



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

LÍVIO AUGUSTO SANTOS FONSECA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA POLÍTICA DE MANUTENÇÃO
ATUAL E A CENTRADA EM CONFIABILIDADE**

Rio de Janeiro

2006

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
ACADEMIA MRS**

LÍVIO AUGUSTO SANTOS FONSECA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA POLÍTICA DE MANUTENÇÃO
ATUAL E A CENTRADA EM CONFIABILIDADE**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Transporte Ferroviário de Carga.

Orientador: Prof. Marcelo Sucena – D. Sc.
Co-orientador: Gustavo Monastério

**Rio de Janeiro
2006**

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
ACADEMIA MRS
LÍVIO AUGUSTO SANTOS FONSECA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA POLÍTICA DE MANUTENÇÃO
ATUAL E A CENTRADA EM CONFIABILIDADE**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Carga do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Transporte Ferroviário de Carga.

Orientador: Prof.:Marcelo Sucena
Co-orientador: Gustavo Monastério

Aprovada em 23 de Agosto de 2006 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof.Maria Cristina Fogliatti Sinay

Prof. Vânia Gouveia Barcellos Campos

Prof. Marcelo Sucena

Gustavo Monastério

Rio de Janeiro
2006

RESUMO

A necessidade de aumento de produção requer um alto índice de confiabilidade dos ativos, que nos dias de hoje, não pode ser alcançada somente com intervenções periódicas.

Atualmente na MRS, estas intervenções periódicas são essencialmente baseadas no conceito de manutenção preventiva, ou seja, toda a manutenção é realizada com o propósito de reduzir a probabilidade de ocorrência de falha em um determinado equipamento.

Da evolução das práticas de manutenção na aviação civil surgiu a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), que atualmente vem sendo difundida em diversas áreas da manutenção com excelentes resultados.

Neste trabalho serão confrontadas a MCC e a manutenção preventiva, tomando-se como foco de análises as locomotivas, proporcionando com isso, melhoria da compreensão das vantagens e desvantagens de ambas em relação a realidade operacional da MRS. Será proposto um procedimento para a implementação da MCC em sua frota de locomotivas.

SUMÁRIO

INDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE TABELAS	8
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 A PRIMEIRA GERAÇÃO	10
1.2 A SEGUNDA GERAÇÃO	10
1.3 A TERCEIRA GERAÇÃO	11
2 OBJETIVO	15
3 JUSTIFICATIVA	16
4 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
5 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC	18
5.1 ORIGEM E CONCEITOS BÁSICOS	18
5.2 OS PRINCÍPIOS DA MCC	22
5.2.1 SEQÜENCIA DE IMPLEMENTAÇÃO DA MCC	25
5.2.2 DELIMITAÇÃO E DEFINIÇÃO DE FRONTEIRAS	26
5.2.3 FUNÇÕES E ANÁLISE DAS FALHAS FUNCIONAIS	26
5.2.4 ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DA FALHA	28
5.2.5 DIAGRAMAS DE DECISÃO E SELEÇÃO DE TAREFAS	33
5.2.6 PLANO DE MANUTENÇÃO	37

6 A MANUTENÇÃO PREVENTIVA NAS LOCOMOTIVAS DA MRS LOGÍSTICA SA	39
6.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	42
6.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA	45
7 COMPARAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS NA MRS LOGÍSTICA E A MCC	47
8 PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA MCC NA MRS LOGÍSTICA	48
8.1 PLANEJAMENTO	49
8.1.1 FORMAÇÃO DO FACILITADOR	49
8.1.2 ESTRUTURAÇÃO DAS REUNIÕES	49
8.1.3 DEFINIÇÃO DA EQUIPE	50
8.1.4 NIVELAMENTO DA EQUIPE	52
8.2 ANÁLISE TÉCNICA	52
8.2.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO OPERACIONAL	53
8.2.2 APLICAÇÃO DA FMEA	53
8.2.3 APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE DECISÃO	55
8.3 ANÁLISE QUALITATIVA	56
8.3.1 ESTABELECIMENTO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO	56
8.3.2 DEFINIÇÃO DAS TAREFAS DE REPROJETO	56
8.3.3 DETERMINAÇÃO DAS PEÇAS SOBRESSALENTES	58
8.4 AVALIAÇÃO	58
8.4.1 COMPARAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO	58
8.4.2 ESTABELECIMENTO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO	60
8.5 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO	61
9 CONCLUSÕES	62
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

Excluído: 50

Excluído: 54

Excluído: 59

Excluído: 59

Excluído: ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABELAS	8
1 - INTRODUÇÃO	9
1.1 - A PRIMEIRA GERAÇÃO	10
1.2 - A SEGUNDA GERAÇÃO	10
1.3 - A TERCEIRA GERAÇÃO	11
2 - OBJETIVO	15
3 - JUSTIFICATIVA	16
4 - ESTRUTURA DO TRABALHO	17
5 - MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - MCC	18
BÁSICOS	18
5.2 - OS PRINCÍPIOS DA MCC	22
5.2.1 - SEQUÊNCIA DE IMPLEMENTAÇÃO DA MCC	25
5.2.2 - DELIMITAÇÃO E DEFINIÇÃO DE FRONTEIRAS	26
5.2.3 - FUNÇÕES E ANÁLISE DAS FALHAS FUNCIONAIS	26
5.2.4 - ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DA FALHA	28
5.2.5 - DIAGRAMAS DE DECISÃO E SELEÇÃO DE TAREFAS	33
5.2.6 - PLANO DE MANUTENÇÃO	37
6 - A MANUTENÇÃO PREVENTIVA NAS LOCOMOTIVAS DA MRS LOGÍSTICA SA	39
6.1 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA	42
6.2 - MANUTENÇÃO CORRETIVA	45
7 - COMPARAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS NA MRS LOGÍSTICA E A MCC	47
8 - PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA MCC NA MRS LOGÍSTICA	48
8.1 - PLANEJAMENTO	49
8.1.1 - FORMAÇÃO DO FACILITADOR	49
8.1.2 - ESTRUTURAÇÃO DAS REUNIÕES	50
8.1.3 - DEFINIÇÃO DA EQUIPE	50
8.1.4 - NIVELAMENTO DA EQUIPE	52
8.2 - ANÁLISE TÉCNICA	52
8.2.1 - CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO OPERACIONAL	53
8.2.2 - APLICAÇÃO DA FMEA	54
8.2.3 - APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE DECISÃO	55
8.3 - ANÁLISE QUALITATIVA	56
8.3.1 - ESTABELECIMENTO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Mostra como evoluíram as expectativas da manutenção.	11
Figura 1-2: Mudanças na Concepção de Falha de Equipamento	13
Figura 5-1: Componentes de um programa de MCC.....	22
Figura 5-2: Análise de considerações em MCC	23
Figura 5-4: Planilha de Falhas Funcionais	27
Figura 5-5 - Planilha de Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA	32
Figura 5-6: Planilha de Seleção de Tarefas	33
Figura 5-8 - Diagrama de Seleção de Tarefas.....	36
Figura 6-1 – Oficinas de Manutenção de Locomotivas Diesel – Elétricas.....	40
Figura 6-2 – Fluxograma de Manutenção de Locomotivas – MRS Logística	43
Figura 6-4 - Fluxograma de Manutenção Corretiva	46
Figura 7-1- Fases da Implantação da MCC.....	48
Figura 7-2: Configuração clássica de componentes do grupo de revisão da MCC.	51
Figura 8-2 – Cronograma de Implantação da MCC	61

INDICE DE TABELAS

Tabela 6-1 - Plano de Manutenção Preventiva.....	42
Tabela 6-2 - Classificação das Manutenções Corretivas.....	45
Tabela 7-1 - omparativo da Manutenção de Locomotivas da MRS e a MCC	47

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos quinze anos a manutenção evoluiu talvez mais do que qualquer outra disciplina de gerenciamento. As alterações devem-se a um grande aumento no número e na diversidade de itens físicos (instalações, equipamentos e construções), a projetos mais complexos, a novas técnicas de manutenção e a novos enfoques sobre a empresa e a responsabilidade de manutenção.

A manutenção também reage a novas expectativas. Essas incluem crescente conscientização do quanto uma falha de equipamento afeta a segurança e o meio ambiente, maior conscientização da relação entre manutenção e qualidade do produto e maior pressão para se atingir alta disponibilidade da instalação, ao mesmo tempo em que se contêm os custos.

As alterações estão pondo à prova atitudes e habilidades das pessoas em todos os segmentos da indústria. O pessoal de manutenção, desde o engenheiro até o gerente, está tendo que adotar formas totalmente novas de pensar e agir. Ao mesmo tempo, tornam-se mais evidentes as limitações dos sistemas de manutenção, apesar do uso da computação.

Em vista desta avalanche de alterações, gerentes de manutenção em todas as partes estão buscando um novo método para auxiliar as suas atividades. Eles desejam evitar equívocos sobre prazo de início e fim que sempre acompanham grandes transformações. Eles buscam um esquema de trabalho estratégico que sintetize os novos avanços em um modelo coerente, de modo que possam avaliá-los racionalmente e aplicar os que têm mais valor para eles e suas empresas.

Desde os anos 30, a evolução da manutenção pode ser definida através de três gerações:

1.1 A PRIMEIRA GERAÇÃO

A Primeira Geração abrange o período até a II Guerra Mundial. Naquele tempo, a indústria não era altamente mecanizada, portanto, os períodos de inatividade à espera de recuperação de falhas não eram muito importantes. Ou seja, a prevenção contra falhas de equipamentos era simples e muitos deles, super dimensionados. Isso os tornava confiáveis e fáceis de consertar. Conseqüentemente, não era necessária manutenção sistemática; apenas serviços de limpeza, assistência e lubrificação. Também, a necessidade de pessoal especializado era menor.

1.2 A SEGUNDA GERAÇÃO

O mundo mudou muito durante a 2ª Guerra Mundial. As pressões do período da guerra aumentaram a demanda por itens de todos os tipos, ao mesmo tempo em que o contingente de mão-de-obra industrial diminuiu consideravelmente. Esse fato levou ao aumento da mecanização. Por volta da década de 50, máquinas de todos os tipos tornaram-se mais numerosas e complexas. A indústria começava a depender delas. À medida que essa dependência aumentava, o tempo de inatividade das máquinas tornou-se evidente. Isso levou à idéia de que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que por sua vez, resultou no conceito de *manutenção preventiva*. Na década de 60, essa manutenção consistia basicamente de revisões gerais dos equipamentos feitas a intervalos fixos. O custo de manutenção também começou a se elevar muito em comparação com outros custos operacionais. Esse fato fez aumentar os *sistemas de planejamento e controle de manutenção*. Tais sistemas ajudaram muito no controle de manutenção e, hoje, são parte integrante da prática de manutenção. Finalmente, a quantidade de capital investida em itens, juntamente com o nítido aumento do custo do capital levaram as pessoas a começar a buscar meios para aumentar a vida útil dos itens.



Figura 1-1: Mostra como evoluíram as expectativas da manutenção.

Fonte: Moubray (2000, p.56)

1.3 A TERCEIRA GERAÇÃO

Desde meados dos anos 70, o processo de alteração na indústria conquistou até um maior ímpeto. As alterações podem ser classificadas como *novas expectativas, nova pesquisa e novas técnicas*.

a) - **Novas Expectativas:** Os *períodos de inatividade* sempre afetaram a capacidade produtiva dos itens físicos, pela redução da produção, aumento dos custos operacionais e menor qualidade do serviço ao cliente. Nas décadas de 60 e 70, esse fato já era uma preocupação constante nos setores de mineração, manufatura e transporte. Na manufatura, os efeitos dos períodos de inatividade foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas “just in time”, onde estoques reduzidos para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção naquele momento provavelmente parariam a fábrica. Mais recentemente, o crescimento da mecanização e da automação passou a indicar que *confiabilidade e disponibilidade* tornaram-se pontos chave em setores tão distintos

quanto saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de construções. Maior automação também significa que falhas cada vez mais freqüentes afetam nossa capacidade de manter *padrões de qualidade* satisfatórios. Isso se aplica tanto aos padrões do serviço quanto à qualidade do produto. Por exemplo, falhas em equipamentos podem afetar o controle climático em edifícios e a pontualidade das redes de transporte, bem como podem interferir na realização consistente de graus de tolerância especificados na manufatura.

