

ROBISON OHTA

**GESTÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM PONTES
ROLANTES**

Guaratinguetá

2013

ROBISON OHTA

**GESTÃO DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM PONTES
ROLANTES**

Trabalho de Graduação para apresentar ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr Messias Borges Silva

Guaratinguetá

2013

O38g	Ohta, Robison Gestão da Manutenção Centrada na Confiabilidade em Pontes Rolantes/ Robison Ohta – Guaratinguetá, 2014. 66 f : il. Bibliografia: f. 62-63
	Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva
	1. Confiabilidade (Engenharia) 2. Pontes rolantes I. Título CDU 658.56

**GESTÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM PONTES
ROLANTES**

ROBISON OHTA

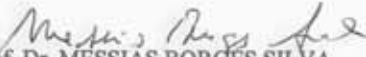
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. Antônio Wagner Forti

Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MESSIAS BORGES SILVA

Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. WALDIR ALVES GUIMARÃES

UNESP-FEG


Eng. RENATO ARAÚJO BARROS

Aluno de Doutorado / UNESP-FEG

Dezembro de 2013

A minha família e a todos os meus amigos, que ao longo desses anos, ajudaram de alguma forma no meu crescimento pessoal e profissional, dedico essa especial homenagem.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Takechi e Carmem e ao meu irmão Anderson, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre me apoiaram e deram suporte aos meus estudos.

A minha namorada Louise que sempre me incentivou e me ajudou a enfrentar as inúmeras dificuldades para que este trabalho fosse realizado.

Ao professor Dr. Messias Borges Silva pela oportunidade de desenvolver o tema proposto neste trabalho e por toda assessoria oferecida ao longo do desenvolvimento do projeto.

A toda equipe de manutenção da Amsted-Maxion pelo auxílio durante a execução desse trabalho, na orientação e disponibilizando dados de manutenção para que este estudo fosse possível.

A empresa Intervet Schering Plough Animal Health pela primeira oportunidade de desenvolvimento profissional na função de estagiário na área da Engenharia de Manutenção e todo o suporte oferecido para o começo do aprendizado no mercado de trabalho.

Aos funcionários da biblioteca que sempre estavam dispostos a ajudar durante o período da faculdade.

E principalmente a Deus, por me ter dado a oportunidade de realizar mais um sonho em minha vida.

*“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”*

Albert Einstein

OHTA, R. **Gestão da Manutenção Centrada na Confiabilidade em Pontes Rolantes**. 2013. 66 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é executar um estudo aplicando a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC a um grupo de pontes rolantes pertencentes a Amsted-Maxion de Cruzeiro, SP. O trabalho consiste em uma apresentação da manutenção, os motivos pelos quais cada vez mais pessoas se preocupam com manutenção, fazendo uma apresentação dos tipos de manutenção, suas características peculiares e em seguida fazer um estudo onde é identificada a funcionalidade requerida pelo equipamento em estudo, identificado os modos de falha e suas causas prováveis e então detalhar os efeitos e conseqüências destas falhas. Com isso avaliaremos a criticidade destas falhas e identificaremos as conseqüências mais significantes que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo de operação do equipamento e permitir uma seleção das tarefas mais adequadas para os modos de falhas identificados. Também poderemos apresentar melhor o equipamento ponte rolante, seus principais componentes, verificar se houve ou não melhorias no equipamento depois da aplicação da MCC e fazer uma análise atual da manutenção na Amsted-Maxion.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção, Confiabilidade, Disponibilidade, Ativos, Falhas.

OHTA, R. **Gestão da Manutenção Centrada na Confiabilidade em Pontes Rolantes**. 2013. 66 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

The objective of this work is to perform a study applying the methodology of Reliability Centered Maintenance - MCC to a group of cranes belonging to Amsted -Maxion in Cruzeiro – SP. The work consists of a presentation of maintenance, the reasons why more and more people worry about maintenance, making a presentation on the types of maintenance, its peculiar characteristics and then do a study where you identified the functionality required by the equipment under study, identified failure modes and their probable causes, and then detail the effects and consequences of these failures. With that evaluate the criticality of these failures and identify the most significant consequences that affect safety, availability or cost of equipment operation and allow a selection of the most appropriate tasks for the identified failure modes. We will also present best crane equipment, its main components, verify that there was or not improvement in the machine after the application of MCC and make a current analysis of maintenance in Amsted –Maxion.

KEYWORDS: Maintenance, Reliability, Availability, Activities, Failures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crescimento das expectativas de manutenção.....	17
Figura 2: Mudança de visão da falha dos equipamentos.....	19
Figura 3: Técnicas de manutenção em processos de modificação.....	19
Figura 4: Manutenção Corretiva.....	22
Figura 5: Manutenção Preventiva.....	24
Figura 6: Manutenção Preditiva.....	25
Figura 7: Os oito pilares de sustentação da Manutenção Produtiva Total.....	27
Figura 8: Estrutura de classificação das falhas.....	30
Figura 9: Exemplo de ponte rolante acionada por botoeira.....	41
Figura 10: Partes que compõem uma ponte rolante.....	42
Figura 11: Abrangência da Engenharia de Manutenção na Amsted-Maxion.....	45
Figura 12: Produção anual brasileira de fundidos (até 2009).....	46
Figura 13: Fluxo de planejamento de Manutenção.....	48
Figura 14: Estágios de excelência em manutenção da Amsted-Maxion.....	52
Figura 15: Frente do relatório para estudo de 8D.....	55
Figura 16: Verso do relatório do estudo de 8D.....	56
Figura 17: Pareto de falhas da ponte rolante F6723.....	56
Figura 18: Downtime gerado para a ponte rolante F6723.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Divisão dos sistemas de uma ponte rolante.....	53
Tabela 2: Trecho do FMEA para pontes rolantes, contemplando o caminho de rolamento.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Formulário FMEA sugerido pela norma ISO 9004.....	33
Quadro 2: Pontes rolantes da Amsted-Maxion de Cruzeiro.....	47
Quadro 3: Fluxo de planejamento de manutenção.....	48
Quadro 4: Estágios de excelência em manutenção da Amsted-Maxion.....	52
Quadro 5: Comparação entre a sistemática atual de manutenção da empresa e a MCC.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade
RCM – Reliability Centered Maintenance
MC – Manutenção Corretiva
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
MP – Manutenção Preventiva
MTBF – Mean Time Between Failure
MTTR – Mean Time to Repair
MPd – Manutenção Preditiva
NRB – Norma Regulamentadora Brasileira
TPM – Total Productive Maintenance
MPt – Manutenção Produtiva Total
JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance
FMEA – Failure Mode and Effects Analysis
NPR – Número de Prioridade de Risco
IQA – Instituto de Qualidade Automobilística
ISO – International Organization for Standardization
NASA – National Aeronautics and Space Administration.
TMEF – Tempo Médio entre Falhas
TMPR – Tempo Médio para Reparo
TMEM – Tempo Médio entre Manutenção
TMP – Tempo Médio de Paralisação
TMPM – Tempo Médio para Manutenção
MFOT – Mean Forced Outage Time
ABIFA – Associação Brasileira de Fundição
ICP – Índice de Cumprimento do Plano
LPU – Lição de Ponto Único
LPP – Lição de Ponto a Ponto
OS – Ordem de Serviço
MPT – Manutenção Preventiva Baseada no Tempo
MPC – Manutenção Preventiva Baseada na Condição
MM – Manutenção de Melhoria

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	APRESENTAÇÃO.....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1	DEFINIÇÃO HISTÓRICA DA MANUTENÇÃO.....	16
2.1.1	Primeira Geração.....	17
2.1.2	Segunda Geração.....	17
2.1.3	Terceira Geração.....	18
2.2	TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	20
2.2.1	Manutenção Corretiva.....	21
2.2.2	Manutenção Preventiva.....	22
2.2.3	Manutenção Preditiva.....	24
2.3	TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) – MPT (MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL).....	26
2.4	RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) – MCC (MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE).....	27
2.4.1	Seqüência de implementação.....	28
2.4.2	Falhas.....	29
2.4.3	FMEA (Failure Mode and Effects Analysis).....	31
2.4.4	Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenabilidade.....	34
2.5	GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	37
2.5.1	Plano de manutenção.....	38
2.5.2	Cadastro e codificação dos equipamentos.....	39
2.5.3	Manutenção por oportunidade.....	40
2.6	OS COMPONENTES DE UMA PONTE ROLANTE E SUAS FUNÇÕES.....	41
3	A GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA AMSTED-MAXION.....	45
3.1	A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO E A AMSTED-MAXION.....	45
3.2	A NECESSIDADE DE OTIMIZAR A DISPONIBILIDADE E A CONFIABILIDADE.....	45
3.3	A MANUTENÇÃO NA AMSTED-MAXION.....	46
3.4	CRITÉRIOS PARA APLICAÇÃO DO CICLO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	47

3.5	ESCOPO DAS REVISÕES.....	48
4	ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS.....	49
4.1	A MANUTENÇÃO PREVENTIVA CÍCLICA E SUAS DEFICIÊNCIAS.....	49
4.2	OS COMPONENTES DE UMA PONTE ROLANTE E SUAS FUNÇÕES.....	50
5	IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE.....	52
5.1	PREPARAÇÃO DO ESTUDO.....	52
5.2	SELEÇÃO DO SISTEMA DO OBJETO DE ESTUDO.....	53
5.3	ANÁLISE DAS FUNÇÕES E SUAS FALHAS FUNCIONAIS.....	53
5.4	SELEÇÃO DOS ITENS FÍSICOS CRÍTICOS DO SUBSISTEMA.....	54
5.5	ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS.....	54
5.6	SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	55
5.7	PLANO DE MANUTENÇÃO MCC.....	57
5.8	COMPARAÇÃO ENTRE OS PLANOS DE MANUTENÇÃO ATUAL E O PROPOSTO PELA MCC.....	57
6	CONCLUSÕES.....	60
	REFERÊNCIAS.....	62
ANEXO A	Check-list do sistema mecânico das pontes rolantes.....	64
ANEXO B	Check-list do sistema elétrico das pontes rolantes.....	65
ANEXO C	Cronograma das pontes rolantes para o mês de Novembro-13.....	66

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A manutenção vem ganhando muita importância nos últimos anos, principalmente pelo maior fluxo de informações, onde existe uma constante modificação nos cenários produtivos mundiais, fazendo com que os ganhos com a produtividade, por menores que sejam, são obrigatórios para sua sobrevivência. A maior competição entre as empresas fazem com que seja preciso produzir com mais qualidade sem aumentar os custos.

Através da maior produtividade e competitividade dos produtos, a produção mecanizada e automatizada vem garantindo à linha de produção um melhor produto, em grandes volumes a um custo cada vez mais reduzido. Esta mudança deve-se a máquinas mais potentes, mais velocidades e com custos maiores, onde só será possível este equipamento desempenharem seu papel quando tiverem o rendimento de suas funções básicas constantes sem afetar a segurança e o meio ambiente. Assim a qualidade de uma produção depende cada vez mais de um bom funcionamento dos equipamentos e de todas as instalações da produção, gerando um aumento significativo na tarefa da gestão industrial, resultando em uma busca intermitente na aplicação de novas tecnologias, metodologias e filosofias.

Segundo Moubray (2000), o objetivo da manutenção é assegurar que os itens físicos continuem a fazer o que seus usuários desejam que eles façam, ou seja, que mantenham sua capacidade funcional de operação. Ainda segundo Moubray, o velho paradigma da manutenção é otimizar a disponibilidade da planta a um mínimo custo e o novo paradigma da manutenção afeta todos os aspectos do negócio, como segurança, integridade ambiental, eficiência energética, qualidade do produto que são fatores que influenciam na disponibilidade da planta e em seus custos.

A Amsted-Maxion é a empresa na qual este trabalho foi desenvolvido, o equipamento em foco é pontes rolantes pelo fato de que as informações sobre todos os aspectos da Manutenção para estes equipamentos ocorrem de maneira mais fácil, pois o contato direto com este ambiente produz resultados mais precisos. Somando-se a isso, a empresa também está passando por uma mudança na cultura da gestão da manutenção, com a utilização de diversas ferramentas para o estudo básico para os primeiros passos da Manutenção Centrada na Confiabilidade.

Para alcançar o crescimento de seu negócio, a empresa deve manter a condição de seus ativos em um nível básico para a produção, visando minimizar custos e maximizar lucros. E é

nesta visão que uma manutenção coerente e eficaz trabalha para manter os equipamentos disponíveis e atender a demanda é o foco.

O objetivo principal deste trabalho é diagnosticar o atual modelo de gestão da manutenção na Amsted-Maxion, analisar as necessidades de implementação da manutenção centrada na confiabilidade e demonstrar a proposta de um novo modelo de gestão da manutenção para a empresa. Como o planejamento da manutenção é algo complexo devido a restrições que sobrepõem ao processo de manutenção, as empresas, como a Amsted-Maxion, devem manter sua finalidade de produzir bens e para que se coloque um equipamento a disposição da manutenção, é preciso analisar se há recursos suficientes para atender toda a produção, se há mão de obra disponível, peças e material necessário.

Outro fator importante são os custos envolvidos. Quando o número de quebras numa empresa é alto, os custos com ações corretivas são diretamente proporcionais. Mas se o planejamento de manutenção for realizada de forma equivocada, poderá acarretar despesas desnecessárias com troca de peças indevida ou utilização inadequada da mão de obra disponível, fazendo com que o estudo da gestão da manutenção seja de grande importância na busca de otimização e melhoria nos processos por profissionais da engenharia. E como na Amsted-Maxion a disponibilidade dos ativos possui uma grande importância, a responsabilidade do setor de manutenção tem uma magnitude substancial, onde seu desempenho tem relação direta com as metas e objetivos de produtividade da empresa.

Assim, a metodologia para a realização deste trabalho consistiu nas seguintes etapas: Primeira, uma grande pesquisa nos documentos e procedimentos que definem o atual modelo de gestão da manutenção da empresa. Segunda, uma coleta nos bancos de dados da Amsted-Maxion que registram as ocorrências de falhas dos ativos e as ordens de serviço emitidas para o ativo (ponte rolante). Terceira, uma análise dos dados e a geração de resultados através de planilhas eletrônicas para melhor visualização da situação e por fim, uma procura por informações para dar embasamento na demonstração proposta de modelo para gestão da manutenção.

Para isso, o foco está no estudo nas pontes rolantes pertencentes a fábrica da Amsted-Maxion de Cruzeiro – SP, pois devido a maior quantidade deste tipo de equipamento na planta, existe uma facilidade em obter informações relacionadas a todos os tipos de manutenção, ajudará a manter o foco na análise dos resultados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será apresentado os fundamentos teóricos sobre a qual será desenvolvida a implementação da manutenção centrada na confiabilidade, integrada ao modelo de gestão de manutenção para aplicação em pontes rolantes.

2.1 Definição histórica da Manutenção

Durante as últimas décadas, o gerenciamento da manutenção teve um grande crescimento e esta alteração no enfoque pode ser atribuída a vários fatores: ao aumento na diversidade e na quantidade de itens físicos que necessitam serem mantidos em todo o mundo, a projetos cada vez mais complexos, a novas técnicas de manutenção, novos enfoques, novas responsabilidades e diferentes organizações. A crescente conscientização do quanto uma falha no equipamento pode afetar a segurança e o meio ambiente, a relação entre manutenção e a qualidade do produto e a pressão em garantir a alta disponibilidade dos ativos fixos e conter os custos também contribuíram para esta modificação.

