

ANÁLISE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO FOCANDO A MANUTENÇÃO CENTRADA NA
CONFIABILIDADE: ESTUDO DE CASO MRS LOGÍSTICA.

Rafael Doro Souza

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

Aprovada por:

Prof. Clóvis Neumann, DSc

Prof. Eduardo Breviglieri Pereira de Castro, DSc

Prof. Marcos Martins Borges, DSc

JUIZ DE FORA, MG – BRASIL.

JUNHO DE 2008

SOUZA, Rafael Doro.

Análise da Gestão da Manutenção:
estudo de caso MRS Logística,
Juiz de Fora (MG). [manuscrito] /
Rafael Doro Souza. –
Juiz de Fora: Universidade Federal de
Juiz de Fora, 2008.

Monografia (graduação) – Universidade
Federal de Juiz de Fora (MG), Curso de
Engenharia de Produção. “Orientador:
Clóvis Neumann”

1. Manutenção. 2. Confiabilidade. 3. Rastreabilidade
4. Disponibilidade. 5. Ativos.

I. Universidade
Federal de Juiz de Fora. II. Título.

DEDICATÓRIA:

Dedico este trabalho aos meus pais, que tornaram o complexo fato de me tornar um
Engenheiro em uma tarefa simples.

AGRADECIMENTOS:

A minha irmã Isabela pelo companheirismo que suportou muitos momentos complicados durante essa jornada.

Ao professor Clóvis Neumann por acreditar nesse trabalho norteando-me nos momentos de dúvida e equívocos.

Aos professores Eduardo Breviglieri Pereira de Castro e Marcos Martins Borges por aceitarem participar da banca examinadora e pelas contribuições à este trabalho.

Aos demais professores do curso de Engenharia de Produção por estreitarem o caminho entre a academia e o mercado de trabalho.

Aos professores do ICE que formaram “minha cabeça de engenheiro”, facilitando a absorção e aplicação de muitos conhecimentos.

Aos amigos da MRS Logística que se mostram dispostos a compartilhar conhecimento e experiência, fatores indispensáveis para a realização deste trabalho.

Aos amigos da minha turma, que muitas vezes me mostraram como vencer as dificuldades, de onde eu tirei motivação para me tornar um Engenheiro de Produção.

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

ANÁLISE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO MRS LOGÍSTICA

Rafael Doro Souza

Junho/2008

Orientador: Prof. Clóvis Neumann, Dr.

Curso: Engenharia de Produção

Este trabalho realiza a análise da gestão da manutenção da MRS Logística que se encontra em fase de projeto para a transição para um novo enfoque de manutenção: a Manutenção Centrada na Confiabilidade. Apresenta o atual modelo de gestão da manutenção, demonstrando os pontos de carência e a necessidade de mudança no processo de disponibilização de ativos para atender a projeção de crescimento da empresa para os próximos anos. O trabalho foi desenvolvido através de coleta de dados da empresa MRS Logística, focando nas falhas ocorridas nas frotas de vagões de minério para um embasamento estatístico que subsidiou as conclusões do trabalho. Concluiu-se que no atual cenário e para os cenários projetados, há uma real necessidade por parte da empresa de quebrar paradigmas quanto à manutenção de seus ativos. O estudo demonstrou que a Manutenção Preventiva de forma cíclica, baseada em tempo, acarreta num maior tempo de indisponibilidade e perdas de produtividade além de facilitar a prática de manutenções desnecessárias. Para que essa mudança ocorra, de fato, a empresa vem implantando um novo projeto de gestão da manutenção na qual foi apresentado no decorrer deste trabalho.

Palavras-chaves: Manutenção, Confiabilidade, Rastreabilidade, Disponibilidade, Ativos.

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

ANALYSIS OF MANAGEMENT OF MAINTENANCE: A CASE STUDY ON MRS
LOGÍSTICA.

Rafael Doro Souza

June/2008

Advisor: Prof. Clóvis Neumann, Dr.

Course: Production Engineering

This work makes the analysis of the management of maintenance of MRS Logística which is being project for the transition to a new approach to maintenance: Reability-Centered Maintenance. Displays the current model of management of maintenance, showing the points of grace and the need for change in the provision of assets to meet the company's growth projection for the coming years. The work was developed by collecting data from the company MRS Logística, focusing on failures occurring in the fleets of ore wagons to a statistical base subsidised that the conclusions of the work. It was concluded that the current scenario and the projected scenarios there is a real need for the company to break paradigms regarding the preservation of its assets. The study showed that the Preventive Maintenance so cyclical, based on time, carries a greater availability of time and loss of productivity as well as facilitate the practice of unnecessary maintenance. To make this change occurs, in fact, the company is rolling out a new project management of maintenance which was presented in the course of this work.

Key-Words: Maintenance, Reliability, Traceability, Availability, Asset.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE QUADROS	xi
GLOSSÁRIO DE TERMOS E SIGLAS	xii
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1 – APRESENTAÇÃO	1
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
1 – DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	4
2 – TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	5
2.1 – MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	6
2.2 – MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	6
2.3 – MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	8
3 – TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>).....	9
4 – RCM (<i>Reliability-Centered Maintenance</i>).....	11
4.2 – CONCEITOS	12
4.3 – SEQÜÊNCIA DE IMPLEMENTAÇÃO	13
4.4 – FALHAS.....	13
4.5 – FMEA – <i>Failure Mode and Effects</i>	15
4.6 – CONFIABILIDADE, DISPONIBILIDADE E MANUTENABILIDADE	16
5 – GESTÃO DA MANUTENÇÃO	16
5.1 – PLANO DE MANUTENÇÃO	17
5.2 – CADASTRO E CODIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS.....	17
5.3 – MANUTENÇÃO POR OPORTUNIDADE	19
CAPÍTULO III – GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA MRS: DIAGNÓSTICO	20
1 – A MRS LOGÍSTICA E A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	20
2 – A NECESSIDADE DA OTIMIZAÇÃO DA DISPONIBILIDADE	20
3 – O CENÁRIO ATUAL DE MANUTENÇÃO DA MRS	21
4 – CRITÉRIO PARA O CICLO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	23
5 – ESCOPO DAS REVISÕES.....	24
CAPÍTULO IV – ANÁLISE DOS DADOS	26
1 – A MANUTENÇÃO PREVENTIVA CÍCLICA E SUAS DEFICIÊNCIAS.....	26

2 – OS COMPONENTES DOS VAGÕES E SUAS FUNÇÕES.....	29
CAPÍTULO V – ANÁLISE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DA MRS	33
1 – O PROJETO DE MIGRAÇÃO PARA A FILOSOFIA DA MCC	33
2 – CADASTRO DE ATIVOS E COMPONENTES.....	34
3 – DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS: ANÁLISE DE FALHAS.....	34
4 – FUNÇÕES SIGNIFICANTES E DETECTABILIDADE DE FALHAS	38
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES	40
BIBLIOGRAFIA	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crescimento das expectativas de manutenção.....	5
Figura 2: Analogia entre a manutenção preventiva e a medicina preventiva	8
Figura 3: Oito pilares de sustentação da Manutenção Produtiva Total	11
Figura 4: Estrutura de classificação de falhas.....	14
Figura 5: Fluxograma de processos da disponibilização de ativos.....	20
Figura 6: Projeção de TU's transportadas pela MRS	21
Figura 7: Desenho técnico do vagão GDT	22
Figura 8: Desenho técnico do vagão HAT	22
Figura 9: Desenho técnico do vagão HAS	23
Figura 10: Fluxograma de intervenções programadas cíclicas	24
Figura 11: Evolução dos ativos analisados no ano de 2007	27
Figura 12: Quantidade de ocorrências de falhas	27
Figura 13: Quantidade de ocorrências de falhas em vagões GDT	28
Figura 14: Quantidade de ocorrências de falhas em vagões HAT	28
Figura 15: Quantidade de ocorrências de falhas em vagões HAS	29
Figura 16: Quantidade de ocorrências de falhas por componentes rastreáveis	30
Figura 17: Confronto entre o atual cenário da MRS e o previsto com a MCC	33
Figura 18: Proposta de desdobramento do ativo em componentes rastreáveis	34
Figura 19: Padrões de idade-confiabilidade de equipamentos não estruturais aeronaves...	36
Figura 20: Acompanhamento da condição do ativo. Janela ótima de manutenção.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critério para intervenção programada de vagões (valores em Km)	23
Tabela 2: Quantidade de ocorrências de falhas por componentes e por série de vagões ...	30
Tabela 3: Tempo de indisponibilidade por componentes e por série de vagão.....	31
Tabela 4: Tempo de indisponibilidade convertido em ativos.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Evolução da Manutenção Produtiva Total.....	10
Quadro 2: Descrição dos tipos de vagões analisados	22
Quadro 3: Escopo da revisão VR1	24
Quadro 4: Escopo da revisão VR2	24
Quadro 5: Escopo da revisão VR4	25
Quadro 6: Escopo da revisão VRG.....	25
Quadro 7: Matriz de detectabilidade de falhas.....	38
Quadro 8: Matriz de ação sobre a evolução da falha.....	38

GLOSSÁRIO DE TERMOS E SIGLAS

- GDT – Vagão Gôndola, manga T, utilizado para o transporte de minério de ferro
- HAT – Vagão tipo Hopper, manga T, utilizado para o transporte de granéis sólidos
- HAS – Vagão tipo Hopper, manga S, utilizado para o transporte de granéis sólidos
- MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade
- MP – Manutenção Preventiva
- MPT – Manutenção Produtiva Total
- RCM – *Reability-Centered Maintenance*
- TPM – *Total Productive Maintenance*

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

A mecanização e automação das indústrias criaram um cenário onde as máquinas se tornaram um dos principais recursos produtivos. Porém, a gestão da manutenção dessas máquinas, muitas vezes é tratada apenas com ações corretivas o que joga pra baixo a eficiência da produção, pois com a incidência constante de avarias os recursos ficam imobilizados por mais tempo prejudicando a produtividade.

Analisando as organizações de forma sistêmica, a manutenção dos equipamentos por muito tempo era tratada como algo isolado, onde a responsabilidade ficava restrita apenas ao setor de manutenção. Neste sentido Osada (2000), afirma que nos dias de hoje a manutenção produtiva deixou de ser convencional baseada no setor de manutenção e se transformou em Manutenção Produtiva Total, com ênfase na participação total e no papel dos operadores da produção.

Segundo a *ReliaSoft* Brasil (2006), a manutenção está relacionada com a rentabilidade das empresas na medida em que a influência na capacidade de produção, na qualidade do produto e no custo operacional dos equipamentos. Os trabalhos de manutenção elevam o desempenho e disponibilidade dos equipamentos para a produção, mas ao mesmo tempo contribuem para acrescer os custos de operação. O objetivo de um setor ligado a manutenção deve ser, portanto, atingir um equilíbrio entre estes defeitos, maximizando a contribuição do setor na rentabilidade da empresa.

Moubray (1994) *apud* Siqueira (2005), diz que o objetivo da manutenção é assegurar que itens físicos continuem a fazer o que seus usuários desejam que eles façam.

Segundo Smith (1991) *apud* Siqueira (2005), a manutenção tem como objetivo preservar as capacidades funcionais de equipamentos e sistemas em operação.