Cada vez mais, as falhas provocam sérias conseqüências na *segurança* e no *meio-ambiente*, em um momento em que estão aumentando rapidamente padrões nessas áreas. Em algumas partes do mundo, estamos chegando a um ponto em que ou as empresas satisfazem as expectativas de segurança e de conservação ambiental, ou elas param de funcionar. Isso acrescenta uma ordem de grandeza à dependência que temos da integridade de nossos itens físicos - uma ordem que vai além do custo e torna-se uma simples questão de sobrevivência empresarial. Ao mesmo tempo em que dependemos cada vez mais dos itens físicos, também dependemos do *custo* - para *operá-los* e *possuí-los*. Para garantir o máximo retorno do investimento que eles representam, temos que mantê-los funcionando eficientemente durante o período que desejarmos.

Finalmente, o próprio *custo da manutenção* ainda está aumentando, em termos absolutos e proporcionalmente à despesa total. Em algumas indústrias, ele é atualmente o segundo maior, senão o maior, elemento de custos operacionais.

Conseqüentemente, em apenas trinta anos, ele saiu de uma quase inexistência para o topo da lista como uma das prioridades de controle de custos.

b) - Nova pesquisa: Muito além das nossas maiores expectativas, a nova pesquisa está alterando muitas das nossas crenças básicas sobre idade e falha. Em especial, torna-se evidente que há cada vez menos relação entre a idade operacional da maioria dos itens e a probabilidade de eles falharem. A Figura 1-2 mostra como a concepção mais antiga de falha era simplesmente de que, à medida

que os itens envelheciam, tinham mais probabilidade de falhar. Uma crescente conscientização de “mortalidade infantil” levou à crença generalizada da Segunda Geração na curva “da banheira”. Entretanto, a pesquisa da Terceira Geração revelou que não apenas dois, porém seis padrões de falha.

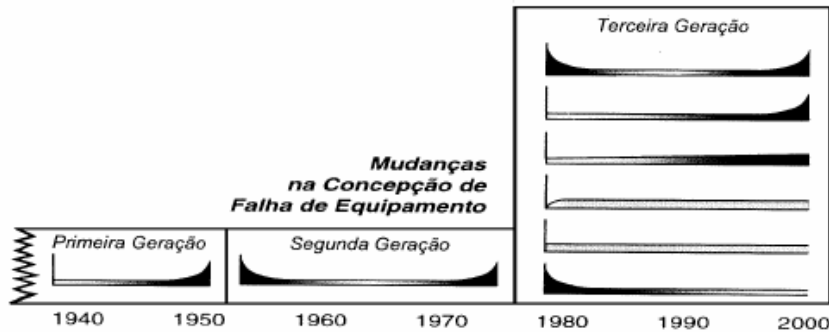


Figura 1-2: Mudanças na Concepção de Falha de Equipamento

Fonte: Moubray (2000, p.59)

c-) - Novas Técnicas: Tem havido um explosivo crescimento em novos conceitos e técnicas de manutenção. Desenvolveram-se centenas nos últimos quinze anos, e estão surgindo outros a cada semana.. Os novos conceitos e técnicas incluem:

- ferramentas de suporte às decisões, tais como estudos sobre riscos, modos de falha e análise dos efeitos e sistemas especialistas;
- novas técnicas de manutenção, tais como monitoração de condições;
- projeto de equipamento com ênfase muito maior na confiabilidade e na possibilidade de manutenção;
- uma alteração no pensamento empresarial em relação a participação, no trabalho em equipe e flexibilidade.

Atualmente, o principal desafio da equipe de manutenção é não apenas aprender quais são essas técnicas, mas também decidir quais são úteis a sua empresa. Se fizermos as escolhas corretas, é possível melhorarmos o desempenho dos itens e, ao mesmo tempo, conter, ou mesmo reduzir, o custo da manutenção. Se

fizemos as escolhas erradas, serão criados novos problemas, ao mesmo tempo que os existentes tornam-se piores.

2 OBJETIVO

Formatado: Normal

O sistema de manutenção de locomotivas utilizado pela MRS não evoluiu com as necessidades da empresa pós-desestatização, mantendo-se no padrão de intervenções programadas baseadas no tempo de uso (manutenção preventiva).

Esta prática denota defasagem na forma de gerir a manutenção de ativos, inserindo-se falhas prematuras nas locomotivas, redundando em elevação dos custos de manutenção e reduzindo a confiabilidade da frota.

Sendo assim, este trabalho objetiva, principalmente, fazer um comparativo entre as práticas atuais de manutenção e a MCC, destacando-se as características positivas e negativas de cada procedimento para a operação da MRS. Propõe-se também a determinação de um procedimento para a implementação da MCC na frota de locomotivas da MRS.

3 JUSTIFICATIVA

Formatado: Normal

Os conceitos mais modernos de manutenção que existem hoje estão na indústria aeronáutica. Por exemplo, o BOEING 777 é um avião 100% compatível com a manutenção centrada em confiabilidade, onde apenas 10% dos itens são verificados periodicamente.

Neste tipo de indústria onde a falha pode provocar a perda de várias vidas humanas, não existe a prática de se executar revisões gerais em componentes. A MCC transformou a indústria aeronáutica e o modo aéreo em um dos mais seguros do mundo.

A missão da manutenção torna-se mais complexa quando confrontada com métodos tradicionais de gestão. A insuficiência de atitudes proativas comuns nesta área, soma-se à execução desnecessária de atividades preventivas ou a insuficiência de técnicas preditivas. A ausência de tratamento das causas fundamentais das falhas conduz freqüente à repetição dos problemas e de erros humanos, com conseqüências diretas na produção do transporte.

Com o incremento do transporte de cargas previsto pela MRS para os próximos anos, torna-se fundamental que se tenha um aumento da confiabilidade dos ativos da MRS, viabilizando o atendimento desta demanda.

Considerando as necessidades de aumento de produtividade, aliado ao incremento da qualidade e da segurança, necessitando-se que a atuação do transporte de cargas seja de forma ambientalmente correta, pretende-se estudar outra metodologia de manutenção, objetivando o enriquecimento dos sistemas de gestão de manutenção da MRS, e conseqüentemente, maximizando a disponibilidade dos ativos com a melhoria da confiabilidade.

4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O item 5 apresentará a técnica de Manutenção Centrada em Confiabilidade.

No tópico 6 será apresentada a política de manutenção de locomotivas da MRS Logística SA, com toda a sua estrutura de suporte à manutenção, os fluxogramas e os ciclos de revisões preventivas.

Finalmente, no item 7, será apresentada uma proposta de procedimento para a implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade no subsistema de locomotivas.

5 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC

Excluído: ¶

5.1 ORIGEM E CONCEITOS BÁSICOS

Excluído: ¶

No final dos anos 50, a indústria de aviação comercial americana estava particularmente preocupada com a falta de uma metodologia para otimizar sua manutenção preventiva, conforme afirma Moss (1985). Com relação a essa questão, Netherton (2001) comenta que, naquela época, a aviação comercial ao redor do mundo sofria mais de 60 acidentes por milhão de decolagem, sendo dois terços desses acidentes causados por falha de equipamento. Esta estatística representaria, para os dias de hoje, dois acidentes de avião de 100 assentos ou mais, diariamente. Moubrey (2000), por exemplo, observa que, em 1960, a *Federal Aviation Agency* (FAA) constituiu uma força tarefa, denominada *Maintenance Steering Group* (MSG), com a participação das companhias aéreas americanas, para estudar os planos de manutenção até então utilizados. O primeiro resultado foi alcançado em 1965, e posteriormente apresentado em 1967, durante o Encontro Internacional sobre Operação e Projetos de Aeronaves Comerciais. O documento elaborado recebeu a denominação de MSG-1, cujo conteúdo foi utilizado na manutenção do Boeing 747.

Cerca de dois anos mais tarde, uma outra versão foi elaborada, com a denominação de MSG-2, e aplicada no desenvolvimento dos programas de manutenção dos aviões Lockheed 1011, S-3 e P-3, Douglas DC 10 e McDonnell F4J. Cabe comentar também que, com base nesses estudos, a indústria europeia emitiu documento similar aplicado nos programas de manutenção do Airbus A-300 e do Concorde.

A partir dos documentos MSG-1 e MSG-2, Nowlan e Heap (1978) desenvolveram um outro estudo mais detalhado, encomendado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, para a determinação de normas e procedimentos de manutenção com base numa ampla análise estatística. Os autores denominaram o

documento de *Reliability Centered Maintenance* (RCM), que pode ser interpretado como Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Este documento, conhecido como MSG-3, tornou-se o marco para a manutenção da indústria aeronáutica. Por exemplo, para se ter autorização para voar no espaço aéreo americano, os projetos devem ter seu plano de manutenção embasado nesse documento.

Da década de 1960 até o final da década de 1980, a manutenção baseada em intervalos de tempo era a metodologia de contingência de falhas mais avançada utilizada pelos gestores de manutenção. Estes programas baseavam-se em dois princípios:

1. Existe uma forte correlação entre a idade do equipamento e sua taxa de falha.
2. As probabilidades de falha de equipamentos podem ser determinadas estatisticamente, e assim, componentes podem ser substituídos ou restaurados antes da ocorrência de falhas.

Por exemplo: era prática comum no passado a substituição ou renovação de rolamentos após uma determinada quantidade de ciclos em operação, com base na hipótese de que a taxa de falhas deste componente tornava-se acentuada com o tempo de permanência em serviço.

A literatura aponta a MCC como uma ferramenta de manutenção, que visa racionalizar e sistematizar a determinação das tarefas adequadas a serem adotadas no plano de manutenção, bem como garantir a confiabilidade e a segurança operacional dos equipamentos e instalações ao menor custo.

A definição do contexto operacional tem por base, segundo Moubrey (2000), a consideração de certos fatores, tais como: o tipo de processo industrial (se existem redundâncias ou equipamentos em *stand-by*), o nível de exigência a ser atendido pela produção, os riscos de segurança operacional a serem assumidos, os padrões

de meio ambiente, o ciclo operativo dos equipamentos, a logística de manutenção disponível, dentre outros.

A mesma exigência e o conjunto de atividades de manutenção, não são requeridos de maneira semelhante para todos os equipamentos e sistemas. A avaliação deve considerar a dependência funcional e as conseqüências da perda da função para a produção, na eventualidade de ocorrer uma falha. É importante frisar que preservar a função não é o mesmo que preservar a operação do equipamento.

Mais especificamente, a MCC analisa se a função desempenhada pelo equipamento não está atendida, a ocorrência das falhas e, principalmente, suas conseqüências.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é o processo utilizado para a determinação do tipo de metodologia de manutenção mais efetivo para o tratamento de falhas potenciais. O processo de desenvolvimento do RCM envolve a identificação de ações que quando executadas irão reduzir a probabilidade de um equipamento, bem como seus custos de manutenção.

O processo busca a melhor combinação entre ações baseadas em condições, ações baseadas em intervalos de tempo ou em ciclos ou simplesmente ações corretivas.

Detalhando as ações de contenção para a ocorrência da falhas citadas acima temos:

Ações corretivas: nenhuma ação de contenção sobre a falha pode ser tomada. Normalmente para estas situações não existem tecnologias de inspeção disponíveis para que se faça uma verificação das condições dos componentes atingidos pela falha.