Estas alterações colocam em prova as atitudes e habilidades de todas as pessoas ligadas aos segmentos da indústria. O pessoal de manutenção passaram elaborar formas totalmente novas de pensar e agir, ao mesmo tempo em que tornaram mais evidentes as limitações dos sistemas de manutenção, mesmo eles sendo cada vez mais computadorizados, fazendo com que gerentes de todas as partes busquem novas abordagens para a manutenção para evitar equívocos de prazos de início e fim que sempre acompanham grandes modificações e encontrar um esquema que sintetize os novos avanços em um modelo em que se possa avaliá-los para aplicar aqueles com maior probabilidade de ser de grande valor para eles e suas empresas.

Assim, a antiga associação do termo manutenção apenas para a conservação de instrumentos e ferramentas, prática observada historicamente desde os primórdios da civilização, passando pela época das primeiras máquinas têxteis a vapor do começo do século XVI, em que aquele que projetava as máquinas treinava as pessoas para operarem e consertarem, intervindo apenas em casos extremos, fazendo do operador o mantenedor do equipamento, passa a ter um novo significado e com uma maior abrangência, fato este que fez John Moubray (2000) descrever estas mudanças em três principais gerações delineadas conforme Figura 1.



Figura 1: Crescimento das expectativas de manutenção

Fonte: MOUBRAY (2000)

2.1.1 A Primeira geração:

Abrange até a II Guerra Mundial, período em que a indústria não era altamente mecanizada, fazendo com que a paralisação à espera de recuperação de falhas não tenha muita importância. Isso significa que a prevenção contra falhas não era uma prioridade nesta época, somado ao fato de que os equipamentos eram de funcionamento simples e, em grande parte deles, superdimensionados, tornando-os fáceis de consertar e de simples manutenibilidade, bastando apenas uma simples limpeza, assistência e lubrificação sem necessidades de grandes habilidades.

2.1.2 A Segunda geração:

Durante a II Guerra Mundial, as coisas mudaram drasticamente. Neste período, a demanda por bens de todos os tipos aumenta, enquanto que o suprimento de mão de obra industrial diminui expressivamente. Este fato levou ao aumento da mecanização, sendo que por volta da década de 50, as máquinas já se tornavam mais numerosas e complexas, criando uma dependência delas pela indústria. E devido a esta dependência, o tempo de paralisação passou a ser importante no sentido de evitá-las, fato este que resultou no conceito de manutenção preventiva. Durante os anos 60, este conceito consistia em basicamente efetuar revisões gerais no equipamento em períodos fixos.

Os custos da manutenção também aumentaram de forma maior do que outros custos operacionais, contribuindo para o crescimento dos sistemas de planejamento e controle da manutenção. Isto colaborou para manter a manutenção controlada e fazer com que os

montantes do capital investido em ativos, junto com o custo com o capital a levar as pessoas buscarem novos meios para aumentar a vida útil dos ativos.

2.1.3 A Terceira geração:

A partir dos anos 70, os processos de mudanças nas indústrias começam a crescer exponencialmente. A paralisação da produção, algo que sempre diminuiu a capacidade de produção, tornou os custos mais altos e afetou a qualidade dos produtos era uma preocupação generalizada. Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação foram cada vez mais agravados pela tendência mundial de utilizar sistema de produção *Just In Time*, onde estoques reduzidos para uma produção em andamento significavam pequenas pausas na produção, algo que conseqüentemente atrasaria a entrega do produto poderiam paralisar a fábrica.

O crescimento da automação e da mecanização passou a indicar que a confiabilidade e disponibilidade tornaram-se pontos importantes em todos os setores da indústria. A maior automação nos mostra que as falhas, cada vez mais freqüentes, afetam nossa capacidade em manter padrões de qualidade estabelecidos, seja ele de serviço ou de qualidade do produto. A terceira geração reforçou-se o conceito de manutenção preditiva, com a iteração entre as fases de implantação de um sistema, a disponibilidade e a confiabilidade mais evidentes.

Observando a Figura 2, percebemos como a concepção primordial da falha era simplesmente de que quando as coisas estavam envelhecendo, elas estavam mais próximas de falhar. A crescente conscientização de “mortalidade infantil” levou à crença generalizada da Segunda Guerra na curva “da banheira”. Entretanto, a pesquisa da Terceira Geração mostrou que não um ou dois, mas seis tipos de falha ocorrem efetivamente na prática. Hoje em dia a indústria em geral tem dado uma demasiada atenção para que o trabalho de manutenção seja feito corretamente (fazer certo o trabalho), mas é necessário que seja feito muito mais para assegurar que as ações que estão sendo planejadas sejam aquelas que realmente devam ser planejadas.

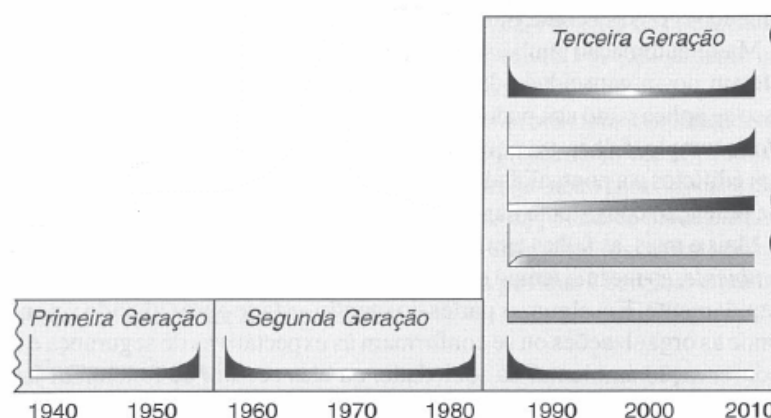


Figura 2: Mudança de visão da falha dos equipamentos.

Fonte: MOUBRAY (2000)

O crescimento explosivo de novos conceitos e técnicas de manutenção fizeram modificar a clássica ênfase em revisões gerais e os sistemas administrativos cresceram para incluir muitos novos desenvolvimentos em um número de campos diferentes, conforme visto na Figura 3, como a implementação de novas ferramentas de suporte a decisões, novas técnicas de manutenção, projetos de equipamentos e mudança no pensamento empresarial.

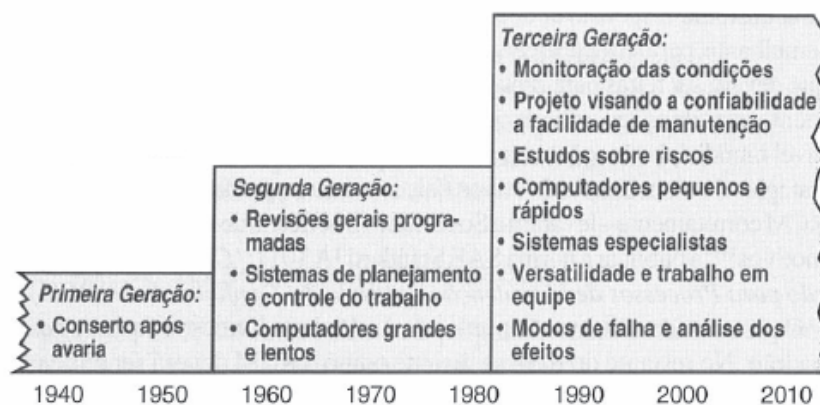


Figura 3: Técnicas de manutenção em processos de modificação.

Fonte: MOUBRAY (2000)

Hoje o principal desafio da manutenção é, além de aprender quais são as técnicas de manutenção, saber quais são úteis ou não para a sua própria organização. Se fizermos escolhas certas, é possível melhorar o desempenho dos itens e até conter ou reduzir os custos de manutenção. Se as escolhas forem erradas, corre-se o risco de criar novos problemas enquanto os que já existem ficam piores. Este esforço para que os mantenedores estejam

além de fazer certo, também fazer corretamente o trabalho de manutenção, levou a um processo de tomada de decisão dentro da indústria aeronáutica conhecido como MSG3 e fora dela como Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) ou em inglês, Reliability Centered Maintenance (RCM).

O reconhecimento crescente a nível mundial das funções chaves exercidas pelo MCC na elaboração de técnicas para a manutenção de ativos físicos – e de se aplicar o MCC corretamente – levaram a Associação Americana de Engenheiros Automotivos a publicar a norma SAE Standard J1011: Critérios de avaliação para processo de manutenção centrada na confiabilidade. (MOUBRAY, 2000).

2.2 Tipos de Manutenção.

Os tipos de manutenção, segundo Siqueira (2005), também são classificados conforme a atitude do usuário diante as falhas. Com isso, são seis categorias normalmente identificadas, sob este aspecto:

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

A Manutenção Corretiva destina-se a corrigir falhas que já tenham ocorrido. A Manutenção Preventiva tem como principal propósito, prevenir e evitar a consequência destas falhas. A Manutenção Preditiva busca a previsão ou antecipação destas falhas através de medições onde é possível analisar a evolução de uma falha a tempo de ser corrigida. Semelhantemente, a manutenção detectiva procura detectar as falhas que já tenham ocorrido, mas que não são percebidas. A Manutenção Produtiva tem como objetivo garantir a melhor utilização e a maior produtividade do equipamento e por fim, a Manutenção Proativa, onde a experiência é utilizada para otimizar o processo e o projeto de novos equipamentos, em uma atitude proativa de melhoria contínua (SIQUEIRA, 2005).

2.2.1 Manutenção Corretiva (MC).

Dentre as políticas tradicionais, a Manutenção Corretiva (MC) é a mais antiga e a mais usada, sendo usada em qualquer empresa que possua itens físicos, seja qual for o nível de planejamento da manutenção. É caracterizada por reações para a correção da falha ou desempenho menor do que o esperado.

A MC teve início na década de 1910, devido a Primeira Guerra Mundial e a Revolução Industrial implementada por Henry Ford em 1913 (TAVARES, 1999). Na época, apresentou-se como a melhor solução para a maioria dos problemas existentes, já que as máquinas eram robustas e simples, eficientes para atender a baixa exigência na demanda da produção. Contudo, com as mudanças de necessidades impostas pelo mercado demandaram o aprimoramento desta política em meados de 1950 como uma prática diretamente ligada à conservação de itens.

Segundo Moubray (2000), a MC é qualquer atividade de manutenção que exija a correção de uma falha ocorrida ou que esteja em processo de ocorrência. Esta atividade pode consistir em reparo, restauração ou substituição de um componente. Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – 1994) – MC é a “manutenção efetuada à ocorrência de uma pane, destinada a recolocar o item em condições de executar uma função requerida”. Como podemos observar na Figura 4, a manutenção corretiva não planejada de um determinado equipamento ou sistema, onde o tempo de falha é aleatório e t_0-t_1 é diferente de t_2-t_3 . Esta figura representa equipamentos que apresentam uma queda de rendimento com o tempo onde o aspecto das curvas é apenas didático, não devendo ser considerado que o equipamento apresenta uma queda de rendimento logo após entrar em operação. O patamar da estabilidade pode ser bastante grande seguido de uma queda gradual e abrupta no rendimento. É importante observar que tem equipamentos que não possuem este padrão de comportamento, apresentando um comportamento constante ao longo do tempo, seguindo de uma falha instantânea. Um exemplo clássico deste comportamento são as lâmpadas.

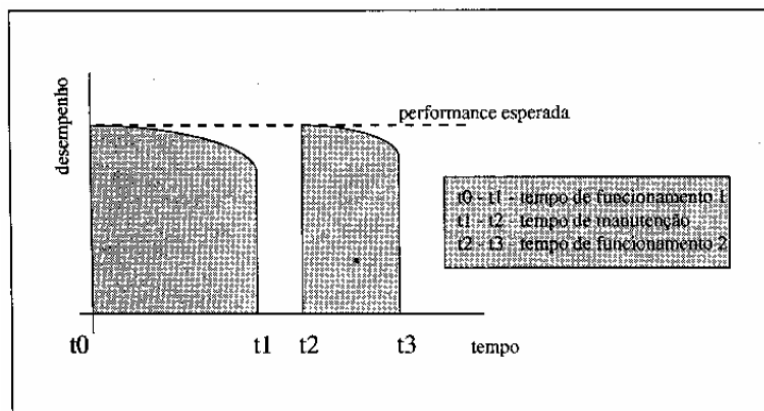


Figura 4: Manutenção Corretiva.

Fonte: KARDEC & NASCIF (2001)

A vantagem oferecida pela MC é a não exigência de um planejamento estratégico, mesmo que ainda assim necessite um certo nível ferramental, manuais, peças de reposição e técnicos treinados para a execução das tarefas. Mas como consequência resulta num grande volume em estoque de peças sobressalentes, em insegurança e paradas caras, inconvenientes e demoradas.

2.2.2 Manutenção Preventiva (MP).

Todas as incertezas e transtornos causados pela adoção de um único método de manutenção, a Manutenção Corretiva, foram aumentando gradativamente durante o início do século passado e acarretaram em uma necessidade de ter uma planta mais confiável para atender a demanda da Segunda Guerra Mundial. As indústrias já incorporaram maiores riscos neste ponto do tempo, equipamentos e máquinas tornaram-se mais complexos e de difícil manutenção e com isso a indisponibilidade constante na MC já não eram mais toleradas.

Assim, por volta de 1950 a indústria alemã, incentivada e pressionada pela guerra, percebeu que a falha poderia e deveria ser prevenida, observando que todos os itens possuem um tempo-limite de vida, exigindo revisões ou restaurações programadas preventivamente. A partir desta data, a revisão dos itens passou a ser baseada em estatísticas de histórico de falhas e experiência dos mantenedores, realizada em intervalos fixos de tempo ou ciclos executados pelo sistema ou item. Esta política passou a se chamar Manutenção Preventiva (MP) ou manutenção baseada em um intervalo de tempo.

Segundo Lafraia (2001), a MP procura reter o sistema em estado operacional ou disponível através da prevenção de ocorrência de falhas. Isto pode ser feito através de

controles, inspeções e serviços como limpeza, lubrificação, calibração, detecção de defeitos. Já Kardec (2003) diz que Manutenção Preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou a queda de desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado com base em intervalos definidos de tempo.

Na MP, o mais importante elemento de análise é o tempo médio entre as falhas – ou MTBF do inglês *Mean Time Between Failure*, que é obtido por meio do histórico de reparos, determinando o período da MP. Outra forma de determinação do MTBF é o ensaio ou estudo do equipamento até a exaustão, o que requer laboratórios de teste especializados. A ABNT (1994) classifica MP como “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Para que ocorra a MP, deve-se estabelecer uma programação com ações previamente estabelecidas que garantam a realização dessas atividades com equipamentos corretos e no tempo estimado. Assim, o primeiro passo para o estabelecimento desta programação é o cadastramento dos equipamentos, o qual deve conter todas as informações necessárias como a sua localização, identificação, regime de operação e tempo de utilização. Após inventariar todos os equipamentos, define-se a prioridade deles, sempre priorizando a maior eficiência e otimizando os recursos disponíveis, e para este programa começar a entrar em operação, alguns pressupostos devem começar a serem adotados como: manuais dos equipamentos contemplando todos os seus procedimentos de inspeção, limpeza, lubrificação, testes funcionais e de segurança, ferramentas e materiais de consumo utilizados. Deve-se também possuir uma programação de suas peças sobressalentes, uma frequência de realizações das inspeções, um dimensionamento da equipe técnica para estabelecer manutenções de rotina e efetuar um registro de todas as atividades.