A saúde física e financeira da maioria das organizações depende da integridade continuada, física e funcional dos seus ativos. Esta é uma das mais relevantes características da atividade econômica do final do século vinte e início do século vinte e um, conforme análise do Moubray (2001) *apud* Alkaim (2003). A disposição à mudança domina quase tudo o que tem sido atualmente escrito sobre gerenciamento. Todas as disciplinas estão sendo exortadas a se adaptar às mudanças no projeto da organização, na tecnologia, nas habilidades de liderança, comunicações, virtualmente em todos os aspectos do trabalho.

Segundo o mesmo Moubray (2001) *apud* Alkaim (2003), no velho paradigma da manutenção, o objetivo era otimizar a disponibilidade da planta ao mínimo custo, no novo paradigma manutenção afeta todos os aspectos do negócio: segurança, integridade

ambiental, eficiência energética e qualidade do produto, não somente a disponibilidade da planta e custo.

A MRS é a empresa na qual o autor deste trabalho desenvolve seu estágio profissionalizante. Por essa razão há uma facilidade no processo de aquisição dos dados o que auxilia no desenvolvimento do estudo. Além disso, a empresa está em processo de migração para essa nova cultura na área de gestão de manutenção, onde vem sendo realizado diversos estudos e ensaiando os primeiros passos da implementação da MCC.

Na busca do crescimento de seu negócio, a MRS Logística deve manter seus ativos em condições necessárias para a produção visando sempre a redução de custos e maximização dos lucros. É neste cenário que a gestão da manutenção coerente e eficaz deve ser focada. Manter os equipamentos disponíveis para atender a demanda é uma tarefa complexa que requer muito estudo e pesquisa.

O objetivo principal deste trabalho foi diagnosticar o atual modelo de gestão da manutenção, analisando a necessidade da implementação de uma nova filosofia baseada na Manutenção Centrada na Confiabilidade, e demonstrar a proposta de um novo modelo de gestão da manutenção da MRS Logística.

O planejamento da manutenção é algo complexo devido ao fato de envolver restrições que se sobrepõem ao processo de manutenção. Com exceção de uma empresa especificamente de manutenção, como uma oficina de automóveis, as empresas têm em sua finalidade produzir, ou, como no caso da MRS, transportar. Com isso o transporte é a prioridade. Para que se coloque um equipamento a disposição da manutenção é preciso analisar se há recursos suficientes para atender a produção, se há mão-de-obra disponível, material ou peças necessárias, enfim, tais restrições devem ser analisadas e criticadas com cautela para o planejamento da manutenção.

Segundo Maynard (1970), o objetivo do pessoal de manutenção é assegurar que a fábrica e seu equipamento sejam mantidos de forma a permitir que sua produção se processe dentro de um custo mínimo por unidade, em compatibilidade com a segurança e o bem-estar da força de trabalho. Em outras palavras, o pessoal da manutenção procura manter a fábrica e o equipamento de forma a aumentar sempre sua contribuição à finalidade última da empresa: obtenção de lucros máximos.

Outro fator importante é o custo envolvido. A incidência contínua de avarias leva a empresa a arcar com onerosas despesas com ações corretivas. Mas por outro lado, um planejamento de manutenção de forma equivocada pode levar a empresa a despender dinheiro com intervenções preventivas desnecessárias, troca de peças indevidas e utilização inadequada da mão-de-obra.

Tendo em vista estes fatores, o estudo da gestão da manutenção aparece como sendo de mais valia no cenário encontrado pelos profissionais de engenharia na busca de

otimização e melhoria de processos. Na MRS, onde há o fato do negócio da organização depender diretamente da disponibilidade dos ativos, a responsabilidade do setor de manutenção tem magnitude substancial, onde seu desempenho tem relação direta com as metas e objetivos de produtividade.

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho consistiu em: uma pesquisa nos documentos e procedimentos que definem o atual modelo de gestão da manutenção da empresa; coleta de informações nos bancos de dados da empresa que registram as ocorrências de falhas dos ativos e as ordens de serviços realizados nos ativos estudados; análise dos dados e geração de resultados através de planilhas eletrônicas e, por fim, uma busca de informações para subsidiar a demonstração da proposta de implementação de um modelo de manutenção.

O foco principal deste estudo de caso foi na gestão da manutenção de vagões que atendem aos fluxos de transporte de minério, ativos da MRS Logística. A imposição desta condição de contorno, de focar apenas neste grupo de ativos, se dá pelo fato de haver uma vasta quantidade de tipos de equipamentos, onde muitos deles encontram-se num ambiente distante do autor deste trabalho além de manter um foco mais específico de análise e resultados.

CAPÍTULO II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Slack (2000) definiu manutenção como o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas ao cuidar de suas instalações físicas. É uma parte importante da maioria das atividades de produção, especialmente aquelas cujas instalações físicas têm papel fundamental na produção de seus bens e serviços. Em operações como centrais elétricas, hotéis, companhias aéreas e refinarias petroquímicas, as atividades de manutenção serão responsáveis por parte significativa do tempo e da atenção da gerência de manutenção.

De acordo com Wyrebski (1997), a conservação de instrumentos e ferramentas é uma prática observada, historicamente, desde os primórdios da civilização, mas, efetivamente, foi somente quando da invenção das primeiras máquinas têxteis, a vapor, no século XVI, que a função manutenção emerge. Naquela época, aquele que projetava as máquinas, treinava as pessoas para operarem e consertarem, intervindo apenas em casos mais complexos. Até então, o operador era o mantenedor - mecânico. Somente no último século, quando as máquinas passam a serem movidas, também, por motores elétricos, é que surge a figura do mantenedor eletricitista.

Assim, com a necessidade de se manter em bom funcionamento todo e qualquer equipamento, ferramenta ou dispositivo para uso no trabalho, em épocas de paz, ou em combates militares nos tempos de guerra, houve a conseqüente evolução das formas de manutenção.

Segundo Monchy (1989) *apud* Wyrebski (1997), o termo "manutenção" tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante. É evidente que as unidades que nos interessam aqui são as unidades de produção, e o combate é antes de tudo econômico. O aparecimento do termo "manutenção" na indústria ocorreu por volta do ano 1950 nos Estados Unidos da América. Na França, esse termo se sobrepõe progressivamente à palavra "conservação".

Dunn (2001) *apud* Alkaim (2003), em seu trabalho "*Reinventing the Maintenance Process*", analisa esta dinâmica sob a ótica proposta por Moubrey (1997) em *Reability-Centered Maintenance*. Descreve as mudanças como sendo três áreas principais:

- crescimento das expectativas de manutenção,
- melhor entendimento de como os equipamentos falham,
- uma escala sempre crescente de técnicas de gerenciamento de manutenção.

E considera, também estas mudanças acontecendo em três “gerações” como delineadas, como ilustrado na Figura 1.

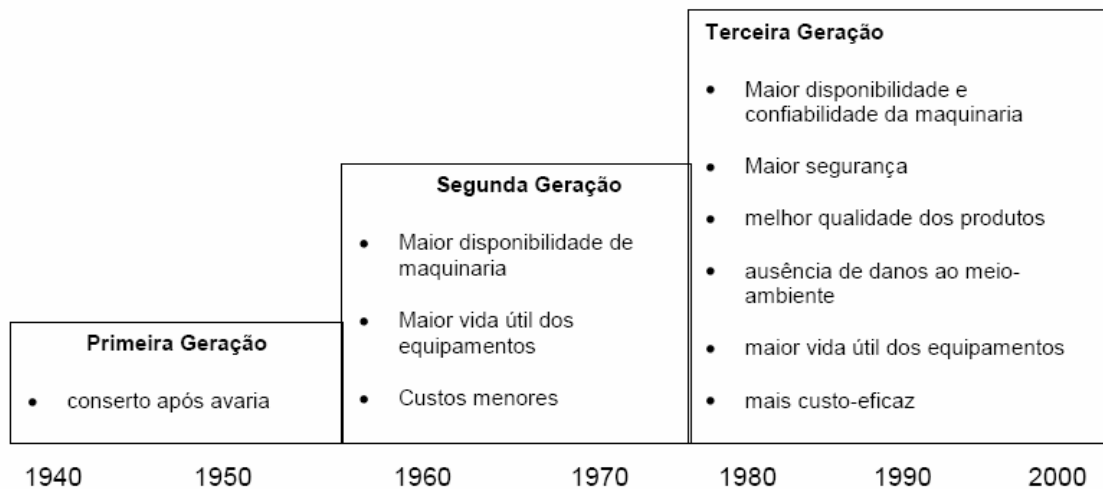


Figura 1: Crescimento das expectativas de manutenção
 Fonte: Moubray (1997) *apud* Alkaim (2003)

2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

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

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

A manutenção Corretiva ou Reativa destina-se a corrigir falhas que já tenham ocorrido, enquanto a Manutenção Preventiva tem o propósito de prevenir e evitar as consequências das falhas. A Manutenção Preditiva busca a previsão ou antecipação da falha; medindo parâmetros que indiquem a evolução de uma falha a tempo de serem corrigidas. Similarmente, a Manutenção Detectiva procura identificar falhas que já tenham ocorrido, mas que não sejam percebidas. A Manutenção Produtiva objetiva garantir a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos. Finalmente, na Manutenção Proativa, a

experiência é utilizada para otimizar o processo e o projeto de novos equipamentos, em uma atitude proativa de melhoria contínua. (SIQUEIRA,2005)

2.1. MANUTENÇÃO CORRETIVA

É a mais simples de ser entendida. É o simples ato de consertar o que está quebrado, inoperante, improdutivo. Antigamente, os equipamentos de produção eram mantidos somente por conta de ações corretivas. Vianna (1991) *apud* Wyrebski (1997) define esta modalidade de manutenção como “atividade que existe para corrigir falhas decorrentes dos desgastes ou deterioração de máquinas ou equipamentos. São os consertos das partes que sofreram a falha, podendo ser: reparos, alinhamentos, balanceamentos, substituição de peças ou substituição do próprio equipamento.”

A opção de ter a manutenção corretiva como a política de manutenção da empresa pode custar caro. Trocar uma peça apenas quando houver quebra pode causar danos em outros itens e assim aumentar o tempo de indisponibilidade do equipamento.

2.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A partir de cerca de 1960 até finais dos anos 80, a manutenção preventiva (MP) foi a mais avançada técnica utilizada pelos departamentos de manutenção das organizações. A MP é baseada em dois princípios: o de que existe uma forte correlação entre idade e a taxa de falhas dos equipamentos, e o de que a vida útil do componente e a probabilidade de falha do equipamento podem ser determinadas estatisticamente, e, por conseguinte, as peças podem ser substituídas ou reconstruídas antes do fracasso. (NASA, 2000)

A manutenção preventiva pode ser vista como uma intervenção técnica no equipamento, com um escopo de ações de manutenção pré-determinado ou troca de itens, antes do mesmo apresentar falhas operacionais ou avarias. Essa proposta visa antever a quebra do equipamento de forma a manter sua disponibilidade total para produção. Isto é o que Monchy (1989) *apud* Wyrebski (1997) resume em "manutenção preventiva é uma intervenção de manutenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha”.

Ratificando este conceito, Vianna (1991) *apud* Wyrebski (1997), afirma que manutenção preventiva é uma filosofia, uma série de procedimentos, ações, atividades ou diretrizes que podem, ou não, ser adotados para se evitar, ou minimizar a necessidade de

manutenção corretiva. Adotar a manutenção preventiva significa introduzir o fator qualidade no serviço de manutenção.

