manutenção planejada do departamento de manutenção;
4. Treinamento para a melhoria da habilidade do operador e do técnico de manutenção;
5. Elaboração de uma estrutura de controle inicial do equipamento;
6. Manutenção com vistas a melhoria da qualidade;
7. Gerenciamento;
8. Segurança, higiene e meio ambiente.

A Figura 1 ilustra de forma esquemática os oito pilares da TPM.

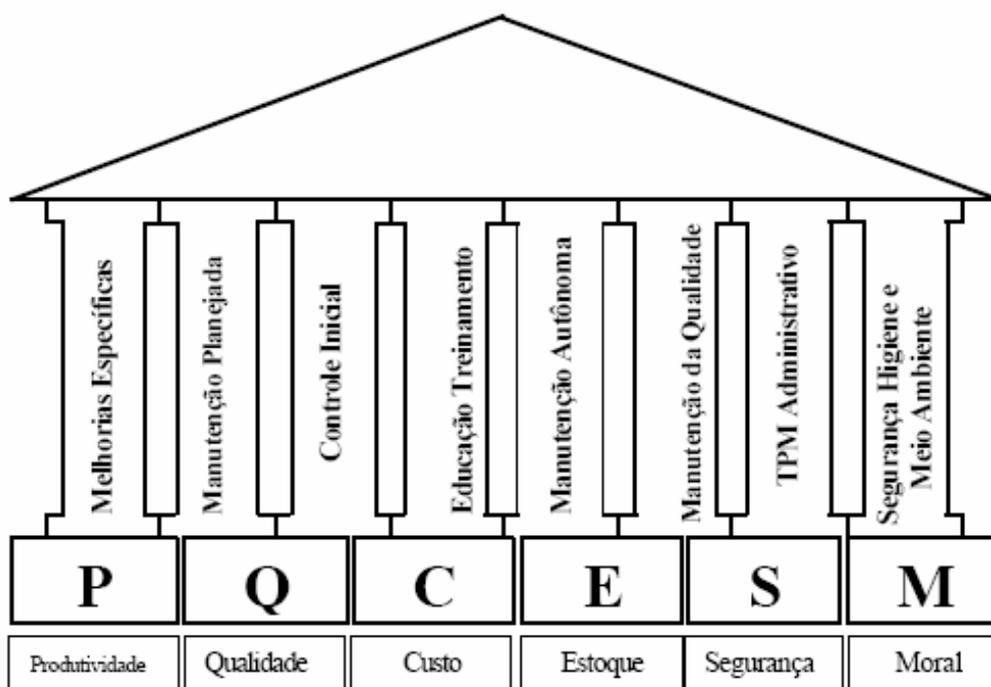


Figura 1: Oito pilares de sustentação da Manutenção Produtiva Total

Fonte: Suzuki (1994) *apud* Moreira (2003)

Benefícios não mensuráveis podem ser atribuídos a implementação do TPM, tais como uma maior interação da organização, melhoria no ambiente de trabalho, desenvolvimento intelectual, motivação e autoconfiança dos empregados (NAKASATO, 1994 e PALMEIRA, 2002). Porém, é por meio de resultados mensuráveis que se observa,

de forma mais efetiva, os benefícios passíveis de serem obtidos com a implementação do TPM. Esses resultados podem se divididos em seis grandes grupos representados pela sigla PQCDMS e estão mostrados no Quadro 4.

Quadro 4: Resultados mensuráveis passíveis de obtenção com o TPM

P Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento da produtividade de mão de obra de 1,4 a 1,5 vezes ▪ Aumento da produtividade em termos de valor agregado de 1,5 a 2 vezes ▪ Aumento do índice operacional dos equipamentos de 1,5 a 2 vezes
Q Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do índice de falha de processo para até 10% dos níveis anteriores de falha ▪ Redução do índice de refugo para até 3% dos níveis anteriores ▪ Redução do nível de reclamações de clientes para até 25% dos níveis anteriores
C Custo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de até 30% nos estoques de processo ▪ Redução de até 30% do consumo de energia ▪ Redução dos níveis de consumo de fluidos hidráulicos para até 20% dos níveis anteriores ▪ Redução de até 30% no custo total de fabricação
D Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de até 50% do estoque de produtos acabados em nº de dias ▪ Aumento de 2 vezes no giro de estoque (3 a 6 vezes ao mês)
S Segurança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zero absenteísmo por acidentes ▪ Zero ocorrência de contaminação do meio ambiente
M Moral	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de até 5 a 10 vezes no nº de sugetões ▪ Aumento de até 2 vezes no nº de reuniões de pequenos grupos

Fonte: adaptado de NAKAJIMA, 1989, p.7; NAKASATO, 1994, p.1.8 e SHIROSE, 1994, p.10-12

3.1 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Segundo McKONE (1999), a Manutenção Autônoma pode ser definida considerando os quatro principais objetivos do Programa TPM. Primeiro, fazer com que as equipes de Manutenção e Produção trabalhem em conjunto para estabilizar as condições e parar a deterioração dos equipamentos. Segundo, com a divisão das responsabilidades pelas atividades diárias de manutenção, a produção e a manutenção se tornam capazes de melhorar a “saúde” dos equipamentos. Estas atividades incluem limpeza e inspeção, lubrificação, checagem de precisão e outras pequenas intervenções de manutenção. Terceiro, o TPM foi pensado para ajudar os operadores a conhecer melhor o funcionamento de seus equipamentos, quais problemas podem ocorrer e porquê e como tais problemas podem ser previstos através de pré-deteccção e do tratamento de condições anormais. E quarto, o TPM promove o envolvimento dos operadores através de sua preparação para atuar como parceiros do pessoal de manutenção e engenharia na melhoria da performance geral e confiabilidade dos equipamentos.

O pilar Manutenção Autônoma tem, então, como principal objetivo o aumento do tempo de disponibilidade operacional dos equipamentos através da preparação e envolvimento do pessoal de operação. A palavra autônoma indica exatamente o fato de os operadores terem autoridade e conhecimento suficientes para executarem intervenções

antes só realizadas pelo pessoal especializado. Com o incremento de pequenas tarefas no dia-a-dia dos operadores, estes têm sua função mais valorizada e os técnicos de manutenção tem mais tempo disponível para desenvolver e estudar formas de melhorar os equipamentos e facilitar sua intervenção. Isto torna o sistema um ciclo virtuoso de melhoria contínua e conseqüente redução das perdas relacionadas a quebras, falhas, perda de velocidade e qualidade. (FERNANDES, 2005).

4. MANUTENÇÃO CENTRADA À CONFIABILIDADE- RCM (*Reliability-Centered Maintenance*)

A análise da política de manutenção no setor de transporte aéreo em finais dos anos 1960 e início da de 1970 conduziu o desenvolvimento dos conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Os princípios e aplicações da MCC foram documentados na publicação de NOWLAN e HEAP, (1978). O trabalho demonstrou que não existe uma forte correlação entre idade e taxa de falhas, além de provar que a premissa básica de manutenção baseada em tempo era falsa para a maioria dos equipamentos. Estudos complementares realizados pelo Departamento de Defesa (DOD) e diversas instalações nucleares, confirmaram o trabalho de Nowlan e Heap. (NASA, 2000)

Segundo LAFRAIA (2001), a confiabilidade pode ser definida como o nível de confiança de que um determinado equipamento ou sistema desempenhe a função básica para a qual foi projetado e instalado, durante um período de tempo pré-estabelecido e sob condições de operação padronizadas. Assim, a confiabilidade de um ativo é quase que exclusivamente dependente da qualidade do programa de Manutenção, uma vez que a confiabilidade intrínseca, agregada a este ativo por seu fabricante só pode ser aumentada através de medidas tomadas pela gestão de manutenção.

Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM – *Reliability Centred Maintenance*) é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Esta começa identificando a funcionalidade ou desempenho requerido pelo equipamento no seu contexto operacional, identifica-se os modos de falha e as causas prováveis e então detalha os efeitos e conseqüências da falha. Isto permite avaliar a criticidade das falhas e identificar conseqüências significantes que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. A metodologia permite selecionar as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falha identificados. (SEIXAS, 2008)

Segundo MORAES (2008), o RCM busca fazer com que o equipamento cumpra, de modo confiável, as funções e o desempenho previstos em projeto, por meio da combinação e otimização do uso de todas as políticas de manutenção disponíveis. Para se atingir esse

objetivo a política do RCM considera necessário que as equipes ligadas a operação e manutenção dos equipamentos respondam claramente as seguintes questões:

- quais são as funções e níveis de desempenho previstos no projeto do equipamento e de seus subsistemas?
- por que e como podem ocorrer falhas nessas funções?
- quais as conseqüências da falha?
- é possível prever ou prevenir a falha? Caso não, que outra política de manutenção pode ser utilizada para impedir a ocorrência da falha?

As estratégias de manutenção em vez de serem aplicadas independentemente são integradas para tirar vantagens de seus pontos fortes de modo a otimizar a operacionalidade e eficiência da instalação e dos equipamentos, enquanto se minimiza o custo do ciclo de vida. A figura 2 mostra o tipo de manutenção adequada para cada caso. (SEIXAS, 2008)

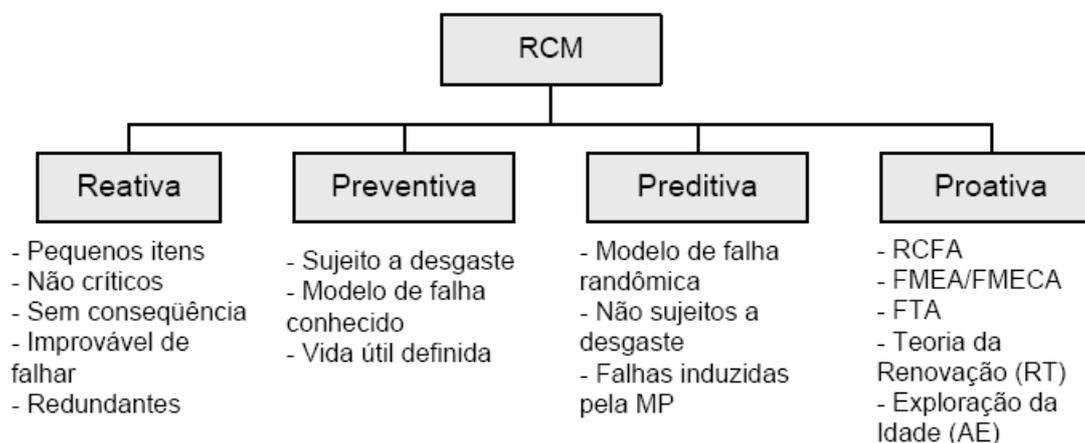


Figura 2: Componentes de um programa de RCM

4.1 FALHAS

De acordo com XENOS (1998), a falha de um equipamento é a situação na qual este se torna incapaz, total ou parcialmente, de desempenhar uma ou mais funções para qual foi projetado e construído. NAKAJIMA (1989) diz que as interrupções da função do equipamento também podem ser definidas como mau funcionamento ou avarias e são classificadas como:

1. Avarias abruptas:
 - fatais : mais de três horas de duração;
 - de longa duração : mais de uma hora;
 - gerais: de cinco a dez minutos

- menores: menos de cinco minutos.
2. Avarias por deterioração: inicialmente não levam à parada, mas ao longo do tempo comprometem a função do equipamento.
- por deterioração funcional;
 - por deterioração da qualidade.

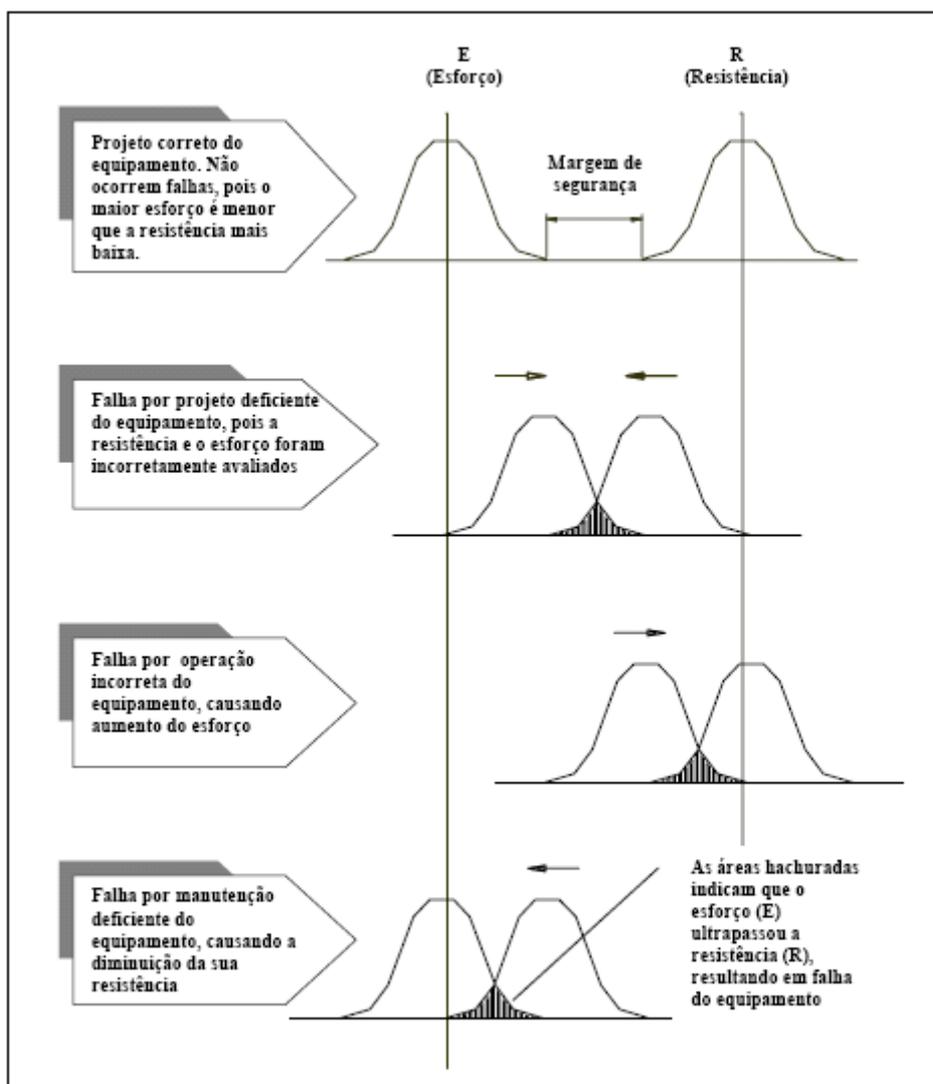
A classificação de avarias por deterioração equivale ao conceito de falha potencial ou anomalia, no qual se considera que muitas das falhas não acontecem abruptamente. Pelo contrário elas se desenvolvem ao longo do tempo e apresentam dois períodos distintos: o período entre a condição normal até o primeiro sinal da falha e um segundo período que vai do surgimento do primeiro sinal até a perda total ou parcial da função do equipamento. Um exemplo desse conceito é o surgimento de uma trinca em um equipamento qualquer que inicialmente não afete seu funcionamento, mas que irá se propagar com o uso, levando a perda total ou parcial da função do referido equipamento (XENOS, 1998 e NAKASATO, 1994).