Se houver êxito na implementação da MP, haverá benefícios como redução no estoque de itens sobressalentes, algo que impacta diretamente na diminuição do custo de estocagem. Existirá também a redução no número de falhas em grande escala ou catastróficas, nos riscos de acidentes de serviço e na redução no número de paradas não programadas. Mas também existem alguns pontos desfavoráveis ao programa de Manutenção Preventiva, tais como a necessidade de paradas dos equipamentos para a realização das atividades previamente programadas, uma manutenção excessiva para componentes com taxa de falha muito mais baixa que a frequência da MP, a possibilidade de falha de manutenção induzidas e a necessidade de um histórico de falhas extenso e confiável.

A Figura 5 mostra claramente que este tipo de manutenção procura evitar a ocorrência de falhas, ou seja, prevenir. Com intervenções preventivas em intervalos de tempos pré-determinados, mantém-se o desempenho e a performance do equipamento.

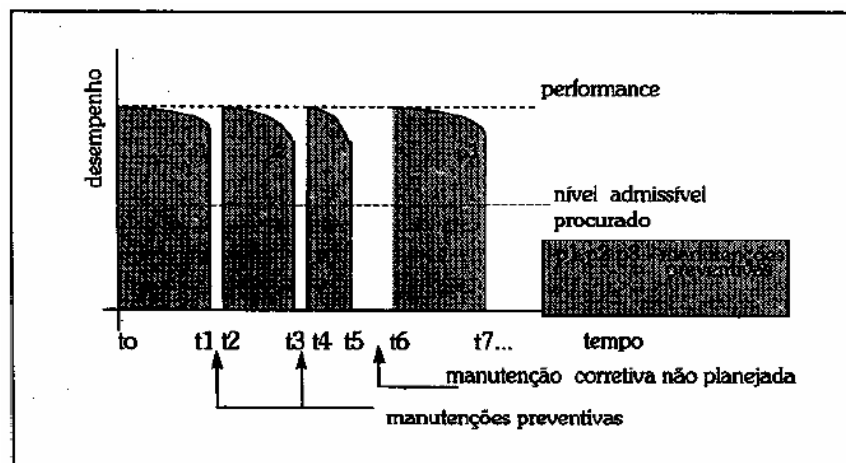


Figura 5: Manutenção Preventiva.

Fonte: KARDEC & NASCIF (2001)

2.2.3 Manutenção Preditiva. (MPd)

A Manutenção Preditiva (MPd) é o conceito mais moderno de manutenção, onde se acompanha o comportamento de diferentes partes do equipamento ou identifica-se um componente com desempenho diferente do esperado e, uma vez constatada a anomalia, executa-se a manutenção. Para Kardec e Nascif (2001), a MPd é a atuação realizada com base em modificação dos parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece uma sistemática.

Segundo a NBR-5462 (1994), o termo manutenção preditiva pode ser definido como o tipo de manutenção que garante uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas para medição e análise, utilizando-se de meios de supervisão ou de amostragem, para reduzir o mínimo à manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Também, de acordo com Tavares (1999), entende-se por controle preditivo da manutenção a determinação de um ponto ótimo para executar a manutenção preventiva em um equipamento, ou seja, o ponto a partir do qual a probabilidade do equipamento falhar assume valores indesejáveis.

Portanto, para Kardec e Nascif (2001), as condições básicas para se adotar a manutenção preditiva são as seguintes:

- O equipamento, sistema ou instalação devem permitir algum tipo de monitoramento e/ou medição.
- O equipamento, sistema ou instalação devem merecer este tipo de ação, em função dos custos envolvidos.
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico sistematizado.

A principal vantagem da MPd é a diminuição dos custos devido as paradas periódicas e da probabilidade de introduzir possíveis novas fontes de defeitos. Também podemos citar como vantagens o aumento médio do tempo entre as revisões, a eliminação das panes não atendidas, a diminuição das peças de reposição no estoque, a diminuição no custo de cada intervenção, a eliminação da substituição de algum componente que ainda esteja em boas condições de operação e a minimização das paradas não programadas durante a operação do equipamento. A Figura 6 ilustra a manutenção preventiva, indicando a performance esperada do equipamento, sua esperada queda de performance e seus níveis toleráveis para alarme de perda de desempenho e nível admissível de desempenho. Também é apontado nesta figura o tempo para o planejamento da manutenção e a duração desta intervenção corretiva planejada (t_1-t_2).

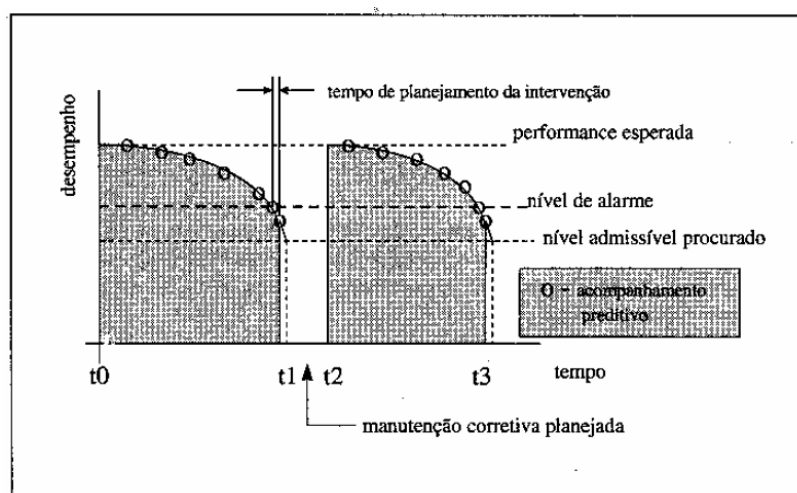


Figura 6: Manutenção Preditiva.

Fonte: KARDEC & NASCIF (2001)

2.3 TPM (*Total Productive Maintenance*) – MPt (Manutenção Produtiva Total).

A TPM, ou MPt em português, é uma das metodologias mais modernas e mais utilizadas na indústria, sendo utilizada desde os anos 70 (KARDEC & NASCIF, 2001), com origem dos seus princípios nos Estados Unidos, porém teve reconhecimento mundial somente após o aprimoramento e a sistematização feitos no Japão pela equipe de manutenção da Nippon Denso (Toyota), que lhe agregou princípios já conhecidos da MP, da manutenção do sistema de produção incorporados à prevenção da manutenção e a engenharia de confiabilidade. Este método propõe uma nova visão da manutenção, na qual a função de mantenedor é incorporada ao operador, aproveitando-se da sua experiência e habilidade e conhecimento para preservar os equipamentos, a integridade das instalações e o auxílio na manutenção, tornando um funcionário operador e mantenedor.

Podemos considerar a TPM como uma filosofia de gestão empresarial que está focada na total disponibilidade do equipamento para a produção. E esta filosofia deve ser seguida por todos os segmentos da empresa, dos cargos de alta gerência até o operador do equipamento, para alcançar a Perda Zero no equipamento e Zero Defeito no produto para fazer com que a empresa seja inserida na filosofia global, que é cada vez mais aumentar a produtividade.

As atividades envolvidas pelo TPM visam diversos aspectos dentro do sistema de produção, que foram classificadas como as “seis grandes perdas” que são: perdas por quebra, perdas por troca de ferramentas e regulagens, perdas por operação em vazio ou em espera, perdas por redução da velocidade com relação ao padrão, perdas por defeitos da produção e perdas por queda de rendimento. Para eliminação destas perdas, foram implementadas oito atividades designadas pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) como “oito pilares” de sustentação do TPM, ilustradas na Figura 7, que são:

- Melhoria individual do equipamento para elevar sua eficiência.
- Elaboração de uma estrutura de manutenção autônoma do operador.
- Elaboração de uma estrutura de manutenção planejada, realizada pelo departamento de manutenção.
- Elaboração de uma estrutura de controle inicial do equipamento.
- Treinamentos para melhorar as habilidades, tanto dos operadores quanto dos técnicos de manutenção.
- Manutenção visando à melhoria da qualidade.

- Gerenciamento.
- Segurança, higiene e meio ambiente.

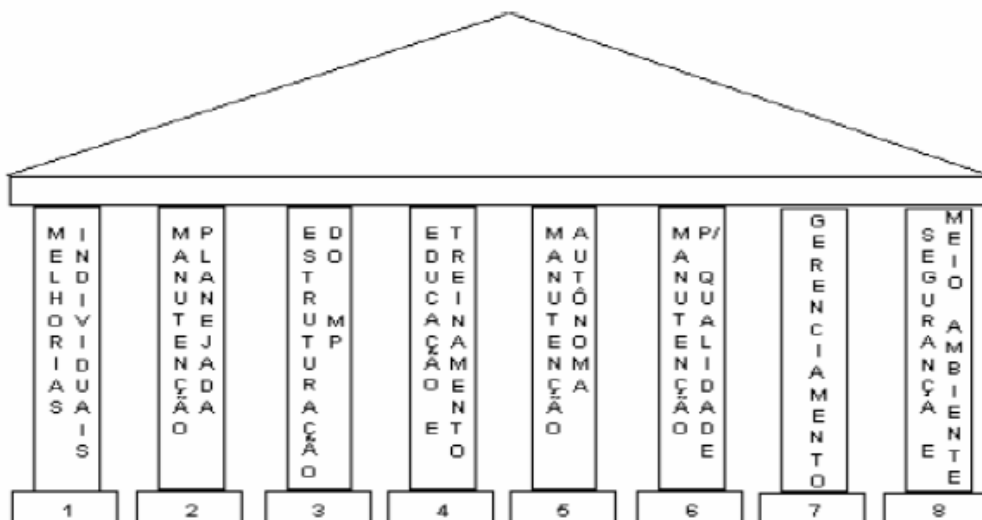


Figura 7: Os oito pilares de sustentação da Manutenção Produtiva Total.

Fonte: KARDEC & NASCIF (2001)

Atualmente milhares de empresas no mundo inteiro adotam o TPM, sendo sua grande maioria pertencente ao Japão. Mas já existe um número considerável de empresas pertencentes ao sudeste asiático (Tigres Asiáticos), Europa, América do Norte e do Sul com destaque ao Brasil que começam a adotar esta metodologia. Mas no Brasil infelizmente existem muitos erros de aceitação e implementação do TPM, principalmente devido a falta de conhecimento, onde acreditam que é só a manutenção realizar a manutenção mais simples o que resulta numa péssima utilização deste sistema.

2.4 RCM (*Reliability Centered Maintenance*) – MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

A confiabilidade dos equipamentos e sistemas é hoje em dia uma das principais preocupações em todos os setores da indústria por focalizar os riscos a segurança operacional, ao meio ambiente e a otimização dos recursos. Ela começou a ser estudada para o desenvolvimento de disciplinas voltada a engenharia da qualidade durante os anos 50 muito mais para estimar a confiabilidade dos componentes, sistemas mecânicos e elétricos, mas foi a

partir do final dos anos 60 e começo dos anos 70, no setor de transporte aéreo que conduziu o desenvolvimento dos conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).

Siqueira (2005) afirma que a origem da MCC está relacionada a processos tecnológicos e sociais que desenvolveu depois da Segunda Guerra Mundial. No campo da tecnologia, foi de grande importância às pesquisas das indústrias bélicas americana, seguidas pela automação industrial em escala mundial viabilizadas através da evolução da informática e das telecomunicações presente em todos os aspectos da sociedade atual. Já Moubray (2000) diz que a MCC é chamado de *Reliability Centered Maintenance* porque reconhece que a manutenção só pode recuperar a capacidade interna ou a confiabilidade inerente de qualquer item, ou seja, é “um processo para determinar o que precisa ser feito para assegurar que qualquer item físico continue a cumprir as funções desejadas do contexto operacional atual”.

2.4.1. Seqüência de implementação

Ainda para Siqueira (2005), a metodologia da MCC esta estruturada numa seqüência composta por sete etapas, que são:

- Seleção do sistema e coleta de informações.
- Análise de modos de falhas e efeitos.
- Seleção das funções significantes.
- Seleção das atividades aplicáveis.
- Avaliação da eficácia das atividades.
- Seleção das atividades aplicáveis e efetivas.
- Definição da periodicidade das atividades.

A primeira etapa, a de Seleção do sistema e coleta de informações, consiste em identificar e documentar o sistema ou processo que será o foco do estudo. Na etapa seguinte, a de Análise dos modos de falhas e efeitos, serão identificados e documentados todas as funções e seus modos de falha, junto com os efeitos que elas acarretam, utilizando a metodologia do FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). Em seguida, na Seleção das funções significante, utiliza-se um método estruturado para analisar cada função da etapa anterior e verificar se a falha tem efeito significativo. Na etapa de Seleção das atividades aplicáveis, determinam-se as tarefas de manutenção preventiva que melhor se enquadram para prevenir ou corrigir cada

modo de falha. Na quinta etapa, a Avaliação da eficácia das atividades, forma-se um processo estruturado para determinar se uma tarefa de manutenção preventiva é efetiva para reduzir, a níveis aceitáveis, as consequências da falha. Para a Seleção das atividades aplicáveis e efetivas é utilizado, através de um processo estruturado, uma melhor tarefa. E por fim, a sétima etapa estabelece os métodos e critérios para definição da periodicidade de execução das atividades selecionadas.

2.4.2 Falhas

O objetivo de uma manutenção eficaz é produzir um sistema com alto desempenho a baixo custo. Para isso, é necessário entender as falhas em todos os níveis do sistema, sub-sistema, componente e até mesmo o nível da peça. Quando a manutenção, através de seu pessoal ou em grupos multidisciplinares, utiliza-se das ferramentas de análise de falhas, está praticando a Engenharia de Manutenção e a MCC trabalha desta forma para cercar qualquer probabilidade de ocorrer à falha e tentar antecipar-se deste evento. A ABNT, através da NBR 5462:1994, define falha como término da capacidade de um item desempenhar sua função requerida e pane como sendo o estado de um item caracterizado pela incapacidade de realizar esta função requerida, excluindo a incapacidade durante a manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos. Esta mesma norma define que uma pane em um item corre depois de uma falha, onde que a falha é um evento e a pane é um estado.

Para Moubray (2000), falha é simplesmente definida como a incapacidade de qualquer ativo de fazer o que seu usuário quer que ele faça e também classifica como falha funcional como a incapacidade que qualquer ativo de cumprir uma função para um padrão de desempenho que é aceitável pelo usuário.

Siqueira (2005) afirma que, de maneira geral, uma falha consiste na interrupção ou alteração na capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada. Assim, as falhas podem ser classificadas sob vários aspectos, tais como origem, extensão, velocidade, manifestação, idade ou criticidade.