Para assegurar um bom propósito para a manutenção preventiva, é necessário desenvolver um escopo onde são definidos alguns critérios para a intervenção. Esses critérios podem ser definidos avaliando a intensidade de uso do equipamento, respeitando a particularidade de cada um. Seguindo este princípio Almeida (2000) propõe que a implementação da manutenção preventiva real varia bastante. Alguns programas são extremamente limitados e consistem de lubrificação e ajustes menores. Os programas mais abrangentes de manutenção preventiva programam reparos, lubrificação, ajustes, e recondiçõamentos de máquinas para toda a maquinaria crítica na planta industrial. O denominador comum para todos estes programas de manutenção preventiva é o planejamento da manutenção versus tempo.

Contudo a definição deste escopo não pode ser definida apenas analisando o fator tempo. Sobre isso Almeida (2000) diz que o problema com esta abordagem é que o modo de operação e variáveis específicas da planta industrial ou do sistema afeta diretamente a vida operacional normal da maquinaria. O tempo médio entre as falhas (MTBF) não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando com água e uma bombeando polpas abrasivas de minério. O resultado normal do uso da estatística MTBF para programar a manutenção ou é um reparo desnecessário ou uma falha catastrófica. No exemplo, a bomba pode não precisar ser recondiçõada após 17 meses. Portanto, a mão-de-obra e o material usado para fazer o reparo foram desperdiçados. O segundo cenário da manutenção preventiva é ainda mais caro. Se a bomba falhar antes dos 17 meses, somos forçados a consertar usando técnicas corretivas. A análise dos custos de manutenção tem mostrado que um reparo feito de uma forma reativa (isto é, após a falha) normalmente será três vezes mais caro do que o mesmo reparo feito numa base programada, pelas razões citadas anteriormente.

A Figura 2 ilustra de forma clara e objetiva a analogia entre a manutenção preventiva e a medicina preventiva.

ANALOGIA			
SAÚDE HUMANA			SAÚDE DA MÁQUINA
Conhecimento do Homem	Nascimento	Entrada em Operação	Conhecimento Tecnológico
Conhecimento das Doenças	Longevidade	Durabilidade	Conhecimento dos modos de falha
Carnê de Saúde			Histórico
Dossiê Médico			Dossiê da máquina
Diagnóstico, exame, visita médica	Boa Saúde	Confiabilidade	Diagnóstico, perícia, inspeção
Conhecimento de tratamentos			Conhecimento das ações curativas
Tratamento curativo			Retirada do estado de pane, reparo
Operação	Morte	Sucata	Renovação, modernização, troca
MEDICINA			MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Figura 2: Analogia entre a manutenção preventiva e a medicina preventiva

Fonte: Monchy (1989)

2.3. MANUTENÇÃO PREDITIVA

No cenário da gestão da manutenção, a ação preditiva aparece como uma forma mais apurada de programar intervenções nos equipamentos. Consiste no acompanhamento da performance da máquina através da avaliação de alguns indicadores para a definição do momento correto da intervenção de manutenção.

Osada (1993) conceitua manutenção preditiva como sendo “uma filosofia que evita a tendência à supermanutenção (por exemplo, a manutenção e os reparos excessivos) a que estão propensos os enfoques convencionais de manutenção preditiva. Também é uma filosofia de promoção de atividades econômicas de MP com base principalmente em uma pesquisa de engenharia sobre os ciclos de manutenção otimizados.”

O mesmo Osada (1993) definiu oito metas para a manutenção preditiva, que são:

- Determinar o melhor período para manutenção;
- Reduzir o volume do trabalho de manutenção preventiva ;
- Evitar avarias abruptas e reduzir o trabalho de manutenção não planejado;
- Aumentar a vida útil das máquinas, peças e componentes;

- Melhorar a taxa de operação eficaz do equipamento;
- Reduzir os custos de manutenção;
- Melhorar a qualidade do produto;
- Melhorar o nível de precisão da manutenção do equipamento.

Segundo Almeida (2000) a manutenção preditiva é um programa de manutenção preventiva acionado por condições. Ao invés de se fundar em estatística de vida média na planta industrial, por exemplo, tempo médio para falhar, para programar atividades de manutenção, a manutenção preditiva usa monitoramento direto das condições mecânicas, rendimento do sistema, e outros indicadores para determinar o tempo médio para falha real ou perda de rendimento para cada máquina e sistema na planta industrial. Na melhor das hipóteses, os métodos tradicionais acionados por tempo garantem uma guia para intervalos normais de vida da máquina.

3. TPM (*Total Productive Maintenance*) – MPT (Manutenção Produtiva Total)

A TPM, antes de tudo, deve ser encarada como uma filosofia de gestão empresarial focada na disponibilidade total do equipamento para a produção. Tal filosofia deve ser seguida por todos os seguimentos da empresa, desde a alta gerência até o operador do equipamento. A Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial. As empresas Japonesas, até então famosas pela fabricação de produtos de baixa qualidade e arrasadas pela destruição causada pela guerra, buscaram, na excelência da qualidade, uma alternativa para reverter o quadro na qual se encontravam. Com isso, os primeiros registros de implementação de TPM pertencem à empresa Nippon Denso, pertencente ao grupo Toyota. No Brasil, essa filosofia começou a ser praticada em 1986.

Quadro 1: A Evolução da Manutenção Produtiva Total

Evolução	1970		1980		1990		2000	
Década	1970		1980		1990		2000	
Estratégia	Máxima Eficiência dos Equipamentos				Produção TPM		Gestão TPM	
Foco	Equipamento				Sistema de Produção		Sistema Geral da Companhia	
Perdas	Perda por Falha		6 Perdas Principais Assim Dividadas: nos Equipamentos		16 Perdas Assim Dividadas: Equipamentos Fatores Humanos Recursos na Produção		20 Perdas Assim Dividadas: Processos Inventário Distribuição Compras	

Fonte: Adaptado de Imai (2000) apud Wyrebski (1997)

De acordo com as palavras de Jostes e Helms (1994) *apud* Wyrebski (1997), a Manutenção Produtiva Total (TPM), descreve uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, mais particularmente entre produção e manutenção, para melhoramento contínuo da qualidade do produto, eficiência operacional, e da própria segurança. A essência do TPM é que os operadores dos equipamentos de produção participem dos esforços de manutenção preventiva, auxiliem os mecânicos nos consertos quando o equipamento está fora de operação e, juntos, trabalhem no equipamento e no processo de melhoria do grupo de atividades.

IM&C internacional, JIPM *Japan Institute of Plant Maintenance* (2000) *apud* Moreira (2003), propôs oito pilares de sustentação para embasar a TPM, a saber:

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

A Figura 3 ilustra de forma esquemática os oito pilares da TPM.

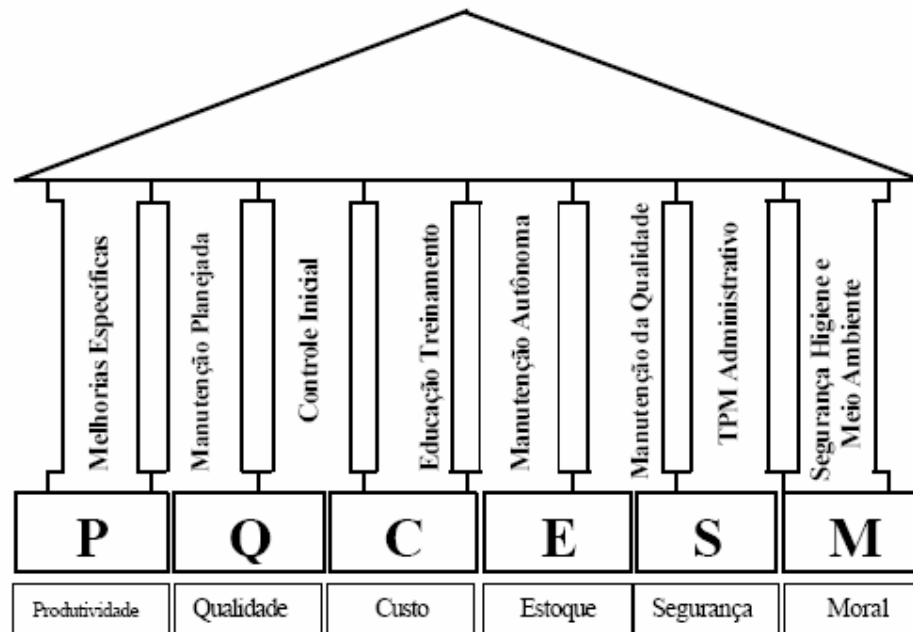


Figura 3: Oito pilares de sustentação da Manutenção Produtiva Total
 Fonte: Suzuki (1994) *apud* Moreira (2003)

Segundo Takahashi (1993) a Manutenção Produtiva Total está entre os métodos mais eficazes para transformar uma fábrica em uma operação com gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as mudanças da sociedade contemporânea. A primeira exigência para essa transformação é que todos (inclusive a alta gerência, os supervisores e os operários) voltem sua atenção a todos os componentes da fábrica – matrizes, dispositivos, ferramentas, instrumentos industriais e sensores – reconhecendo a importância e o valor do gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as tendências contemporâneas. É imprescindível compreender o gerenciamento orientado para o equipamento, pois a confiabilidade, a segurança, a manutenção e as características operacionais da fábrica são elementos decisivos para a qualidade, quantidade e custo.

4. RCM (Reliability-Centered Maintenance) – MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade)

4.1. HISTÓRICO DA MCC

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

Siqueira (2005) afirma que a origem da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) está relacionada aos processos tecnológicos e sociais que se desenvolveram após a Segunda Guerra Mundial. No campo tecnológico, foram decisivas as pesquisas iniciadas pela indústria bélica americana, seguidas pela automação industrial em escala mundial, viabilizadas pela evolução da informática e telecomunicações, presentes em todos os aspectos da sociedade atual.

4.2. CONCEITOS

De acordo com a Nasa (2000), a MCC é um processo alternativo de manutenção que é utilizado para definir a abordagem mais efetiva para a manutenção visando aumentar a operacionalidade dos equipamentos, melhorar a segurança e reduzir os custos de manutenção. Têm como base identificar as ações a serem tomadas para reduzir a probabilidade de falha dos equipamentos e identificar os custos mais efetivos. A MCC procura estabelecer uma combinação ótima das ações de manutenção a serem desenvolvidas com base na condição, no tempo ou ciclo de operação e na operação até a falha dos equipamentos. A MCC é um processo contínuo que reúne dados do desempenho operacional do sistema e utiliza estes dados para melhorar o projeto e a manutenção futura. Esta estratégia, ao invés de ser aplicada independentemente, ela é integrada para tirar vantagem de sua força de modo a otimizar a instalação, a operacionalidade e a eficiência dos equipamentos, ao mesmo tempo, minimizar o custo do ciclo de vida dos equipamentos.

A abordagem da Manutenção Centrada na Confiabilidade é resumida, segundo Slack (2000), como: “se não podemos evitar que as falhas aconteçam, é melhor evitar que elas

tenham importância.” Em outras palavras, se a manutenção não pode prever ou mesmo prevenir as falhas, e as falhas têm consequências importantes, então os esforços deveriam ser dirigidos a reduzir o impacto de tais falhas.