As causas das falhas são diversas e podem se apresentar isolada ou simultaneamente. Essas causas podem ser agrupadas em três grandes categorias (XENOS, 1998; MIRSHAWKA, 1991 e NAKASATO, 1994):

- falta de resistência: proveniente de uma deficiência de projeto, especificação inadequada do material, deficiência na fabricação ou montagem;
- uso inadequado: exposição do equipamento a esforços e condições de uso acima da resistência especificada em projeto;
- manutenção inadequada: inadequação ou ausência de ações de manutenção para evitar a deterioração.

Com base nessas três categorias pode-se dizer que uma falha acontece porque o esforço aplicado ao equipamento ultrapassa sua resistência. Considerando que tanto o esforço como a resistência, são variáveis e que podem, portanto, ser representadas por uma distribuição estatística normal, observa-se por meio da Figura 3, que se não houver uma sobreposição das distribuições de esforço e resistência, a falha não irá acontecer (XENOS, 1998 e TAKAHASHI, 1993).

Figura 3: Relação entre esforço e resistência do equipamento



Fonte : adaptado de XENOS, 1998, p.69

Conclui-se então, que as falhas acontecem geralmente por fatores tais como: erros de fabricação, de montagem, de operação ou de manutenção, lubrificação ou refrigeração inadequada, sujeira, objetos estranhos, folgas, vazamentos, deformações, trincas, condições ambientais desfavoráveis, vibração, oscilação de pressão, de temperatura e de tensão, torque incorreto, oxidação, corrosão, obstrução de dutos e também por colisões, (XENOS, 1998; MIRSHAWKA, 1991; TAKAHASHI, 1993; SHIROSE, 1994 e SUZAKI, 1987).

4.2 FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. (TOLEDO e AMARAL, 2008)

Este é o objetivo básico desta ferramenta e, portanto, pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, busca-se aumentar a confiabilidade, que é a probabilidade de falha do produto/processo.

De acordo com (TOLEDO e AMARAL, 2008)
, as análises FMEA's são classificadas em dois tipos:

- FMEA de produto: na qual são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou nos processos decorrentes do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto.
- FMEA de processo: são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

4.3 CONFIABILIDADE, DISPONIBILIDADE E MANUTENABILIDADE

Por confiabilidade entende-se a probabilidade de um equipamento operar continuamente sem falhas por um período definido de tempo ou número de ciclos, dentro das condições de desempenho especificadas em projeto (SAE, 1993 e EMS, 1994).

A confiabilidade dos equipamentos pode ser expressa por (SAE, 1993):

- MTBF (*Mean Time Between Failures*) que representa o tempo médio de operação entre uma falha e outra do equipamento ou MCBF (*Mean Cycles Between Failures*) que representa o número médio de ciclos entre uma falha e outra;
- MTTF (*Mean Time to Failure*) ou MCTF (*Mean Cycles to Failure*) que representam respectivamente o tempo médio ou número médio de ciclos até a ocorrência da falha, aplicável a itens não reparáveis, ou seja, que demandam substituição completa após a falha.

Esses valores são obtidos dividindo-se a somatória dos tempos de operação ou o número de ciclos sem falhas pela quantidade de falhas ocorridas no período analisado.

Por manutenibilidade entende-se a probabilidade de um reparo em um equipamento ser executado dentro do tempo e dos procedimentos previamente determinados e está ligado às condições de acesso ao equipamento, à habilidade para diagnóstico da falha além dos recursos materiais e humanos disponíveis e adequados para a realização do reparo (SAE, 1993; EMS, 1994).

Pode se expressar a manutenibilidade de um equipamento por meio do termo MTTR (*Mean Time to Repair* ou *Mean Time to Replace*) que representa o tempo médio para reparo ou substituição de um componente em falha. Obtém se esse valor dividindo-se a somatória dos tempos despendidos com reparos ou substituições pelo número de vezes que se efetuou essas tarefas.

A associação dos índices de confiabilidade e manutenibilidade permite definir a disponibilidade (D) dos equipamentos em termos percentuais (EMS, 1994), conforme mostrado na Equação 1.

$$D\% = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

D% = disponibilidade percentual do equipamento

MTBF = tempo médio entre falhas

MTTR = tempo médio para reparo

5. GESTÃO DA MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção, segundo MARÇAL (2004), existem para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções nas quais foram projetadas. Porém, a degradação do mesmo é inevitável, pois são causados pelo tempo de uso e desgaste natural.

A manutenção pode desempenhar um papel importante na melhoria da produtividade, melhorando sua forma de gerenciamento e evitando problemas de relacionamento entre os vários departamentos de uma empresa, deixando de ser visto como um mal necessário (MARÇAL, 2004).

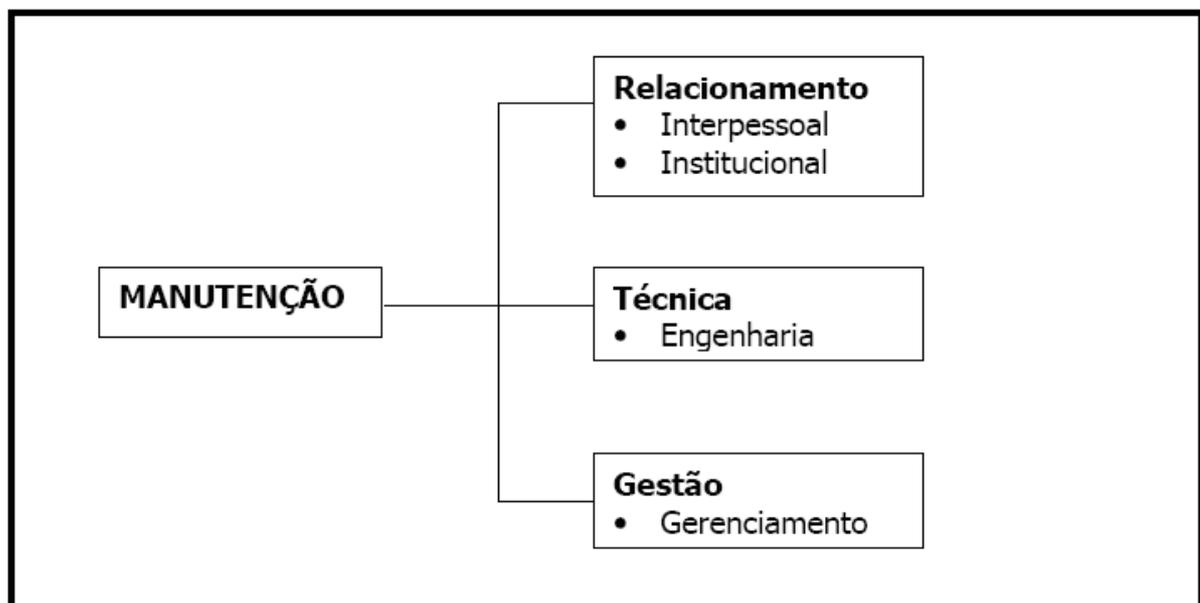
O gerenciamento das atividades da manutenção não deve ter seu escopo reduzido apenas para manter as condições originais dos equipamentos, explica MARÇAL (2004). As

atividades de melhoria requerem ações específicas tanto em nível técnico como gerencial. Alguns exemplos são: modificações de padrões e procedimentos, aumento ou inserção da qualidade da manutenção, produção e instalações, entre outros.

De acordo com XAVIER e DODRIGO (2008), pode-se representar as principais atribuições da Manutenção através do esquema mostrado na figura 4, no qual três aspectos são indispensáveis para que os resultados sejam alcançados:

- **RELACIONAMENTO:** pode ser dividido em relacionamento interpessoal – que trata das relações entre as pessoas da organização, e relacionamento institucional - que trata da relação entre os departamentos que compõem a estrutura organizacional da empresa. Em uma Matriz “5W2H” esse atributo seria definido pela palavra QUEM (ou COM QUEM).
- **TÉCNICA:** aspecto ligado à capacidade de resolver os problemas dos ativos – equipamentos e sistemas – através de ações de engenharia. A palavra que definiria esse tipo de ação em uma matriz “5W2H” seria COMO.
- **GESTÃO** – define o conjunto de ações para o gerenciamento global que para ser representado necessita das demais palavras da matriz “5W2H” tamanha a sua importância: O QUE, PORQUE, ONDE, QUANTO, QUANDO.

Figura 4: Esquema de atribuições da Manutenção



Segundo NUNES e VALLADARES (2008), atualmente, as grandes transformações experimentadas pelo setor tecnológico e industrial exigiram uma atenção muito mais intensa aos efeitos dos períodos de paralisação da produção, por exemplo, em face da tendência mundial de se trabalhar com estoques reduzidos (técnicas associadas ao *just-in-time*). Aliado a isso, a complexidade cada vez maior dos equipamentos, com a aceleração da automação, transformou a confiabilidade e a disponibilidade em fatores primordiais para o desempenho operacional, refletidos diretamente nas atividades de manutenção. Por sua vez, uma visão contemporânea da gestão estratégica no âmbito da função manutenção deve considerar que sejam prioritariamente atendidos três clientes, quais sejam:

a) Os proprietários dos ativos físicos, ou seja, dos equipamentos e instalações, que esperam que esses ativos gerem retorno financeiro do investimento realizado;

b) Os usuários dos ativos que esperam que esses ativos mantenham um padrão esperado de desempenho;

c) a sociedade que estará satisfeita se esses ativos não falhem colocando em risco o meio ambiente.

Dessa forma, os padrões de qualidade, tanto nos serviços quanto nos produtos, passaram a ser extremamente exigentes e a análise das falhas e, principalmente, de suas conseqüências para a segurança e o meio-ambiente, representaram, em muitos casos, a garantia de sobrevivência das empresas, tamanha é a vigilância e a cobrança da sociedade. NUNES e VALLADARES (2008).

Nesse sentido, na gestão da manutenção, o aspecto econômico, sempre presente na vida das organizações, deve ainda ser focado, considerando-se o compromisso com o retorno do capital investido, com montantes cada vez maiores e escassos. NUNES e VALLADARES (2008)

Em linhas gerais, pode-se afirmar que toda evolução tecnológica dos equipamentos, processos e técnicas de manutenção, a necessidade de controles cada vez mais eficientes e de ferramentas de apoio à decisão, o desenvolvimento de estudos relativos ao desgaste e controle das falhas e suas conseqüências, a dependência de equipes treinadas e motivadas para enfrentar estes desafios, o desenvolvimento de novas técnicas e, conseqüentemente, os custos de manutenção em termos absolutos e proporcionalmente as despesas globais, transformaram a gestão da manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial. NUNES e VALLADARES (2008).

5.1 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

XAVIER (2003) discorre que Engenharia de Manutenção “é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida”. Ou seja, é deixar de ficar consertando — convivendo com problemas crônicos —, mas melhorar padrões e sistemáticas, desenvolvendo a manutenibilidade, dar feedback ao projeto e interferir tecnicamente nas compras. Quem só faz a manutenção corretiva continua “apagando incêndio”, e alcançando péssimos resultados.

Segundo NUNES e VALLADARES (2008), Engenharia de Manutenção significa, dentre outras:

- Praticar a análise de falhas de modo a eliminar as causas de mau desempenho (atuar na causa básica);
- Atuar efetivamente em materiais e sobressalentes;
- Desenvolver procedimentos de trabalho (juntamente com a execução);
- Treinar o pessoal nos Padrões;
- Participar dos projetos de obras novas e melhorias (“sustaining”).

Para que se pratique Engenharia de Manutenção é necessário que a estrutura organizacional da Manutenção contemple essa função. Isso significa ter pessoal com qualificação adequada alocado para esses tipos de atividades. Quando o pessoal alocado para as atividades de Engenharia de Manutenção é totalmente absorvido pelas necessidades ou emergências do dia-a-dia não se consegue desenvolver os trabalhos e produzir os resultados. As empresas que obtêm sucesso nessa prática têm esse grupamento perfeitamente identificado, com atribuições bem definidas, trabalhando em melhorias. Empresas cuja manutenção não tem a rotina especializada dificilmente conseguem praticar Engenharia de Manutenção. NUNES e VALLADARES (2008).