A Figura 8 a seguir relaciona todos estes aspectos e suas ramificações, em acréscimo a classificação adotada no MCC.

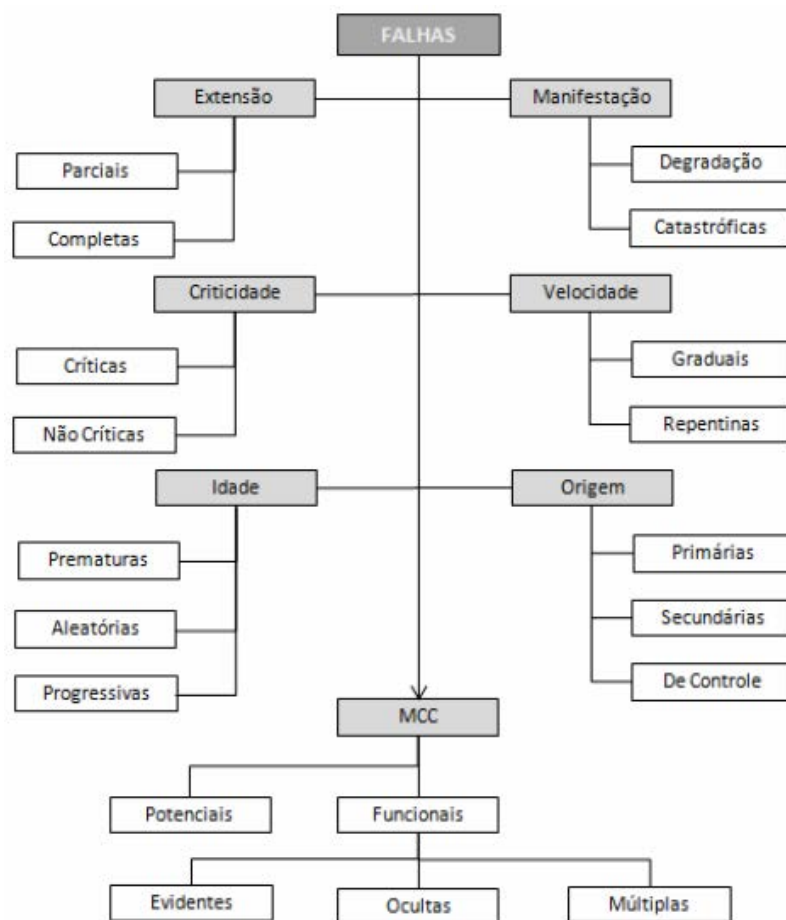


Figura 8: Estrutura de classificação de falhas.

Fonte: SIQUEIRA (2005)

Assim, o estudo das falhas constitui uma parte essencial da MCC, seguida da identificação e da documentação das funções. Para os objetivos da MCC, as falhas são classificadas de acordo com o efeito que provocam sobre uma função do sistema a que pertencem, em duas categorias básicas (SIQUEIRA, 2005):

- Falha funcional: definida pela incapacidade de um item em desempenhar uma função específica dentro dos limites desejados de performance, e
- Falha potencial: definida como condição identificável e mensurável que indica uma falha funcional pendente ou em processo de ocorrência.

As falhas funcionais, por sua vez, são classificadas segundo Siqueira (2005) conforme MCC em três classes conforme a sua visibilidade:

- Falha evidente: é aquela que se detecta facilmente pela equipe de operação durante o trabalho normal.
- Falha oculta: diferente da falha evidente, ela não é detectada pela equipe de operação durante o trabalho normal, e
- Falha múltipla: é uma combinação entre uma falha oculta mais uma segunda falha, ou evento que a torne evidente.

2.4.3 FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*)

Para entendermos a função do FMEA, é importante conhecer profundamente o que é um modo de falha, pois o conceito anterior de que falha é qualquer tipo de evento que possa levar um ativo, um sistema ou um processo a falhar é muito vago e simplista para o estudo.

Siqueira (2005) afirma que na manutenção, o FMEA é utilizado na MCC com o intuito de documentar, avaliar, e priorizar o impacto potencial de cada falha funcional visando definir formas de prevenção ou correção. No estudo do FMEA, são identificados os seguintes aspectos, para cada função de uma instalação:

- Função: objetivo, com o nível desejado de performance.
- Falha funcional: perda da função ou desvio funcional.
- Modo de falha: o que pode falhar.
- Causa da falha: porque ocorre a falha.
- Efeito da falha: impacto resultante na função principal.
- Criticidade: severidade do defeito.

Além disso, Siqueira (2005) diz que é comum incluir no estudo os sintomas da falha, o roteiro de localização, o mecanismo da falha, as taxas de falhas e as recomendações.

Para Lafraia (1997), o primeiro passo para a elaboração do FMEA é identificar todos os modos de falha que podem levar a falha funcional. Não se deve tentar listar todos os modos de falha possíveis e sim levar em consideração sua probabilidade de ocorrência. No caso do FMEA aplicada diretamente a MCC, o gerenciamento da manutenção é feito em nível de modo de falha, enquanto na manutenção tradicional a gestão é feita em nível de componente ou equipamento. Normalmente recomenda-se elaborar uma tabela para identificar as falhas funcionais possíveis para cada componente.

A documentação da análise das falhas em potencial é feita através do preenchimento de um formulário padronizado, que serve também para dispor e organizar todas as informações disponíveis. O Quadro 1, ilustrado a seguir mostra um formulário de FMEA conforme IQA (Instituto de Qualidade Automotiva) 1997, constituído dos seguintes campos:

- Número do FMEA: número do documento para ser utilizado a fins de rastreabilidade;
- Identificação do item: a identificação do componente, subsistema, ou sistema foco da análise;
- Modelo/Ano: o modelo e o ano dos produtos que irão utilizar ou ser afetados pelo processo de análise;
- Departamento: departamento responsável pelo estudo;
- Preparado por: o nome do responsável pela coordenação do estudo;
- Data limite: a data limite para o fechamento do estudo, a qual não deve exceder a própria data limite do início da produção;
- Data do FMEA: a data em que foi efetuado o estudo pela primeira vez e a data da última revisão;
- Equipe de estudo: os nomes e os departamentos dos participantes com autorização para identificar e executar tarefas;
- Operação/propósito: descreve de forma simplificada cada operação a ser analisada;
- Modos potenciais de falha: são definidos como eventos ou fenômenos físicos que provocam a transição da função do equipamento de um estado normal para um estado anormal;
- Efeito potencial da falha: são as conseqüências dos modos potenciais de falha, conforme concebidos pelo cliente;
- Severidade (S): é o impacto que o efeito do modo potencial de falha tem sobre a operação do sistema;
- Classificação: coluna utilizada para classificar a operação como crítica para a segurança ou para a qualidade, sendo que nestes casos, podem ser necessários controles especiais sobre a operação;
- Causas/potenciais de falha: etapa onde busca identificar a origem do modo potencial de falha;

2.4.4 Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade.

A NASA (2000) classifica confiabilidade como a probabilidade de que um item irá sobreviver a um determinado período de funcionamento, nos termos especificados de condições de funcionamento, sem falhas. A probabilidade condicional de falha mede a probabilidade de que um determinado item ao entrar numa determinada idade ou intervalo irá falhar durante este período. Se a probabilidade condicional de falha aumenta com a idade, o item mostra características de desgaste, refletindo o efeito negativo global da idade sobre a confiabilidade. Já para Siqueira (2005), para a manutenção, interessa a probabilidade de que o item sobreviva a um dado intervalo (de tempo, ciclos, distâncias, etc.). E esta probabilidade é chamada de Confiabilidade.

Resumidamente, confiabilidade é a probabilidade de um item, ativo ou produto cumprir sua função específica durante um determinado período de tempo em um ambiente definido, também expresso como o Tempo Médio Entre as Falhas (ou MTBF – *Mean Time Between Failures*), que é o coeficiente entre o tempo total de operação do item estudado dividido pelo número de falhas observadas em um período de tempo. Assim, conforme equação (1), quanto maior o valor de MTBF, mais confiável será.

$$R(t) = \exp\left(\frac{-t}{TMEF}\right) \quad (1)$$

Em que:

- $R(t)$ = confiabilidade a qualquer tempo t ;
- TMEF = Tempo Médio entre Falhas;
- t = tempo previsto de operação;
- $\exp$ = base dos logaritmos neperianos ($e = 2,303$).

O conceito de Disponibilidade é utilizado para analisar o tempo em que os equipamentos ficam a disposição da produção. O tempo disponível do equipamento é o tempo que o equipamento está operando somando o tempo de espera (*Stand-by*) e o tempo de indisponibilidade é o tempo que o equipamento permanece sob intervenção de algum tipo de reparo ou aguardando a equipe de manutenção.

Ainda a respeito de Disponibilidade, a NBR-5462 (1994) define como a capacidade de um item estar em condições de executar sua função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados. Esta norma prescreve que o desempenho suporte de manutenção esta relacionado a capacidade de uma organização em prover os recursos necessários para manter um item em condições especificadas e em acordo com a política de manutenção escolhida.

A ReliaSoft, uma das mais conceituadas empresas de Engenharia de Confiabilidade, fundada em 1992, diz que a disponibilidade é critério de desempenho utilizado em sistemas reparáveis e que considera a confiabilidade e a manutenibilidade dos componentes de um sistema. Ela é definida como a “probabilidade de um sistema estar operando adequadamente quando ele for requisitado para o uso”. Da mesma forma, é a probabilidade de que o sistema não esta falho ou necessitando de uma ação corretiva quando for necessária a sua utilização.

Assim, podemos definir em três tipos de disponibilidade: a Inerente, a Executada e a Operacional.

- Disponibilidade Inerente: é considerado como paralisação somente o tempo ativo de reparo, conforme equação (2):

$$DISP_i = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (2)$$

- Disponibilidade Executada: é incluído no tempo de paralisação o tempo ativo de reparo e o tempo administrativo presentes nas ações da manutenção, conforme equação (3):

$$DISP_e = \frac{TMEM}{TMEM + TMPM} \quad (3)$$

- Disponibilidade Operacional: é considerado apenas o tempo em que o equipamento, sistema ou instalação esteve operando, conforme mostrado na equação (4) a seguir:

$$DISP_o = \frac{TMEM}{TMEM + TMP} \quad (4)$$

Sendo que:

- TMEF = Tempo Médio entre Falhas;
- TMPR = Tempo Médio para Reparo;
- TMEF = Tempo Médio entre Manutenção;
- TMP = Tempo Médio de Paralisação;
- TMPM = Tempo Médio Para Manutenção.

A Manutenibilidade, segundo a NBR-5462 (1994), é definida como “facilidade de um item em ser mantido ou recolocado no estado no qual pode executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante a procedimentos escritos”. A Manutenibilidade também é considerada uma característica de projeto e instalação de um item, que é expresso pela probabilidade de que o tempo de manutenção não ultrapassara um determinado valor, quando um item é operado e mantido por pessoas e procedimentos prescritos.

Para o Departamento de Defesa dos Estados Unidos, Manutenibilidade é definida como sendo a qualidade das feições e características combinadas do projeto de equipamentos que permite ou realça a realização da manutenção por pessoal de média especialização sob condições naturais e ambientais em que irá atuar.

Kardec e Nascif (2001) dizem que podemos conceituar a Manutenibilidade (ou Manutenibilidade), do inglês *Maintainability*, como sendo a característica de um equipamento ou instalação permitir um maior ou menor grau de facilidade na execução dos serviços da manutenção e pode ser definida pela equação (5) a seguir:

$$M(t) = 1 - \exp(-\mu t) \quad (5)$$

Onde:

- $M(t)$ = é a função manutenibilidade, que representa a probabilidade de que o reparo comece no tempo $t = 0$ e esteja concluído, satisfatoriamente, no tempo t (probabilidade da duração do reparo);
- $\exp$ = base dos logaritmos neperianos ($e = 2,303$);

- μ = taxa de reparos ou número de reparos efetuados em relação ao total de horas de reparo do equipamento;
- t = tempo previsto de reparo.

Como visto anteriormente, a Manutenibilidade está associada ao parâmetro TMPR (Tempo Médio para Reparo, ou MTTR em inglês), mas na literatura disponível são feitas as seguintes considerações:

- O TMPR estaria associado ao tempo gasto efetivamente no reparo;
- Todo tempo além deste, causado por esperas de ferramenta, sobressalentes e tempos mortos, costuma ser retirado do TMPR.
- O somatório do TMPR com os demais tempos constitui o que é denominado normalmente de downtime por alguns autores. Outros preferem denominar este tempo total de MFOT – *Mean Forced Outage Time*.
- Entretanto, para o cálculo da disponibilidade, a maioria dos autores indica que o tempo a ser considerado é o tempo de reparo mais os tempos de espera, o que é lógico. Além disso, a notação mais adotada acaba sendo TMPR.

2.5 Gestão da Manutenção.

Para Osada (1993), a Gestão da Manutenção deve considerar alguns pontos para reestruturar uma empresa e prepará-la para os desafios futuros, sempre com a participação de todos os funcionários:

- 1) Restringir os investimentos em equipamentos desnecessários;
- 2) Utilizar ao máximo os equipamentos existentes;
- 3) Melhorar a taxa de utilização do equipamento para a produção;
- 4) Garantir a qualidade do produto, através do uso do equipamento;
- 5) Reduzir a mão de obra de baixo custo, através da melhoria do equipamento;
- 6) Reduzir os custos de energia e materiais adquiridos, através de inovações no equipamento e melhorias dos métodos de utilização.

Kardec e Nascif (2001) afirmam que, na visão atual, a Manutenção existe para que não haja manutenção; estamos falando da manutenção corretiva não planejada. Algo que parece paradoxal à primeira vista, mas analisado mais profundamente, vemos que o trabalho da manutenção está sendo mais técnico e enobrecido onde, cada vez mais, o pessoal da área precisa estar qualificado e equipado para evitar as falhas e não para corrigi-las. E que não existe dúvidas de que as causas do sucesso começam pela definição correta da Missão da Manutenção, seus Conceitos Básicos, seus novos Paradigmas e, evidentemente, da aplicação de tudo isso em alta velocidade. Dentro deste enfoque, a utilização das ferramentas de gestão levará, certamente, a novos patamares de competitividade.

Assim, estabelecido o conjunto de informações que devem ser obtidas visando à montagem dos arquivos de dados para a manutenção, são projetados os relatórios gerenciais para acompanhamento, avaliação e tomada de decisões. Esses relatórios serão compostos de dados de fontes externas à manutenção (operação, material e administração de pessoal), e internas (planejamento e controle, estudos ou engenharia de manutenção e execução) e que depois de tratadas deverão gerar relatórios concisos e específicos para tomada de decisões visando a Confiabilidade Operacional (Gerência de Equipamentos), Redução de Custos (Gerência Financeira) e Otimização dos Serviços (Gerência de Mão-de-obra).

Boa parte destes relatórios gerenciais se baseia em análise de índices, podendo ser identificados mais de 40 tipos de índices utilizados pela manutenção, onde seis se destacam por serem conhecidos como “índices classe mundial”. Utilizados em todos os países, quatro se referem a análise de gestão de equipamentos (tempo médio entre falhas, tempo médio para reparo, tempo médio para falha e disponibilidade de equipamentos) e dois a gestão de custos (custo de manutenção por faturamento e custo de manutenção pelo valor de reposição).