4.3. SEQÜÊNCIA DE IMPLEMENTAÇÃO

A metodologia MCC, segundo Siqueira (2005), adota uma seqüência estruturada, composta de sete etapas, a saber:

- Seleção do Sistema e Coleta de Informações;
- Análise de Modos de Falha e Efeitos;
- Seleção de Funções Significantes;
- Seleção de Atividades Aplicáveis;
- Avaliação da Efetividade das Atividades;
- Seleção das atividades Aplicáveis e Efetivas;
- Definição da Periodicidade das Atividades.

A primeira etapa, Seleção do Sistema e Coleta de Informações, objetiva identificar e documentar o sistema ou processo que será submetido à análise. Na etapa de Análise de Modos de Falha e Efeitos são identificadas e documentadas todas as funções e seus modos de falha, assim como os efeitos adversos produzidos por elas, utilizando a metodologia FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*). Na Seleção de Funções Significantes, utiliza um processo estruturado para analisar cada função identificada na etapa anterior, e determinar se uma falha tem efeito significativo. Na etapa de Seleção de Atividades Aplicáveis, determinam-se as tarefas de manutenção preventiva que sejam tecnicamente aplicáveis para prevenir ou corrigir cada modo de falha. A quinta etapa, Avaliação da Efetividade das Atividades, constitui-se em um processo estruturado para determinar se uma tarefa de manutenção preventiva é efetiva para reduzir, a um nível aceitável, as consequências previstas para uma falha. Na Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas, utiliza-se um processo estruturado para determinar a melhor tarefa. Por fim, a sétima etapa estabelece os métodos e critérios para definição da periodicidade de execução das atividades selecionadas.

4.4. FALHAS

Falha é a cessação de funções ou bom desempenho. A MCC analisa falha em vários

níveis: nível do sistema, nível do sub-sistema, nível do componente e, às vezes, até mesmo ao nível de peças. O objetivo de uma organização da manutenção eficaz é promover um sistema de desempenho a baixo custo. Isto significa que a manutenção adequada deve basear-se numa clara compreensão das falhas em cada um dos níveis do sistema. O sistema de componentes podem ser degradados ou até mesmo apresentar falha, e mesmo assim não causar um sistema de falha. (Um exemplo simples é a falha em um farol de automóvel. Este componente tem pouco efeito sobre o desempenho global do sistema). Inversamente, a degradação de vários componentes pode causar um sistema de falha, embora não exista falha de algum componente individual. (NASA, 2000)

Siqueira (2005) afirma que, de maneira geral, uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada. Completando esta definição, as falhas podem ser classificadas sob vários aspectos, tais como origem, extensão, velocidade, manifestação, criticidade ou idade. A figura abaixo relaciona estes aspectos, em acréscimo à classificação adotada pela MCC.

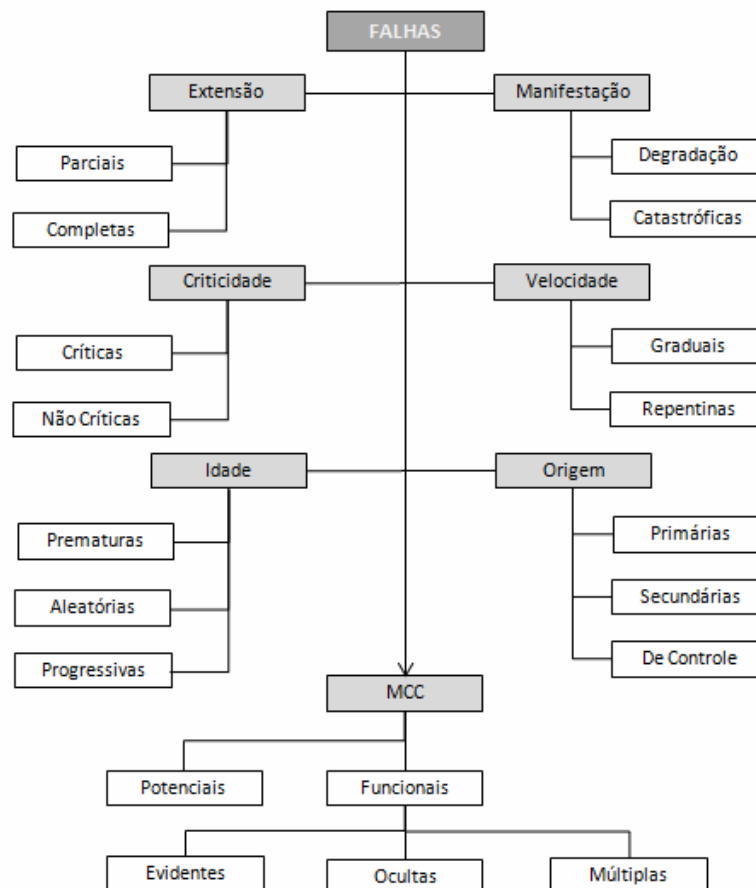


Figura 4: Estrutura de classificação de falhas
Fonte: Siqueira (2005)

Prevenir e corrigir falhas constituem os objetivos primários da manutenção. Para isto é necessário conhecer as formas como os sistemas falham. O estudo das falhas constitui parte essencial da Manutenção Centrada na Confiabilidade, seguindo-se à identificação e documentação das funções. (SIQUEIRA, 2005)

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:

- **Falha Funcional** – definida pela incapacidade de um item de desempenhar uma função específica dentro de limites desejados de performance; e
- **Falha Potencial** – definida como uma condição identificável e mensurável que indica uma falha funcional pendente ou em processo de ocorrência. (SIQUEIRA, 2005)

As falhas funcionais, por sua vez, são classificadas pela MCC, em três categorias, de acordo com sua visibilidade:

- **Falha Evidente** – a qual, por si só, é detectada pela equipe de operação durante o trabalho normal;
- **Falha Oculta** – uma falha que não é detectada pela equipe de operação durante o trabalho normal; e
- **Falha Múltipla** – uma combinação de uma falha oculta mais uma segunda falha, ou evento, que a torne evidente. (SIQUEIRA, 2005)

4.5. FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*

Siqueira (2005) afirma que, na manutenção, a MCC utiliza a FMEA com o propósito de avaliar, documentar, e priorizar o impacto potencial de cada falha funcional, visando definir formas de prevenção ou correção. Um estudo de FMEA envolve a identificação sistemática dos 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 efeito.

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

4.6. CONFIABILIDADE, DISPONIBILIDADE e MANUTENABILIDADE

Confiabilidade, segundo a NASA (2000) é 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 esse período. Se a probabilidade condicional de falha aumenta com a idade, o item mostra características de desgaste. A probabilidade condicional de falha reflete o efeito negativo global da idade sobre a confiabilidade.

À manutenção interessa a probabilidade de que o item sobreviva a um dado intervalo (de tempo, ciclo, distância, etc.). Esta probabilidade de sobrevivência é denominada de confiabilidade. (SIQUEIRA, 2005)

O conceito de disponibilidade é utilizado para apurar o tempo que os equipamentos ficam à disposição para atuarem de forma produtiva. O tempo disponível do equipamento é simplesmente o tempo que o equipamento está operando somado ao tempo de *standby*. O tempo de indisponibilidade é o tempo que o equipamento permanece sob intervenção de reparo ou aguardando a equipe de manutenção.

A *ReliaSoft* Brasil (2006) afirma que os usuários querem produtos que estejam prontos para o uso quando estes necessitam deles. Isto vai ao encontro da "disponibilidade", ou seja, a aptidão de um item no desempenho de sua função designada quando requerido para uso. A disponibilidade de um produto depende do número de falhas que ocorrem (confiabilidade), de quanto tempo se leva para sanar essas falhas (manutenabilidade) e da quantidade de apoio logístico reservado para a manutenção.

5. GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Segundo Osada (1993) o gerenciamento da manutenção de considerar os seguintes pontos: (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 dos equipamentos; (6) reduzir os custos de energia e materiais adquiridos, através de inovações no equipamento e melhorias dos métodos de sua utilização. Todas essas tarefas são fundamentais para reestruturar a

empresa como resposta aos desafios futuros. Elas precisam ser realizadas com a participação de todos os funcionários.

5.1. PLANO DE MANUTENÇÃO

O plano de manutenção deve ser construído avaliando alguns fatores restritivos, tais como a capacidade da equipe de manutenção, necessidade da produção para com o equipamento e a necessidade do equipamento por manutenção.

Osada (1993) afirma que uma das desculpas para impedir a manutenção planejada é “não há tempo suficiente”. A razão para o tempo insuficiente é o fato de que o departamento de operações não paralisaria o equipamento apenas para as atividades de manutenção.

Segundo Osada (1993) as vantagens de um plano de manutenção podem ser resumidas da seguinte forma:

- O número de etapas pode ser identificado e o trabalho transformado em rotina.
- As exigências de recursos humanos podem ser planejadas, de modo a tornar disponível o pessoal necessário.
- Os erros na aquisição de materiais, peças, sobressalentes e subcontratação de serviços podem ser evitados.
- A qualidade pode ser verificada e podem ser adquiridos materiais de melhor qualidade.
- Através da criação de planos de trabalho detalhados, os cronogramas podem ser preparados e coordenados com os planos de produção.
- Os ciclos de reparo podem ser identificados para que possam ser tomadas as medidas em tempo hábil.
- Os padrões para o trabalho de reparo podem ser identificados, permitindo que o trabalho seja executado de forma eficiente.
- Planos de reparo simultâneos podem ser criados.
- O senso de responsabilidade das pessoas pode ser estimulado.
- Através de atividades de trabalho planejadas, um grande volume de trabalho pode ser realizado de forma mais eficiente.

5.2. CADASTRO E CODIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Para fazer o gerenciamento da manutenção é preciso ter um cadastro único que abranja todos os equipamentos que serão mantencionados. Ter o histórico de falhas, manutenções realizadas, peças trocadas, entre outras informações, facilita o gestor na tomada de decisões no planejamento da manutenção.

Segundo Marques (2003), os equipamentos de produção compreendem todas as máquinas, isoladas ou integradas, que permitem a fabricação dos diferentes produtos ou realizar o serviço requerido. Os equipamentos periféricos são aqueles que compõem ou dão suporte aos equipamentos principais, tais como geradores de energia, caldeiras, ferramentas, compressores, etc. existem também os equipamentos classificados como facilidades, tais como iluminação, aquecimento, canalizações de fluidos, etc. e as instalações propriamente ditas da empresa, que também requerem manutenção, tais como edificações, ruas, muros, telefones, redes de computadores, etc. Esta classificação coloca em evidência alguns imperativos da organização:

- A necessidade de se ter um inventário dos equipamentos, codificado, analisado e localizado;
- A necessidade de repartir e precisar os domínios de responsabilidade da manutenção dos bens;
- A necessidade de determinar prioridades e níveis de manutenção;
- A necessidade de reagrupar em "famílias" os diferentes bens.

Ainda de acordo com Marques (2003), o Cadastro de Equipamentos deve ser feito por família de equipamentos que possam ser recondicionáveis, devendo conter as seguintes 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.

5.3. MANUTENÇÃO POR OPORTUNIDADE

A manutenção por oportunidade, ou manutenção oportunista, segundo Osada (1993), significa aproveitar o tempo de paralisação do equipamento quando ela ocorre, em contraste à paralisação para manutenção planejada. Este método envolve a investigação minuciosa dessas oportunidades e suas ocorrências, enfocando os seguintes aspectos:

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

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.