5.2 GESTÃO DE ATIVOS

Conceito relativamente novo, o Asset Management Industrial (Gestão de Ativos Industriais) vem sendo crescentemente adotado por empresas de todo o mundo – inicialmente nos países desenvolvidos – para fazer frente aos desafios da economia globalizada, pois otimiza a performance técnica e econômica da planta, acelera o retorno do investimento em equipamentos e cria valor para a empresa. (ABRAMAN, 2008)

Trata-se de uma forma de gerir os equipamentos produtivos que têm como características:

- A abordagem do completo ciclo de vida das máquinas, que começa pelas etapas de pesquisa e desenvolvimento, projeto e design; passa pela fase de compra, construção e instalação; inclui a operação e a manutenção; e termina com a desativação e o descarte do equipamento.
- A gestão integrada dos diversos aspectos da operação industrial (compras e aprovisionamento de itens de reposição, políticas de manutenção preventiva e corretiva, modificações e substituição de máquinas), visando à otimização global dos custos.
- O pleno domínio da relação entre custos e riscos envolvidos nessas operações.
- A prática da manutenção industrial com um enfoque econômico, e não apenas técnico.

Até o surgimento desse novo conceito, as fases e/ou aspectos da gestão dos ativos eram tratados de maneira isolada, pois foi dessa maneira que a indústria aprendeu a gerir sua planta.

Essa abordagem tinha conseqüências indesejáveis que muitas vezes sequer eram percebidas – e quando eram, não havia como evitar. Ao comprar um equipamento, por exemplo, a indústria escolhia a alternativa mais adequada sob o ponto de vista da economia de Capex (investimentos), mas não avaliava os gastos de Opex (operação e manutenção) que o equipamento demandaria. Então, com o passar do tempo, esses gastos freqüentemente se mostravam mais altos que os inicialmente estimados, gerando um impacto negativo na organização técnica da empresa e frustrando suas expectativas de lucratividade. (ABRAMAN, 2008)

Já para reduzir os gastos de Opex, cortava-se o orçamento da manutenção da planta sem considerar as conseqüências para a confiabilidade e produtividade dos equipamentos. Com isso, elevava-se o risco de falhas e paradas das máquinas, com conseqüentes lucros cessantes.

Porém, como não se dispunha de meios para quantificar e avaliar esses riscos, restava à indústria expor-se a eles e “pagar para ver”. Situações como essas aconteciam de forma recorrente e eram praticamente inevitáveis, pois não havia uma cultura nem métodos de gestão industrial que pudessem preveni-las. Até meados da década de 90, as empresas conseguiram conviver com elas e ainda assim aumentar sua lucratividade. Nos últimos anos, porém, tem sido cada vez mais difícil reduzir seus custos operacionais. No caso específico da manutenção de muitas indústrias, os cortes orçamentários passaram a causar desequilíbrios no funcionamento da planta que resultaram em não produção e prejuízos maiores do que as economias que se pretendia gerar.

A Gestão de Ativos tem por objetivo promover a relação risco/custo mais conveniente para a indústria, pois sabe-se que a decisão técnica ideal tem custo muito alto, enquanto a decisão mais barata pode expor a planta a um alto nível de risco. Além disso, por preconizar a gestão do completo ciclo de vida dos equipamentos, permite avaliar como uma estratégia adotada em determinada fase do ciclo repercute nas demais e, por fim, no custo global (Capex + Opex) do equipamento.

A aplicação da Gestão de Ativos se dá por meio de sistemas de cálculo que simulam o desempenho técnico e financeiro dos ativos em diversas situações e cenários de performance. Na compra de um equipamento, por exemplo, em que vários candidatos são avaliados, é possível simular o quanto sua manutenção e operação custarão ano a ano e assim decidir pela aquisição daquele que melhor atende aos objetivos corporativos. Situações ligadas à política de manutenção preventiva, ao dimensionamento de estoques de peças de reposição, à modificação/upgrade de máquinas ou à substituição de equipamentos em fim de vida, entre outras, podem ser simuladas e minuciosamente analisadas.

Assim, por meio de ferramentas de simulação e cálculo, a Gestão de Ativos possibilita a tomada de decisões técnicas coerentes com os objetivos econômicos da indústria, bem como de decisões econômicas que preservam a performance técnica dos equipamentos. Assegura a melhor rentabilidade dos equipamentos ao longo de sua existência na planta, desde o momento em que começam a ser planejados até o em que são desativados e substituídos. E hoje, para manter-se competitiva, é disso que a indústria precisa. (ABRAMAN, 2008)

Pensando neste novo conceito da manutenção, a VMZ-JF criou a Central de Ativos, com o objetivo de centralizar seus ativos industriais em um espaço físico único e adequado, facilitando assim, a implementação da Gestão de Ativos completa.

6. SISTEMAS ERP

Com o avanço da Tecnologia da Informação as empresas passaram a utilizar sistemas computacionais para suportar suas atividades. Geralmente, em cada empresa, vários sistemas foram desenvolvidos para atender aos requisitos específicos das diversas unidades de negócio, plantas, departamentos e escritórios. Por exemplo, o departamento de planejamento da produção utiliza um sistema próprio e o departamento de vendas utiliza outro. Dessa forma, a informação fica dividida entre diferentes sistemas. (DAVENPORT, 1998)

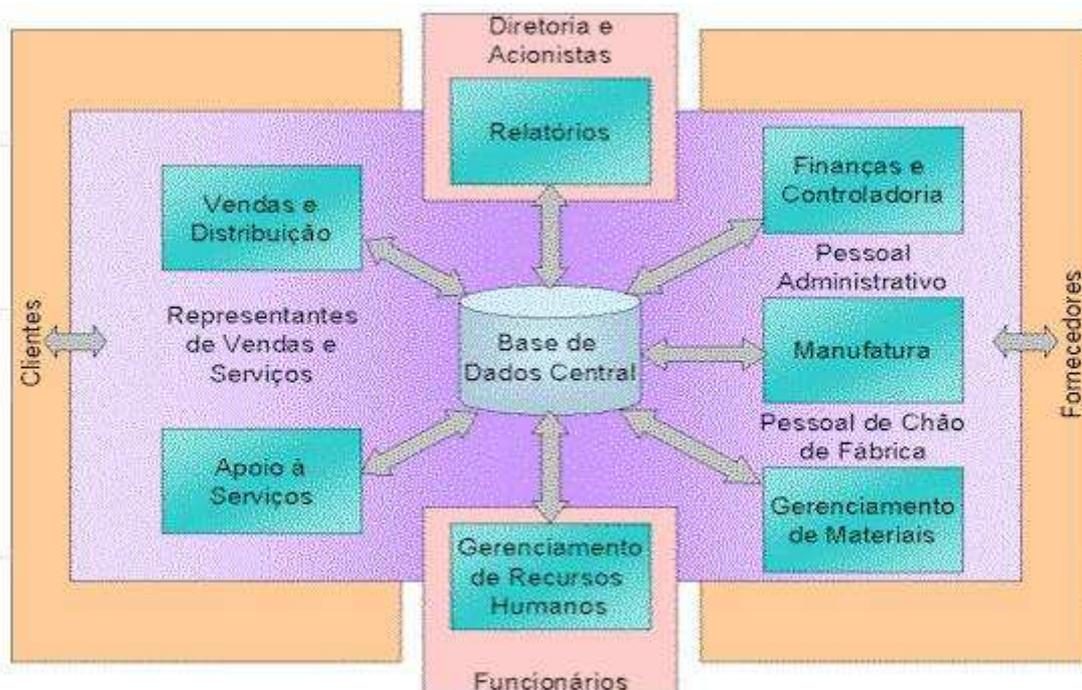
DAVERPORT (1998) mostra que os principais problemas dessa fragmentação da informação são a dificuldade de obtenção de informações consolidadas e a inconsistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema. Os sistemas ERP (Enterprise

Resource Planning) solucionam esses problemas ao agregar, em um só sistema integrado, funcionalidades que suportam as atividades dos diversos processos de negócio das empresas.

Segundo DAVENPORT (1998), os sistemas ERP surgiram a partir da evolução dos sistemas MRP (Material Resource Planning). Neles, foram agregados as funções de programação mestre da produção, cálculo grosseiro de necessidades de capacidade, cálculo detalhado de necessidade de capacidade, controle do chão de fábrica, controle de compras, Sales & Operations Planning, além de módulos de Gerenciamento dos Recursos Humanos, Vendas e Distribuição, Finanças e Controladoria, entre outros. Dessa forma, os sistemas MRP deixaram de atender apenas as necessidades de informação referentes ao cálculo da necessidade de materiais, se tornando novos sistemas capazes de suportar as necessidades de informação para todo o empreendimento, que são denominados sistemas ERP.

Os sistemas ERP são compostos por uma base de dados única e por módulos que suportam diversas atividades das empresas. A figura abaixo apresenta uma estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP. Os dados utilizados por um módulo são armazenados na base de dados central para serem manipulados por outros módulos. (DAVENPORT, 1998)

Figura 5: Estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP



Fonte: DAVENPORT, 1998

Os módulos citados na figura acima estão presentes na maioria dos sistemas ERP. Além

deles, alguns sistemas ERP possuem módulos adicionais, tais como: Gerenciamento da Qualidade, Gerenciamento de Projetos, Gerenciamento de Manutenção, entre outros.

O Grupo Votorantim utiliza o sistema ERP da empresa SAP. SAP é uma empresa alemã criadora do Software de Gestão de Negócios do mesmo nome. Hoje, a SAP é a líder global de mercado em soluções de negócios colaborativas e multiempresas.

Capítulo III

DESCRIÇÃO DO SETOR

1. O SETOR METALÚRGICO

Segundo informações encontradas na página da web da Associação Brasileira de Metalurgia e Matérias, a Primeira Guerra Mundial obrigou à redução das importações, provocando um pequeno avanço no parque industrial brasileiro. Pelo menos seis mil novas fábricas se estabeleceram em cinco anos, na segunda metade da década de 20. Dessas empresas, a maior parte estava ligada a grupos estrangeiros, produtores de bens de consumo leves ou duráveis. Esse crescimento forçou o país a realizar maiores investimentos nos serviços públicos, em infra-estrutura e nos setores voltados aos melhoramentos urbanos. A indústria metalúrgica passou por uma fase de sensível crescimento desde a década de 20 até o início dos anos 40, impulsionada pelo alto consumo de ferro e de aço, especialmente na área de construção civil. A indústria mecânica brasileira não ultrapassava 0,95% do total do parque fabril nacional, contando com 327 fábricas, que abrigavam um número pouco significativo de empregados. Em dezembro de 1932 surge os Sindicatos de Metalúrgicos, trazendo aos trabalhadores união e voz ativa. (ABM, 2009)

Já a Segunda Guerra Mundial contribuiu de uma maneira fundamental para que o Brasil desse o salto e passasse a fabricar bens de produção, um setor em que a engenharia mecânica se destacou. A dificuldade de importar esses bens durante a guerra (afinal, as grandes fábricas européias e americanas ou estavam paralisadas ou se dedicavam a produzir armas) estimulou o desenvolvimento da indústria mecânica e de bens de capital. A solidificação de uma indústria siderúrgica de vulto foi básica para que esse setor de bens de capital e de equipamentos em geral se desenvolvesse, sendo capaz de alimentar até a indústria automobilística, a naval e a aeronáutica no país. A partir desse período, a indústria automobilística assumiu o papel principal no desenvolvimento da metalurgia do país. (ABM, 2009)

Entre 1979 e 1981, as exportações de máquinas e equipamentos foram responsáveis por aproximadamente 15% do total da produção nacional. O censo realizado em 1983 acusou a existência de 111.251 estabelecimentos de transformação no país. A indústria siderúrgica é prova concreta do desenvolvimento tecnológico da indústria mecânica brasileira, visto que quase todo o equipamento utilizado pelos conjuntos que formam, a princípio, uma usina siderúrgica (pátio, coqueria, alto-forno, sinterização, aciaria, laminação de vários tipos) já são, em sua grande maioria, fabricados no Brasil. A indústria metalúrgica dispõe ainda de mais um setor marcante, relacionado com a produção de fornos de

aquecimento para os diversos processos metalúrgicos, podendo ser equiparado, atualmente, ao dos países desenvolvidos. Isso acontece pelo aperfeiçoamento da tecnologia de ponta, e pelo aproveitamento das oportunidades de associação com grandes fabricantes estrangeiros. (ABM, 2009)

De acordo com informações coletadas na página da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o setor metalúrgico apresenta relevante expressão no cenário econômico brasileiro, como se pode inferir dos dados econômicos nacionais. O PIB setorial, que foi da ordem de US\$ 28,8 bilhões em 2006, representa 2,7% do PIB nacional e 9% do PIB industrial. Entre 1970 e 2006, a participação da metalurgia no PIB industrial mereceu sempre um lugar de destaque, situando-se entre 7 e 9% e na economia brasileira sua contribuição oscilou em torno de 3%. Seu papel, na economia, eleva-se substancialmente quando se consideram as atividades econômicas seqüenciais à metalurgia, consumidoras de seus produtos, como a indústria automobilística, a de bens de capital e a de construção civil, entre outras. Especialmente este aspecto deve ser lembrado quando se considera o progresso de uma nação. Sem uma indústria de base forte, a estabilidade dos setores terciários e da indústria com tecnologia de ponta fica mais vulnerável aos efeitos da economia mundial e os reflexos socioeconômicos que daí advém. (UFRGS, 2006).