2.5.1 Plano de Manutenção

Para construir um plano de manutenção ideal, deve-se observar alguns fatores restritivos, como a capacidade da equipe de manutenção, a necessidade do equipamento junto à produção e a solicitação do equipamento por manutenção através da identificação da capacidade potencial das instalações e a lucratividade disponível, estabelecendo indicadores de desempenho que os representem. Ao invés de simplesmente executar uma melhora no desempenho da manutenção, determinaremos indicadores e metas que permitam alinhar o desempenho dos equipamentos ao planejamento estratégico da empresa, determinando o

trabalho necessário para garantir o desempenho dos equipamentos dentro das metas determinadas. A base de um bom sistema de manutenção é um bom plano de manutenção.

Outro ponto importante é determinar e estabelecer as rotinas com o intuito de disponibilizar os recursos necessários para viabilizar a execução do plano de manutenção. Estas rotinas devem garantir o Planejamento, a Preparação, a Programação, a Execução e o Controle da Manutenção. Este domínio do trabalho a ser realizado é a base da Manutenção Planejada, espinha dorsal do TPM. Ter um bom sistema de manutenção planejada é garantia do sucesso da implementação da manutenção autônoma e para o desenvolvimento de um sistema de manutenção planejada deve haver a total integração com a operação. Um TPM de sucesso não está nas técnicas de manutenção em si, mas sim na criação de bases sólidas que permitam a evolução gradual das pessoas e das praticas de operação e manutenção.

2.5.2 Cadastro e Codificação de Equipamentos

Para fazer um gerenciamento da manutenção, é preciso ter um cadastro único que abranja todos os equipamentos que são passíveis de manutenção. Possuir um histórico de falhas, manutenções realizadas, peças trocadas entre outras informações, facilita o gestor na tomada de decisões durante o planejamento da manutenção.

Marques (2003) classifica como equipamento de produção todas as máquinas, isoladas ou integradas, que permitam a fabricação dos diferentes produtos ou realizar o serviço requerido. Já os equipamentos periféricos são aqueles que compõem ou dão suporte aos equipamentos principais tais como geradores de energia, caldeiras, ferramentas, compressores. Também existem os equipamentos classificados como de facilidades, dentre os quais são de classificados como de iluminação, de aquecimento, canalização de fluidos, e demais. E por fim, as caracterizadas por pertencerem às instalações da empresa, que também requerem manutenção, tais como edificações, ruas, muros, telefones, redes de computadores. Esta classificação evidencia alguns imperativos da organização:

- A necessidade de ter-se um inventário de equipamentos codificado, analisado e localizado.
- A necessidade de repartir e precisar os domínios de responsabilidade da manutenção dos bens.
- A necessidade de determinar as prioridades e níveis de manutenção.

- A necessidade de reagrupar em “famílias” os diferentes bens.

Marques (2003) ainda diz que o cadastro de equipamento deve ser feito por famílias de equipamentos que possam ser recondicionáveis, devendo conter algumas informações básicas:

- Endereço (localização) da aplicação atual.
- Dados de identificação geral de cada família de equipamentos, tais como número patrimonial, fabricante, marca, modelo, número de série, etc.
- Dados técnicos nominais, construtivos e de montagem, tais como diâmetro do eixo, rpm, voltagem, amperagem, temperatura, frequência, etc.
- Dados complementares sobre o equipamento, dados administrativos, etc.

É importante se observar que o Cadastro de Equipamentos é a ficha ou registro onde serão anotadas todas as ocorrências envolvendo este determinado equipamento na localização específica, devendo ser direta e automaticamente atualizada a cada Ordem de Serviço e Folha de Inspeção emitida, pois é neste cadastro que se formarão os Históricos deste equipamento.

E além dos registros de ocorrência, também é necessário um sistema informatizado de controle de manutenção para emitir as solicitações de serviço para as manutenções corretivas e preventivas, programação de trabalhos, avaliação de problemas e trabalhos. Como finalidade principal, deve ser destacado que um sistema de controle de manutenção visa, em ultima análise, ajudar a aumentar a disponibilidade das instalações, diminuir os custos diretos da manutenção e garantir um melhor aproveitamento da mão de obra, tanto da própria manutenção, como da produção (PARLACHIO, 2002).

2.5.3 Manutenção por Oportunidade

A Manutenção Oportunista ou por Oportunidade tem como objetivo aproveitar o tempo de paralisação do equipamento quando ela ocorre, diferente da paralisação para a manutenção planejada. Este tipo de manutenção pode ser motivado devido a uma ociosidade da produção ou mesmo uma manutenção corretiva. Aconselha-se a utilizar este tipo de manutenção quando a duração de um reparo corretivo é igual à do preventivo, uma intervenção preventiva baseada no intervalo tende a não ser eficaz para aumentar a disponibilidade. Porém, uma intervenção no equipamento realizada de forma oportunista pode ser útil para este propósito. Em

contrapartida, esta estratégia deve aumentar o custo da manutenção, embora em certos casos este tipo de prática possa ser justificada, como por exemplo, por um aumento na capacidade de produção. Segundo Osada (1993), este método envolve a investigação minuciosa dessas oportunidades e suas ocorrências, enfocando os principais aspectos:

- Quando as oportunidades surgem, que máquinas permitem outros reparos simultâneos?
- Quais as oportunidades precisas, quando surgem e qual o tempo de duração?

Sabemos também que a utilização da Manutenção Oportunista afeta diretamente no tempo total de disponibilidade dos equipamentos, pois uma vez aproveitado o tempo de paralisação por conta de uma avaria para a realização de uma intervenção preventiva, poupa o equipamento de parar posteriormente para cumprir o plano de manutenção preventiva.

2.6 Os componentes de uma ponte rolante e suas funções

As pontes rolantes são equipamentos destinados para deslocar de maneira horizontal e vertical cargas, equipamentos e materiais dentro de um espaço físico pré-determinado em instalações industriais ou canteiros de obras. São chamados por este nome pelo fato de serem constituídas basicamente de uma viga principal apoiada em cada extremidade por apoios rolantes que se deslocam sobre dois trilhos elevados e paralelos, afastados um do outro, com comprimento aproximado da viga. Estes movimentos horizontal, vertical e transversal são motorizados e dependendo do seu tamanho e potência, tem seus movimentos comandados por um operador na cabina ou por botoeira ao nível do piso, conforme descrito na Figura (7).

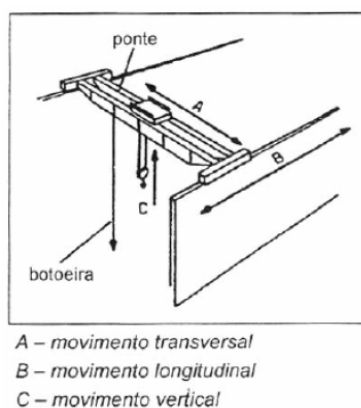


Figura 9: Exemplo de ponte rolante acionada por botoeira.

O movimento longitudinal é feito pelas rodas sobre os trilhos. Da mesma forma que é feita o deslocamento transversal do carro sobre a ponte e o movimento ascendente ou descendente é realizado pelo enrolamento ou desenrolamento do cabo de aço ou corrente no tambor, como é explicado na Figura 8.

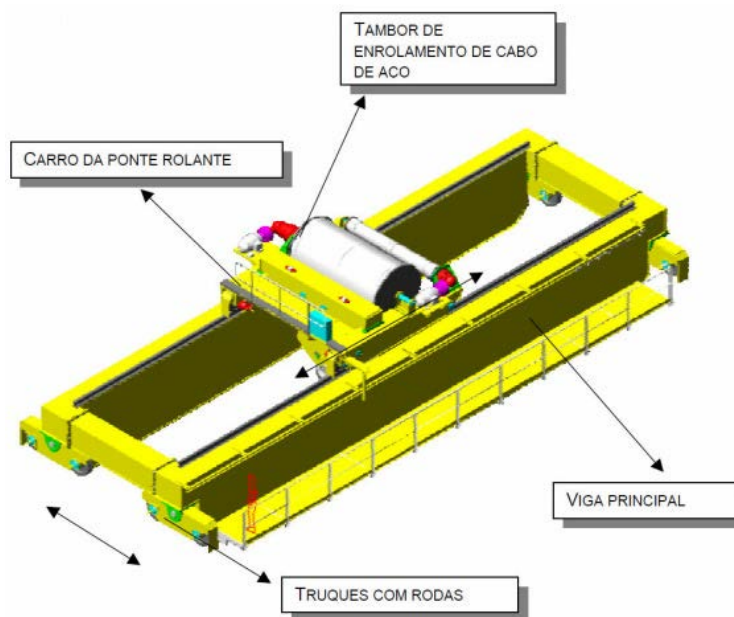


Figura 10: Partes principais que compõem uma ponte rolante.

Podemos separar as pontes rolantes nos seguintes componentes:

- Ponte: é a estrutura principal propriamente dita. Suporta a maior parte dos componentes e responsável por realizar o movimento de translação para cobrir o vão de trabalho.
- Cabeceiras: estão localizadas nas extremidades da viga e em sua cabeceira estão fixadas as rodas de movimentação.
- Viga: é a principal estrutura da ponte, servindo às vezes de guia para o carro da talha.
- Carro talha: é o mecanismo onde se localiza o sistema de elevação (talha), sendo responsável pelo deslocamento transversal e vertical da carga.
- Talha: mecanismo responsável pela elevação da carga, sendo montada no carro da ponte ou na viga principal da ponte com auxílio do trolley.
- Trolley: sistema que movimenta a talha sob a viga da ponte rolante.

- Caminho de rolamento: trata-se do conjunto formado pelo par de trilhos ferroviários e pelas vigas de rolamento, servindo como caminho para o deslocamento longitudinal da ponte rolante.
- Comandos: pode ser por botoeira, controle remoto ou cabine de comando, permite ao operador controlar todos os movimentos da ponte rolante.
- Caixa de engrenagens: fornece a resistência necessária ao momento de torque para acionamento.

Os tipos de pontes rolantes variam de acordo com o fabricante e a necessidade. A capacidade pode variar de 0,5 a 300 toneladas, porém na maioria das vezes, as pequenas tem uma potência de carga de até 3 toneladas, montada em vãos de aproximadamente 6m e as grandes podem chegar a 120 toneladas e montadas em vãos de até 30m. Acima desta capacidade, podem ser consideradas como pontes de uso especial. Ainda em função da capacidade de carga, as pontes rolantes podem ser constituídas de uma ou duas vigas principais suspensas sobre um vão e apoiadas rigidamente sobre as cabeceiras móveis (também chamadas de vigas testeiras). As cabeceiras se deslocam sobre os trilhos (caminho de rolamento) apoiadas sobre uma estrutura metálica ou de concreto.

Outro método de classificação das pontes rolantes é em função de utilização da ponte rolante e podem ser definidas como:

- Ocasionais: com 2 a 5 operações a plena carga por hora, a velocidades baixas e usadas em usinas de força.
- Leve: de 5 a 10 operações a plena carga por hora a baixas velocidades e usadas em oficinas mecânicas e armazéns.
- Moderado: trabalha em um regime de 10 a 20 operações a velocidades médias, em fundições leves e em pátios de carga.
- Constante: funcionam de 20 a 40 vezes por hora em plena carga, a velocidades elevadas, e encontradas em linhas de montagens e fundições pesadas.
- Pesado: possuem altas velocidades e grande capacidade, realizando mais de 40 operações por hora.

Também é comum classificar as pontes rolantes de acordo com suas características construtivas:

- Apoiada: a viga corre por cima dos trilhos do caminho de rolamento, sendo estes sustentados pelas colunas de concreto do prédio ou colunas de aço especialmente fabricadas para este fim. Este tipo de ponte rolante pode ser subdividido em 2 grupos:
 - a) Univiga – é constituída por duas cabeceiras, uma única viga e um ou dois trolley. O carro trolley corre na aba inferior da viga da ponte rolante que dependendo da capacidade e do vão, as vigas principais podem ser constituídas de viga tipo “T” laminada ou tipo “caixão” soldada. Este tipo de ponte é mais aplicado para movimentar cargas de até 15 toneladas.
 - b) Dupla viga – é constituída por duas cabeceiras, duas vigas e um ou dois carros *trolley* que sustentam a(s) talha(s). Este carro corre em trilhos que normalmente encontram-se fixado na parte superior da viga da ponte. Esta construção faz com que o aproveitamento da altura seja mais vantajoso, possibilitando que o gancho de carga seja içado entre as duas vigas principais da ponte rolante e também aumentando a capacidade de carga em função do uso de duas vigas. Geralmente são fabricadas para aguentar cargas de até 50 toneladas.
- Suspensa: transladam na parte inferior da viga de rolamento, que é montada diretamente na estrutura do prédio, aproveitando o máximo de altura disponível e eliminando a necessidade de uma estrutura auxiliar no piso. Tem a vantagem de que a viga da ponte rolante corre por baixo dos trilhos da viga de rolamento, fazendo com que a viga principal avance além do vão do caminho de rolamento, possibilitando o máximo de aproveitamento da largura do prédio e permitindo a combinação com outras pontes rolantes e monovias, utilizando-se de um único mecanismo de elevação e translação de carga, dando a capacidade de suportar cargas de até 10 ton.
- De console: movimenta-se em um nível próprio, debaixo das grandes pontes rolantes, proporcionando um fluxo de materias sem atrito e movimentando-os para outras áreas da produção de forma conseqüente. Através de seu ângulo reto, atendem mais de um local de trabalho e geralmente são encontradas para capacidades de até 5 toneladas e comprimento de lança de até 10m.

3. A GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA AMSTED-MAXION

3.1 A Engenharia de Manutenção e a Amsted-Maxion

A organização da Manutenção na Amsted-Maxion abrange várias funções dentro da empresa e é dividida em etapas, caracterizado como etapa cliente e etapa fornecedora. O processo para disponibilização de ativos é fornecedor do processo de atendimento ao cliente e para que o atendimento ao cliente seja realizado, ou seja, para que haja a fabricação de peças fundidas, é necessário ter ativos disponíveis.

Esta abrangência tem como objetivo nortear as Engenharias de Manutenção na empresa para atingir a excelência. Para isso, a engenharia se apóia em alguns pilares de desenvolvimento, conforme mostrado na Figura 9.