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA MRS LOGÍSTICA

1. A MRS LOGÍSTICA E A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

A organização da MRS é dividida em processos, onde há processos clientes e processos fornecedores. A Figura 6 define de forma clara a estruturação organizacional de processos que define a Engenharia de Manutenção e o processo de disponibilização de ativos.

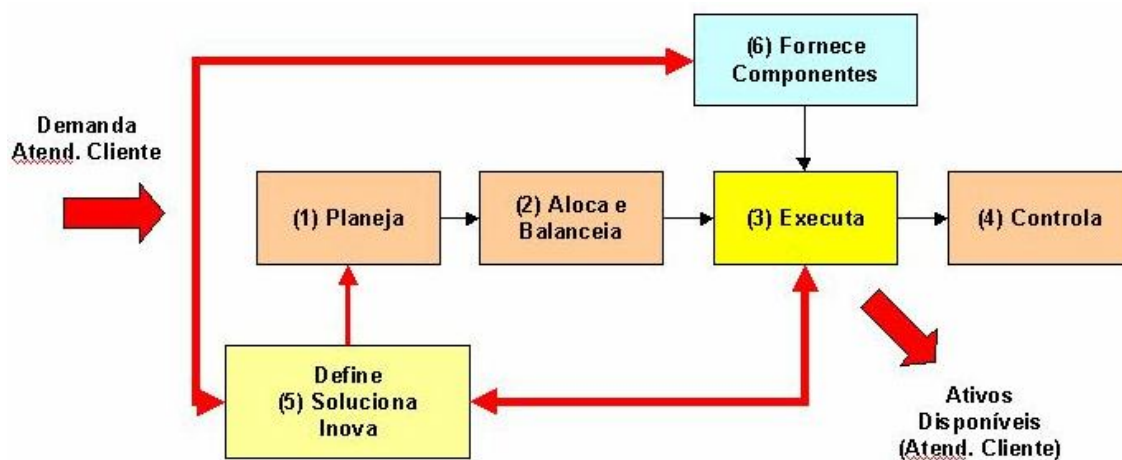


Figura 5: Fluxograma de processos da disponibilização de ativos.
Fonte: MRS Logística

Conforme a Figura 5, acima, o processo de disponibilização de ativos é fornecedor do processo de atendimento ao cliente. Para que o cliente seja atendido, ou seja, para que haja transporte de cargas sobre trilhos, é necessário ter ativos disponíveis. Esse é o dever e o desafio da Engenharia de Manutenção frente ao processo global da Companhia. Manter os ativos capazes de exercerem suas funções para atender ao transporte.

2. A NECESSIDADE DA OTIMIZAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DOS EQUIPAMENTOS

No cenário econômico mundial o mercado chinês é o mais observado e cobiçado. Crescendo em escalas astronômicas, o país vem chamando atenção para boas oportunidades. Como o principal pilar do crescimento é a indústria de base, a MRS vê no mercado chinês uma boa oportunidade para aumentar em escalas também astronômicas a carga de minério de ferro transportada. De acordo com dados da Diretoria Comercial da empresa, o crescimento anual projetado, testa a casa dos 20%. Porém essa oportunidade é

desafiadora. A seguir a Figura 6 apresenta uma projeção de toneladas úteis transportada considerando a previsão da demanda chinesa de minério e a quantidade transportada pela MRS nos últimos anos.

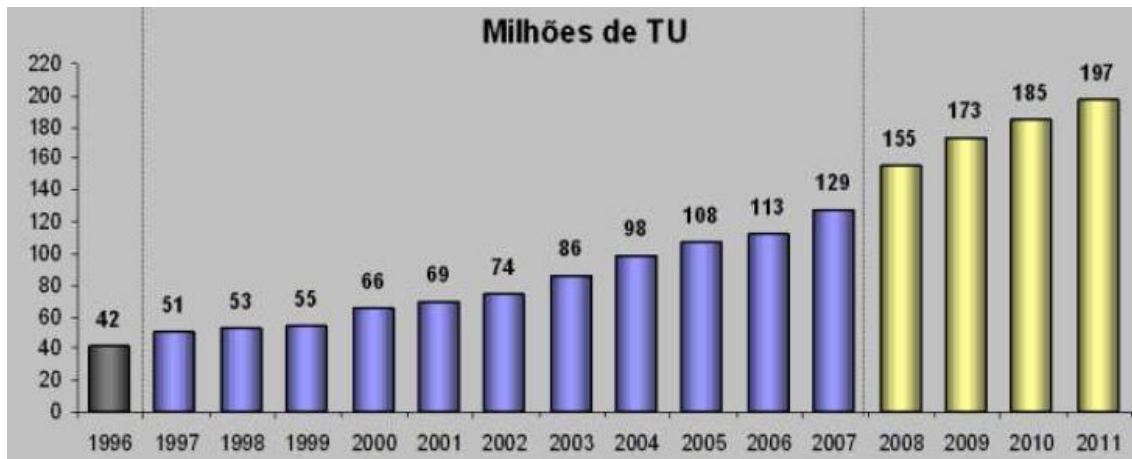


Figura 6: Projeção de tonelada úteis (TU) transportadas pela MRS
Fonte: MRS Logística

O simples fato de aumentar o número de ativos circulando na malha ferroviária, não garante a maximização do fluxo. Pelo contrário. Circular com muitos trens faz com que aumente as filas nos terminais de carga e descarga, ou até mesmo, caso haja algum ativo avariado, o transtorno logístico de manobra acarretará em grandes danos produtivos. Aumentar as TU's (toneladas úteis) transportadas nessa proporção só será possível dentro de uma política de manutenção onde os ativos tenham seus tempos disponíveis maximizados, o que se resume na confiabilidade dos ativos. Além disso, falhas aleatórias que impactam no tráfego ferroviário deverão ser extintas, ou próximo disso.

Outro desafio dentro dessa conjuntura projetada para o negócio da empresa é que para aumentar a produtividade também será necessário reduzir o tempo para fazer a manutenção. Isso implica diretamente em realizar apenas a manutenção necessária em um menor tempo.

3. O CENÁRIO ATUAL DE MANUTENÇÃO DA MRS

A empresa tem definido, por procedimentos documentados, escopos de revisões específicas para cada tipo de equipamento. Esses escopos de revisões foram definidos utilizando como base a filosofia de Manutenção Preventiva onde de acordo com algum indicador associado ao equipamento foram estabelecidos limites para intervenções cíclicas.

Como já citado nas condições de contorno deste trabalho, foi tratado casos sobre manutenção de vagões capazes de transportar minério. Neste caso há três tipos de vagões, a saber:

Quadro 2: Descrição dos tipos de vagões analisados

	GDT	HAT	HAS
Utilização corrente	Minério	Granéis sólidos e expostos ao tempo	Granéis e expostos ao tempo
Bitola	1,60 m	1,60 m	1,60 m
Sistema Carga	Por cima	Por cima	Por cima
Sistema Descarga	Em Car-Dumper	Tremonhas	Tremonhas
Altura útil	1,90 m	2,10 m	2,10 m
Largura útil	2,70 m	2,70 m	2,70 m
Comprimento útil	8,80 m	7,90 m	6,50 m
Capacidade	130 ou 120 toneladas	119 ou 130 toneladas	100 toneladas

Fonte: MRS Logística

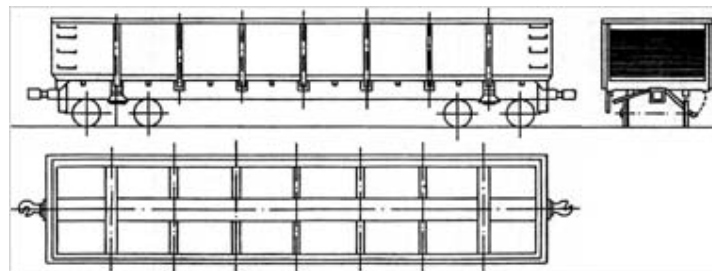


Figura 7: Desenho técnico do vagão GDT

Fonte: MRS Logística

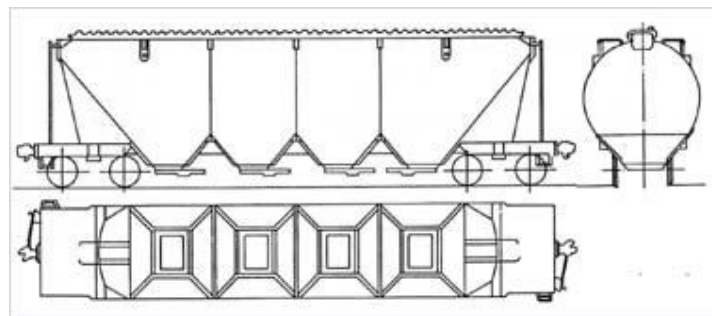


Figura 8: Desenho técnico do vagão HAT

Fonte: MRS Logística

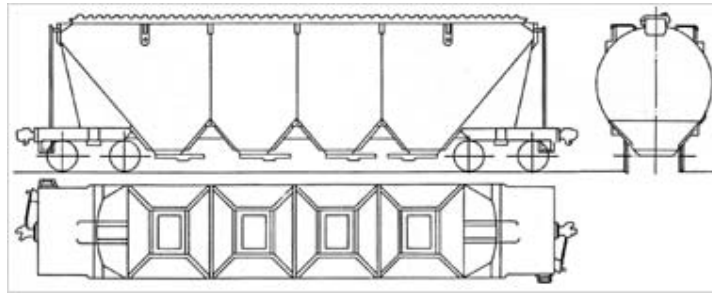


Figura 9: Desenho técnico do vagão HAS
Fonte: MRS Logística

4. CRITÉRIO PARA O CICLO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA OS VAGÕES

Atualmente a definição do ciclo de manutenção utiliza critérios tais como o tipo de carga transportada, o trecho no qual a frota circula e a sazonalidade da demanda do vagão. No caso da frota de minério, objeto deste estudo, as intervenções de manutenção são desencadeadas pela quilometragem percorrida pelo vagão.

Há quatro tipos e consequentemente quatro escopos de intervenções de manutenção em vagões denominadas de VR1, VR2, VR4 e VRG. Esta nomenclatura surgiu pelo fato de antigamente o ciclo era determinado por tempo. A VR1 era realizada anualmente, a VR2 a cada dois anos, a VR4 a cada quatro anos e a VRG, revisão geral, a cada oito anos. Porém estudos de engenharia fizeram com que fosse definido um contador mais justo para definir a necessidade da intervenção preventiva. Assim sendo, foi feita uma média de quilometragem percorrida pelos vagões anualmente através de bases históricas e o ciclo preventivo foi adaptado para o contador quilometragem percorrida, conforme o quadro abaixo.

Tabela 1: Critério para intervenção programada de vagões (valores em Km)

Série	VR1	VR2	VR4	VRG
GDT	150.000	300.000	600.000	1.200.000
HAT	100.000	-	400.000	800.000
HAS	100.000	-	400.000	800.000

Fonte: MRS Logística

De acordo com a tabela acima, se a empresa compra um vagão da série GDT, assim que ele percorrer 150.000 quilômetros ele é programado para sofrer uma VR1. Feita a intervenção, ele roda mais 150.000 quilômetros e é parado por conta de uma VR2. Percorre novamente a mesma quilometragem e volta sofrer uma VR1. E assim sucessivamente até percorrer 1.200.000 quilômetros sofrer uma revisão geral, e zerar o contador de quilometragem, conforme a Figura 11, disposta abaixo.