2. O GRUPO VOTORANTIM

A história do Grupo Votorantim começa em 1918, no interior do Estado de São Paulo, quando o imigrante português Antonio Pereira Ignácio assume a Fábrica de Fiação e Tecelagem no então pequeno distrito de Votorantim, em Sorocaba. Assim era criada a Sociedade Anonyma Fabrica Votorantim. Nas décadas seguintes os negócios se multiplicaram e, hoje, na terceira geração da família Ermírio de Moraes, a Votorantim é um dos maiores conglomerados privados da América Latina. (VOTORANTIM, 2009)

Hoje, o Grupo Votorantim opera nos segmentos industrial, financeiro e de novos negócios. Está presente em vinte estados e mais de cem municípios brasileiros e possui operações em doze países, gerenciando negócios de capital intensivo e tecnologia de ponta. Com milhares de funcionários, o Grupo Votorantim possui operações nos mercados de cimento e concreto, mineração e metalurgia (alumínio, zinco, níquel e aço), celulose e papel, suco de laranja concentrado, especialidades químicas, na auto-geração de energia elétrica, no setor financeiro, e investe em empresas de biotecnologia e tecnologia da informação. (VOTORANTIM, 2009)

3. VOTORANTIM METAIS ZINCO

A Votorantim Metais é a maior produtora de zinco da América Latina e está entre as dez maiores produtoras mundiais. Em um mercado com forte concorrência, a competitividade da empresa é garantida por fatores como mineração própria, tecnologia de tratamento de minérios, gestão eficiente de processos e investimentos permanentes na ampliação de sua capacidade de produção. O zinco tem enorme importância por causa de sua ampla gama de aplicações, utilizado na proteção do aço contra a corrosão e oxidação nas indústrias automobilísticas, de eletrodomésticos, torres de energia e telefonia celular, construção civil, entre outras. Também é utilizado em setores de borracha, química e eletroquímica, agricultura, tintas, farmacêutica, alimentício e de componentes eletrônicos. (VOTORANTIM, 2009)

A atuação da Votorantim Metais no mercado de zinco teve início em 1956, com a formação da Companhia Mineira de Metais (CMM), em Três Marias, Minas Gerais. A produção de zinco metálico em lingotes, que era de 10 mil toneladas/ano em 1970, passou para 90 mil toneladas/ano em 1993. (VOTORANTIM, 2009)

Em abril de 2002, a Votorantim Metais assumiu a Companhia Paraibuna de Metais (CPM). Com a operação, ampliou sua capacidade de produção de 170 mil toneladas/ano para 265 mil toneladas/ano e reforçou sua participação no mercado de zinco. (VOTORANTIM, 2009)

Em 2004, foi adquirida a Refinaria de Zinc Cajamarquilla, no Peru, com capacidade de produção de 135 mil toneladas de zinco por ano. Construída pelo governo peruano em 1981, a refinaria foi privatizada e comprada por um consórcio formado pela Teck Cominco e pela Marubeni Corp. (VOTORANTIM, 2009)

Em 2005, a Votorantim Metais ampliou sua participação no mercado peruano de zinco com a aquisição de 24,9% das ações da Companhia Minera Milpo, quarta maior mineradora do segmento do país. (VOTORANTIM, 2009)

Em 2006, na Unidade Cajamarquilla, foi produzida a primeira barra de índio metálico. Subproduto do processo de fabricação de zinco, o índio possui alto valor agregado e é utilizado, principalmente, pela indústria mundial de alta tecnologia como eletrodo condutor transparente nas telas de cristal líquido LCD dos televisores de tela plana e monitores de computadores. (VOTORANTIM, 2009)

4. VOTORANTIM METAIS ZINCO – JUIZ DE FORA

A Companhia Paraibuna de Metais foi construída em 2 de janeiro de 1975. As obras começaram em 1977 e, em março de 1980, foram iniciadas suas atividades produtivas. A CPM

foi integrada ao Grupo Paranapanema em fevereiro de 1996, recebendo uma capitalização de R\$ 60 milhões. Naquela época, sua produção de zinco estava próxima de 60 mil toneladas ao ano e, em 1998, já havia chegado a 70 mil toneladas. Sua produção de ácido Sulfúrico era de 120 mil toneladas anuais. (VOTORANTIM, 2009)

No ano de 1996, a Companhia Paraibuna de Metais passou a se dedicar mais ao mercado interno, já tendo 40% de participação nas vendas domésticas. As exportações alcançam 10% da produção de zinco.

Em 2002, a CPM foi adquirida pelo Grupo Votorantim, abrindo opções estratégicas de crescimento e fortalecimento a indústria nacional neste mercado de fortes competidores mundiais.

A unidade de negócio zinco atua em três seguimentos: galvanização contínua, galvanização geral e fundição de zamac e óxido de zinco. Para atender à demanda desses mercados, produz o zinco SHG (*Special High Grade*) com 99,995% de pureza, registrado na bolsa de metais de Londres LME (London Metal Exchange), as ligas de zinco, o óxido de zinco, além de outros itens como cádmio, sulfato de cobre, concentrado de chumbo e prata, dióxido de enxofre líquido e ácido sulfúrico. Os principais consumidores desses produtos são as usinas siderúrgicas de aços planos e aços longos, galvanizadores, e as indústrias de pneus e borrachas, cerâmica, de artefatos e ferragens de zamac, de latão, de micro nutrientes. (VOTORANTIM, 2009)

O quadro 5 mostra a produção anual de seus produtos e subprodutos.

Quadro 5: Volume de produção anual da VMZ-JF

Grupos de Produtos	Produtos	Produção anual (t/ano)
Produtos à base de Zinco	Zinco SHG	95.751
	Zamac (liga de zinco, alumínio, magnésio e cobre)	
	Óxido de Zinco	
Subprodutos do Enxofre	Ácido Sulfúrico	95.669
	Dióxido de enxofre	6.305
Subprodutos (derivados do tratamento de resíduos)	Sulfato de Cobre	2.940
	Concentrado de Prata	1.003
	Briquete de Cádmio	266

Fonte: Votorantim Metais Zinco Juiz de Fora (2008)

5. A MANUTENÇÃO NA VOTORANTIM

O processo produtivo do zinco, numa visão macro, é composto de quatro etapas: Ustulação, Lixiviação, Eletrólise e Fundição. Onde a Hidrometalurgia é composta pela Lixiviação e algumas sub-áreas e a Metalurgia é composta pela Eletrólise e Fundição. Na unidade de Juiz de Fora, a equipe de execução da manutenção está diretamente ligada à supervisores de manutenção, que por sua vez respondem ao gerente de manutenção, tornando assim a manutenção centralizada. A VMZ-JF possui 6 responsáveis pelos serviços de manutenção da unidade. Estes serviços são divididos de acordo com o seu tipo e a área onde ele será realizado: Sendo eles:

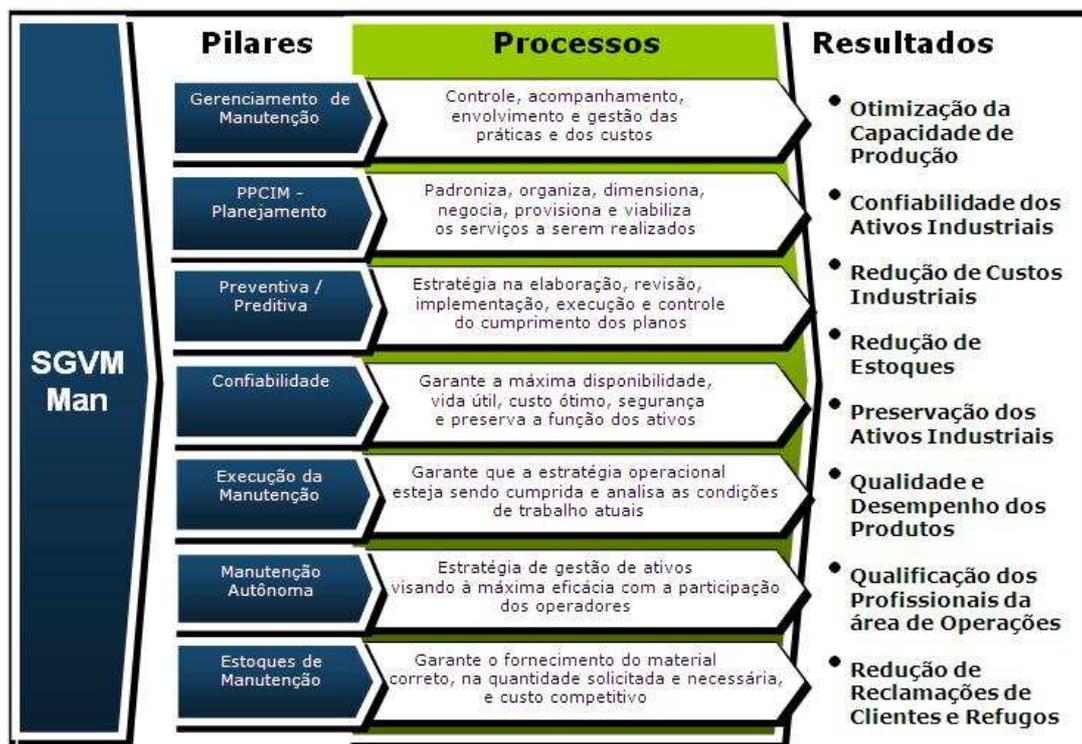
- Responsável pela manutenção mecânica das áreas Ustulação e Metalurgia;
- Responsável pela manutenção mecânica da área Hidrometalurgia;
- Responsável pela manutenção elétrica da unidade;
- Responsável pela manutenção instrumentação da unidade;
- Responsável pela manutenção utilidades;
- Responsável pela manutenção civil.

Os Responsáveis pelos serviços de manutenção mecânica, elétrica e instrumentação da unidade são também, supervisores de manutenção da VMZ-JF. Já os responsáveis pela manutenção civil e utilidades não são supervisores de área, são gestores de contratos com terceiros, que foram assinados com a empresa com a finalidade de prestarem serviços relacionados com a manutenção civil e utilidades.

No grupo Votorantim todos os procedimentos são padronizados para todas as unidades, para que esta padronização seja efetiva a Votorantim utiliza ferramentas, como o PG (Padrão Gerencial), que consiste em um documento gerencial elaborado com o objetivo de explicar a forma com que todos os procedimentos devem ser executados. O mesmo PG é usado por toda a Votorantim Metais. Visando controlar os procedimentos padronizados, existem também, auditorias, que avaliam vários requisitos, entre outros, ela verifica se a unidade está efetuando as atividades na forma em que está descrito no PG correspondente.

De acordo com PG de Gerenciamento da Manutenção, o Sistema de Gestão Votorantim Metais está estruturado em Sete Pilares, os quais deverão ter atuação matricial permeando todos os processos produtivos. A figura a seguir mostra a configuração segundo este conceito e os resultados a serem alcançados.

Figura 6: Os sete pilares da Gestão da Manutenção



Fonte: Votorantim Metais (2009)

Existe uma equipe de Gestão Corporativa de Manutenção, que tem como responsabilidade:

- Gerenciar e servir de apoio para a aplicação do Modelo de Gestão da Manutenção em todas as Unidades da VM;
- Promover a integração entre as Unidades, gerando desta forma uma sinergia entre as melhores práticas;
- Proporcionar desenvolvimento contínuo.

Esta Equipe Corporativa de Manutenção, em consenso com os Gerentes das Unidades, devem definir um líder corporativo para cada pilar. Este líder terá como principais responsabilidades:

- Estabelecer os objetivos e metas anuais;
- Ter um Planejamento anual do Pilar;
- Definir prioridades e elaborar um plano de ação;
- Conhecer a realidade das unidades em relação ao seu pilar;
- Acompanhar e conhecer a evolução do Pilar em cada Unidade de Negócio;
- Buscar Melhoria Contínua;
- Discutir e Buscar melhores técnicas no mercado;

- Buscar Benchmarking interno e externo;
- Revisão e adequação dos padrões do pilar;
- Promover as auto-auditorias.

Estes pilares atuam de forma conjunta na busca do constante desenvolvimento e implementação de soluções para as atividades de manutenção no processo produtivo da empresa.

O fluxo do processo da engenharia de manutenção da Votorantim Metais busca a criação da definição da estratégia de manutenção utilizando a recomendação de fabricantes, os estudos de confiabilidade, as análises de falhas e defeitos, juntamente com a classificação de criticidade definida pelas políticas de HSMQ (Higiene, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade), Produção, Qualidade e Custos. A atuação da engenharia de manutenção no processo ocorre por inspeção sensitiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, lubrificação e corretiva.

Através desta organização da manutenção, esperam-se obter os seguintes resultados:

- Foco concentrado na Eficácia Global do Equipamento (OEE – Overall Equipment Effectiveness);
- Aumento da Disponibilidade das Linhas Produtivas;
- Redução inteligente dos custos de Manutenção através da utilização de ferramentas de confiabilidade;
- Entendimento e envolvimento dos objetivos da Produção pela Equipe da Manutenção e vice-versa;
- Equipe multidisciplinar sob única gerência;
- Engenharia de Manutenção dando foco a estudos de confiabilidade, plano estratégico, planos de preventiva/ preditiva, custos de manutenção e indicadores de gestão;
- Planejamento e programação das atividades de manutenção ligadas e alinhadas com o negócio;
- Operação e Manutenção com objetivos comuns;
- Desenvolvimento do espírito de equipe;
- Facilidade na aplicação de metodologias como TPM, 7S, RCM e outras;
- Orçamentos mais consistentes e gerenciados;
- Maior crescimento profissional do pessoal de manutenção, operação e engenharia;
- Melhor utilização dos ativos;
- Uniformidade de conceitos e padronizações;

- Otimização de recursos;
- Maior integração e sinergias entre Unidades de Negócio;
- Gestão efetiva dos equipamentos críticos de SSMA (Saúde, Segurança e Meio Ambiente) e calibração.

6. A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE ATIVOS

A primeira pergunta que um acionista faz é aonde irá investir seu dinheiro. Podendo ser na bolsa de valores, em aplicações financeiras, em dólar, em petróleo ou em uma empresa. Para que o acionista escolha a última opção é necessário que esta seja a mais rentável para ele, ou seja, o objetivo primordial de toda empresa é gerar valor aos seus acionistas, aumentar a sua riqueza.