Ações baseadas em intervalo de tempo ou ciclos: ações de inspeção programadas a intervalos de tempo pré-definidos, estes normalmente baseados em conhecimento de parâmetros de confiabilidade observados dos históricos de falha dos componentes. Estas ações são somente programadas quando há total segurança de que existem pontos notáveis de degradação da função dos componentes, caso contrário tornam-se extremamente dispendiosas ao sistema de manutenção.

Ações baseadas em condições: normalmente denominadas inspeções preditivas, estas ações levam em consideração perturbações ao sistema notadas somente com a utilização de tecnologias particulares (p.e. análise termográfica, medição de vibração, análise de contaminantes etc.). São ações de contenção utilizadas para os modos de falha ditos aleatórios, e que não geram impressões visíveis de degradação aos componentes afetados.

Ações proativas: são ações utilizadas em situações onde não é possível a convivência com o risco de falha e porém, não existam tecnologias disponíveis para a contenção do modo de falha gerador da falha. Normalmente estas ações envolvem reprojeto do sistema e inclusão de redundâncias.

Estas estratégias de manutenção devem ser aplicadas de forma integrada, de forma que seja possível a otimização da eficiência e dos custos de manutenção do sistema avaliado. A Figura 5-1 exemplifica onde aplicar cada uma destas estratégias.



Figura 5-1: Componentes de um programa de MCC

Fonte: Pinto, L (2004, P. 34)

É importante citar também que a metodologia MCC, em razão de sua razoável complexidade de aplicação, deve ser utilizada principalmente na análise de sistemas julgados críticos ao processo, seja por fatores que envolvam segurança, saúde ou meio ambiente (risco de explosões, lesões aos operadores, ou contaminações), seja por fatores econômicos (alto custo de reparação de componentes ou elevadas perdas para o processo), ou mesmo fatores que envolvam a disponibilidade operacional do sistema.

5.2 OS PRINCÍPIOS DA MCC

A MCC considera as seguintes questões:

- a) Quais são as funções e os padrões de desempenho associados aos itens no seu contexto operacional atual?

- b) De que forma as funções falham?
- c) O que causa cada falha funcional?
- d) Quais são as conseqüências da falha?
- e) Qual é a importância da falha?
- f) O que poderia ser feito para prever ou prevenir a falha?
- g) O que deve ser feito se não se pode prever ou prevenir a falha?

A Fig. 5-2 ilustra em linhas gerais a interface entre a metodologia MCC e o sistema/processo

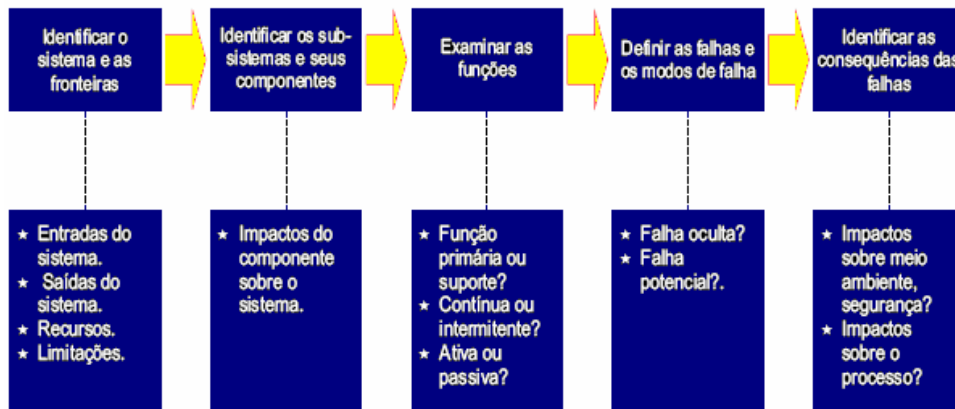


Figura 5-2: Análise de considerações em MCC

Fonte: Pinto, L (2004, P. 38)

Em resumo, a MCC segue os oito princípios citados abaixo:

- 1) A MCC é orientada para a função - busca preservar a função do sistema ou do equipamento, não somente a operabilidade.

2) A MCC é focada no sistema - mantém primeiramente a funcionalidade do sistema e não de um único elemento.

3) A MCC é centrada em confiabilidade - busca conhecer as probabilidades de falha em períodos específicos da vida dos componentes.

4) A MCC é condicionada ao projeto - tem como objetivo manter a confiabilidade inerente ao projeto atual do equipamento ou sistema (mudanças de performance são tarefas de engenharia de projetos e não da manutenção).

5) A MCC é dirigida para segurança e economia - a segurança deve ser assegurada a qualquer custo. Se em determinada situação o custo é fator limitador para o atendimento da segurança, MCC deve alertar para alteração do projeto do sistema.

6) A MCC é orientada ao tratamento de qualquer condição insatisfatória - considera como falha a perda de função de um equipamento (operação cessada) ou a perda de qualidade do processo (processo não conforme).

7) A MCC é baseada em três tipos de trabalhos de manutenção: combina ações de manutenção baseadas em intervalos de tempo, ações baseadas em condições, e ações baseadas no tratamento de falhas potenciais (proatividade) ou falhas ocultas. Ela emprega condicionalmente ações corretivas para determinados tipos de equipamentos.

8) A MCC é uma metodologia perpétua - deve ser aplicado continuamente, de forma que seja possível a utilização de seus resultados como feed back na melhoria de novos projetos e da sistemática de manutenção.

5.2.1 SEQÜENCIA DE IMPLEMENTAÇÃO DA MCC

Para a aplicação da MCC, uma seqüência de etapas deve ser seguida, compreendendo: a delimitação do equipamento, do objeto e da aplicação; a definição das funções de todos os seus principais componentes e as possíveis falhas funcionais associadas a estas funções; e, a utilização da Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (FMEA) aplicada as falhas funcionais anteriormente definidas. A seguir utiliza-se o diagrama de decisão com objetivo de identificar as tarefas de manutenção mais adequadas, para finalmente definir-se o plano de manutenção a ser adotado com base na MCC.

Na Figura 5-3 apresentada a seguir, demonstra-se a visão geral do processo de implantação da MCC, sugerido por Smith (1993).

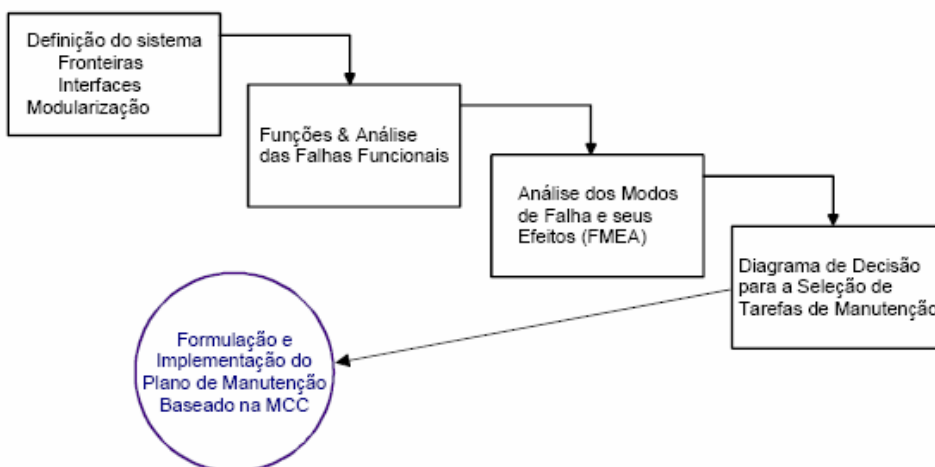


Figura 5-3: Etapas de Implantação da MCC

Fonte: Fleming ECT al. (1997, p.54)

Excluído: 4

5.2.2 DELIMITAÇÃO E DEFINIÇÃO DE FRONTEIRAS

Excluído: ¶

Formatados: Marcadores e numeração

Inicialmente o sistema a ser analisado deve ser delimitado, sendo que a partir da seleção dos sistemas ou equipamentos a serem analisados, definem-se as fronteiras e interfaces (entradas e saídas) do objeto da aplicação, tomando-se cuidado para que nada seja desconsiderado, concentrando e delimitando o estudo.

As fronteiras são fundamentais para o estabelecimento das interfaces com os demais sistemas ou equipamentos que compõem a instalação, não existindo regras definidas para seu estabelecimento. A experiência do grupo de análise e a lógica de funcionamento da instalação é que devem orientar esta definição.

Normalmente, no processo de delimitação da aplicação, se depara com um grupo de componentes que atuam conjuntamente no desempenho das funções a serem avaliadas. Devido a isto, é recomendável dividir-se o sistema ou equipamento em módulos funcionais. Assim, um módulo funcional consistirá em um grupo de componentes que atuam conjuntamente para desempenhar uma ou mais funções deste próprio grupo. Esta estratégia permite analisar todas as funções do sistema de forma racional e estruturada, e também que todos os componentes estejam explicitamente relacionados com as funções identificadas.

5.2.3 FUNÇÕES E ANÁLISE DAS FALHAS FUNCIONAIS

Esta etapa compreende a definição, clara e exaustiva, de todas as funções e falhas funcionais associadas aos componentes e acessórios do equipamento delimitado para análise, sendo que normalmente os fluxos de saída, identificados na etapa anterior, estão associados a estas funções. Na definição das funções, é importante considerar o contexto operacional do equipamento em relação à

5.2.4 ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DA FALHA

O próximo passo do processo MCC, uma vez caracterizados o conceito de falha funcional, o contexto operacional e os padrões de desempenho para cada função do item, é a identificação dos modos de falhas, de suas causas e a determinação dos seus efeitos. A técnica utilizada nessa sistemática é a FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. O FMEA é um método qualitativo de análise de confiabilidade, para cada item que envolve o estudo dos modos de falhas, a determinação dos efeitos de cada modo de falhas que podem existir para cada subitem e a determinação dos efeitos de cada modo de falha sobre os outros subitens e sobre a função requerida do item. O modo de falha é a expressão utilizada para caracterizar o processo e o mecanismo de falha que ocorre nos itens.

O efeito é a maneira como o modo de falha se manifesta. Um determinado modo de falha se tornará mais ou menos evidente dependendo da função que o item está desempenhando num caso específico. O efeito, por sua vez, segue a mesma sistemática.

Portanto, para o processo de aplicação da MCC, a FMEA fornece a caracterização dos modos de falha associados aos componentes e equipamentos, as causas das falhas e seus efeitos. A um modo de falha qualquer pode estar relacionada mais de um causa, bem como o efeito estar associado a um ou mais causas.

A FMEA pode ser considerada uma ferramenta de análise de projetos, com o intuito de caracterizar os prováveis modos de falha potenciais e estabelecer seus efeitos sobre o desempenho do sistema, com base em raciocínio dedutivo.

Em linhas gerais, a FMEA constitui-se em uma abordagem simples, sistemática e direta para a identificação das fontes básicas de falhas, suas causas e conseqüências, verificando os métodos existentes para a detecção ou controle

dessas falhas, e, definindo as ações corretivas necessárias para eliminar as causas ou reduzir seus efeitos.

A partir da caracterização da falha, na aplicação da FMEA, devem ser identificados os modos de falha, ou seja, a maneira pela qual um determinado item deixa de executar sua função.

As conseqüências das falhas podem ser classificadas em: com conseqüências de falhas ocultas, com conseqüências para a segurança ou meio ambiente e com conseqüências operacionais ou não operacionais. Para a MCC, as falhas ocultas são àquelas com conseqüências para a segurança ou meio ambiente. Elas são mais importantes que as falhas com conseqüências operacionais. Esta é uma visão diferenciada dos demais métodos de manutenção que normalmente, priorizam as falhas com conseqüências operacionais.