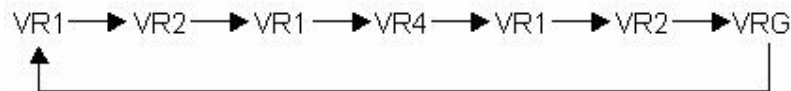


Figura 10: Fluxograma de intervenções programadas cíclicas

Fonte: MRS Logística

5. ESCOPO DAS REVISÕES

Conforme já citado anteriormente, para cada tipo de revisão preventiva realizada na empresa há um escopo específico, onde há uma aumento de itens verificados e substituídos à medida que há a utilização do ativo. Os quadros abaixo descrevem os componentes verificados e ação realizada sobre eles nos escopos referidos.

Quadro 3: Escopo da revisão VR1

Componentes	Ação realizada
Truque	Inspeção e avaliação (sem levantar o vagão)
Rodeiros	Inspeção e avaliação
Choque e tração (engate)	Teste de Partícula Magnética
Timoneira	Inspeção
Componentes de Freio	Inspeção
Coletor de Pó	Limpeza
Borracha do bocal	Substituição
Mangueira de ar	Inspeção

Fonte: MRS Logística

Quadro 4: Escopo da revisão VR2

Componentes	Ação realizada
Truque	Inspeção e avaliação (sem levantar o vagão)
Rodeiros	Inspeção e avaliação
Choque-tração (engate)	Reparo
Demais componentes do aparelho de choque e tração	Reparo
Timoneira	Inspeção
Componentes de Freio	Inspeção
Coletor de Pó	Limpeza
Borracha do bocal	Substituição
Mangueira de ar	Inspeção

Fonte: MRS Logística

Quadro 5: Escopo da revisão VR4

Componentes	Ação realizada
Truque	Inspeção e avaliação desacoplando-o do vagão
Truque	Reparo
Rodeiros	Substituição
Choque-tração (engate)	Reparo ou substituição (condicional)
Demais componentes do aparelho de choque e tração	Reparo ou substituição (condicional)
Timoneira	Inspeção
Componentes de Freio	Inspeção
Sapatas de Freio	Substituição
Coletor de Pó	Substituição
Borracha do bocal	Substituição
Mangueira de ar	Inspeção

Fonte: MRS Logística

Quadro 6: Escopo da revisão VRG

Componentes	Ação realizada
Truque	Inspeção e avaliação desacoplando-o do vagão
Truque	Reparo
Rodeiros	Substituição
Choque-tração (engate)	Reparo ou substituição (condicional)
Demais componentes do aparelho de choque e tração	Reparo ou substituição (condicional)
Timoneira	Inspeção
Componentes de Freio	Inspeção
Mangueras de freio	Substituição
Torneiras angulares	Substituição
Válvulas	Substituição
Cilindro Completo de Freio	Substituição
Reservatório de Ar	Substituição
Freio Manual	Substituição
Uniões e ligações	Substituição
Sapatas de Freio	Substituição
Coletor de Pó	Substituição
Borracha do bocal	Substituição

Fonte: MRS Logística

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DOS DADOS

1. A MANUTENÇÃO PREVENTIVA CÍCLICA E SUAS DEFICIÊNCIAS

Com a difusão dos conceitos trazidos pela Manutenção Centrada na Confiabilidade, a Manutenção Preventiva (MP) passou a ser vista como uma espécie de paradigma a ser quebrado. No caso deste estudo a MP traz desvantagens graves no ponto de vista estratégico e competitivo para a empresa, pois neste contexto há necessidade de mais ativos, para suprir os ativos retidos nos postos de manutenção por conta de intervenções desnecessárias. Além disso, tais intervenções desnecessárias e em momentos inoportunos contribui para a elevação dos custos operacionais de maneira significativa.

A definição de critérios de MP cíclica é complicada pelo fato de as empresas serem diferentes entre si. Se um fabricante vende uma locomotiva para uma operadora ferroviária australiana, por exemplo, o manual de instruções para manutenção é igual a uma locomotiva vendida ao Canadá. Porém é notório a diferença de condições de clima, de relevo e até mesmo de tipo de carga transportada. Outro exemplo pode ser citado analisando o caso da própria MRS com outras ferrovias brasileiras. Para transportar o minério dos pontos de carga situados ao redor de Belo Horizonte, Minas Gerais, aos portos do Rio de Janeiro e ao porto de Santos, as locomotivas e os vagões tem que vencer a Serra do Mar, o que resulta num esforço muito maior do que as locomotivas de uma operadora ferroviária que transporta soja do Centro-Oeste brasileiro ao interior paulista. Por conta disso, cada empresa deve estudar e definir seu próprio sistema de gestão da manutenção.

Neste trabalho, para verificar a eficiência da manutenção preventiva na gestão dos ativos, neste caso vagões de minério, foi utilizado um indicador denominado de retrabalho. O critério de retrabalho foi determinado de forma que fosse possível medir até que ponto a periodicidade e o escopo da manutenção garantem que o ativo não necessite de intervenções não programadas entre os ciclos de manutenções preventivas. Com isso foi analisado o desempenho de falhas dos vagões durante o ano de 2007 correlacionando-as com o tempo que o vagão trafegou entre a última revisão e a falha.

Como o atual sistema que gerencia a manutenção da empresa não tem interface direta com o sistema de operação ferroviária, que gera a quilometragem percorrida, foi-se necessário fazer uma aproximação na qual o indicador quilometragem fosse representado por um indicador tempo. O que volta a ser como era antes, onde as intervenções preventivas era realizadas anualmente para as três séries de vagões.

A título de base de comparação segue abaixo a evolução da frota ativa dos vagões estudados durante o ano de 2007.

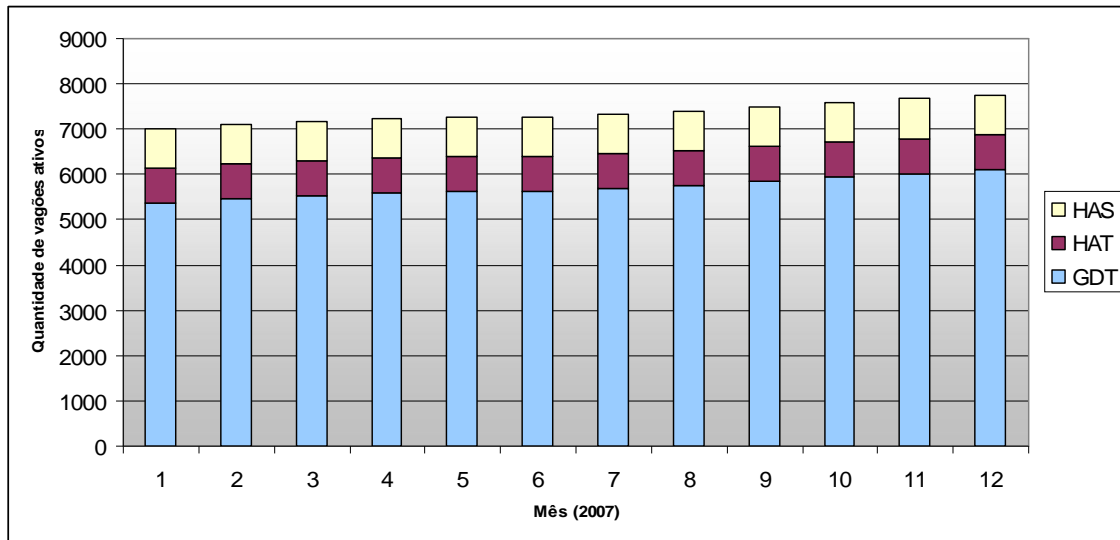


Figura 11: Evolução dos ativos analisados no ano de 2007
Fonte: MRS Logística

O cálculo do retrabalho foi realizado analisando todas as ocorrências de avarias no ano de 2007 confrontando com a última revisão preventiva realizada antes de tal ocorrência. O tempo entre a última revisão e a ocorrência foi agrupado em classes a título de análise. Ou seja, se um vagão saiu de uma revisão preventiva e em menos de trinta dias ele sofreu uma avaria abrupta, essa ocorrência estará contida na classe “menor que 30” no gráfico abaixo. O resultado em termos absolutos segue abaixo.

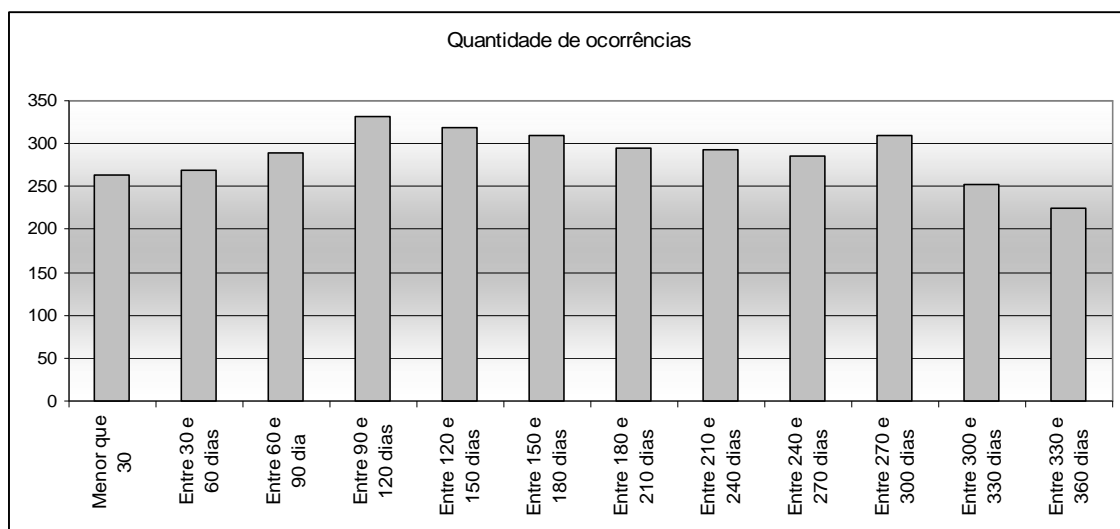


Figura 12: Quantidade de ocorrências de falhas
Fonte: MRS Logística

Como pode se observado no gráfico acima, cerca de 3440 vagões voltam aos postos de manutenção por conta de uma avaria antes de completar o tempo/quilometragem previsto para sofrer uma nova intervenção programada. Abaixo segue o gráfico estratificado por série de vagão.