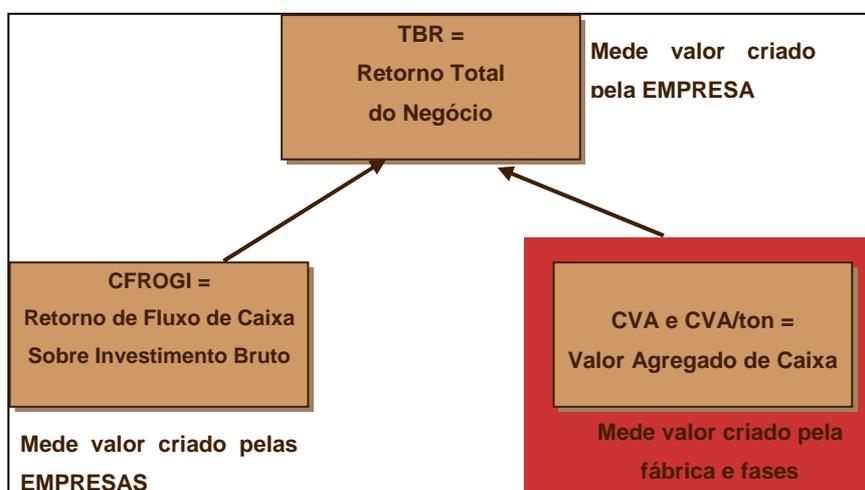
A melhor forma de dizer que está é a melhor opção de investimento é conhecendo o retorno sobre este investimento, ou seja, agregar valor ao meu capital.

Gerar valor é obter um retorno sobre os investimentos superior ao custo de capital. A empresa investe recursos em ativos. Estes ativos são financiados por recursos que tem custos. Os retornos desses ativos têm que ser maiores que os custos de seu financiamento.

Periodicamente o Grupo Votorantim avalia o resultado financeiro dos negócios baseado no modelo GVA - Geração de Valor Agregado. GVA é um processo de gerenciamento do negócio que tem como meta a maximização do valor da empresa e seu objetivo é fazer com que a geração de valor seja o foco central das ações estratégicas e operacionais.

O GVA utiliza alguns indicadores de performance para apresentar o seu resultado. A Figura abaixo ilustra as três medidas da GVA usadas pelo Grupo Votorantim para o cálculo do GVA.

Figura 7: Três medidas do GVA usadas pelo Grupo Votorantim



Fonte: Votorantim Metais (2001)

O indicador financeiro CVA é o que sofre alterações de acordo com a gestão de ativos da Votorantim. O CVA é calculado da seguinte forma:

$$\text{CVA (R\$)} = \text{FCO} - (([\text{WACC}] \times \text{BA}) + (\text{"d"} \text{ período})) \quad \text{Equação 2}$$

Fluxo de caixa Operacional (FCO)
 - {Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) x Base de Ativos (BA)} + Depreciação Econômica (d)

= Valor Adicionado em Caixa (CVA)

Sendo que, o FCO (fluxo de caixa operacional) é a diferença de entradas e saídas de caixa da unidade. Na condução de seus negócios, atividades operacionais, a empresa tem entradas de caixa, oriundas das vendas de seus produtos e serviços. Simultaneamente ela tem saídas de caixa devido ao pagamento pelas aquisições de bens e serviços (energia, materiais, mão-de-obra, insumos) necessários a condução de suas atividades, ou seja, o FCO da Votorantim é o caixa líquido gerado pela empresa.

Já o WACC (Custo Médio Ponderado de Capital) é a taxa de desconto que deve ser aplicada para se estabelecer o valor presente de um projeto ou negócio ou ainda a taxa referencial (benchmark) contra a qual a taxa interna de retorno deve se comparada. Quer dizer que, a Votorantim necessita de recursos para investir na sua base de ativos. Estes recursos são adquiridos com os acionados, mas eles têm um custo, visto que os proprietários do dinheiro vão exigir retornos para fornecê-lo para a empresa. Este retorno dado periodicamente aos acionistas é o WACC. No Grupo Votorantim a taxa esperada de retorno WACC é igual a 11.1% a.a. (VOTORANTIM, 2009)

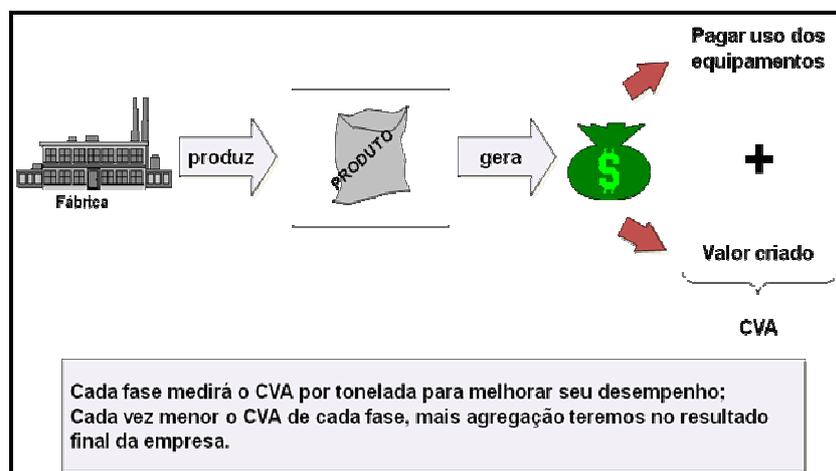
Além de remunerar os acionistas, a empresa precisa gerar recursos suficientes para substituir o ativo no fim da sua vida útil. A depreciação econômica (d) compreende os recursos que devem ser gerados para manter os ativos atualizados física, tecnologicamente e mercadologicamente. A depreciação não considera os investimentos em ampliação da capacidade produtiva. Esta depreciação é calculada através de uma taxa de depreciação de um determinado período p vezes o Ativo Imobilizado Depreciável.

Entende-se por BA (Base de Ativos) a totalidade dos ativos que a empresa necessita para suas operações, tais como edifícios, máquinas e equipamentos, instalações, móveis e utensílios, veículos, marcas e patentes, que representam a capacidade produtiva da empresa (ativo imobilizado). Além disso, a empresa também necessita realizar investimentos em estoques, manter um determinado nível de dinheiro em conta-corrente ou

em caixa e conceder prazo para seus clientes (capital de giro). A Base de Ativos demonstra o total de recursos oferecidos ao gestor para que seja dado retorno ao acionista.

Conclui-se então, que o CVA mede o dinheiro gerado pela empresa após o pagamento de “aluguel” dos equipamentos.

Figura 8: O CVA de uma empresa



Fonte: Votorantim Metais (2001)

Em relação ao ativo imobilizado, a gestão de ativos tem um maior poder sobre os equipamentos industriais da planta, que podem ser estar montados ou não. Quando se diz que um ativo está montado, significa que este está instalado na planta, funcionando e participando do processo de fabricação dos produtos da unidade. Já o contrário, quer dizer que o ativo está disponível para uso, mas não instalado na planta. O ativo pode estar também em processo de reparo ou ser considerado sucata. A Central de Ativos da VMZ-JF é responsável pelos os ativos industriais não instalados da unidade, sendo eles, motores elétricos, redutores, bombas, sopradores, transformadores, eixos, além dos ativos já considerados sucatas.

Com uma gestão de ativos eficiente e eficaz, conseqüentemente, se obtém um melhor resultado do CVA, pois a sua base de ativos imobilizados estará condizente com o necessário para o seu funcionamento. Além se ter um inventário consistente com a realidade. Isto quer dizer que, melhorando a gestão de ativos, melhora-se o resultado do CVA, que por sua vez melhora o GVA, o indicativo usado pelos acionistas analisarem o retorno dado pela empresa. Um maior CVA resulta em maior investimento, maior segurança, maior PLR (Participação nos Lucros e Resultados), melhor qualidade, maior satisfação do cliente, melhores resultados no futuro.

7. GESTÃO DE ATIVOS DA MANUTENÇÃO ANTES DA CENTRAL DE ATIVOS

Na VMZ-JF não existia um controle rígido sobre os ativos industriais não instalados da unidade, como, motores elétricos, redutores, bombas, sopradores, entre outros. Eles ficavam espalhados por toda a planta, onde cada área que requisitou um ativo era responsável por ele, e, muitas vezes estes ativos eram armazenados de forma inadequada, prejudicando assim, o seu perfeito funcionamento e performance desejada. Alguns dos principais problemas encontrados por um armazenamento incorreto dos ativos e identificados na planta de Juiz de Fora são:

- Ativos armazenados ao tempo, expostos à intempéries, o que acelera o processo de oxidação das partes metálicas e elétricas, aumentando a probabilidade de falhas e comprometendo a vida útil do equipamento;
- Ativos armazenados próximas a áreas de produção consideradas agressivas (ambiente corrosivo). Que aceleram o desgaste de seus componentes e reduzem a vida útil do equipamento;
- Ativos impedindo a passagem de funcionários, atrapalhando o fluxo natural das pessoas e veículos ao transitarem pelos setores da planta.
- Falta de organização da unidade para com os ativos industriais não instalados na planta, indo contra ao 7S (Senso de utilização, Senso de organização, Senso de limpeza, Senso de padronização, Senso de autodisciplina, Senso de superação e Senso de autoconhecimento) um método de sistema de gestão da qualidade muito utilizado na VMZ-JF;
- Dificuldade na gestão eficaz dos ativos industriais. Sem um controle efetivo dos ativos, aumenta-se a dificuldade de se elaborar o inventário que condiz com a realidade da unidade, ou seja, alguns dados relevantes podem não estar adequadamente registrados, por exemplo, quantos motores com as mesmas especificações técnicas existem na unidade, dentre eles, não se sabe quantos estão instalados na área, quantos precisam ser reparados, quantos estão em reparo e quantos estão disponíveis para uso;
- Retrabalhos e impactos para a produtividade. A ausência do inventário adequado, acarreta em uma baixa confiabilidade nos equipamentos industriais não instalados na planta (disponíveis ou não para uso). Por vezes, a equipe de manutenção da Votorantim se deparava com situações na qual não havia equipamentos reservas em condições de uso. Para minimizar este problema, elas interrompiam suas atividades programadas a fim de “improvisar” um novo equipamento com peças de diversos outros (fazer 1 com 2). Esta intervenção, via de regra, implica na montagem de um

equipamento de qualidade inferior e com isto, quer dizer que, o equipamento entra em operação com baixo grau de confiabilidade em relação á falhas futuras.

- Ausência de espaço físico para a implantação da Central de Ativos na unidade. O galpão da Central de Ativos hoje, até agosto de 2007 era a oficina central de manutenção e usinagem. Não havia área disponível na unidade com as características necessárias para a viabilização de uma Central de Ativos. Foi disponibilizada esta área somente após a transferência desta oficina para área externa à unidade, através de parceria com uma empresa prestadora de serviço.

Além desse problema de descentralização dos equipamentos industriais, outro ponto negativo verificado foi que os ativos encontrados nas UGB's (Unidade de Gerenciamento Básico) da unidade não estão retratando o real apontamento no sistema SAP, como o acompanhamento e registro da quantidade, tipo, modelo e controle dos equipamentos. Esse agravante problema dificulta em uma tomada de decisão coerente com a realidade. Alguns dos principais motivos que ocasionaram essas divergências de dados são:

- Transferência de um ativo entre UGB`s sem modificá-los ou registrá-los no sistema SAP;
- Não baixar o ativo no SAP, quando o mesmo foi descartado, isto aumenta os custos de bens imobilizados da empresa, impactando no CVA através da base de ativos da unidade. Tendo em vista que a controladoria não recebe nenhuma informação o que coloca em dúvida todo o inventário da empresa, pois este ativo ainda está sendo considerado como em uso;
- Quando um equipamento necessita de um reparo externo, esse procedimento não é registrado no SAP;
- Dados registrados no SAP incompletos ou errados, como o local de instalação, lista técnica e o modelo do equipamento;
- Colaboradores das UGB's sem o devido conhecimento do processo de movimentação de baixa/transferência de bens do ativo;
- Falta de treinamento para os colaboradores, com a finalidade de explicar o procedimento correto a ser adotado, por outro lado, o treinamento dispõe de um custo elevado, além da disponibilidade desses funcionários;

Na posse de dados irreais, pode-se tomar uma decisão inadequada, elevando-se, assim, o risco de falhas ou paradas de planta inesperadas. Outro fator é a não confiabilidade da condição do equipamento e conhecimento quanto à disponibilidade de ativo para pronto uso.

Quando se identifica a necessidade de aquisição de um novo equipamento para a planta é necessária a abertura de um PI (Projeto de Investimento). Esse PI é, geralmente, aberto pelo departamento de projetos da unidade. Pela Votorantim ser uma empresa de produção industrial, suas instalações são essenciais para a criação de produtos que satisfaçam as necessidades de seus clientes. Para preservar a boa aceitação das comunidades onde está instalada, é crucial que tenhamos operações seguras. Para a aprovação de aquisição de um novo equipamento é importante que no PI considere os seguintes pontos: Impacto em HSMQ, desempenho financeiro, excelência em manutenção e redução no consumo de energia. A liberação deste PI é de responsabilidade dos Gerentes das áreas, do Gerente-Geral da unidade, do Diretor do Negócio Zinco, do Diretor da Votorantim Industrial e etc. Esta hierarquia vai subindo à medida que o custo do PI aumenta, podendo chegar até o Conselho Familiar do Grupo Votorantim.

Quando um novo ativo era recebido, não havia um local apropriado onde ele podia ficar armazenado até sua instalação na área, a unidade então dependia de achar ou não, um espaço coberto e seguro para armazená-lo. Em alguns casos, o Almoxarifado cedia um pequeno local para este armazenamento. Mas isto só acontecia quando era um equipamento importado e de alto custo ou quando este ativo não poderia ficar, em hipótese alguma, armazenado ao tempo, pois poderia ser danificado antes mesmo de ser colocado em uso. Esta armazenagem dependia também do tamanho deste ativo, pois se ele fosse muito grande, não havia local para o mesmo.