Em resumo tem-se:

- **Conseqüências de falhas ocultas** – são aquelas que, por si próprias, não são evidentes em condições normais de operação; não possuem um impacto direto, entretanto expõem a organização a falhas múltiplas ou catastróficas; estão normalmente associadas a dispositivos e sistemas de proteção;
- **Conseqüências de segurança e meio ambiente** – são as falhas que podem, de algum modo, ferir, machucar ou matar alguém (operadores, mantenedores ou pacientes), ou causar a violação de algum padrão ambiental, seja ele corporativo, regional, nacional ou internacional. Nesse caso, uma ação pró-ativa só é justificada se pode reduzi-las a níveis aceitáveis; não sendo possível a redução ou eliminação da falha funcional, o item deverá ser reprojeto;

- **Conseqüências operacionais** – são as falhas que afetam a capacidade operacional, a produção, a qualidade do produto, os custos operacionais, além dos custos diretos de conserto. Assim, uma ação pró-ativa é realizada para evitá-las ou preveni-las se os custos totais para isso forem menores que os custos de suas conseqüências e do seu conserto; aqui, a ação é avaliada puramente de um ponto de vista econômico;
- **Conseqüências não-operacionais** – são falhas evidentes que envolvem apenas os custos diretos de conserto ou conseqüências secundárias, que não originem riscos ambientais e de segurança.

A MCC atribui alta prioridade à avaliação e prevenção da falha oculta. Este conceito de falha oculta está associado a uma função cuja falha não se torna evidente para o operador ou profissional de manutenção. Isto é, algumas falhas podem ocorrer sem que seja possível perceber que determinado item está em estado de falha, a menos que outra falha ocorra.

As falhas ocultas não têm impacto direto na produção, mas expõem as instalações à possibilidade de ocorrência das chamadas falhas múltiplas. Ou seja, uma falha ocorre quando um dispositivo de proteção, que deveria proteger a instalação em relação a aquela falha, já havia falhado. Por exemplo, como dispositivos de proteção têm-se os diversos sensores, dispositivos de supervisão, botoeiras de comando, relés de proteção, sistemas anti-incêndio, equipamentos instalados em *stand-by*. Dessa forma, a conseqüência dessas falhas, por envolver dispositivos de proteção, pode ser muito séria, transformando-se, em alguns casos, em um evento catastrófico, com reflexos significativos para a imagem institucional.

Uma tendência natural, ao se avaliar os riscos associados e as conseqüências das falhas ocultas, é deduzir-se que a única forma de minimizar o risco de falha múltipla seja a adoção de equipamentos redundantes, mais confiáveis e modernos. Moubray (2000) enfatiza, sobre o assunto, que é necessário um

cuidado especial nesta área, porque funções extras instaladas com esta finalidade também tendem a ser ocultas.

De acordo com a prioridade que a MCC confere à falha oculta, Moubray (2000) apresenta como calcular o intervalo a ser aplicado em uma tarefa de busca de falha, em dispositivos de proteção, nos seguintes termos: a probabilidade de uma falha múltipla ocorrer em qualquer período de tempo é dada pela probabilidade com que a função protegida possa falhar, enquanto o dispositivo de proteção estiver em estado de falha neste mesmo período.

Assim,

$$\left[\begin{array}{l} \text{Probabilidade de} \\ \text{uma falha múltipla} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Probabilidade de falha} \\ \text{da função protegida} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{Indisponibilidade Média do} \\ \text{dispositivo de proteção} \end{array} \right]$$

Equação 5-1

A literatura técnica, citada por Moubray (2000), apresenta uma correlação linear entre o intervalo de busca de falha e a confiabilidade do dispositivo de proteção, para o caso da indisponibilidade requerida igual ou menor que 5%, conforme segue:

$$\text{Indisponibilidade} = \frac{0,5 \times \text{Intervalo de Busca de Falha}}{(\text{MTBF}) \text{ Tempo Médio Entre Falhas}}$$

Equação 5-2

A MCC apenas apresenta uma sugestão de cálculo para a determinação da periodicidade das falhas ocultas, o que não ocorre para as demais tarefas baseadas no tempo e na condição. Para estas tarefas, são encontradas recomendações, no sentido de analisar o histórico de falhas, pesquisar bancos de dados genéricos, obter informações com os fabricantes, e de equipamentos similares.

fornecer resultados quantitativos através das probabilidades e freqüências de ocorrências do evento topo e de cada um dos cortes mínimos da árvore.

5.2.5 DIAGRAMAS DE DECISÃO E SELEÇÃO DE TAREFAS

A ferramenta básica para o desenvolvimento desta etapa é o diagrama de decisão que irá permitir, de forma lógica e estruturada, atingir-se o objetivo da MCC, qual seja a definição das tarefas de manutenção. Na utilização do diagrama de decisão conta-se com o auxílio de planilhas para registro da análise de cada função.

Para o preenchimento desta planilha deve-se utilizar a Árvore Lógica de Decisão (Figura 5.7) e o Diagrama de Seleção de Tarefas (Figura 5-8), seguindo seqüencialmente as questões apresentadas, e respondendo 'SIM' ou 'NÃO', conforme o caso.

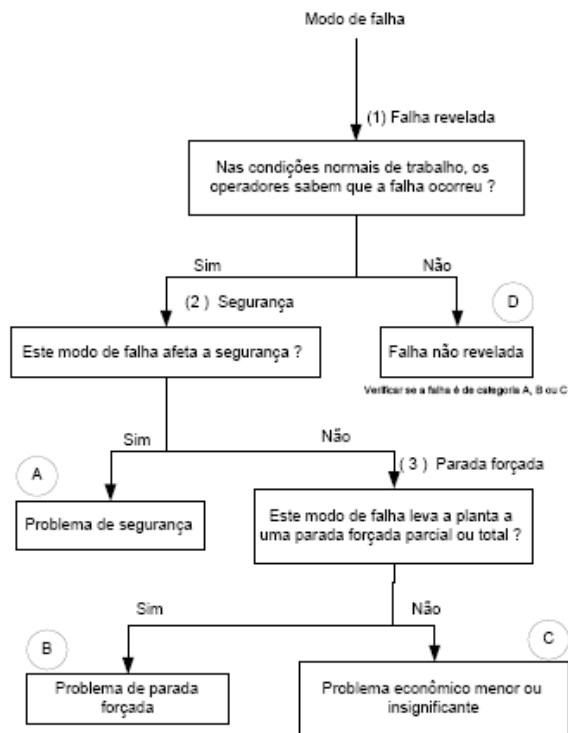
Planilha de Seleção de Tarefas – MCC													FOLHA	
UNIDADE:						SUBUNIDADE:								
COMPONENTE:														
FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	E	S	O	C	1	2	3	4	5	6	7	TAREFA	
													ATIVIDADE	FREQ.

Figura 5-6: Planilha de Seleção de Tarefas

Observações:

1) as letras 'E', 'S', 'O', 'C' estão associadas à Árvore Lógica de Decisão (figura 5.7) e representam respectivamente se a falha é evidente, se envolve aspectos de segurança, se influem na continuidade operacional ou está associada a aspectos de custos;

2) Os números de 1 a 7 indicam as respostas às perguntas apresentadas no Diagrama de Seleção de Tarefas figura 5-8 a seguir.



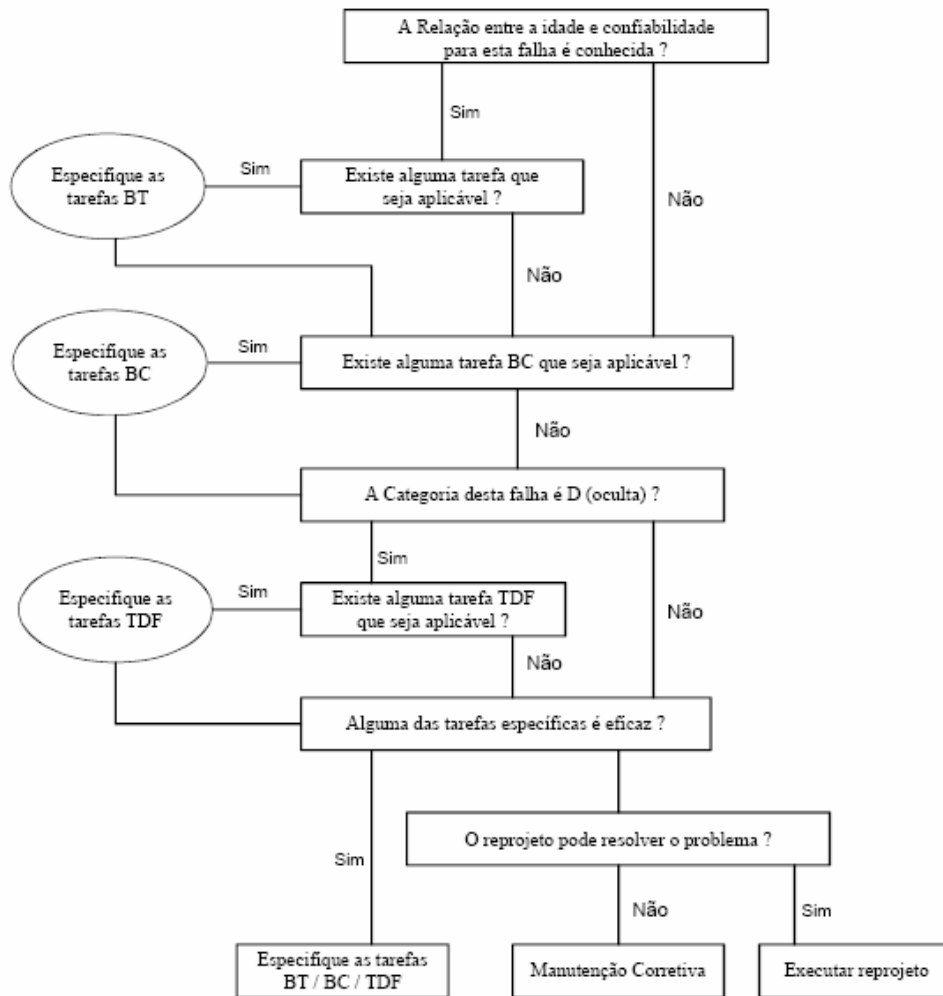
LEGENDA

- A - Falha relacionada à Segurança ou Meio Ambiente
- B - Falha Operacional
- C - Falha relacionada a aspectos econômicos
- D - Falha Oculta

Figura 5-7 – Árvore Lógica de Decisão

Fonte: Smith (1992, p.95)

Excluído: 8



LEGENDA

BT - manutenção baseada no tempo

BC - manutenção baseada na condição

TDF - tarefa de busca de falha

MC - manutenção corretiva

E os modos de falha.

A - falhas com consequências para a segurança ou meio ambiente

B - falhas com consequências operacionais

C - falhas com consequências econômicas

ou D/A, D/B, D/C se a falha for oculta com as respectivas consequências.

Figura 5-8 - Diagrama de Seleção de Tarefas

Fonte: Smith (1992, p.96)

5.2.6 PLANO DE MANUTENÇÃO

A última etapa prevista, também apresentada na Figura 5-3, é a implantação do plano de manutenção com as tarefas e respectivas frequências definidas, onde se realiza o agrupamento das tarefas, com objetivo de otimizar a utilização dos recursos humanos e minimizar a eventual indisponibilidade associada à execução das atividades de manutenção.

Caso a falha seja oculta, o método MCC recomenda calcular o intervalo a ser aplicado para a tarefa de busca de falha, conforme a Equação 5-2. É possível, portanto, estabelecer a disponibilidade requerida, e conhecido o tempo médio entre falhas do dispositivo de proteção, determinar-se o intervalo adequado para a tarefa de busca de falha. O tempo médio entre falhas pode ser obtido com base no histórico de manutenção, ou caso não seja disponível, a partir da indicação dos fabricantes ou de um banco de dados de falha.

Para as demais falhas deve-se estimar um intervalo inicial para a frequência de manutenções, definindo este intervalo a medida em que se adquire experiência no decorrer do tempo. Deve-se também considerar o histórico de manutenção.