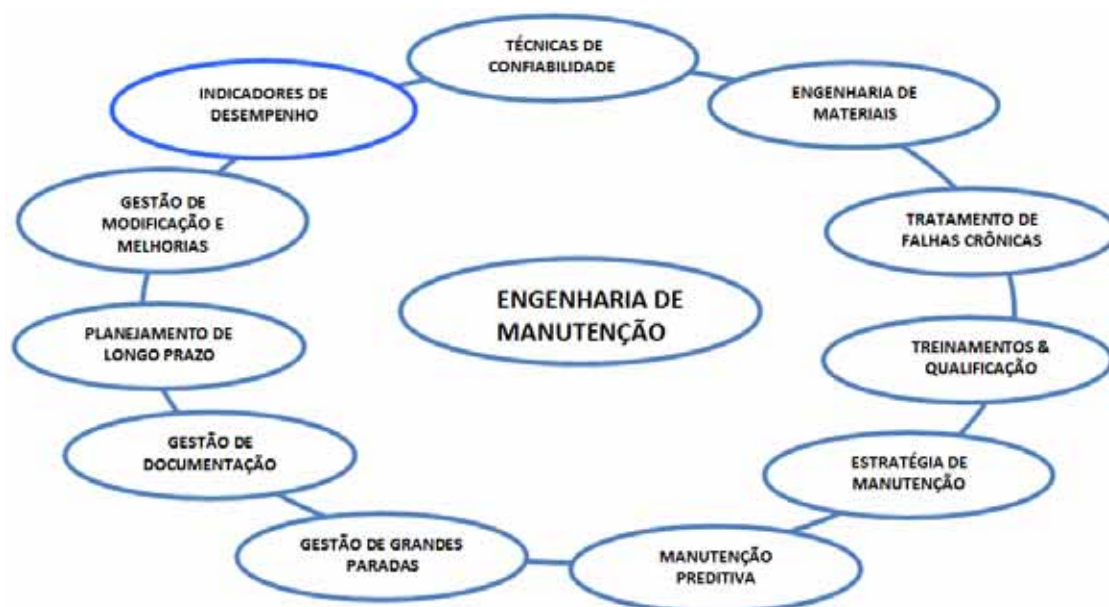


Figura 11: Abrangência da Engenharia de Manutenção na Amsted-Maxion.

3.2 A necessidade de otimizar a disponibilidade e a confiabilidade

Diante do cenário econômico mundial, a expansão do mercado de peças fundidas que desde 2000 encontrava-se em crescimento, está estagnada devido à crise financeira deflagrada em 2008, conforme ilustrado na figura 10. Mas a previsão para o ano de 2013 é de melhora, com perspectiva para venda no setor de 3,0 milhões de toneladas processadas e igualando o recorde de 2008, quando 22,5% da produção eram exportados e projetando uma capacidade

de produção de 7,7 milhões de ton/ano até 2017, pelo efeito combinado das encomendas crescentes da exploração de petróleo, do avanço do setor automotivo e de ganhos na área de logística com a realização da Copa do Mundo e Olimpíadas.

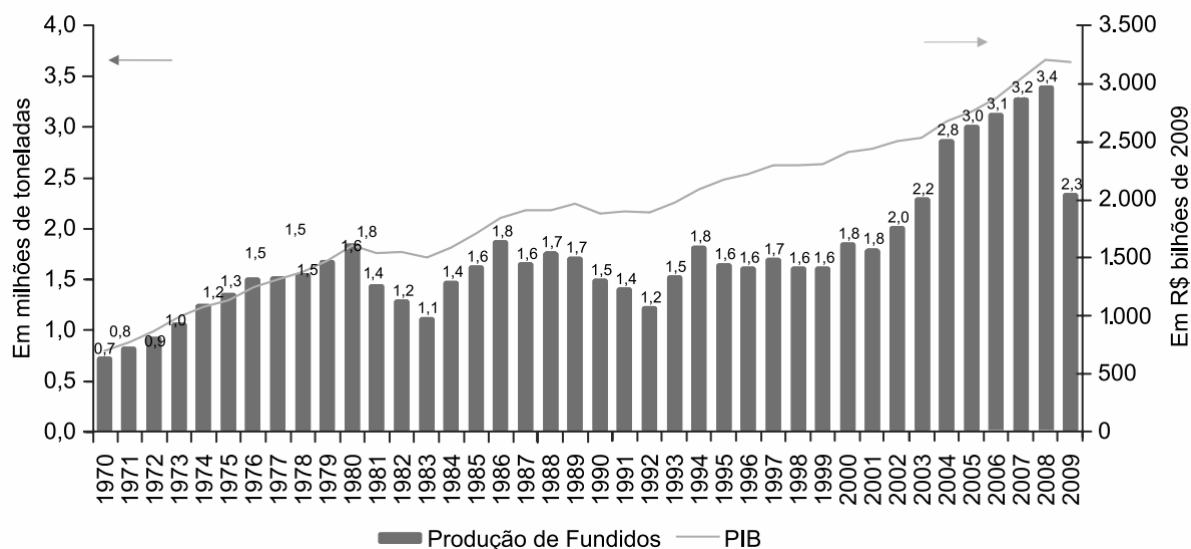


Figura 12: Produção anual brasileira de fundidos (até 2009) – Fonte: ABIFA.

Assim, a necessidade em otimizar cada vez mais a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos na Amsted-Maxion é crucial para que a empresa consiga ser competitiva, e para obter esse status, a Manutenção deve trabalhar para que os equipamentos ou instalações estejam prontos para serem operados quando requeridos (disponibilidade) e pelo tempo necessário para a execução da tarefa, sem causar interrupções ou atrasos no fornecimento do bem ou serviço (confiabilidade).

3.3 A Manutenção na Amsted-Maxion

A Manutenção na Amsted-Maxion tem definido através de um procedimento documentado da qualidade, os parâmetros para execução e controle para a manutenção de máquinas e equipamentos, mantendo-os em condições adequadas, atendendo a qualidade e os prazos estipulados pelos clientes.

Conforme já comentado, as condições de contorno deste estudo são as pontes rolantes da fábrica situada na cidade de Cruzeiro, estado de São Paulo, listadas no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2: Pontes rolantes da Amsted-Maxion de Cruzeiro. (Fonte: Amsted-Maxion)

TAG	LOCAL	SETOR	Elevação	
			Princ.	Aux.
F6715	CENTRAL DE METÁLICOS	SUCATA	10t	—
F6783	CENTRAL DE METÁLICOS	SUCATA	10t	—
F6782	CENTRAL DE METÁLICOS	SUCATA	10t	4t
F6726	ACIARIA - ABASTECIMENTO	ACIARIA	15t	10t
F6727	ACIARIA - ABASTECIMENTO	ACIARIA	15t	—
F6728	ACIARIA - VAZAMENTO	RAF/ACIARIA	30t	5t
F6729	ACIARIA - VAZAMENTO	AREIA	30t	5t
F6781	ACIARIA - VAZAMENTO	AREIA	20t	7,5t
F6720	MOLDAGEM	MOLDAGEM	15t	5t
F6703	MOLDAGEM	MOLDAGEM	10t	—
F6723	DESMOLDAGEM	DESMOLDAGEM	7,5t	—
F6730	DESMOLDAGEM	DESMOLDAGEM	7,5t	—
F6732	PREPARAÇÃO	ACABAMENTO	5t	—
F6724	PREPARAÇÃO	ACABAMENTO	10t	—
F6725	PREPARAÇÃO	ACABAMENTO	10t	—
F6721	ACABAMENTO FERROVIÁRIO	ACABAMENTO	5t	—
F6772	ACABAMENTO INDUSTRIAL	ACABAMENTO	10t	*
F6780	ACABAMENTO INDUSTRIAL	ACABAMENTO	5t	—
F6771	ACABAMENTO INDUSTRIAL	ACABAMENTO	5t	—
F6769	USINAGEM	USINAGEM	5t	—
F6770	USINAGEM	USINAGEM	5t	—
F6759	METROLOGIA	METROLOGIA	5t	—

* desativado

3.4 Critérios para aplicar o ciclo de Manutenção Preventiva

Atualmente, para definirmos o ciclo de manutenção dos equipamentos na Amsted-Maxion, são utilizados alguns critérios específicos, tais como aspectos de segurança, meio ambiente, qualidade, regime de trabalho, atendimento, frequência, manutenibilidade e custo. Para o caso das pontes rolantes, é realizado um *check-list* semanal das partes mecânica (ANEXO A) e elétrica (ANEXO B) para que através desta inspeção, observa-se os pontos que necessitam de uma intervenção da equipe de Manutenção.

O plano de manutenção preventiva busca estabelecer um “cronograma” em acordo com as áreas de Produção e Planejamento de Produção, considerando o horizonte mensal para manutenção dos equipamentos críticos. A manutenção não deve ser feita de maneira improvisada ou informal. Ela exige planejamento e deve ser entendida como um serviço técnico, executado por profissionais treinados adequadamente, com acompanhamento feito por supervisores ou profissionais treinados, que identifiquem possíveis falhas antes que os períodos de inatividade se transformem em problemas.

A eficiência de aderência ao plano de manutenção será controlada através do “ICP” Índice de Cumprimento do Plano, gerado pelo time de Planejamento de Manutenção da Amsted-Maxion.

O *check-list* com periodicidade semanal, foi estabelecido através de reuniões entre a Engenharia de Manutenção e o Planejamento de Manutenção, para efetuar o monitoramento de todos os itens críticos das pontes. As pontes classificadas de críticas e polêmicas foram inseridas em um plano de geral de manutenção com frequência mensal (ANEXO C).

Para as pontes rolantes que não fazem parte deste plano geral de manutenção, é feito o acompanhamento diário de suas falhas através do seu *check-list* e dos seus índices de desempenho (downtime, número de OS, MTBF, MTTR). Caso seja necessária uma intervenção da manutenção, é seguido um fluxo para a programação dos serviços de manutenção conforme figura 13.

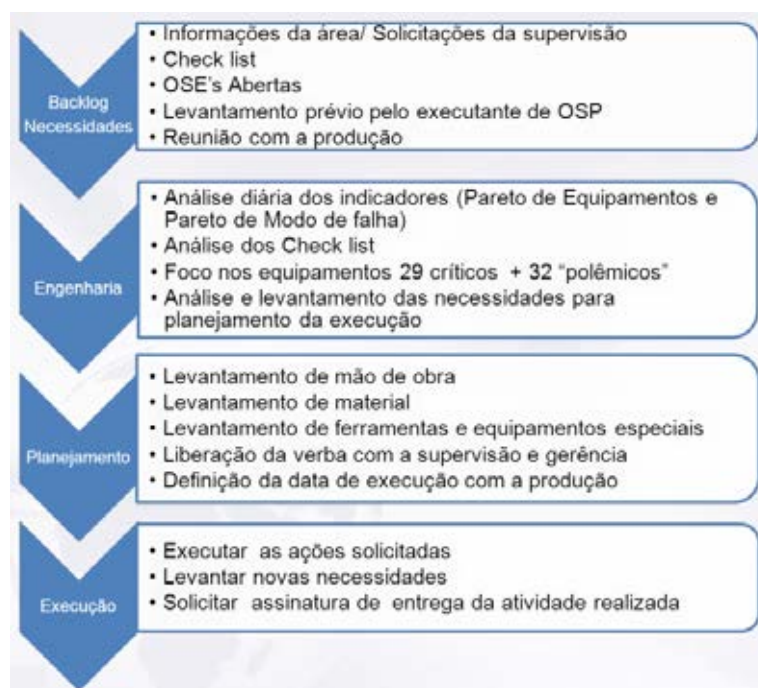


Figura 13: Fluxo de planejamento de Manutenção (Fonte: Amsted-Maxion)

O processo de planejamento da Manutenção Preventiva também se utiliza um *Backlog*, que consiste na relação de demanda de serviços por mão de obra disponível. Este processo pode ser interpretado como o total de tempo necessário para cumprir todas as pendências da manutenção.

3.5 Escopo das revisões

Todos os documentos da manutenção, com o histórico de revisões, são controlados pela área da Qualidade e encontram-se disponível para visualização no site privado da Amsted-

Maxion, *Arquivo Vivo*. Também fazem parte dos documentos da manutenção a LPU ou LPP (Lição de Ponto Único ou Lição de Ponto a Ponto) em três tipos básicos: caso de melhorias, caso de problemas e caso de conhecimento. Este método tem como objetivo facilitar a assimilação e prática de uma atividade utilizando-se de desenhos com descrições em uma única folha e a vantagem deste método é que as informações, procedimentos ou padrões são apresentados gradualmente (em forma de ponto) e ilustrados com fotos ou desenhos bem detalhados do objeto em estudo.

Para os *check lists*, também existe um plano de revisão para que sempre abranja todos os pontos passíveis de ocasionar alguma falha mecânica. Toda vez que ocorre algum tipo de falha no equipamento, o primeiro passo do estudo da causa raiz é verificar se este defeito poderia ter sido visto antes no check-list.

4. ANALISE DOS DADOS OBTIDOS

4.1 A Manutenção Preventiva cíclica e suas deficiências

Com a introdução do conceito de Manutenção Centrada na Confiabilidade, a aplicação da Manutenção Preventiva se tornou um modelo a ser seguido por todas as empresas do Brasil e do mundo, mas é preciso analisar todos os pontos favoráveis e desfavoráveis para não haver surpresas durante o processo de adaptação à metodologia executada. No caso deste estudo, a Amsted-Maxion, empresa siderúrgica onde se predomina a fabricação de rodas, componentes estruturais de vagões e peças fundidas, é importante adaptar-se a algumas estratégias de manutenção.

Ter a total consciência de todos os gastos nomeadamente financeiros é importante para possibilitar a implementação de algumas melhorias em equipamentos ou na zona envolvente, ao nível de tempo e informação para que todos os colaboradores sejam capacitados a executar a Manutenção Autônoma. Estes chamados gastos não são justamente um prejuízo para a empresa, mas sim um investimento a médio-longo prazo, que ao fim deste tempo é amplamente recompensado.

Vimos também à existência de alguns dos pontos na empresa que ainda são barreiras, impedindo a execução da Manutenção Preventiva em sua total excelência, dentre as quais podemos citar:

- O planejamento e a programação de serviços para a manutenção ainda são feitos na informalidade, causando indefinições na execução das atividades e não aproveitando a mão de obra disponível.
- A percepção da criticidade das atividades é empírica e pessoal, não existindo um consenso para priorização dos serviços.
- Algumas das atividades que foram classificadas como críticas ficam sem executar e não acarretam nenhum tipo de dano ou prejuízo.
- As atividades preventivas com risco de segurança não estão sendo realizadas devido ao grande número de atividades anteriormente classificadas como críticas.
- Ainda há um gasto excessivo aplicado em atividades classificadas como críticas e mesmo assim os equipamentos continuam quebrando.
- A empresa ainda foca no imediatismo, nas ações de contenção e não resolve as falhas crônicas.
- Não existe ainda um *backlog* formal de programação para que a equipe de planejamento trabalhe com antecedência.
- As atividades continuam sendo solicitadas de última hora, dificultando o levantamento de materiais, ferramentas e a mobilização da mão de obra de apoio.

4.2 Os processos de melhoria para implementação do TPM.

Seguindo o processo de implementação da Manutenção Centrada na Confiabilidade na Amsted-Maxion, alguns pontos já foram alcançados e outros ainda estão em fase de transição para se alcançar uma manutenção de alto desempenho. Dividindo este processo em 4 estágios (bombeiro, controlador, inovador e alto desempenho), podemos analisar os estágios que se encontra a manutenção:

- Fase bombeiro – o uso limitado de sistemas de controle já é utilizado pela empresa. Ainda encontra-se dificuldade no planejamento e programação de alguns serviços, pois ainda é feita programação paralela com base em ações reativas de alguns membros da manutenção. Isso é prejudicial aos indicadores de performance da fábrica. A fraca integração com a gerência de materias, o

orçamento da Manutenção variável e impreciso, a limitação das ações de manutenção preventiva e a falta de estrutura técnica para toda a equipe faz com que a fábrica não consiga ultrapassar esta barreira.