Antes de se instalar qualquer equipamento é necessário fazer o cadastramento deste ativo no sistema SAP, a identificação do mesmo, além de seu tagueamento. Estas etapas eram de responsabilidade do PPCIM (Planejamento, Programação, Controle e Informação de Manutenção), setor existente dentro da Engenharia de Manutenção, o que o tornava sobrecarregado, além do que, o PPCIM foi criado com o objetivo de planejar e programar as horas de trabalhos realizados e necessários à manutenção da unidade como, mecânicos e elétricos, civil, equipes de apoio para a planta.

No Planejamento, o PPCIM é responsável por definir as atividades de manutenção, através de tarefas previamente definidas, quantificando e especificando mão de obra, materiais, equipamentos, procedimentos de segurança, documentações técnicas de padrões operacionais. O planejamento das atividades deve contemplar, também, o tempo (ou Homem hora – Hh) aplicado em atividades de locomoção ou preparação, previsível e necessária à execução das atividades.

Na Programação, o PPCIM define a execução das atividades planejadas, acordando datas, designando mão de obra e garantindo materiais, equipamentos e documentações necessárias, além de prévia dos custos para realização das ordens programadas.

Antes da Central de Ativos, não havia um fluxograma de movimentação dos equipamentos definido, depois que ele era retirado do almoxarifado e instalado na área, sua movimentação era perdida. Ou seja, quando um ativo necessitava de reparo, ora ele era reparado pela própria Votorantim, ora por algum fornecedor específico e estes procedimentos não eram cadastrados e registrados no sistema SAP, tornando-o desatualizado, além de se perder o completo ciclo de vida deste ativo, podendo prejudicar em uma gestão eficaz do mesmo. Um exemplo deste ponto negativo é a decisão de descarte ou reparo do ativo. Não conhecendo seu ciclo de vida, pode-se tomar uma decisão de reparo, por exemplo, onde a melhor alternativa seria descarte e a aquisição de um novo devido ao fato deste reparo ser recorrente, freqüente e de alto custo, o que o tornaria inviável.

A maneira mais simples e fácil de resolver os pontos negativos observados era a criação de um “setor” responsável por controlar os ativos industriais não instalados da planta, monitorando-os constantemente, além de centralizar as informações em um só local, tendo como suporte o sistema SAP da empresa, fazendo com que seus dados se tornem confiáveis e atualizados. A partir desse cenário, surgiu a Central de Ativos.

8. GESTÃO DE ATIVOS DA MANUTENÇÃO DEPOIS DA CENTRAL DE ATIVOS

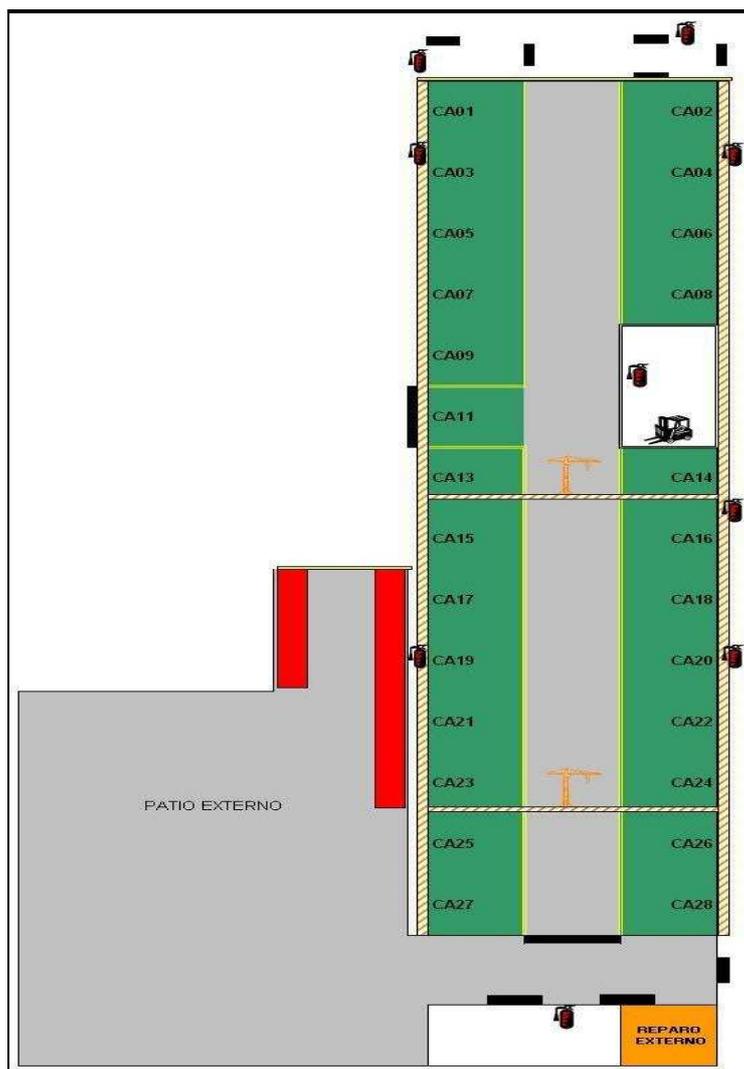
Nas últimas décadas, várias estratégias para melhorar a manutenção de sistemas e equipamentos industriais foram propostas e aplicadas. Estatísticas levantadas pela ABRAMAN (2007) mostram que, nos últimos anos, muitas empresas brasileiras têm implementado estratégias reconhecidas mundialmente nos ambientes de manutenção, tais como RCM (Reliability Centered Maintenance), TPM (Total Productive Maintenance), Six Sigma, entre outras, com o objetivo de melhorar a performance das atividades de manutenção. Mas, por outro lado, estas mesmas estatísticas mostram que a relação entre as atividades corretivas e o total de atividades realizadas na manutenção tem permanecido inalterada nos últimos dez anos. De acordo com os dados da ABRAMAN, o percentual de atividades corretivas é de 30%, sendo que os 70% restantes representam outros tipos de atividades, tais como manutenções preventivas, preditivas e outras que não estão claramente especificadas nas estatísticas, com características intermediárias entre corretivas e preventivas. Estas atividades recebem diversas denominações nas empresas, tais como atividades corretivas programadas, atividades preventivas não programadas, o que nos leva a concluir que realmente a proporção de atividades corretivas na manutenção é bem superior à apresentada na estatística da ABRAMAN (2007) e pode chegar a cerca de 50% ou mais. As estatísticas da ABRAMAN mostram também que, apesar desta proporção significativa de manutenção corretiva, a disponibilidade média dos equipamentos devido às

falhas de manutenção é de, aproximadamente, 94%. O problema por trás desta disponibilidade relativamente alta é uma eficiência global de máquina (Overall Equipment Efficiency – OEE) muito baixa que, em geral, não supera valores de 50%, de acordo com medições realizadas em setores siderúrgicos e de mineração no Brasil. Isto significa que a produtividade das máquinas pode ser quase duplicada. Os motivos, que levam a esta baixa eficiência de máquina, são pequenas falhas funcionais originadas por modos de falha muitos simples, tais como entupimentos de tubulações, filtros sujos, desgastes excessivos em peças móveis (rolamentos, buchas, etc) que, em geral, não levam à parada das máquinas, mas reduzem significativamente as suas eficiências funcionais durante a operação. Estes tipos de modos de falhas não são atacados por programas periódicos de prevenção nos setores de manutenção e, em geral, são tratados através de atividades corretivas não programadas e aleatórias, o que não garante o seu bloqueio efetivo. (ABRAMAN, 2007)

Na VMZ-JF, a manutenção não ocorre de forma diferente que a descrita pela ABRAMAN (2007), pensando nisso e em busca de estar entre as melhores consideradas de “Classe Mundial”, ela está implementando a Central de Ativos, sendo um ponto forte para uma gestão de ativos eficaz. Com a Central de Ativos haverá um maior controle sobre os ativos produtivos da planta, principalmente os não instalados. Conhecendo seu ciclo de vida, suas falhas (recorrentes ou não), seu histórico de manutenção, fazendo com que a Engenharia de Manutenção possa tomar uma decisão de maneira concisa ao método a ser usado neste ativo, ajudando assim, a aumentar sua eficiência global. A figura 9 ilustra o espaço físico destinado à Central de Ativos.

Na Central de Ativos existe um layout pré-determinado para a armazenagem dos ativos, deixando-os organizados e de fácil visualização. Os espaços de CA01 até o CA08, por exemplo, são reservados somente para armazenagem dos motores elétricos, onde cada endereço é designado para motores com as mesmas características técnicas, um exemplo é que no endereço CA06 só possuem motores de 2 CV de potência. De acordo com a figura 6 é possível verificar como é galpão da Central de Ativos. Nela contém duas pontes rolantes, equipamento utilizado para a movimentação de ativos pesados, além de uma paleteira. No centro do galpão existe um escritório, onde ficam o responsável pela Central de Ativos e um estagiário. Existem três entradas no galpão, sendo uma entrada somente de pessoas, localizada no topo da figura 9. As outras duas entradas são para entradas de veículos e equipamentos, uma lateral, localizada no endereço CA11 da figura e outra nos fundos da Central de Ativos, ao lado do espaço reservado para o envio de equipamentos para reparo externo. Estas entradas ficam fechadas constantemente, por medida de controle de circulação de pessoas na Central de Ativos.

Figura 9: Ilustração do espaço físico da Central de Ativos da VMZ-JF.



Fonte: Votorantim Metais Zinco-Juiz de Fora

No sistema SAP estão registrados todos os equipamentos que podem ser encontrados na Central. Isto facilita o procedimento de retirada de um ativo para a área, pois basta utilizar o sistema para saber se o ativo necessitado encontra-se disponível na Central de Ativos. Tornando o fluxograma de retirada da Central de Ativos mais rápido e prático. Outro ponto interessante e de muita valia para outros setores da empresa é a existência de uma lista com os principais componentes do ativo no SAP, auxiliando na sua manutenção e, principalmente, na reposição de peças no almoxarifado, enxugando o estoque de peças sobressalentes, pois assim, sabe-se o que é realmente usado e com qual frequência. Com esta importante medida, diminui-se o capital de giro relacionado a estoques de material.

Figura 10: Central de Ativos no sistema SAP

Local instal	7351	Vál desde	19.05.2009
Denominação	Votorantim Metais Zinco - Juiz de Fora		
7351-0602	Officinas		
7351-0603	Prédios Administrativos		
7351-06ALM0309	Prédio Almojarifado		
7351-06ALZ0310	Área Lazer		
7351-06AMB0305	Ambulatório		
7351-06CAT0301	Central de Ativos		
7351-06CAT0301CIV	Sist Civil - Central de Ativos		
7351-06CAT0301EST	Sist. Estrutural - Central de Ativos		
7351-06CAT0301EST01	Central de Ativos - Motores		
7351-06CAT0301EST02	Central de Ativos - Bombas		
70002850	BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL KSB 32/160	BBC0202	
70002868	BOMBA CENTR. HORIZONTAL OMEL UND A80	BOM0097	
100313	RETENTOR 47,70X65X8MM SABO/02055BR	L	2 PC
102748	ROLAMENTO FIX ESF 50X110X27MM SKF/63102Z L	L	1 PC
104320	RETENTOR. 40X55X8MM. SABO/02972BA6	L	1 PC
125932	BUCHA PROTET. EIXO BOMBA UND-A40; OMEL	L	1 PC
130899	ROLAMENTO CONT ANG ESF.FAG/3310BTWH	L	1 PC
155102	ROTOR;ASTM A744;A-40;CPM/DES000-23-009	L	1 PC
173885	EIXO. AISI316, DE-2JF300-0200-MEC-008	L	1 PC
70002869	BOMBA CENTR. VERT. FRIATEC GVSN 150/315A	BBC0047	
70002872	BOMBA CENTR. HORIZ. CANBERRA 3196 XLT	BOM0102	
70002895	BOMBA PNEUM. DIAFR. OMEL NSP 4 SIMPLEX	BBC0401	
70002896	BOMBA PNEUM. DIAFRAGMA	BOM0186	
70002899	BOMBA VACUO NASH CL 2001	BOM0205	
70002927	BOMBA CENTR. HORIZONTAL KSB MULTI 32/2	BOM0281	
70002929	BOMBA CENTR. HORIZONTAL SULZER NS611/7	BBC0165	
70002932	BOMBA DESL. POS. ENGRENAGEM HERO 251 L	BOM0293	
70002935	BOMBA CENTR. HORIZ. FRIATEC RCEKU 125/	BOM0334	
70002949	BOMBA CENTR. HORIZ. SULZER HZ 201.5320	BOM0348	

Fonte: Votorantim Metais Zinco-Juiz de Fora

8.1. A CENTRAL DE ATIVOS

A Central de Ativos foi criada em Agosto/2007 com o objetivo de armazenar todos os ativos da planta de uma forma adequada com critério, registro e acompanhamento. Além de se efetuar um melhor controle no que diz respeito à movimentação, com isso obtêm um maior controle sob todos os ativos industriais da unidade, atualizando o software SAP e tornando-o confiável. Obtendo confiabilidade no sistema, pode-se usufruir de todas as ferramentas que o SAP oferece, acreditando em seus resultados.

Da mesma forma de como era feito antes, para se adquirir um novo ativo é necessário a liberação de um novo PI. Esse PI é liberado pelo setor de Projetos, mas agora, o novo equipamento adquirido chega à Central de Ativos. Quando a Central de Ativos recebe um novo equipamento, o primeiro passo é informar a Controladoria a existência do mesmo. Em seguida é necessário cadastrar o equipamento no sistema SAP. Essa etapa é muito importante, pois é nela que os principais dados do equipamento são inseridos no sistema, assim como o local de instalação (onde este ativo será alocado), fabricante, modelo, número de série, além de dados técnicos muito importantes para a manutenção. Um exemplo dado é a lista dos componentes no equipamento.