Se os intervalos de manutenção programada, para os quais se têm dados, são pequenos, então o aumento no tempo entre inspeções deve ser feito gradualmente. Outro aspecto a ser analisado é que as revisões periódicas do plano de manutenção ficam facilitadas pelo fato de se contar com toda a documentação originada da implantação da MCC. Isto possibilita o resgate das considerações e premissas que levaram a decisão de adotar-se determinada tarefa ou forma de manutenção.

Adicionalmente, uma análise estruturada, com sólido embasamento técnico, poderá ser desenvolvida para os equipamentos reserva, bem como eventuais ações de manutenção aplicáveis a estes itens, objetivando garantir que estejam em perfeitas condições operativas.

Deve-se ainda considerar que a partir da aplicação, contando com a esperada otimização das tarefas de manutenção, devem ser reduzidos os custos envolvidos na execução das atividades de manutenção, ou seja, obter-se um plano com tarefas de manutenção que apresentem a melhor relação de custo benefício, que é um dos objetivos da técnica.

O modelo de aplicação da MCC contempla 5 etapas seqüenciadas, quais sejam: a delimitação dos sistemas ou equipamentos a serem objeto de estudo, a análise das funções e falhas funcionais, a aplicação da ferramenta FMEA, a seleção das tarefas de manutenção e a definição do plano de manutenção.

6 A MANUTENÇÃO PREVENTIVA NAS LOCOMOTIVAS DA MRS LOGÍSTICA AS

Excluído: SA

Formatado: Normal

As locomotivas diesel elétricas na MRS Logística SA são divididas por frotas:

- Frota A : Tem o Heavy Haul como carga principal onde pode-se citar o minério para exportação e consumo interno Cosipa, CSN, entre outros.
- Frota B: Tem a carga geral como fluxo, ou seja tudo aquilo que não é Heavy Haul, como Containers e Produtos Agrícolas
- Frota C: É a frota de locomotivas de São Paulo e têm a carga variada de minério e carga geral.

O padrão de manutenção das locomotivas segue a mesma linha da antiga RFFSA, ou seja, a inspeção, manutenção ou troca de componentes de uma locomotiva baseia-se fundamentalmente no tempo entre intervenções.

Toda atividade de manutenção é baseada em procedimentos gerenciais, procedimentos de rotina, procedimentos operacionais e especificações técnicas de materiais ou serviços.

As paradas para manutenção são realizadas em seis oficinas estrategicamente localizadas em toda sua malha. Cada oficina é responsável por um tipo de intervenção nas locomotivas das frotas A,B,C. A figura 6-1 mostra como é a distribuição dessas oficinas.

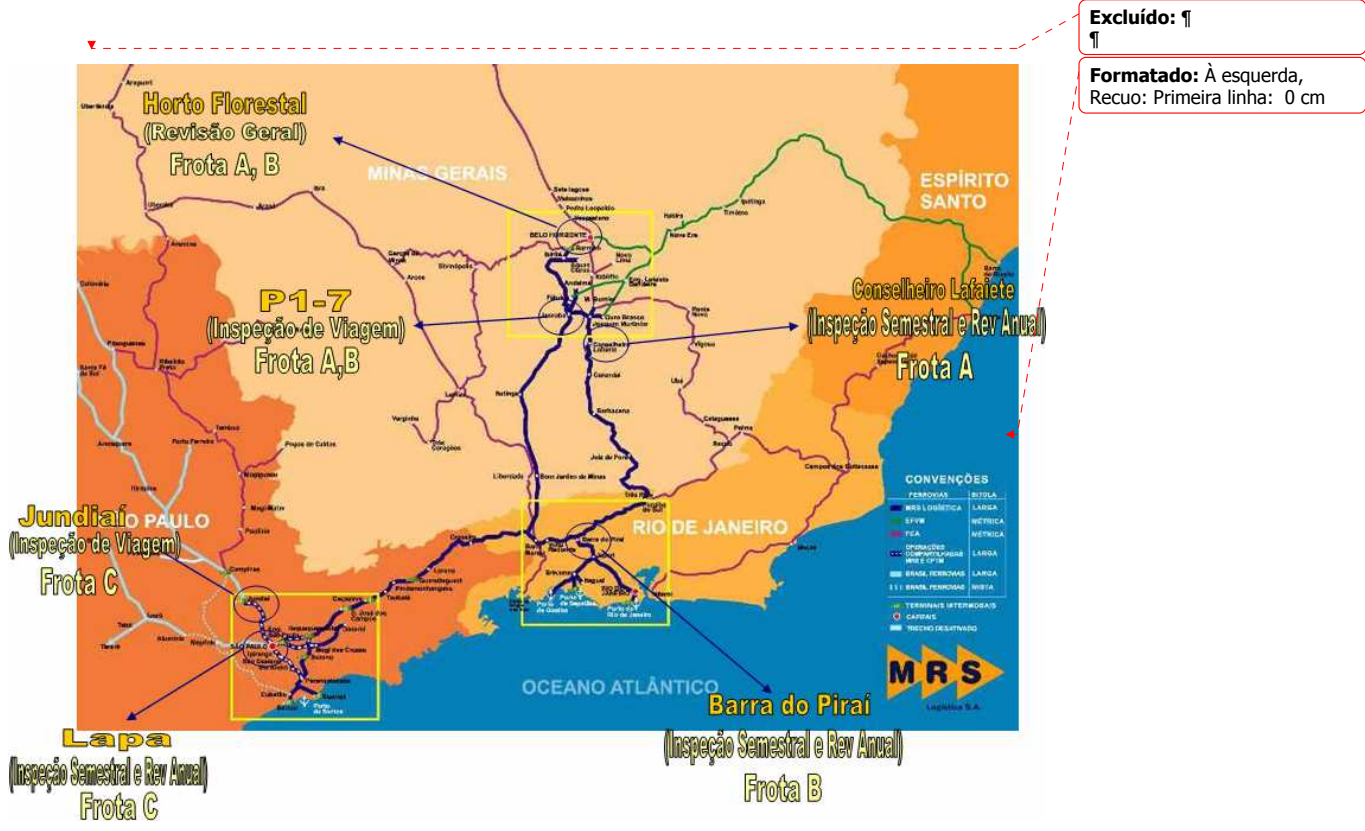


Figura 6-1 – Oficinas de Manutenção de Locomotivas Diesel – Elétricas

Fonte: MRS Logística SA

Como apoio às oficinas MRS pode-se citar:

a) PCM - Área pertencente ao processo de Disponibilização de Ativos e que tem como responsabilidade o Planejamento, o balanceamento e o Controle da Manutenção, tendo como áreas: CLM (Centro de Logística de Manutenção), VIA (Planejamento e Controle da Manutenção da Via Permanente), MECÂNICA (Planejamento e Controle da Manutenção Mecânica) e a ELETRO-ELETRÔNICA (Planejamento e Controle da Manutenção da Sinalização, Telecomunicações e Energia).

b) Centro de Logística de Manutenção (CLM) - Órgão pertencente ao PCM, responsável pela coordenação e logística de manutenção, atuando junto ao CCO e tendo como premissa o rápido restabelecimento do tráfego, tanto para atendimentos às intervenções manutentivas programadas quanto as não programadas, além das emergenciais e dos acidentes.

c) Rádio-Manutenção - Estrutura com funcionamento ininterrupto, ligada ao CLM cuja responsabilidade é orientar os maquinistas executar atividades para a recuperação de ativos em eventual ocorrência de falha, e/ou seu encaminhamento conforme necessidade ou ainda obedecendo a orientação ou programação do PCM Mecânica

Além dos softwares:

a) SISLOG: Sistema Logístico da MRS, destinado a centralizar e a operacionalizar diversas atividades realizadas pelo planejamento, controle e execução do transporte. Abrange toda a operação dos serviços de transporte ferroviário da MRS S.A com as funções de programar, suportar a execução, controlar e acompanhar a utilização dos ativos, desde de a criação de um evento até a chegada do mesmo a seu destino.

b) BaaN: Software ERP que, além de outras aplicações na empresa, é utilizado no planejamento e controle da manutenção. Atualmente a manutenção das locomotivas é organizada em dois níveis principais:

- Manutenção Preventiva Sistemática e
- Manutenção Corretiva

6.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Consiste em executar intervenções de manutenção obedecendo a paradas programadas do equipamento em oficinas especializadas e equipadas para tal evento. Visando a diminuição de interrupção do trabalho produtivo do equipamento, antecipando-se à ocorrência de falhas e defeitos dos conjuntos e peças cujo o modo e histórico de falhas e/ou desgaste é conhecido. A tabela 6-1 mostra a periodicidade das manutenções da MRS.

Tabela 6-1 - Plano de Manutenção Preventiva

Código	Evento	Periodicidade
LI1	Inspeção Preventiva de Viagem	14 dias
LI6	Inspeção Preventiva Semestral	180 dias
LR1	Revisão Programada Anual	1 ano
LR2	Revisão Programada Bianual	2 anos
LR4	Revisão Programada Intermediária Quadrianual	4 anos
LRG	Revisão Programada Geral	8 anos

Fonte: MRS Logística SA

O ciclo de manutenção de uma locomotiva da frota A se inicia com uma revisão geral (RG) realizada na oficina do Horto Florestal.

A partir desta revisão pesada a cada quinze dias ela passa por uma inspeção de viagem (I1) na oficina do P1-7. Ao completar seis meses a mesma sofre uma intervenção um pouco mais minuciosa a inspeção semestral (I6) na oficina de Conselheiro Lafaiete ou Barra do Piraí e ao completar um ano a locomotiva para novamente em Conselheiro Lafaiete ou Barra para a Revisão Anual (R1, R2, R3). Finalmente no quarto ano a locomotiva retorna ao Horto para uma revisão pesada a R4, quando se inicia então todo o ciclo de inspeções e revisões novamente e ao final do oitavo ano tem-se novamente a revisão geral (RG).

A figura 6.2 a seguir ilustra todo ciclo de manutenção preventiva de uma locomotiva.

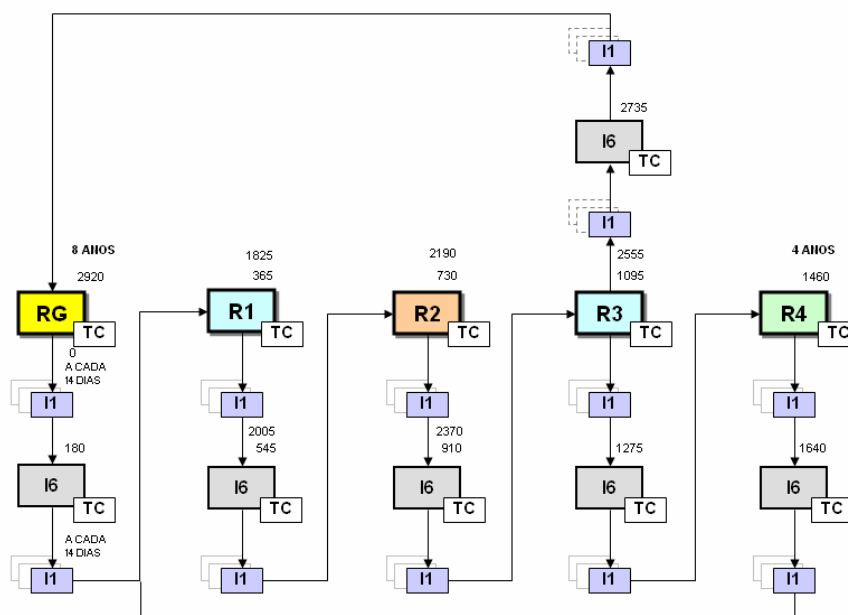


Figura 6-2 – Fluxograma de Manutenção de Locomotivas – MRS

Logística

Fonte: MRS Logística SA

A seguir, a figura 6.3 apresenta o fluxograma para execução da manutenção preventiva.