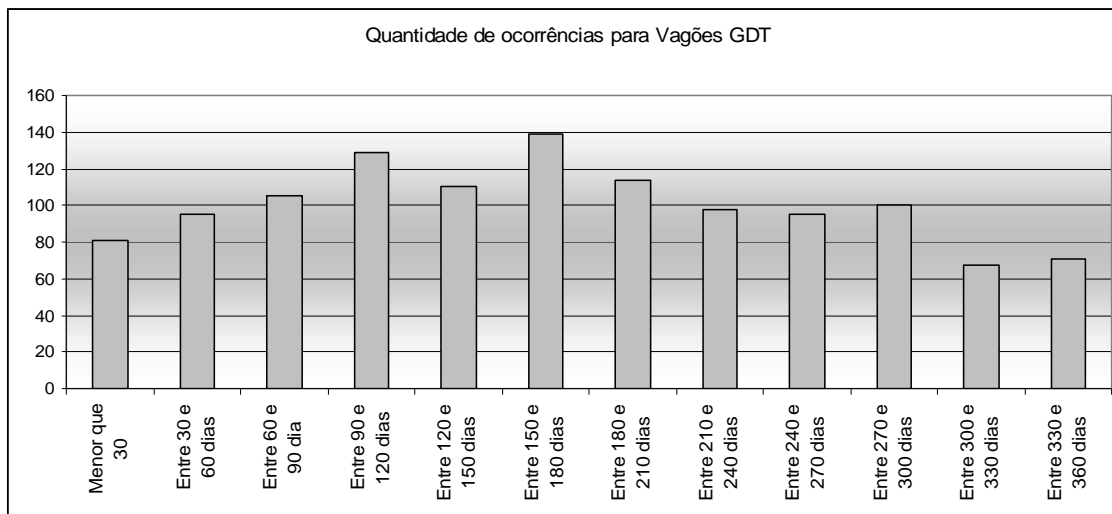


Figura 13: Quantidade de ocorrências de falhas em vagões GDT
Fonte: MRS Logística

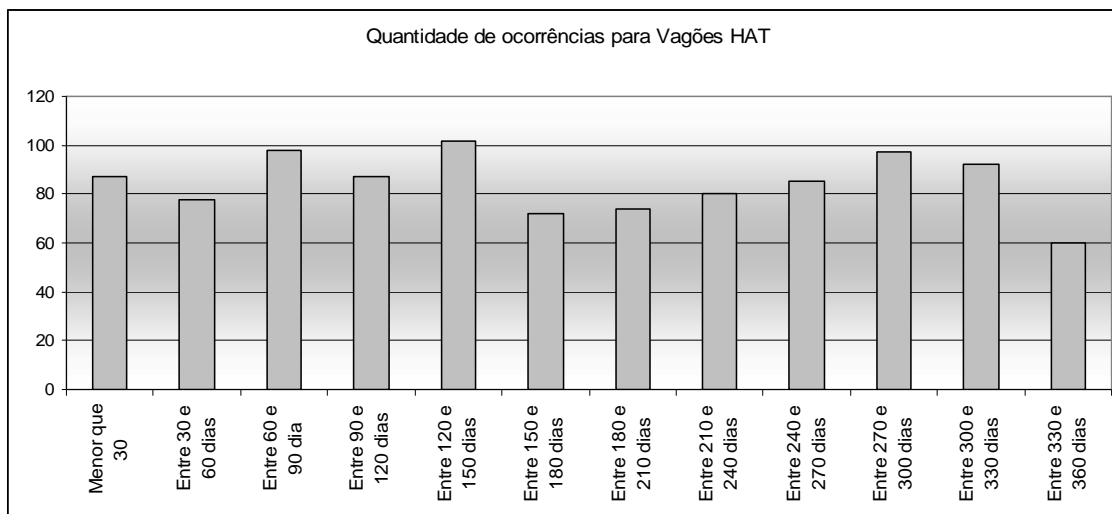


Figura 14: Quantidade de ocorrências de falhas em vagões HAT
Fonte: MRS Logística

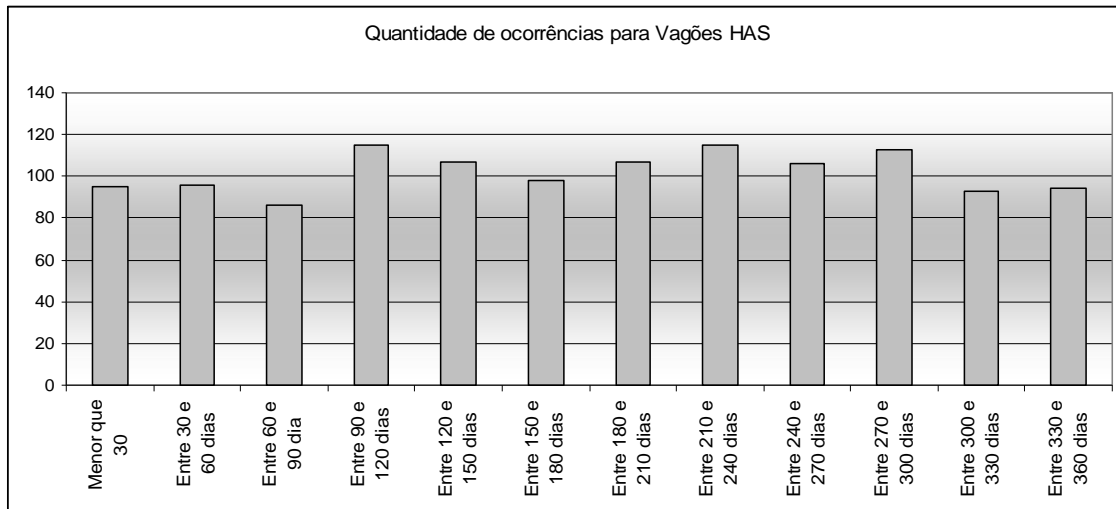


Figura 15: Quantidade de ocorrências de falhas em vagões HAS
Fonte: MRS Logística

2. OS COMPONENTES DOS VAGÕES E SUAS RESPECTIVAS FUNÇÕES

Quando se fala em MCC é usual desdobrar o ativo, neste caso o vagão, em componentes que desempenham uma determinada função. Cada componente deve ser analisado separadamente e seus critérios de manutenção devem ser distintos. Neste estudo, o vagão teve o seguinte desdobramento:

- **Rodeiros:** conjunto de eixo, rolamentos e rodas.
- **Conjunto de choque e tração:** componente responsável pelo engate do vagão. Conjunto que transmite a tração da locomotiva.
- **Truque:** componente acoplado a caixa do vagão onde são aplicados os rodeiros.
- **Sistema de freio:** sapatas, mangueiras, válvulas e reservatório de ar.

Seguindo este desdobramento foi analisado o índice de retrabalho gerado por cada componente, conforme gráfico abaixo.

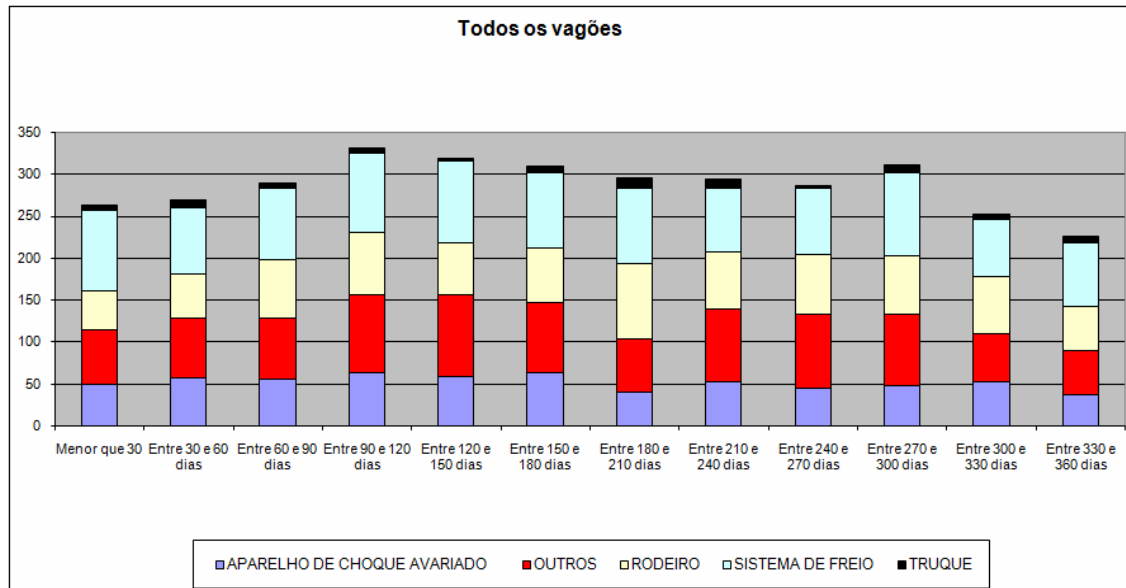


Figura 16: Quantidade de ocorrências de falhas estratificadas por componentes rastreáveis
Fonte: MRS Logística

O gráfico acima mostra que cerca de 80% das ocorrências estão associadas aos componentes desdobrados neste estudo, o que gera a oportunidade para a implementação de um estudo de MCC deixando de controlar o ativo e passando a acompanhar o desempenho dos componentes. Essa oportunidade será desdobrada em uma proposta que está em fase inicial de implementação na empresa e será descrita neste trabalho. A tabela abaixo estratifica esses dados para cada série de vagão.

Tabela 2: Quantidade de ocorrências de falhas por componentes e por série de vagões

	APARELHO DE CHOQUE			RODEIRO			SISTEMA DE FREIO			TRUQUE			OUTROS			Total
	GDT	HAT	HAS	GDT	HAT	HAS	GDT	HAT	HAS	GDT	HAT	HAS	GDT	HAT	HAS	
Menor que 30	29	11	10	18	13	15	12	32	53	3	2	1	19	29	16	263
Entre 30 e 60 dias	44	7	6	17	14	22	13	28	38	5		4	16	29	26	269
Entre 60 e 90 dias	41	9	6	24	30	15	16	30	39	4	1	2	20	28	24	289
Entre 90 e 120 dias	44	12	7	30	21	23	23	27	44	5	1	1	27	26	40	331
Entre 120 e 150 dias	39	8	11	19	26	17	27	21	49	1	1	2	24	46	28	319
Entre 150 e 180 dias	41	10	12	31	20	14	31	16	42	1	2	5	35	24	25	309
Entre 180 e 210 dias	25	8	7	36	26	28	30	13	47	5	2	5	18	25	20	295
Entre 210 e 240 dias	30	12	10	21	14	33	17	14	45	4	3	3	26	37	24	293
Entre 240 e 270 dias	23	3	19	26	27	18	16	19	43	1	1	2	29	35	24	286
Entre 270 e 300 dias	25	9	13	22	25	22	28	22	50	2	3	3	23	38	25	310
Entre 300 e 330 dias	30	8	14	13	38	16	13	22	34	2	2	2	9	22	27	252
Entre 330 e 360 dias	24	4	9	16	19	18	14	17	45	1	4	2	16	16	20	225
Total	395	101	124	273	273	241	240	261	529	34	22	32	262	355	299	3441

Fonte: MRS Logística

Foi classificado como outros, avarias que afetam a estrutura do vagão, como longarinas, caixa de carga e chapas de fundo e lateral. Esses tipos de avarias são complicadas de serem tratadas com a rastreabilidade prevista pela MCC, pois são ocasionadas por ações inadequadas nos processos de carga e descarga onde pás carregadeiras e a própria força

humana provocam danos estruturais nos vagões. O tratamento desses tipos de defeitos não foi tratado no trabalho em questão pelo simples fato de ser uma questão qualitativa onde deve haver planos de ações para melhorar os processos onde são freqüentes estes tipos de avaria.