- Fase controlador – a utilização de sistemas informatizados isolados é um grande passo para chegar nesta fase. Mas a empresa ainda não possui um programa de redução de custos, não existe ainda um plano para orientação funcional e a manutenção ainda age de forma mais reativa do que pro-ativa. Em contra partida, existe alguns outros pontos que estão já estão sendo mudados, como a realização de planejamentos e programações diárias, um comparativo dos valores orçados e realizados, um controle maior sobre os programas de manutenção preventiva que já estão implementados e um controle maior sobre o consumo das ferramentas e dos itens do almoxarifado.
- Fase inovador – a empresa ainda erra na falta de previsão dos custos gerais de manutenção, não busca inovações técnicas para os problemas crônicos, falta ainda uma melhor previsão final dos custos, falta um melhor sistema de gestão de qualidade e um foco maior no gerenciamento dos materiais envolvidos no processo de manutenção. Alguns pontos em que a manutenção tem avançado são um controle maior na eficácia da manutenção e mais indicadores para expor estes dados.
- Fase alto desempenho – para se chegar nesta fase ainda é necessário avançar em alguns pontos cruciais, como a integração multifuncional de toda a fábrica e a estruturação de times autogerenciáveis, o trabalho de manutenção deve ser desempenhado conforme o planejado, deve existir uma gestão de materiais com foco na cadeia de suprimentos, todos sistemas devem possuir gerenciamento on-line e principalmente deve-se buscar uma satisfação completa das áreas clientes nos serviços de manutenção, sempre mantendo o foco no custo total e uma maior orientação para o TPM junto com um programa de melhoria continua para garantir a eficácia do programa.



Figura 14: Estágios de excelência em manutenção da Amsted-Maxion.

(Fonte: Amsted-Maxion)

5. IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Para a implementação da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) na fábrica da Amsted-Maxion de Cruzeiro – SP, foram executados alguns processos de forma sequenciada conforme já descrito anteriormente neste trabalho e os resultados encontram-se descritos a seguir.

5.1 Preparação do estudo

Para início do estudo, foi constituída uma equipe de profissionais da área de manutenção com experiência no funcionamento e manutenção de pontes rolantes e movimentação de cargas. Como ponto inicial do projeto, a equipe de implementação definiu alguns pontos de maior importância que devem ser avaliadas durante o processo. Estes itens

são os que terão maior impacto à segurança, ao meio ambiente, a qualidade do produto, a criticidade do equipamento, o impacto na produção, a frequência de ocorrência, a rotina do plano de preventiva e a melhorias para a produção.

5.2 Seleção do sistema do objeto de estudo

O processo de estudo para a implantação da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade iniciou-se com uma revisão na estrutura funcional da fábrica em seus sistemas e subsistemas para melhor entendimento do que será analisado. Cada sistema apresenta um agrupamento de um subsistema funcional associado a sua respectiva função principal.

Assim, para início do estudo foi escolhido o grupo das pontes rolantes devido os seguintes critérios: (i) são equipamentos de grande importância no quesito segurança, devido à grande quantidade de peças e materiais transportados dos mais diferentes pesos e tamanhos pela fábrica; (ii) a parada de uma destas pontes rolantes prejudica a qualidade do produto, pois no caso das pontes de vazamento, o aço perde temperatura, perdendo as propriedades físicas estruturais para a fundição; (iii) também prejudica a produção, diminuindo o número de peças produzidas; (iv) por apresentar um grande número de itens físicos que compõem sua estrutura facilita o bom entendimento da metodologia da MCC e (v) a disponibilidade de dados necessários para a realização deste trabalho é fácil.

5.3 Análise das funções e falhas funcionais

Nesta etapa foi feito um estudo nas funções que abrangem as pontes rolantes. Para isso, o equipamento foi dividido em dois sub-sistemas (mecânico e elétrico) conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Divisão dos sistemas de uma ponte rolante.

PARTE MECÂNICA	PARTE ELÉTRICA
Ponte	Eletrificação longitudinal / vertical
Rodas de translação da ponte	Eletrificação transversal
Motoredutor da translação da ponte	Freio de translação da ponte
Eixo de transmissão para translação da ponte	Motoredutor da translação da ponte
Estrutura do carro	Motoredutor do carro
Rodas do carro	Freio do levantamento principal
Motoredutor do carro	Motor da elevação principal / auxiliar
Eixo de transmissão para translação do carro	Limite de fim de curso da elevação principal / auxiliar
Redutor do levantamento principal / auxiliar	Cabine de comando
Freio da elevação principal / auxiliar	Painéis de controle da ponte / carro
Motor da elevação principal / auxiliar	Painéis de elevação principal / auxiliar
Tambor da elevação principal / auxiliar	Painéis de controle do freio da ponte
Moitão principal / auxiliar	Painéis de controle do freio de levantamento principal / auxiliar
Cabo de aço da elevação principal / auxiliar	Resistências do motor na translação da ponte / carro
Roldana intermediária	Banco de resistência do motor da elevação principal / auxiliar
Magnetorque do levantamento principal	Banco de resistência do magnetorque da elevação principal / auxiliar

Esta divisão permitiu uma melhor visualização dos principais itens físicos que compõem uma ponte rolante, possibilitando avaliar as fronteiras físicas do equipamento e iniciar uma base de dados sólida para a implementação da MCC.

5.4 Seleção dos itens físicos críticos do subsistema

Para este estudo foi feita uma associação da falha funcional com o item físico do equipamento em questão com o intuito de observar quais são os possíveis defeitos que podem ocorrer no subconjunto selecionado. Esta associação é uma atividade importante para a MCC para fornecer um mapa completo dos equipamentos que afetam as falhas funcionais e suas respectivas funções, como por exemplo, a quebra de um trilho da ponte rolante está ligada à sobrecarga mecânica, ao fim da vida útil, ao desalinhamento da ponte rolante ou ao excesso de calor direto nos trilhos.

Também entra neste estudo de falhas a frequência de ocorrência, a gravidade, o poder de detecção e a criticidade que esta falha ocasiona ao equipamento. Tudo isso em paralelo a uma consulta nos manuais de operação dos equipamentos que constituem os subconjuntos a fim de verificar outras prováveis falhas que são indicadas pelo fornecedor do item.

5.5 Análise dos modos de falha e efeitos.

Existe o paradigma na manutenção de que a probabilidade de ocorrência de falha segue uma curva conhecida como “curva da banheira”. Esta curva descreve o comportamento de falhas onde há uma probabilidade maior no nascimento do ativo, fato este denominado de “mortalidade infantil”. Passado este tempo entre o nascimento do ativo e a fase de alta probabilidade de “mortalidade infantil”, o ativo vive uma fase de estabilidade de probabilidade de falhas até chegar um momento de desgaste onde essa probabilidade aumenta novamente. Porém gerir manutenção é algo mais complexo que seguir apenas um modelo específico.

Para o estudo, foi elaborado um FMEA para ponte rolante e um exemplo de como é trabalhado este método é ilustrado na Tabela 2, onde foi selecionado o conjunto caminho de rolamento, o subconjunto trilhos e verificados os modos de falhas possíveis. Também foi classificadas as falhas de acordo com sua frequência, gravidade, detecção e criticidade para chegar na causa primária e encontrar as ações recomendadas para contornar a falha através

5. Ações Escolhidas / Análise da Causa e Efeito										6. Comprovação das Ações Corretivas					
DATA			PRIORID.	DESCRIÇÃO DA AÇÃO CORRETIVA / EFEITO	RESPONSÁVEL	X PROGRESSO					INDICADOR	ANTES	DEPOIS	X MELHORIA	
ABERT.	PREV.	REAL.				20	40	60	80	100					
				Consientização dos operadores foi solicitado que evitem bater as pontes uma nas outras	Laércio						LPU				
				Acoplamento da ponte foi contactado uma empresa fornecedora de acoplamentos para verificar o problema e sugerir uma solução.	Robison/Augusto										
				Batente do caminho de rolamento foi passado ao planejamento a solicitação de reparo.	Planejamento & Manserv						OS				
7. PREVENÇÃO DAS CAUSAS REAIS												8. CONGRAT. EQUIPE			
A ponte rolante esta sendo liberada no dia 25/03/2011 no segundo turno, com o funcionamento normal.															
VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS SOBRE OS INDICADORES												ASS. CHAMPION:			
ANTES	DEPOIS	X MELHOR.	ANTES	DEPOIS	X MELHOR.	ANTES	DEPOIS	X MELHOR.	ANTES	DEPOIS	X MELHOR.	ANTES	DEPOIS	X MELHOR.	
NOTA:												/ / DATA			

Figura 16: Verso do relatório do estudo de 8D. (Fonte: Amsted-Maxion)

Além desta ferramenta é feito um acompanhamento das OS geradas pelas pontes rolantes para identificar os maiores problemas ocorridos num período pré-determinado. Com estas informações, é elaborado um diagrama de pareto com as falhas, sua quantidade e porcentagem em relação ao total de falhas, tudo emitido instantaneamente via intranet, conforme Figura 17.

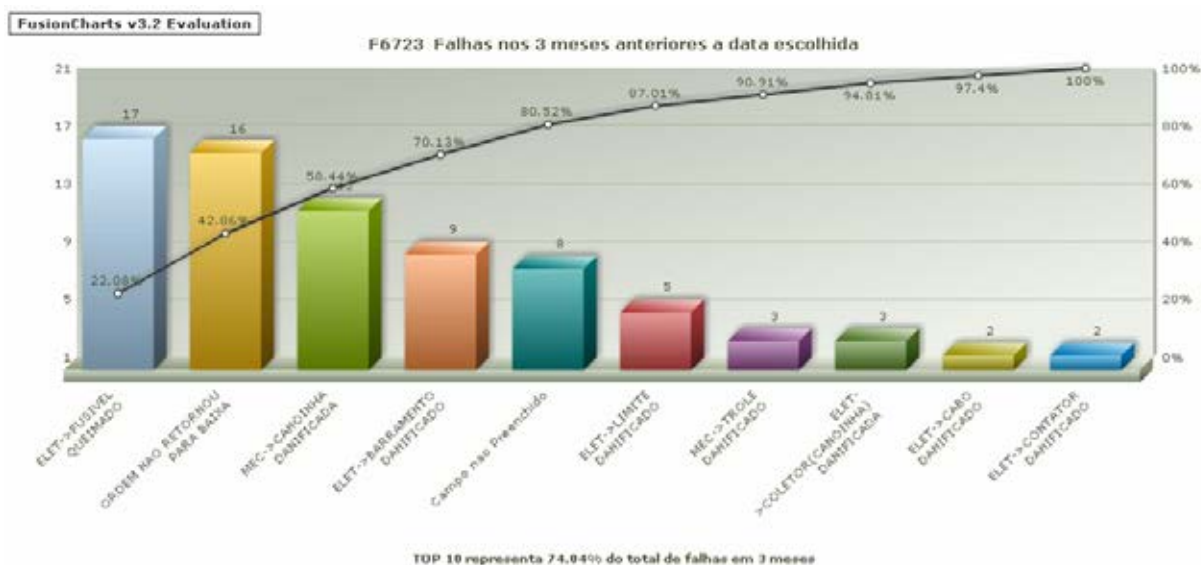


Figura 17: Pareto de falhas da ponte rolante F6723. (Fonte: Amsted-Maxion)

5.7 Plano de manutenção MCC

A última etapa deste estudo é a definição do plano de manutenção com as tarefas e periodicidade definida. Neste ponto do plano, são agrupadas as tarefas de acordo com o item que sofrerá intervenção da equipe de manutenção para melhor utilização da mão de obra disponível. Com estas informações, elabora-se o plano de manutenção e em seguida é inserido no sistema LOGIX para realizar o um acompanhamento em tempo real via intranet do plano de ação, para verificar a eficácia e a eficiência do plano através da análise das OS emitidas, gerando assim o *downtime* do equipamento. A Figura 18 mostra como estes dados são transmitidos em forma de gráficos, informado o *downtime* da ponte rolante F6723 em três períodos de tempo (diário, semanal e mensal).



Figura 18: Downtime gerado para a ponte rolante F6723. (Fonte: Amsted-Maxion)

5.8 Comparação entre os planos de manutenção atual e o proposto pela MCC

O plano de manutenção preventiva atual foi criado a partir da experiência do planejador de manutenção e dos técnicos que fazem parte do time de manutenção das pontes rolantes. Hoje, como parte do processo de melhoria contínua, o plano sofre alterações periódicas com ênfase na preservação do item físico. Assim, todas as pontes rolantes prevêm a inspeção semanal dos itens que pertencem ao equipamento e para esta inspeção é dado o nome de *check-list* e abrange todos os componentes críticos da ponte rolante. Também existe o plano de manutenção mensal das pontes rolantes críticas da fábrica que atua como complemento das ações de inspeção semanal.

Este check-list atual foi montado a partir de um *brainstorm* entre a equipe de manutenção de pontes rolantes, a engenharia de manutenção e os supervisores de manutenção. O *brainstorm* serve para reunir as equipes e utilizando suas experiências e conhecimentos para gerar novas idéias e chegar a um denominador comum, com intuito de contemplar todos os componentes críticos, os componentes com maior frequência de falha, os que apresentam maior criticidade para a segurança sem esquecer a qualidade do produto e também os custos envolvidos com a manutenção.

É possível observar também que o foco atual da manutenção na empresa ainda é de preservar os itens físicos, diferente do pensamento na MCC, onde o foco é na preservação da função do sistema, conduzindo a uma maior quantidade de tarefas de manutenção quando comparadas ao plano de manutenção tradicional. Estas tarefas adicionais geralmente são pró-ativas e não aumentam o custo de manutenção, pois se tratam de simples ações rotineiras que podem ser realizadas, não só pela equipe de manutenção, mas pelos próprios operadores das pontes rolantes se perfeitamente orientados.

Outro fato observado é que antes da aplicação da MCC, os mecânicos e eletricitas eram apenas encarregados dos serviços de manutenção, manutenção esta predominantemente corretiva. Com a aplicação da nova metodologia, percebe-se um aumento significativo nas ações pró-ativas, contribuindo para reduzir as falhas elétricas e mecânicas nas pontes rolantes e também na participação dos operadores de ponte rolante na inspeção do equipamento, levando na diminuição da carga de trabalho da manutenção, fazendo com que a equipe esteja mais focada na análise de falhas do que na manutenção em si, permitindo gerar mais estudos de modo de falhas e efeitos, fazendo com que mais planilhas de MCC sejam geradas e que as antigas sejam regularmente revisadas. Com isso, formou-se uma equipe de manutenção mais coesa junto com a engenharia de manutenção na solução dos problemas, o que acabou facilitando também o planejamento de todos os serviços de manutenção.

Assim, através deste estudo é possível fazer uma comparação entre a sistemática atual de manutenção adotada pela empresa e a sugerida pela MCC, conforme apresentado no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5: Comparação entre a sistemática atual de manutenção da empresa e a MCC.