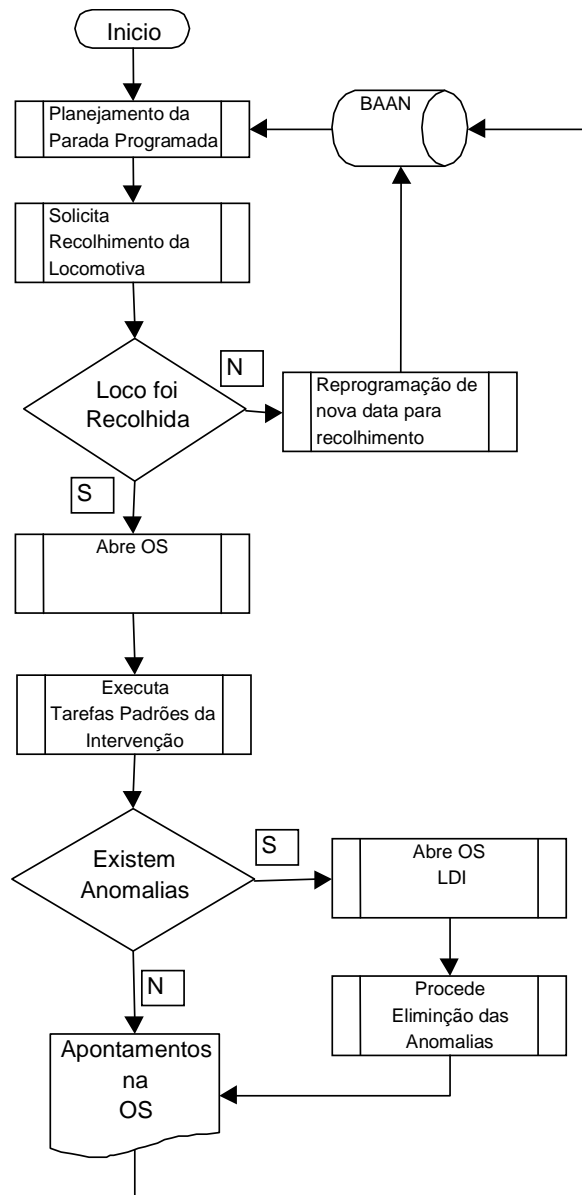


Figura 6-3 – Fluxograma de Manutenção Preventiva

Excluído: 4

Fonte MRS Logística SA

6.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Correção de falha ou defeito que é observado na operação do equipamento e que ocorre no intervalo entre manutenções preventivas.

Toda ocorrência é codificada e segue os padrões conforme exposto na tabela 6.2 a seguir:

Código do Evento	Evento	Definição
LDT	Defeito de Trafego	Ocorrência de defeito ou falha que retira a capacidade da locomotiva de trafegar e obriga seu recolhimento em oficina e tem atuação de correção pela equipe de manutenção para correção da anomalia
LDE	Defeito de Tráfego Atendimento Externo	Ocorrência de defeito ou falha que retira a capacidade da locomotiva de trafegar e não obriga seu recolhimento em oficina e tem atuação de correção pela equipe de manutenção no local da ocorrência
LDI	Defeito Observado na Preventiva	Defeito observado quando da execução de uma das manutenções preventivas e que requer correção.
LMC	Manutenção Corretiva Leve	Defeito reclamado pela operação que pode ter sua solução programada
LCS	Reparação de Locomotiva Acidentada	Reparação em Oficina de Locomotiva que sofreu acidente

Tabela 6-2 - Classificação das Manutenções Corretivas

(Fonte MRS Logística SA)

A figura 6.4 a seguir detalha o fluxograma de Manutenção Corretiva.

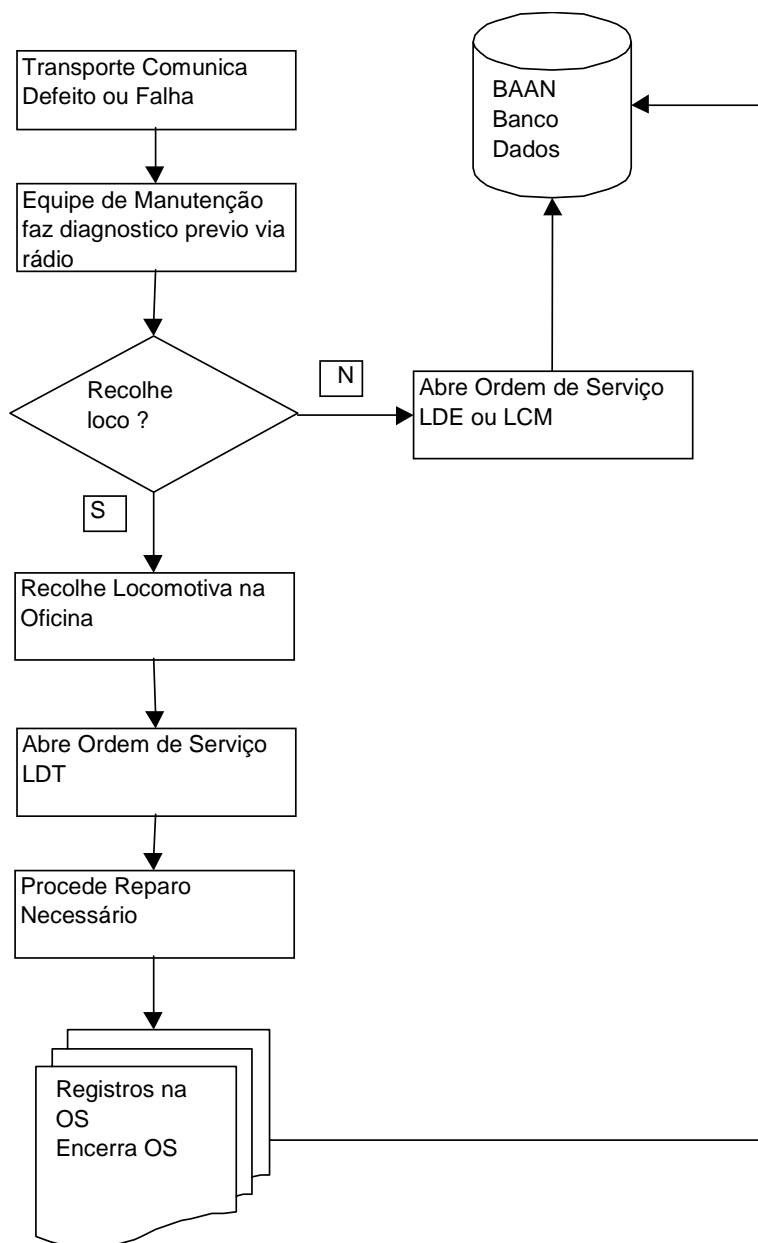


Figura 6-4 - Fluxograma de Manutenção Corretiva

Fonte: MRS Logística SA

7 COMPARAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS NA MRS LOGÍSTICA E A MCC

Ao se desenvolver a aplicação, é possível realizar uma comparação entre os conceitos e enfoques básicos adotados na sistemática de manutenção da MRS Logística, e aqueles preconizados pelo método Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), conforme apresentado na tabela 7.1, a seguir:

MRS Logística SA	MCC
Enfoque no equipamento	Enfoque nas funções dos equipamentos
Ênfase na manutenção preventiva, para a definição das tarefas de manutenção, objetivando prevenir a ocorrência de falhas	Definição das tarefas de manutenção, ponderando as consequências das falhas, assumindo operar até a falha, quando convier
Abrangência envolvendo as macrofunções, normatização, planejamento, programação, execução, controle e análise de desempenho e custos	Ênfase na definição do plano de manutenção, envolvendo basicamente a macro-função execução
Plano de manutenção definido a partir da experiência própria e de empresas congêneres	Utilização análise sistemática, a partir de diagramas de decisão para a definição do plano de manutenção
Codificação dos equipamentos baseada na interdependência funcional e proximidade física	Análise funcional de todos os componentes dos equipamentos
Frequência das inspeções definida com base na experiência própria	Definição das tarefas de busca de falha com auxílio de fórmula matemática específica e demais frequências a partir de experiência adquirida
Utilização das formas de manutenção preventiva, corretiva e preditiva	Utilização das formas de manutenção preventiva, corretiva e preditiva
Importância para o histórico das manutenções preventivas e corretivas realizadas	Pouca ênfase para o histórico das manutenções realizadas (utilização para definição do intervalo inicial de manutenção, se houver)

Tabela 7-1 - omparativo da Manutenção de Locomotivas da MRS e a MCC

Este capítulo visa, com base no referencial teórico estabelecido anteriormente, estruturar uma proposta de gestão da manutenção em locomotivas da frota, focada na MCC.

Pode-se dividir a implantação da MCC em quatro fases que podem ser tratadas como um ciclo de melhoria contínua podendo ser reavaliadas a cada modernização ou evento novo que empresa julgar necessário um novo estudo. A figura 7.1 mostra essas fases.



Figura 8-1- Fases da Implantação da MCC

Excluído: 7

8.1 PLANEJAMENTO

A aplicação da MCC em locomotivas, assim como em outros setores cujas características tecnológicas são peculiares e particulares a cada ambiente, prescinde, fundamentalmente, do estabelecimento de ações preparatórias, as quais estabelecem a fase de planejamento no processo da MCC, podendo ser classificadas em cinco etapas:

8.1.1 FORMAÇÃO DO FACILITADOR

O facilitador é o componente mais importante no processo de revisão da MCC, responsável por garantir o entendimento e a aplicação da filosofia da MCC pela equipe de revisão. Ele deve assegurar que os itens sejam claramente definidos, que aspectos importantes não sejam esquecidos e que os resultados da análise sejam sistematizados.

O facilitador deve estabelecer o consenso das questões divergentes sem prejuízos ao entusiasmo e comprometimento individual dos membros da equipe. Moubrey (2000) defende que a formação do facilitador deve garantir uma grande diversidade de aspectos, 45 no total, os quais são reunidos em cinco prerrogativas básicas para o estabelecimento de um padrão mínimo do processo da MCC, sejam eles:

- ✓ garantir a aplicação da lógica da MCC;
- ✓ gerenciar a análise dos resultados;
- ✓ estruturar e conduzir as reuniões;
- ✓ administrar o tempo;
- ✓ interagir com outros setores.

8.1.2 ESTRUTURAÇÃO DAS REUNIÕES

Excluído: ¶

Formatados: Marcadores e numeração

Excluído: ¶

Uma vez reunidas as características intrínsecas ao perfil e funções do facilitador necessárias à aplicação da MCC, conforme discutido no item 7.1.1, seja pela sua formação seja por contratação, o início dos trabalhos exige o planejamento e a estruturação das reuniões de revisão. Nesta etapa, são definidos todos os aspectos relacionados à logística das reuniões, ou seja, definição do local de realização das reuniões; acomodações e material audiovisual necessário; documentos de apoio (planilhas FMEA e de decisão; diagrama de decisão, apostilas).

Outro aspecto relacionado ao planejamento das reuniões é a definição da sua frequência de realização e duração. Tais parâmetros são variáveis e dependentes e não deve ser inferior a duas horas por semana, nem deve ser superior às doze horas semanais.

8.1.3 DEFINIÇÃO DA EQUIPE

Excluído: ¶

A definição dos membros componentes da equipe de revisão para aplicação da MCC é baseada na participação e coordenação do facilitador, de acordo com as especificidades tratadas no item 7.1.1 deste processo, o qual determinará, dentre os potenciais participantes (engenheiros, técnicos e operadores), quais os perfis, segundo sua formação e qualificação, são mais indicados. A formação do grupo de revisão, entretanto, pode contemplar o objetivo secundário, ou principal, de treinamento multidisciplinar ou dirigido, o que não exige a necessidade de especialistas no item abordado.

Ao grupo de revisão podem ser integrados operadores/mantenedores com o intuito de aprimorar o seu conhecimento quanto ao funcionamento e funcionalidade do processo, facilitadores em formação (para a prática e interação com o processo), bem como administradores/gestores/diretores (visando à obtenção de argumentos confiáveis e rastreáveis de auxílio à decisão, no caso de análise de processo).