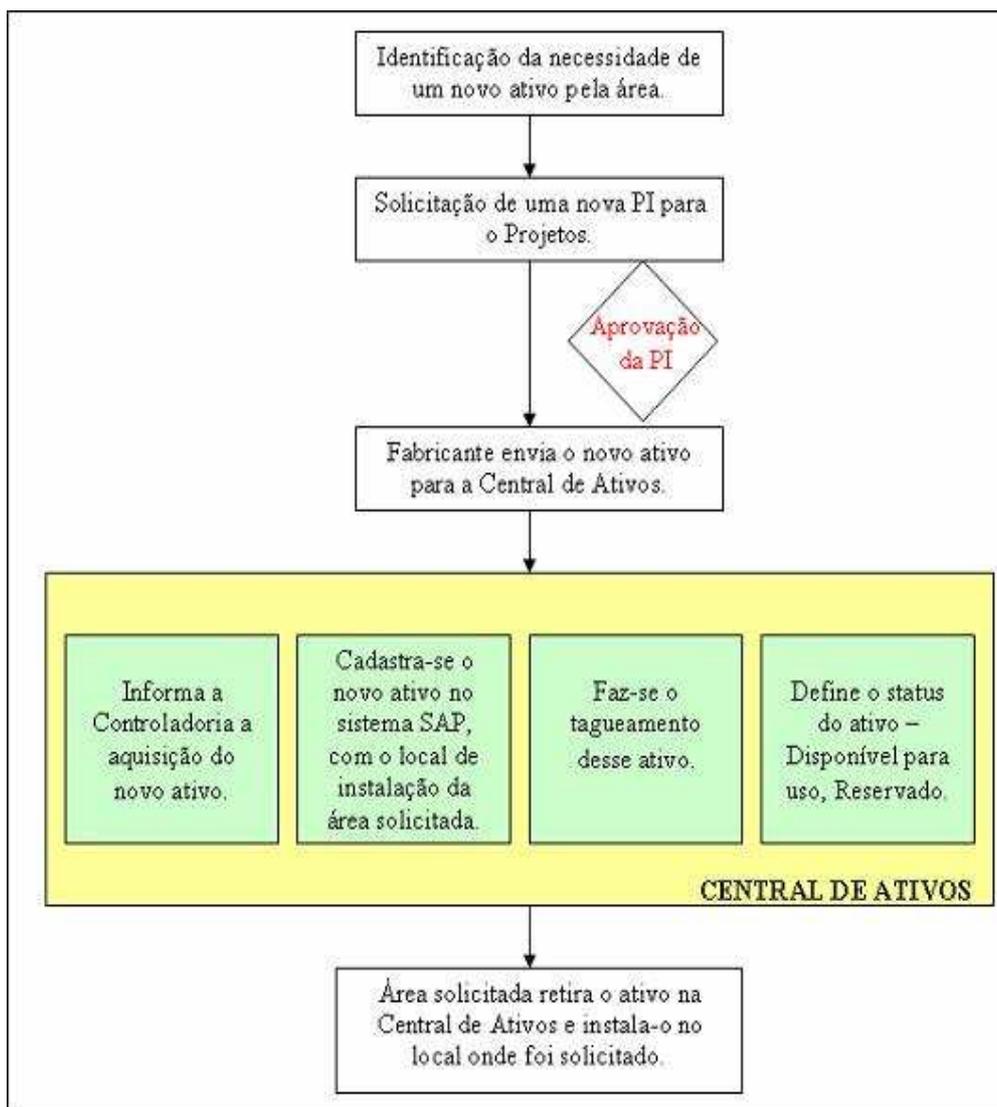
Outro passo de extrema importância é o tagging físico do ativo. Assim que um equipamento é recebido na Central de Ativos, este por sua vez recebe uma placa de identificação (TAG) designado como o número do ativo, fornecido pela Controladoria. Esse número facilita a identificação do ativo sendo ele único e intransferível.

Após o processo de cadastramento do equipamento, são enviados para o CEDOC os catálogos do fabricante para fins de arquivamento e futuras visualizações de dados técnicos.

O CEDOC é uma central de documentação da Votorantim Metais de Juiz de Fora, com objetivo de centralizar todos os catálogos e manuais dos equipamentos, facilitando assim, seu acesso quando necessário.

Depois de o equipamento estar devidamente cadastrado, identificado e documentado, a Central de Ativos juntamente com a área que o solicitou, define o status do ativo, podendo ele estar, neste caso, liberado ou reservado. Quando o ativo está liberado, significa que ele pode ser utilizado por qualquer setor da planta, não precisando ser necessariamente a quem o solicitou. Mas para que isso aconteça, é necessária a autorização da área que recebeu este novo equipamento. Já quando um ativo tem o status reservado, significa que o ativo não pode ser disponibilizado para outra área. Cabe ressaltar que alguns equipamentos que estão na Central de Ativos são reserva de outros que estão montados, pois nem todos possuem um equipamento reserva. Somente os ativos considerados de criticidade “alta” têm reserva. Esta criticidade é classificada levando em consideração o seu impacto na produção, segurança, saúde e meio ambiente. O Fluxograma abaixo ilustra a aquisição de um novo ativo.

Figura 11: Fluxograma de aquisição de um novo ativo



Fonte: Votorantim Metais Zinco-Juiz de Fora

Hoje para se fazer um reparo em um equipamento é necessário, primeiro enviá-lo para a Central de Ativos. O próximo passo a ser efetuado é a geração de uma Ordem de Manutenção (OM), além de uma Nota de Manutenção (M1).

Uma OM (ordem de manutenção) é uma ordem de objeto, documento gerado pelo sistema SAP, onde se coloca o porquê desse reparo, aonde o custo deste reparo será alocado (a princípio área solicitante), prioridade para o reparo (normal, crítico), local de instalação do equipamento, entre outros. A Figura abaixo ilustra um exemplo de uma OM (ordem de manutenção)

Figura 12: Exemplo de uma OM

Fonte: Votorantim Metais Zinco-Juiz de Fora

Já a Nota de Manutenção (M1) é um documento técnico, que é gerado antes da abertura de uma OM. Nela contém todas as possíveis ações que podem ser realizadas em reparo, ações como, por exemplo, aferir, balancear, limpar, lubrificar, nivelar, pintar, soldar, entre outras, isto vindo através de uma inspeção realizada pela equipe de manutenção ou um pedido do setor de operação para algum tipo de serviço. Assim, sabe-se exatamente o que foi necessário fazer no equipamento, cadastrando esses dados de uma forma padronizada no sistema.

Além da OM e da M1, outro documento que precisa ser gerado é uma Requisição de Compra (RC). A RC indica que existe uma necessidade de se fazer um reparo externo no ativo. Depois de gerado a RC, é necessário fazer uma solicitação de Nota Fiscal. Essa solicitação pode ser feita para a Controladoria ou para o Almoxarifado. Se for feito para a Controladoria, significa que o reparo será feito por uma empresa que tem contrato com a Votorantim, já se a Nota Fiscal for emitida pelo Almoxarifado, significa que o reparo é externo, ou seja, ele será feito por uma empresa que não tem contrato fixo com a Votorantim, ambas especializadas para realização do trabalho. Depois de todos estes procedimentos realizados, o ativo é embalado na Central de Ativos e providenciado o envio para reparo externo.

Antes de se fazer o reparo, a empresa responsável, envia ao Suprimentos o orçamento para que a Votorantim avalie e possa autorizar o mesmo. O Suprimentos junto com a área responsável pelo pagamento analisam a viabilidade desse reparo. Existe uma margem aceitável para o reparo e essa margem é de 50% do valor atual do ativo, se o valor do reparo for superior a essa margem, é definido com a gerência da área a opção de reparo ou aquisição de um novo equipamento. Com a inviabilidade de recondicionamento do equipamento, este é considerado sucata. O Fluxograma abaixo exemplifica o processo de reparo da VMZ-JF.

Figura 13: Fluxograma de reparo de um ativo

Votorantim		VM – Zinco - JF		Código	DD-VM-Zinco-JF-MAN-165
Votorantim Metais		Documentos de Dados		Revisão	0.0
Título:		Fluxo para reforma de equipamentos via central de ativos		Área	MAN
				Páginas	1/1
PROCESSO		Fluxo de equipamentos para reforma via central de ativos: os equipamentos devem ser movimentados no ERP para fins de acompanhamento e controle das revisões efetuadas.			
FLUXO	QUEM?	O QUE?	COMO	QUANDO?	ONDE?
		Início			
	Execução da Manutenção	Retirar equipamento avariado		Diariamente	Área industrial.
	Execução da Manutenção	Enviar equipamentos para Central de Ativos	Gerando nota M1(Pedido de trabalho), informando local de instalação do equipamento, número do equipamento (Ex: BBC 0001 ; IME 0001)ou dados técnicos (fabricante, série, etc.), sintoma do dano e causa. Descrever claramente qual tipo de serviço a ser executado (Revisão geral, troca de componente, rebobinamento, pintura, etc.)	Diariamente	Software de gestão de ativos
	Central de Ativos	Movimentar equipamento para Central de Ativos	Utilizar transação IE02, de acordo com PO-VM-Zinco-JF-MAN-203. Retirar equipamento da sua localização original e "montar" na Central de Ativos. (7351-06CAT0301EST)	Diariamente	Software de gestão de ativos
	Central de Ativos	Criar ordem de manutenção a partir da nota de manutenção criada.	Utilizar transação IW22	Diariamente	Software de gestão de ativos
	Central de Ativos	Solicitar nota fiscal para saída do equipamento	Considerar escopo de serviço relatado na nota de manutenção	Diariamente	Software de gestão de ativos.
	Central de Ativos	Movimentar equipamento para Local de Instalação Oficina Externa	Utilizar PO-VM-Zinco-JF-MAN-203. Local de Instalação: 7351-06PRD0202EST.	Diariamente	Software de gestão de ativos.
	Central de Ativos	Preencher dados de manutenção no histórico do equipamento	Utilizar transação IE02 - nota interna para equipamento. Informar: -Ordem de Manutenção -Requisição de Compra -Pedido de Compra	Diariamente	Software de gestão de ativos
	Oficina Externa	Reparar equipamento e devolver equipamento	Enviar laudo de reforma	Diariamente	Oficina
	Central de Ativos	Vistoriar equipamento	Verificação básica de integridade e aspecto externo.	Diariamente	Central de Ativos
	Central de Ativos	Movimentar equipamento para Central de Ativos	Utilizar transação IE02, de acordo com PO-VM-Zinco-JF-MAN-203. Retirar equipamento da sua localização original e "montar" na Central de Ativos. (7351-06CAT0301EST)	Diariamente	Software de gestão de ativos.
	Central de Ativos	Anexar laudo de reforma no equipamento e enviar laudo para Centro de Documentação (CEDOC)	Através da Transação IE02. Lista de anexo. Criar anexo.	Diariamente	Software de gestão de ativos.
	Centro de Documentação	Salvar relatório na rede.	Salvar arquivo no banco de dados do CEDOC	Diariamente	Área industrial.
	Engenharia de Manutenção / Execução da Manutenção	Realizar análise crítica do laudo de execução de reforma, quando	Verificar relatório no banco de dados do CEDOC e SAP.	Diariamente	Área industrial.
		Fim			
Elaborador: Breno Ferreira		Sigilo: Uso interno na Unidade		Aprovador: Ricardo Santoro	

Fonte: Votorantim Metais Zinco-Juiz de Fora

Para que a Central de Ativos funcione da maneira planejada é necessário que todos os equipamentos da planta estejam obrigatoriamente cadastrados no sistema SAP e corretamente identificados fisicamente, permitindo assim, um rígido controle de todos. As figuras abaixo mostram como são feitas as transações no sistema SAP de responsabilidade da Central de Ativos.

A Figura 14 mostra a tela no SAP aonde são visualizados os principais dados de um ativo, sua descrição, seu número do inventário, seu status (montado, disponível, reservado, sucitado), seu número de série, entre outras informações.

Figura 14: Visualização dos principais dados do ativo no SAP

The screenshot displays the SAP 'Exibir equipamento : Geral' interface. The main data fields are as follows:

Field	Value
Equipamento	70032791
Denominação	BOMBA CENTRIFUGA HERMETIC CAM 2-2
Status	MONT
Válido desde	20.04.2009
Válido até	31.12.9999
Nº inventário	BBC0249
Valor aquis.	9.993,05 EUR
Data aquisição	15.05.2008
Fabricante	HERMETIC PUMPEN GMBH
Nº série	4110008960-011-01

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

A Figura 15 ilustra a transação de mudança do local de instalação no SAP.

Figura 15: Transação de mudança de local de instalação no SAP

The screenshot displays the SAP 'Modificar equipamento : Estrutura' (Modify Equipment: Structure) transaction. The main data area shows the following information:

Equipamento	79032791	Tipo	D	VM - Votorantim Metais
Denominação	BOMBA CENTRIFUGA HERMETIC CAM 2-2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Nota int.
Status	MONT			
Válido desde	29.04.2009	Válido até	31.12.9999	

Navigation tabs include: Localização, Geral, Organização, Estrutura, Dds.série, and Garantia Fornecedor. The 'Estruturação' section shows:

Local instal.	7351-06CAT0381EST02
Denominação	Central de Ativos - Bombas
Equip.superior	
Denominação	
Item no objeto	
Nº ident.téc.	
Conjunto	

A callout box points to the 'Local instal.' field with the text: **Local de instalação atual**. Another callout box points to the 'Estruturação' section with the text: **Janela onde se modifica o local de instalação**. A third callout box points to the 'Hr.mont/desmon.' field in the history table with the text: **Data e hora da mudança (Histórico)**.