SISTEMÁTICA ATUAL DE MANUTENÇÃO DA EMPRESA	MCC
Foco principal no item físico	Foco principal nas funções do sistema e subsistemas
Tarefas de manutenção preventiva como prioridade	Prioridade nas tarefas de manutenção preventiva, preditiva, de melhoria e opção de operar até ocorrer a falha
Todo o planejamento da manutenção definido a partir da inspeção nos equipamentos	Planejamento de manutenção baseado nas condições definidas a partir das inspeções dos equipamentos
A periodicidade da manutenção é definido empiricamente a partir da experiência própria	Periodicidade da manutenção definidas a partir de opiniões de especialistas e uso de fórmulas matemáticas específicas
Os Itens físicos são agrupados por setor	Os Itens físicos são agrupados por unidade funcional
A definição das tarefas de manutenção envolvem apenas aspectos operacionais	A definição das tarefa de manutenção envolvem consequências operacionais, segurança humana, integridade ambiental e econômica
Visão reativa da manutenção	Visão pró-ativa da manutenção

Os resultados da aplicação da metodologia da MCC mostraram ser adequada para o grupo de pontes rolantes da fábrica, mesmo sendo limitada à definição das tarefas e dos planos de manutenção. Através do estudo, ficou evidente o aumento do nível de confiabilidade do sistema, pois assim todos os colaboradores da manutenção, operação e de projetos relacionados às pontes rolantes passaram a conhecer melhor o equipamento, seus potenciais modos de falha, suas causas e conseqüências. Outro aspecto importante é no quesito das informações, que passaram a ser armazenadas de forma mais organizada, contribuindo para agilizar as futuras consultas, otimizando as estratégias de manutenção e contribuindo para a rápida resposta na solução dos problemas. A utilização de gráficos também colaborou para a melhoria da manutenção, pois fica mais claro e evidente o rendimento da equipe.

6. CONCLUSÕES

Através deste trabalho pudemos mostrar a sistemática para a introdução da Manutenção Centrada na Confiabilidade e evidenciar como a manutenção tem um papel cada vez maior na economia mundial, principalmente devido ao fato de que as empresas estão cada vez mais inseridas ao contexto de crescimento do país.

Durante a apresentação da literatura do tema, foi possível fazer uma ampla pesquisa com vários autores especialistas no estudo da gestão da manutenção e mostrar as definições de manutenção durante os anos, os tipos de manutenção utilizada anteriormente, as que são utilizadas hoje e as que serão aplicadas futuramente. Para isso, foram focados os três principais tipos de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva, a fim de uma melhor contribuição para a didática do estudo e servir como um guia para orientar novos trabalhos e estudos de implementação da MCC.

Também ficou evidente durante a realização deste trabalho que a aplicação dos métodos da MCC é uma ferramenta adequada para ser aplicada não só em pontes rolantes, mas também nos demais equipamentos da fábrica, pois diminui o tempo que o equipamento fica parado, gerando um aumento na disponibilidade para a produção. Ela também contribui para o aumento da confiabilidade, pois com uma manutenção atuando antes de ocorrer à falha, garantimos o total funcionamento do ativo. Gera também uma economia tanto na quantidade de peças que devem ficar em estoque como a necessidade de substituição de peças durante a intervenção da equipe de manutenção.

Outro fator de extrema importância é a prevenção de acidentes no trabalho, gerando menos afastamentos na fábrica devido ao fato do funcionário estar mais treinado e educado em todas as operações e processos da fábrica. O cuidado com o impacto que a manutenção exerce no meio ambiente também é salientado no método da MCC.

Por outro lado, podemos citar alguns aspectos negativos que foram identificados durante a realização deste estudo. Por ser uma metodologia recente para a indústria, os conceitos e definições sobre o assunto ainda não são perfeitamente compreendidos por todos, fazendo com que a implementação seja demorada. A falta de uma análise econômica maior também comprometeu as escolhas no processo de seleção das tarefas de manutenção e junto com a falta de informações históricas, fez com que estas definições fossem feitas através de opiniões de especialistas que não fazem parte da equipe de manutenção da Amsted-Maxion.

Salientamos também que a MCC deve ser voltada para a obtenção de resultados em longo prazo, o que permite uma melhor avaliação a respeito da eficácia e eficiência da metodologia.

Com isso, podemos dizer a respeito dos objetivos traçados no início deste estudo:

- O objetivo de apresentar uma aplicação da metodologia da MCC nas pontes rolantes da fábrica foi alcançado, mesmo com as limitações sobre as informações históricas do equipamento. Em um pequeno espaço de tempo, houve uma melhoria significativa na disponibilidade do equipamento.
- A análise da manutenção atual na empresa, mostrando seus aspectos positivos e negativos e sempre indicando as soluções para melhoria foram mostrados de forma clara e de fácil compreensão.
- A apresentação do equipamento em estudo (ponte rolante), com seus principais componentes, foi de grande importância para a didática do sistema de elevação e transporte de cargas suspensas.

Como sugestão para trabalhos futuros, podemos citar os seguintes itens:

- A utilização de softwares mais específicos para a MCC, pois para esta metodologia atingir sua excelência, necessita de um banco de dados amplo para facilitar o seu desenvolvimento.
- Um acompanhamento econômico das ações para determinar a real eficácia da MCC.
- Fazer com que mais itens da fábrica recebam este estudo de aplicação de MCC para difundir mais o conhecimento desta ferramenta a todos os funcionários.
- Insistir na capacitação de toda equipe da manutenção, para que todos tenham um questionamento maior dos problemas da fábrica e também contribuir para a solução destes.

Assim, podemos dizer que com este estudo tem-se a possibilidade de resolver a maioria dos problemas de gerenciamento da manutenção industrial, mais especificamente no que se refere a questões envolvendo pontes rolantes.

REFERÊNCIAS

ARIZA, CLAUDIO FERNANDES. Introdução a Aplicação de Manutenção Preventiva. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

DUARTE, A. M. de Paiva. Implantação da Metodologia Manutenção Centrada na Confiabilidade em Um Grupo de Misturas Mistas – 2011. Dissertação de Pós-Graduação – Universidade de Taubaté, SP.

FOGLIATTO, F. S., RIBEIRO, J. L. D., Confiabilidade e Manutenção Industrial, 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função Estratégica. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001.

KELLY, A & HARRIS, MJ. Administração da Manutenção Industrial, IBP Rio de Janeiro, 1980.

LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

MARQUES, F.T M et al. Sistemas de Controle de Manutenção. Itajubá: UNIFEI, 2003.

MOUBRAY, J. MCCII – Reliability – Centered Maintenance. Second edition, New York: Industrial Press Inc., 2000.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Reliability Centered – Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. Washington, 2000. 356 p.

PARLACHIO, G. – A Profissão de Gerenciamento de Ativos Físicos em 2010. Revista: Nova Manutenção y Qualidade, p. 8-9, Maio - 2002.

SIQUEIRA, IONY PATRIOTA DE. Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SOUZA, Rafael Doro. Análise da Gestão da Manutenção: estudo de caso MRS Logística, Juiz de Fora (MG) 2008. Monografia (graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, MG.

TAKAHASHI, Y.; OSADA – Manutenção Produtiva Total. São Paulo: IMAM, 1993.

TAVARES, L. Excelência na Manutenção. Editora Casa da Qualidade, 1997.

ZAIONS, Douglas Roberto. Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade Em Uma Planta de Papel e Celulose – 2003. Dissertação de Pós-Graduação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

ANEXO A – Check-list do sistema mecânico das pontes rolantes.



CHECK-LIST - PONTE ROLANTE

PONTE: 6728

DATA: ____/____/____

SISTEMA MECÂNICO:

PONTE	OK	NOK
Inspeção visual e limpeza		
Cabine		
Parafuso de centragem		
Passadiço		
Pára-choque da ponte		
RODAS DA TRANSLAÇÃO PONTE		
Pista e aba das rodas tração e livre		
Rolamentos		
Engrenagem/pinhão		
Mancais tração e livre		
MOTOREDUTOR DE TRANSLAÇÃO DA PONTE		
Parafusos de fixação		
Ruídos/aquecimento		
Nível de óleo		
Freio		
EIXO DA TRANSM. DE TRANSLAÇÃO DA PONTE		
Eixo de transmissão		
Mancais, parafusos de fixação		
Acoplamentos		
ESTRUTURA CARRO		
Inspeção visual e limpeza		
Pára-choque do carro		
Trilho do carro		
RODAS DO CARRO		
Pista e abas das rodas tração e livre		
Mancais das rodas tração e livre		
Rolamento das rodas tração e livre		
MOTOREDUTOR DO CARRO		
Parafusos de fixação		
Ruídos/aquecimento		
Nível de óleo		
Freio		
EIXO DA TRANSM. DE TRANSLAÇÃO DO CARRO		
Eixo de transmissão		
Mancais, parafusos de fixação		
Acoplamentos		

REDUTOR DO LEVANTAMENTO PRINCIPAL/AUXILIAR	OK	NOK
Vazamento de óleo		
Ruídos/aquecimento		
Nível de óleo		
Rolamentos		
Parafuso de fixação		
FREIO DA ELEVAÇÃO PRINCIPAL/AUXILIAR		
Fundamentação do freio		
Disco de freio		
Pastilhas de freio		
Braço de acionamento freio		
MOTOR DA ELEVAÇÃO PRINCIPAL/AUXILIAR		
Acoplamento com o motor		
Parafuso de fixação		
Rolamentos		
Eixo		
TAMBORES DA ELEVAÇÃO PRINCIPAL/AUXILIAR		
Ranuras		
Rolamentos		
Mancal		
MOITÃO PRINCIPAL/AUXILIAR		
Estrutura da caixa		
Roldanas		
Gancho		
ROLDANA INTERMEDIÁRIA		
Estrutura		
Ranura da roldana		
Rolamento		
Eixo		
CAPO DE AÇO DA ELEVAÇÃO PRINCIPAL/AUXILIAR		
Desgaste, abrasão e corrosão		
Cípsis de fixação do cabo		
Lubrificação do cabo de aço		
MAGNETORQUE DO LEVANTAMENTO AUXILIAR/PRINCIPAL		
Inspeção visual e limpeza		
Rolamentos		
Parafusos de fixação		

REALIZAR INSPEÇÕES DIÁRIAS DOS ÍTEMS CITADOS ACIMA, MARCANDO COM OK OU NOK E ANOTAR MATRÍCULA E ASSINATURA DO MANUTENIDOR E DO FACILITADOR DE PRODUÇÃO. OBS: ANOTAR AÇÃO A SER REALIZADA NA PARADA DO FINAL DE SEMANA.

OBS:

ACEITE PRODUÇÃO / MANUTENÇÃO (ASSINATURA E Nº MATRÍCULA)

PROD: _____ | MANUT: _____

ANEXO B – Check-list do sistema elétrico das pontes rolantes.



CHECK-LIST - PONTE ROLANTE

PONTE: 6728

DATA: / /

SISTEMA ELÉTRICO:

ELETRIFICAÇÃO LONGITUDINAL/VERTICAL	OK	NOK
Cantoneiras		
Sapatas coletoras e condutivas		
Isoladores e fixações		
Iluminação da ponte		
Pantógrafo e barramento		
ELETRIFICAÇÃO TRANSVERSAL		
Estado dos cabos flexíveis		
Corrente ou cabo de aço de interligação dos troles		
Troles (rodas e batentes)		
Fixação cabos dos prensa cabos das caixas		
Ligações das caixas de passagem		
FREIO DA TRANSLAÇÃO DA PONTE		
Verificar isolação da bobina magnética		
MOTOREDUTOR DA TRANSLAÇÃO DA PONTE		
Coletor e porta escova		
Molas das escovas		
Cabos e ligações de entrada		
Estator e do rotor para massa		
CARRO		
Verificar isolação da bobina magnética		
MOTOREDUTOR DA TRANSLAÇÃO DO CARRO		
Ruídos, vibrações e aquecimento anormal		
Coletor		
Escovas, porta escovas e molas das escovas		
Cabos e ligações de entrada		
Medir isolação do estator e do rotor para massa		
FREIO DO LEVANTAMENTO PRINCIPAL		
Verificar isolação da bobina magnética		
MOTOR DA ELEVAÇÃO PRINCIPAL/AUXILIAR		
Ruídos, vibrações e aquecimento anormal		
Coletor		
Escovas, porta escovas e molas das escovas		
Cabos e ligações de entrada		
Medir isolação do estator e do rotor para massa		
Acoplamentos		
LIMITE DE FIM DE CURSO DA ELEVAÇÃO PRINCIPAL/AUXILIAR		
Verificar funcionamento		
Cabos ou corrente do pino		
Peso e guia do peso		
Contatos, molas e articulações		
Cabos elétricos		
Fixação do conjunto		

CABINE DE COMANDO	OK	NOK
Manetes		
Comandos		
Sirene		
Cabos e ligações de todos os controles		
Iluminação		
PAINEL DE CONTROLE DA PONTE/CARRO		
Estrutura, porta e vedação do painel		
Chave geral, borne e fusíveis de proteção		
Relés temporizados		
Relés de sobrecarga e de aceleração		
Contatores de potência e comando		
Contatores de aceleração e reversão		
Conexões do trafo de comando		
Transformadores		
Inversores de frequência		
PAINEL DA ELEVAÇÃO PRINCIPAL/AUXILIAR		
Estrutura, porta e vedação do painel		
Chave geral, borne e fusíveis de proteção		
Relés temporizados		
Relés de sobrecarga e de aceleração		
Contatores de potência e comando		
Contatores de aceleração e reversão		
Conexões do trafo de comando		
Ligações elétricas		
PAINEL DE CONTROLE DO FREIO DA PONTE		
Funcionamento do painel		
Estrutura, porta e vedação da tampa		
Contator dos relés e ligações		
PAINEL DE CONTROLE DO FREIO LEVANT. PRINC./AUX.		
Verificar funcionamento do painel		
Inspeccionar estrutura, porta e vedações da tampa		
Inspeccionar contator dos relés		
RESISTÊNCIAS DO MOTOR TRANSLAÇÃO DA PONTE/CARRO		
Funcionamento do banco de resistência		
Estrutura, porta e vedação da tampa		
Contator dos relés		
BANCO DE RESISTÊNCIA DO MOTOR LEVANT. PRINC./AUX.		
Verificar funcionamento do banco de resistência		
Inspeccionar estrutura, porta e vedações da tampa		
Inspeccionar contator dos relés		
BANCO DE RESISTÊNCIA DO MAGNETORQUE LEVANT. PRINC./AUX.		
Verificar funcionamento do banco de resistência		
Inspeccionar estrutura, porta e vedações da tampa		
Inspeccionar contator dos relés		

REALIZAR INSPEÇÕES DIÁRIAS DOS ITENS CITADOS ACIMA, MARCANDO COM OK OU NOK E ANOTAR MATRÍCULA E ASSINATURA DO MANUTENIDISTA E DO FACILITADOR DE PRODUÇÃO. OBS: ANOTAR AÇÃO A SER REALIZADA NA PARADA DO FINAL DE SEMANA.

OBS:

ACEITE PRODUÇÃO / MANUTENÇÃO (ASSINATURA E Nº MATRÍCULA)

PROD: _____ | MANUT: _____