A formação do grupo de estudo para o desenvolvimento e aplicação da MCC é caracterizada pela multidisciplinaridade e pela utilização de profissionais de vários níveis hierárquicos atuantes no segmento avaliado.

O facilitador, além de um bom conhecimento a respeito da metodologia e da familiarização com as características da área estudada, deve estar apto a aplicar a lógica da MCC, coordenar a análise, conduzir as reuniões, gerenciar o tempo, coordenar a logística e avaliar os resultados.

Segundo Moubray (2000), tipicamente, uma equipe de revisão é composta por um facilitador, supervisores de manutenção e operação e especialistas da área, conforme é mostrado na Figura 7.2



Figura 8-2: Configuração clássica de componentes do grupo de revisão da MCC.

Excluído: 7

O objetivo do grupo de revisão é, por meio da aplicação do processo da MCC, determinar as exigências de manutenção de um ativo físico, tendo em vista suas funções, padrões de desempenho e seu contexto operacional. Para

isso, o grupo deve ser heterogêneo e formado por membros com experiência e de diferentes setores, para que diversos pontos de vista sejam considerados.

A orientação quanto ao número de integrantes do grupo de revisão, é que varie entre quatro e seis participantes, sempre sob a coordenação do facilitador, para que os trabalhos tenham maior efetividade.

8.1.4 NIVELAMENTO DA EQUIPE

A última etapa da fase de planejamento das atividades do processo MCC visa ao nivelamento da equipe/grupo de revisão, de modo que um nível mínimo de conhecimentos básicos relacionados seja assegurado. Nesse sentido, o estabelecimento desta etapa resultará no reforço de aspectos já conhecidos, na correção e esclarecimento de pontos duvidosos, bem como na formação de novos conceitos, preceitos e aspectos operacionais relacionados à manutenção, à MCC e aos seus procedimentos operacionais (preenchimento de planilhas, por exemplo).

8.2 ANÁLISE TÉCNICA

Essa fase congrega todos os preceitos fundamentais da MCC quando executada plenamente, o que a torna a mais importante e trabalhosa fase do processo, exigindo a contribuição efetiva de todos os membros da equipe/grupo de revisão, sobretudo da condução do facilitador, atuando como elemento catalisador do conhecimento gerado, além da efetiva execução da fase de planejamento.

8.2.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO OPERACIONAL

Assim como os elementos, função do item e conseqüências de falha, o contexto operacional constitui uma das palavras-chave na aplicação da MCC.

Conforme já discutido anteriormente, a identificação do contexto operacional significa determinar todos os aspectos que afetam, não apenas as funções e expectativas de desempenho relacionadas ao item analisado, mas também a natureza dos modos de falha, seus efeitos e conseqüências, bem como o que deve ser feito para gerenciá-los.

Geralmente a caracterização do contexto operacional está relacionada à observação de três aspectos preponderantes:

Técnicos – englobam os aspectos intrínsecos ao funcionamento e à funcionalidade do item; à infra-estrutura utilizada; às recomendações, normas e portarias pertinentes; à manutenibilidade e confiabilidade do item;

Operacionais – associam os procedimentos, rotinas, exigências e necessidades do setor às características contextuais do item;

Gerenciais – incorporam os aspectos administrativos corporativos relacionados ao item (por exemplo, o processo de empenho de peças ou serviços). Cabe ressaltar que muitos dos aspectos relacionados ao contexto operacional são natural e automaticamente levantados, considerados e incorporados em meio à aplicação da análise FMEA e do diagrama de decisão.

8.2.2 APLICAÇÃO DA FMEA

A aplicação da FMEA é parametrizada pelo levantamento coordenado e ordenado das informações relativas à análise, segundo os aspectos

assinalados na planilha FMEA. Com base nas explicações feitas pelo especialista sobre o item analisado, inicia-se o processo de análise, partindo-se da determinação das funções do item e seus padrões de desempenho; das suas falhas funcionais, as quais podem ser representadas como a expressão negativa da função; de seus modos, efeitos e conseqüências de falha. Todas essas informações são reunidas e registradas na planilha FMEA.

A confiabilidade e efetividade das informações reunidas na planilha FMEA e, conseqüentemente, no processo da MCC como um todo, exigem diversidade, qualidade, objetividade e profundidade de informações. Este grau de exigência só é suprido quando se dispõe de uma equipe diversificada e especializada, conforme já discutido.

Nesse contexto, três elementos merecem especial destaque pela sua importância no desenvolvimento das atividades da FMEA: o facilitador, os especialistas e do operador.

Facilitador – seleciona os níveis de análise e define as suas fronteiras; detém o conhecimento de quando parar a listagem dos modos de falha; interpreta e registra as decisões com o mínimo de jargões; reconhece quando o grupo não sabe; completa as planilhas do processo; responde às questões da MCC ordenadamente; assegura que cada questão seja corretamente entendida; encoraja a participação de todos; assegura o consenso, motiva o grupo; instrui o grupo ou membros individualmente.

Especialistas – são os atores principais no cenário da análise técnica do processo da MCC, conduzidos e orientados pelo facilitador; são os responsáveis pelas informações técnicas pertinentes à determinação das funções e falhas funcionais do item, bem como das suas causas e efeitos, as quais serão concatenadas e sistematizadas com vistas ao modelamento funcional do item analisado. Podem fazer parte do corpo de especialistas desta etapa na MRS: técnicos, especialistas, mantenedores, fabricantes/representantes do componente analisado;

Operadores – sua maior contribuição no processo da MCC está na complementação das informações levantadas pelos especialistas na aplicação da FMEA. A atuação em do operador nesta etapa é fornecer uma leitura do contexto de operação componente ou conjunto como todo, dos procedimentos operacionais e, de modo especial, das conseqüências oriundas dos efeitos das falhas funcionais levantadas pelos especialistas.

8.2.3 APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE DECISÃO

O processo da MCC, sobretudo até o final desta fase e para a execução desta etapa, constitui o encadeamento de ações de planejamento e execução, como também de requisitos mínimos de conhecimento. A classificação das conseqüências de falha, mediante o seu levantamento resultante da aplicação da FMEA, constitui um dos elos principais no processo da MCC, sem o qual se torna impraticável a aplicação do diagrama de decisão o qual é mais qualificado quando da participação de operadores, conforme discutido no item anterior.

Outra exigência para a aplicação do diagrama de decisão é o entendimento e total clareza, por parte dos participantes do grupo de revisão, das técnicas, conceitos e preceitos associados às políticas de manutenção adotadas pela MCC, de modo que, da análise de cada modo de falha, resulte aquela que for mais custo-efetiva e viável tecnicamente, o que caracteriza a necessidade de qualificação/experiência técnica.

O atendimento a tais pré-requisitos, aliado à condução conciliadora e harmoniosa do facilitador, resulta em uma fácil adaptação e incorporação da sistemática da MCC por parte dos membros participantes do grupo de revisão, permitindo o registro ordenado e sistematizado das informações na planilha de decisão, a qual é a fonte dos dados técnicos necessários à execução das demais fases do processo.

8.3 ANÁLISE QUALITATIVA

Excluído: ¶
¶

Formatados: Marcadores e
numeração

8.3.1 ESTABELECIMENTO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

O programa de manutenção resultante da aplicação da MCC é obtido com base no alinhamento das informações registradas na planilha de decisão.

A seleção e o agrupamento das atividades de manutenção podem ser realizados sob diversos aspectos, dentre os quais os mais indicados para o estabelecimento do programa de manutenção planejada com base na aplicação da MCC são: o executor da tarefa (operador, manutenção, engenharia clínica, empresa representante/terceirizada, limpeza) e periodicidade de execução, que pode ser dividida em dois grupos, procedimentos de manutenção planejada de alta periodicidade (diária, semanal, quinzenal) e de baixa periodicidade (mensal, semestral, anual).

8.3.2 DEFINIÇÃO DAS TAREFAS DE REPROJETO

Ao longo da condução dos trabalhos de aplicação da MCC, são apontados modos de falha, cujas possíveis conseqüências não são controladas por meio da aplicação de qualquer política de manutenção proposta pela metodologia ou da combinação delas. Nesses casos, os preceitos da MCC obrigam que sejam feitas modificações de projeto. Tais alterações são atividades pontuais que visam eliminar características indesejadas do projeto atual que afetam o desempenho do sistema. As alterações de projeto devem ser preponderantemente embasadas em critérios técnicos consistentes, a fim de que se evitem erros de avaliação e o dispêndio de recursos. Dessa forma, com base nos resultados obtidos com a aplicação da FMEA e nos registros da

planilha de decisão, realizam-se o levantamento e a listagem dos itens que devem ser introduzidos no projeto atual, visando, assim, à eliminação das conseqüências ou à sua mitigação a níveis aceitáveis.

Segundo Moubray (2000), não é rara a constatação de que, ao final da aplicação da MCC, entre 2% e 10% dos modos de falha redundam em reprojeto. O autor acrescenta que as mudanças podem ocorrer em três áreas distintas: mudanças quanto à configuração física de um ativo ou sistema, mudanças quanto ao processo ou procedimento operacional e mudança quanto à capacidade de uma pessoa, geralmente por meio de treinamento.

As necessidades de reprojeto de um item, podem denotar um enfoque distinto, resultando na realimentação de possíveis não-conformidades, deficiências ou restrições de projeto de uma determinada tecnologia, as quais podem levar a conseqüências de falha graves. Tais não-conformidades, devidamente confirmadas e embasadas tecnicamente, podem ser compiladas e anexadas a um sistema de informação na forma de alertas em dois níveis principais, de acordo com a sua pertinência:

Local – as não-conformidades de projeto são levadas ao operador esclarecendo-o sobre as restrições e os riscos envolvidos; como também à direção, justificando os investimentos de qualquer ordem (equipamentos, infraestrutura ou treinamento) para a realização das tarefas de reprojeto necessárias a sua correção.

Macro – envolvem a participação de fabricantes de EMH, aos quais as não conformidades e as suas respectivas tarefas de reprojeto são apresentadas visando ao melhoramento do projeto original do equipamento.

8.3.3 DETERMINAÇÃO DAS PEÇAS SOBRESSALENTES

É possível usar o processo da MCC para otimizar o estoque de peças sobressalentes, associando-o às políticas de gerenciamento de falha. Isso se baseia no fato de que a única razão para se manter um estoque de peças é evitar ou reduzir as conseqüências de falha (MOUBRAY, 2000). A relação entre conseqüências de falha e peças sobressalentes é proporcional ao tempo necessário para a obtenção dessa peça, ou seja, o tempo para a aquisição de uma peça que não está em estoque determina o tempo necessário para o conserto da falha e, portanto, a gravidade das conseqüências.

Por outro lado, grandes estoques de peças representam altos custos de armazenagem e capital imobilizado; por isso, necessita-se determinar um ponto intermediário em relação às peças mantidas em estoque e a sua quantidade.

O estabelecimento das fases anteriores do processo da MCC, as quais contemplam a determinação das funções do sistema, suas falhas funcionais e seus modos de falha, assim como as políticas de manutenção, possibilitam a identificação das peças sobressalentes e estimativa da sua quantidade, necessárias à continuidade operacional do sistema, por meio da execução das atividades de manutenção, seja corretiva, seja preventiva, preditiva ou detectiva.

8.4 AVALIAÇÃO

8.4.1 COMPARAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

A avaliação geral dos resultados da aplicação do processo da MCC deve ser realizada com o intuito de que sejam evitadas possíveis descon siderações ou erros dos processos. Nesse sentido, mediante o estabelecimento dos

procedimentos de manutenção para o item analisado com base na aplicação da MCC, deve-se realizar a comparação das tarefas especificadas pela MCC com os procedimentos em vigor, caso existirem.