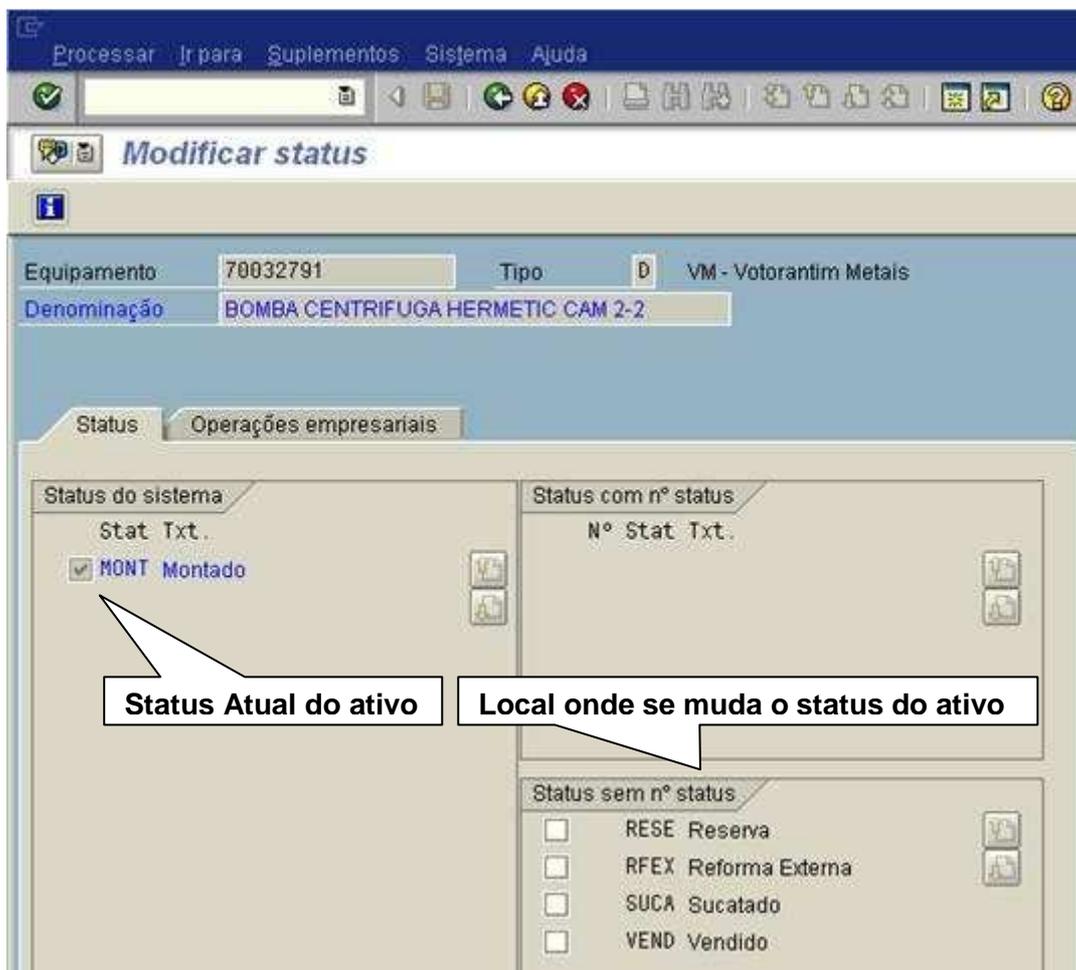
The history table at the bottom shows:

Local instal.	7351-06CAT0381EST02	Central de Ativos - Bombas
Equip.superior		
Item		
Hr.mont/desmon.	27.05.2009	12:08:13

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

A Figura abaixo mostra como se muda o status de um ativo, esta transação é de responsabilidade da Central de Ativos.

Figura 16: Transação de mudança de status do ativo no SAP



Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

A Figura 17 mostra o histórico de uma bomba, desde sua aquisição em 2005 até hoje. Neste histórico contém todos os locais de instalação que a bomba já esteve instalada, o período de tempo entre uma cada alteração. Este histórico é de suma importância para a gestão da manutenção em sua tomada de decisão.

Figura 17: Histórico de um equipamento no SAP

Data	Hora	Modif. por	Descrição	Conteúdo campo (novo/antigo)
22.05.2009	15:21:47	BARBOSA	Local de instalação	7351-06CAT0301EST02 7351-06PRD0201EST02
			Localização do objet	0603 0602
			Nº inventário	BBC0204 BOM0420
02.04.2009	09:40:30	BARBOSA	Status	Reforma Externa
	09:40:29	BARBOSA	Centro de custo	2JF300 1JF670
			Local de instalação	7351-06PRD0201EST02
			Localização do objet	7351-02TQ0709BOM01 0602
			Área operacional	0207 06 02
23.03.2009	16:39:20	BARBOSA	Denominação do objet	BOMBA CENTR. HORIZ. HAZLETON 3 BCTE Bomba Centr. Horizontal Hazleton 3 BCTE
10.12.2008	11:58:39	VALERIO NAT	Código ABC para o ob	A C
26.08.2005	14:59:49	T3REINALDOL	Status	Montado
			Status	Retirada: À livre disposição

Fonte: Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora

O quadro abaixo faz uma comparação do antes e do depois da Central de Ativos na VMZ-JF.

Quadro 6: Comparação do Antes vs. Depois da Central de Ativos

	Antes da Central de Ativos	Depois da Central de Ativos	Vantagens
Sistema SAP	Desatualizado, dados não retratam a realidade.	Atualizado, dados retratam a realidade.	Boa acuracidade entre o físico e o SAP.
Controle dos Ativos	Descentralizado, sem controle dos ativos.	Centralizado, com controle dos ativos.	Facilidade para realização do inventário da unidade

Aquisição de um ativo	Através de PI. Ativo chega pelo Almoxarifado.	Através de PI. Ativo chega pela Central de Ativos.	Conferência do ativo quanto às especificações de compra.
Cadastramento no SAP, identificação e tagueamento	PPCIM	Central de Ativos	Pessoa dedicada a estas tarefas.
Fluxograma de Movimentação dos ativos	Indefinido.	Definido e fixo.	Padronização da atividade, garantindo um controle efetivo.
Reparo dos ativos	Cada área é responsável pela solicitação do reparo, feito diretamente com a empresa reparadora.	Intermediado pela Central de Ativos.	Envios para a realização dos reparos de forma planejada, otimizando os custos com fretes. Follow-up contínuo do reparo.
Entrega e Recebimento de ativos para reparar/reparado	Todos os locais da Empresa, descentralizado.	Somente na Central de Ativos, centralizado.	Melhor fiscalização dos serviços de reparo. Aumento na qualidade do serviço.
Ativos sucateados	Armazenados por toda a planta.	Armazenados na Central de Ativos.	Organização. Oportunidade de uma melhor opção de descarte
Ativo crítico com necessidade de equipamento reserva	No equipamento reserva não havia identificação da criticidade. Possibilidade de ser utilizado em área não crítica, em detrimento de outra vital para a operação.	Identificação e fiscalização dos ativos reservas	No caso de necessidade de uso do equipamento reserva, não existe o risco de ele estar instalado em outro local.

Fonte: Votorantim Metais Zinco-Juiz de Fora

9. STATUS ATUAL DA CENTRAL DE ATIVOS

A Central de Ativos está em fase de implementação, e algumas melhorias estão em andamento.

- Instalação de prateleiras, otimizando o espaço físico disponível e melhorando o layout da Central de Ativos, já que cada ativo armazenado receberá um endereço, facilitando sua procura;
- Instalação de um sistema de vigilância, utilizando câmeras de segurança e catracas nas entradas do setor com controle de acesso, possibilitando rastreabilidade das movimentações;
- Elaboração de cronograma para realização do inventário da Central de Ativos;
- Construção de uma área de teste para equipamentos, principalmente bombas. Exemplo: tanque para medição vazão, sucção, rotação das bombas, entre outros.

CAPITULO IV CONCLUSÕES

Por ser um novo setor na unidade da Votorantim de Juiz de Fora e de adaptação aos seus usuários, a Central de Ativos deve passar por muitos ajustes diante das dificuldades encontradas, idéias, novos desafios. A cada dia percebe-se a importância que este setor trás para a unidade como um todo, facilitando e auxiliando o trabalho de muitos colaboradores. As melhorias encontradas e já identificadas com a Central de Ativos são:

- Criação de um local adequado para o armazenamento de todos os ativos que não estão instalados na planta. Os ativos disponíveis, reservados, com necessidade de reparo, revisados, novos e os sucateados;
- A organização do funcionamento da planta, os dados do sistema SAP retratam a situação real da unidade (sistema eficaz);
- Tomada de decisões técnicas e financeiras coerentes com os objetivos e metas econômicos da indústria, bem como de decisões viáveis que preservam o desempenho técnico dos equipamentos;
- Assegurar a melhor rentabilidade e disponibilidade dos equipamentos ao longo de sua existência na planta;
- Diminuição do risco de falhas na planta devido à confiabilidade de boa condição do equipamento;
- Melhor avaliação, aproveitamento de peças e decisão do destino do equipamento (reparo ou descarte) como um todo, bem como todo o seu histórico em um sistema;
- Garantia de integridade dos equipamentos.

O estudo de Caso em questão possibilitou um maior aprendizado no setor de manutenção. Todos os benefícios encontrados com a Central de Ativos auxiliam a Engenharia de Manutenção na forma de gerir seus ativos industriais, tornando sua Gestão cada vez mais eficiente e eficaz. Este é um dos passos que ajudam a Engenharia de Manutenção da VMZ-JF a atingir seu objetivo principal, ser considerada *Benchmark* por toda a Votorantim.

BIBLIOGRAFIA

ABM, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. Disponível em: <<http://www.abmbrasil.com.br>>. Acesso em 30 abril 2009.

ABRAMAN, Associação Brasileira de Manutenção. Disponível em: <www.abraman.org.br>. Acesso em 29 abril 2009.

ALMEIDA, Márcio Tadeu de. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. Itajubá: 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em 06 out. 2008.

DAVENPORT, T.H. Putting the enterprise into the enterprise system. Harvard Business Review, 1998.

E.M.S. Machinery & Equipment Guidelines: How to specify reliable machinery and equipment. Engineering Materials & Standards. Michigan: Automotive Safety & Engineering Standards Office, 1994.

FERNANDES, Alexandre. Manutenção Produtiva Total: Uma ferramenta eficaz na busca da Perda-Zero. 2005. Disponível em <www.mba.unifei.edu.br/tccs/TCCMBA04AlexandreFernades.pdf> acesso em 07 out 2008.

FITCH, James C. Manutenção proativa pode economizar 10 vezes mais do que práticas de manutenção preditiva/preventiva convencionais. Disponível em <www.revistaelo.com.br/downloads/proativa.pdf> acesso em 09 out 2008.

FILHO, Rogério A. Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC. Disponível em <<http://manutencao.net/v2/uploads/article/file/Artigo24AGO2008.pdf>> acesso em 06 out. 2008.

J. I. P. M. Japanese Institute of Plant Maintenance. TPM frequently asked questions. 2002. Disponível em <www.jipm.or.jp/en/home> Acesso em 10 out 2008.

KARDEC, A; NASCIF, J. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

LAFRAIA, João Ricardo B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MARÇAL, R. F. Gestão da Manutenção. Ponta Grossa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção (PPGEP). Notas de aula, 2004.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. Washington, 2000.

McKONE, Kathleen E. & SCHROEDER, Roger G. & CUA, Kristy O., Total Productive Maintenance: A Contextual View, Journal Of Operation Management 17, University of Minnesota, 1999.

MIRSHAWKA, V. Manutenção Preditiva: caminho para zero defeitos. São Paulo: Makron McGraw-Hill, 1991.

MONCHY, François. Maintenance - Méthodes et Organisations - 2e édition. Paris: Dunod, 2003.

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística. Disponível em <www.unitau.br/cursos/pos-graduacao/mestrado/gestao-e-desenvolvimento-regional/dissertacoes/dissertacoes-2003-1/moraes-paulo_henrique_de_almeida.pdf> acesso em 14 out 2008.

MOUBRAY, J., Reliability-centered maintenance. 2 ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

MOUBRAY, John. Reliability-Centred Maintenance. Oxford: Butterworth- Heinemann, 1996.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NAKASATO, K. Segundo Curso de Formação de Instrutores de TPM. XV Evento Internacional de TPM. I.M.C Internacional Sistemas Educativos. 1994.

NUNES e VALLADARES. Gestão da Manutenção com Estratégia na Instalação de unidades Geradoras de Energia Elétrica. Disponível em <www.fae.edu/publicacoes/pdf/art_cie/art_20.pdf> acesso em 20 out 2008.

PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. - Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

RELIASOFT BRASIL. Manutenção Centrada em Confiabilidade. São Paulo, 2006.
S.A.E. Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment. Michigan: National Center for Manufacturing Sciences, Inc., 1993.

SEIXAS, Eduardo. Confiabilidade aplicada na Manutenção. Rio de Janeiro: Qualytek, 2002.

SHIROSE, K. TPM para mandos intermédios de fábrica. Madrid: Productivity Press. 1994.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SUZAKI, K. The New Manufacturing Challenge: techniques for continuous improvement. New York: The Free Press, 1987.

TAKAHASHI, Y ; OSADA, T. Manutenção Produtiva Total. 2.ed. São Paulo: Instituto IMAN, 2000.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. Manutenção Produtiva Total. São Paulo: Instituto Iman, 1993. 322 p.

TAVARES, Lourival. Administração Moderna da Manutenção. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 2000.

TOLEDO e AMARAL. FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha. Disponível em <www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf> acesso em 19 out 2008.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, O setor metalúrgico. Disponível em <www.ct.ufrgs.br/ntcm/demet/ppc/4ppc.doc> acesso em 27 out 2008.

VOTORANTIM. Votorantim Metais Zinco de Juiz de Fora. Disponível em: <http://www.votorantim.com.br/votorantim/novaHome_PTB.html>. Acesso em 30 abril 2009.

XAVIER, Júlio e DODRIGO, Luiz. A Importância da Gestão na Manutenção. Disponível em <www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/trabalho_20_CBM_nascif_dorigo.pdf> acesso em 20 out 2008.

XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.