O resultado dessa comparação divide-se em quatro categorias:

- ✓ Coincidência de tarefas dos procedimentos;
- ✓ Alterações às tarefas levantadas pela MCC;
- ✓ Implantação de tarefas pela MCC;
- ✓ Descaracterização de tarefas existentes pela aplicação da MCC.

Moubray (2000) ressalta a importância da comparação especialmente nos casos em que a aplicação da MCC caracterizou tarefas de Manutenção Corretiva, pois, segundo ele, “há a possibilidade de que haja razões válidas para fazer uma tarefa preventiva, mesmo que o modo de falha não esteja direta ou unicamente relacionado com uma função de alta prioridade”.

As seguintes razões devem ser observadas: conflitos com dados dos fabricantes, que podem implicar questões relativas à garantia do EMH; conflitos com a cultura de manutenção existente; conflitos com regulamentos, visto que se devem manter as atividades exigidas por entidades reguladoras; e conflitos com seguradoras, em razão de atividades estabelecidas por cláusulas contratuais, as quais devem ser mantidas e revistas posteriormente.

A decisão final sobre a implementação das tarefas de manutenção oriundas da aplicação da MCC cabe à gerência, a qual é suportada por uma farta documentação sobre cada etapa de aplicação, facilitando a sua tomada de decisão em relação aos ajustes necessários à implementação do programa de manutenção.

8.4.2 ESTABELECIMENTO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

Finalmente, o programa de manutenção global é estabelecido mediante a aplicação da sistemática da MCC, discutida neste capítulo (caracterizada pelas suas diversas fases e etapas), aos demais equipamentos.

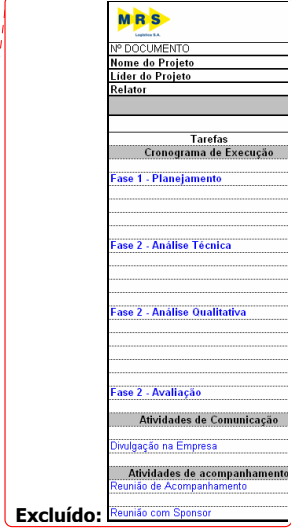
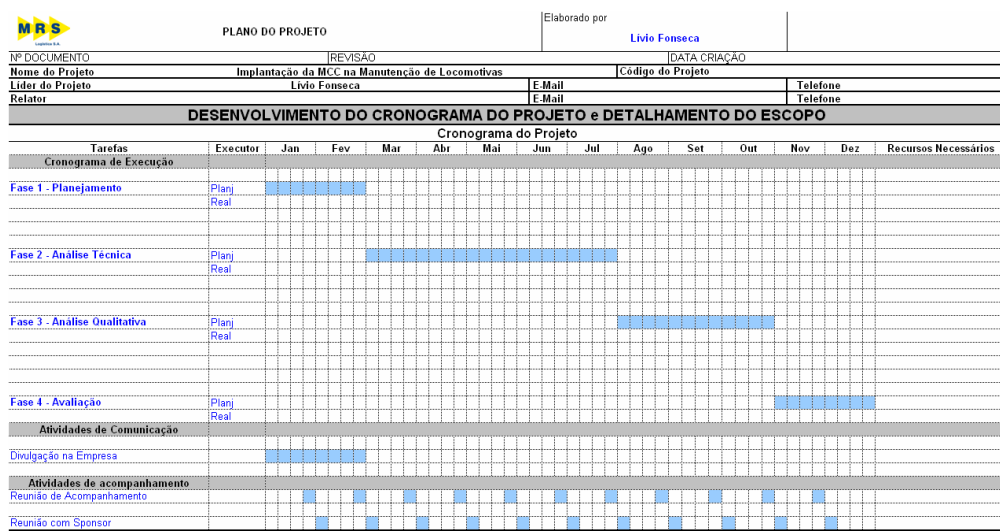
Ressalta-se, entretanto, que os procedimentos de manutenção estabelecidos pela aplicação da MCC para um determinado item somente poderão ser estendidos, na íntegra, a outro equipamento caso ambos sejam idênticos (mesma marca e modelo) e estejam submetidos ao mesmo contexto operacional.

A generalização de procedimentos de manutenção para uma mesma linha de equipamentos, que caracteriza um aspecto inovador na aplicação da MCC, exige, além da coincidência de funções e de contexto operacional, a correspondência e caracterização tecnológicas.

8.5 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

Formatado: Normal

A figura a seguir mostra o cronograma proposto para a implantação da MCC na MRS Logística SA. Tem-se o objetivo de fazer a implantação da MCC em um ano e após este período inicia-se um ciclo de melhoria contínua variando de acordo com as novas tecnologias e peculiaridades da operação.



Excluído:

Excluído: 2

Figura 8-3 – Cronograma de Implantação da MCC

9 CONCLUSÕES

A MCC, criada para a indústria aeronáutica, tem se demonstrado com uma prática aplicável a diversos seguimentos industriais. Existem atualmente várias aplicações bem sucedidas da MCC no processo de manutenção do setor industrial, como também do setor de geração de energia, seja de origem térmica, nuclear ou hidráulica, e de outras indústrias de transformação. No meio ferroviário nacional, o metrô de São Paulo vem obtendo resultados expressivos, obtendo níveis de até 50% de redução na quantidade de intervenções de manutenções preventivas, quebra de paradigmas; reconhecimento das reais necessidades da Operação; melhor integração entre as diversas áreas envolvidas com os equipamentos e sistemas; mudança de conceito: de individual (equipamentos), para sistêmica (funções) e racionalização na aplicação de recursos.

A MCC pode ser adotada em um equipamentos ou grupo deles, sem que necessariamente seja adotada em toda a instalação, utilizando, critérios como, criticidade operativa, número de falhas apresentado, custos elevados de manutenção, bem como para o desenvolvimento do plano de manutenção de novos equipamentos ou sistemas a serem instalados.

Dos resultados de uma análise de MCC pode-se destacar:

1. Conhecimento muito aprimorado de como o item funciona, juntamente com um claro entendimento do nível que ele pode e não pode alcançar.

2. Melhor compreensão de como o item pode falhar, juntamente com as causas básicas de cada falha. Isso significa que a energia destinada à manutenção é corretamente canalizada para a tentativa de solução dos problemas corretos.

3. Aprimoramento do trabalho em grupo.

Modificando-se a forma de gerenciamento da manutenção da MRS, pode-se obter, além dos resultados propostos pela própria MCC, o aumento sensível na confiabilidade dos ativos, o que impactará no incremento da disponibilidade desses para a produção do transporte, redundando em aumento de produção, redução dos impactos ambientais e minimização dos custos de manutenção.

Outros ganhos indiretos com implementação da MCC na MRS podem ser destacados:

- possibilidade de captar-se o conhecimento detido na organização, geralmente restrito aos empregados;
- modificação da cultura organizacional, devido a implementação de técnicas que proporcionem o estudo das falhas em detrimento de somente atuar quando elas acontecem;
- melhoramento dos processos de negócio, internos e externos, relacionados com a manutenção, que impactam na operação da companhia;
- redução dos custos para mitigação de impactos ambientais.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FLEMING, P. V.; OLIVEIRA, L. F. S. de; FRANÇA, S. R. Aplicações de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em instalações da Petrobrás. In: V Encontro Técnico sobre Engenharia de Confiabilidade e Análise de Risco.1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Petrobrás, 1997.

LUCATELLI, M. V. Estudo de Procedimentos de Manutenção Preventiva de Equipamentos Eletromédicos. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MOUBRAY, J. Reliability-Centered Maintenance. 2nd ed - Woodbine, NJ Industrial Press Inc., 1997

MOUBRAY, J.; 1998a. Maintenance Management – A New Paradigm. <http://www.maintenanceresource.com/ReferencesLibrary/RCM/MaintParadigm.htm>

MOUBRAY, J. RCM II: manutenção centrada em confiabilidade. Grã Bretanha: Biddles Ltd., Guilford and King's Lynn, 2000. Edição Brasileira.

NUNES, E. Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC):Análise Da Implantação em uma Sistemática de Manutenção Preventiva Consolidada, Florianópolis 2001. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SMITH, Anthony M. Reliability-Centered Maintenance. USA: McGraw-Hill, Inc. ,1993.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, INC.(SAE). JA1011:
evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes.
USA: SAE,1999.
PINTO, L. Tópicos de Engenharia de Confiabilidade, Novembro 2004.

<u>INDICE DE FIGURAS</u>	<u>7</u>
<u>INDICE DE TABELAS</u>	<u>8</u>
<u>1 INTRODUÇÃO</u>	<u>9</u>
<u>1.1 A PRIMEIRA GERAÇÃO</u>	<u>10</u>
<u>1.2 A SEGUNDA GERAÇÃO</u>	<u>10</u>
<u>1.3 A TERCEIRA GERAÇÃO</u>	<u>11</u>
<u>2 OBJETIVO</u>	<u>15</u>
<u>3 JUSTIFICATIVA</u>	<u>16</u>
<u>4 ESTRUTURA DO TRABALHO</u>	<u>17</u>
<u>5 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC</u>	<u>18</u>
<u>5.1 ORIGEM E CONCEITOS BÁSICOS</u>	<u>18</u>
<u>5.2 OS PRINCÍPIOS DA MCC</u>	<u>22</u>
<u>5.2.1 SEQÜENCIA DE IMPLEMENTAÇÃO DA MCC</u>	<u>25</u>
<u>5.2.2 DELIMITAÇÃO E DEFINIÇÃO DE FRONTEIRAS</u>	<u>26</u>
<u>5.2.3 FUNÇÕES E ANÁLISE DAS FALHAS FUNCIONAIS</u>	<u>26</u>
<u>5.2.4 ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DA FALHA</u>	<u>28</u>
<u>5.2.5 DIAGRAMAS DE DECISÃO E SELEÇÃO DE TAREFAS</u>	<u>33</u>
<u>5.2.6 PLANO DE MANUTENÇÃO</u>	<u>37</u>
<u>6 A MANUTENÇÃO PREVENTIVA NAS LOCOMOTIVAS DA MRS LOGÍSTICA SA</u>	<u>39</u>
<u>6.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA</u>	<u>42</u>
<u>6.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA</u>	<u>45</u>

<u>7</u>	<u>COMPARAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS NA MRS LOGÍSTICA E A MCC</u>	47
<u>8</u>	<u>PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA MCC NA MRS LOGÍSTICA</u>	48
<u>8.1</u>	<u>PLANEJAMENTO</u>	49
<u>8.1.1</u>	<u>FORMAÇÃO DO FACILITADOR</u>	49
<u>8.1.2</u>	<u>ESTRUTURAÇÃO DAS REUNIÕES</u>	50
<u>8.1.3</u>	<u>DEFINIÇÃO DA EQUIPE</u>	50
<u>8.1.4</u>	<u>NIVELAMENTO DA EQUIPE</u>	52
<u>8.2</u>	<u>ANÁLISE TÉCNICA</u>	52
<u>8.2.1</u>	<u>CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO OPERACIONAL</u>	53
<u>8.2.2</u>	<u>APLICAÇÃO DA FMEA</u>	54
<u>8.2.3</u>	<u>APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE DECISÃO</u>	55
<u>8.3</u>	<u>ANÁLISE QUALITATIVA</u>	56
<u>8.3.1</u>	<u>ESTABELECIMENTO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO</u>	56
<u>8.3.2</u>	<u>DEFINIÇÃO DAS TAREFAS DE REPROJETO</u>	56
<u>8.3.3</u>	<u>DETERMINAÇÃO DAS PEÇAS SOBRESSALENTES</u>	58
<u>8.4</u>	<u>AVALIAÇÃO</u>	59
<u>8.4.1</u>	<u>COMPARAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO</u>	59
<u>8.4.2</u>	<u>ESTABELECIMENTO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO</u>	60
<u>8.5</u>	<u>CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO</u>	61
<u>9</u>	<u>CONCLUSÕES</u>	62
<u>10</u>	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	64