Outro indicador analisado neste trabalho foi o tempo de indisponibilidade que estes retrabalhos geram para a operação ferroviária. Indisponibilidade foi definido aqui como o tempo no qual o ativo não pode ser utilizado para produção. Neste caso foi calculado este tempo a partir do momento da ocorrência até o ativo ser liberado pelas oficinas, pois por questão de segurança uma vez o ativo avariado ele não pode ser carregado. Sendo assim o início do contador do tempo de indisponibilidade se dá no momento da falha independente de quando ele chegará a algum posto de manutenção. A tabela a seguir mostra o tempo de indisponibilidade gerado pelas 3441 ocorrências que ocasionaram o retrabalho.

Tabela 3: Tempo de indisponibilidade por componentes e por série de vagão

	GDT	HAS	HAT	Total em dias
APARELHO DE CHOQUE AVARIADO	2034,39	1111,70	471,88	3617,97
RODEIRO	1084,49	3239,93	1241,03	5565,45
SISTEMA DE FREIO	981,85	2268,61	636,07	3886,54
TRUQUE	126,72	323,10	72,27	522,09
OUTROS	4939,57	2722,67	1784,34	9446,59
Total em dias	9167,03	9666,02	4205,59	23038,64

Fonte: Banco de dados da MRS

Para traduzir estes números em ativos foi utilizada uma normalização na qual, pelo fato do horizonte temporal ter sido o ano de 2007 ao dividir o número total de dias indisponíveis pela quantidade de dias que há em um ano, obtém-se a quantidade de ativos que ficaram indisponíveis por conta dessa avarias em 2007. O resultado segue abaixo.

Tabela 4: Tempo de indisponibilidade convertido em ativos

	GDT	HAS	HAT	Total em dias
APARELHO DE CHOQUE AVARIADO	2034,39	1111,70	471,88	3617,97
RODEIRO	1084,49	3239,93	1241,03	5565,45
SISTEMA DE FREIO	981,85	2268,61	636,07	3886,54
TRUQUE	126,72	323,10	72,27	522,09
OUTROS	4939,57	2722,67	1784,34	9446,59
Total em dias	9167,03	9666,02	4205,59	23038,64
Total em ativos	25,12	26,48	11,52	63,12

Fonte: MRS Logística

Além do fato da perda de produtividade por conta da indisponibilidade do vagão, outro fato de grande impacto deste indicador são as complicações logísticas ocasionadas

para fazer com que os vagões avariados cheguem a um posto de manutenção por conta de uma intervenção não programada. O tráfego ferroviário é extremamente complexo e qualquer alteração na operação por conta de manobras e desvios acarreta na diminuição da eficiência operacional. De acordo com os números acima, cerca de sessenta e três vagões ficaram indisponíveis durante o ano todo por conta dessas ocorrências.

CAPÍTULO V

ANÁLISE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DA MRS

1. O PROJETO DE MIGRAÇÃO PARA A FILOSOFIA DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Conforme observado nos capítulos anteriores, o paradigma da MP no cenário estratégico e competitivo das empresas acarreta em diversos danos produtivos. O desafio proposto é sair de uma estrutura onde haja intervenções corretivas e preventivas apenas e ingressar em uma política de manutenção onde os ativos, desdobrados em componentes, sejam monitorados mantidos pela sua condição. Os gráficos abaixo ilustram os cenários atuais e o proposto na MRS.



Figura 17: Confronto entre o atual cenário da MRS e o previsto com a MCC
Fonte: MRS Logística

Para ser possível tal enfoque na confiabilidade é necessário, com já citado acima neste trabalho, o desdobramento do ativo em componentes de forma que haja rastreabilidade total de todos os itens controlados. Sendo assim a proposta é a criação de uma espécie de hierarquia onde há um ativo pai que contém sub-ativos. O diagrama abaixo ilustra tal hierarquia.

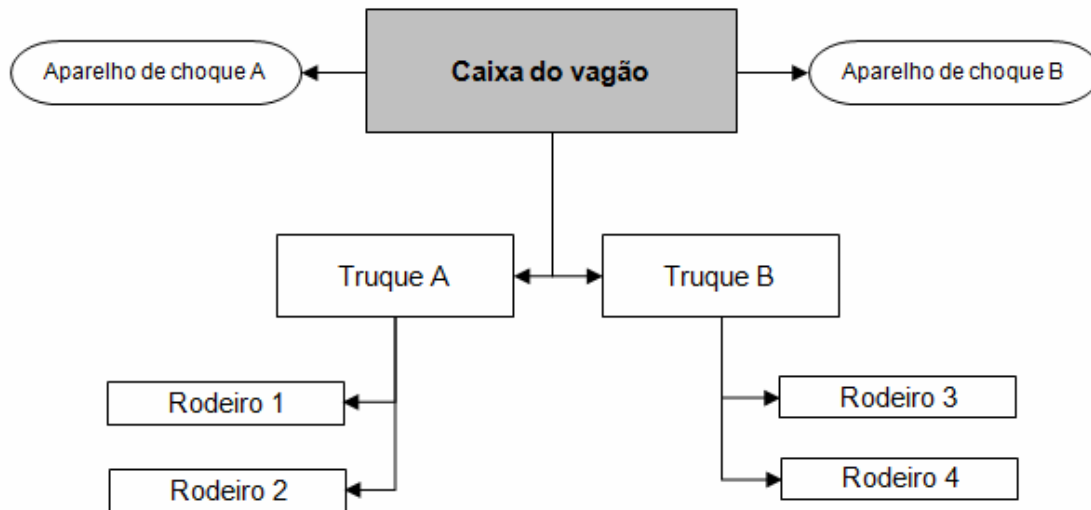


Figura 18: Proposta de desdobramento do ativo em componentes rastreáveis.

2. CADASTRO DE ATIVOS E COMPONENTES

Para este processo de rastreabilidade é imprescindível que haja um cadastro único, centralizado e confiável. Atualmente na empresa isso não ocorre, porém tal ação está prevista na implementação do projeto MCC. Este cadastro deve ser mantido a partir da serialização de todos os componentes através de uma codificação numérica ou pela tecnologia de códigos de barra.

Outra questão importante e que atualmente não é praticada no cenário de manutenção da empresa é uma interface mais coesa entre os sistema de gerenciamento da operação ferroviária e o sistema de gerenciamento da manutenção. Para a nova proposta surge a necessidade de agregar contadores aos ativos e componentes cadastrados. Quando se fala em contadores faz-se referência a, por exemplo, quilometragem, TKB (tonelada bruta transportada multiplicada pela quilometragem percorrida pelo ativo), tempo decorrido, entre outros indicadores que possam parametrizar a condição dos componentes do ativo.

Através do cadastro único e dos contadores associados a cada componente é permitido então o monitoramento do ativo e seus componentes que, através de parâmetros definidos por estudos de engenharia de manutenção, o setor da empresa responsável pelo planejamento e controle da manutenção possa tomar decisões quanto ao melhor momento para a intervenção do equipamento.

3. DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS: ANÁLISE DE FALHAS

Há um paradigma na história da manutenção onde a probabilidade de ocorrência de falha segue uma curva conhecida como “curva da banheira”, ilustrada abaixo. Tal curva descreve um 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. Existe uma infinidade de variáveis tais como clima e aplicação do recurso, que se difere entre as organizações. Por conta disso cada organização deve estruturar sua política de definição de parâmetros com a finalidade da criação do melhor cenário de atuação da manutenção.

Segundo Siqueira (2005) *apud* NASA (2000), estudos recentes em aeronaves comprovaram que 89% dos defeitos não-estruturais eram oriundos de componentes cujos mecanismos de falha não apresentavam taxas de falhas crescentes, como pode ser observado nos gráficos a seguir.

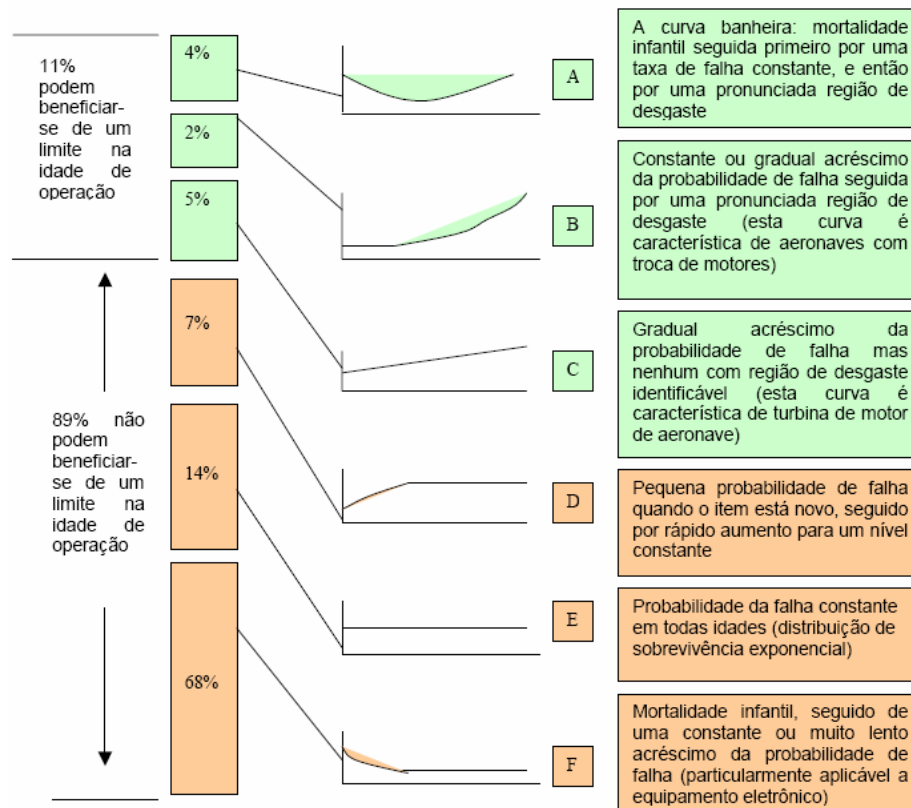


Figura 19: Padrões de idade-confiabilidade para equipamentos não estruturais de aeronaves
Fonte: Smith (1993) *apud* Alkaim (2003)

Isso mostra que para cada componente, para cada situação e para cada uma das situações de utilização dos equipamentos há um modelo de probabilidade distinto que pode ser estimado através de métodos que serão expostos abaixo.

Siqueira (2005) apresenta sete modelos mais usuais na Engenharia de Manutenção para auxiliar nos processos decisórios de estimação da periodicidade e do escopo das manutenções. São eles:

- Exploração de idade
- Diagramas de Influência
- Árvore de Eventos
- Teoria dos Jogos
- Teoria Bayesiana
- Processos Markovianos
- Decisões Multicritérios

O objetivo deste estudo não contempla um aprofundamento nesses modelos supracitados, porém é importante salientar a necessidade de profundos estudos de engenharia de manutenção para que haja parâmetros que subsidiem a gestão da manutenção focada na confiabilidade.

Todos estes estudos vão possibilitar que o planejador da manutenção programe as visitas dos vagões aos postos de manutenção aproveitando a chamada janela ótima de manutenção, proposta também por Siqueira (2005) e ilustrada a seguir. Essa janela consiste em intervir no equipamento no momento entre o início de uma disfunção e a falha, que no caso do tráfego ferroviário são avarias que provocam a parada do trem.

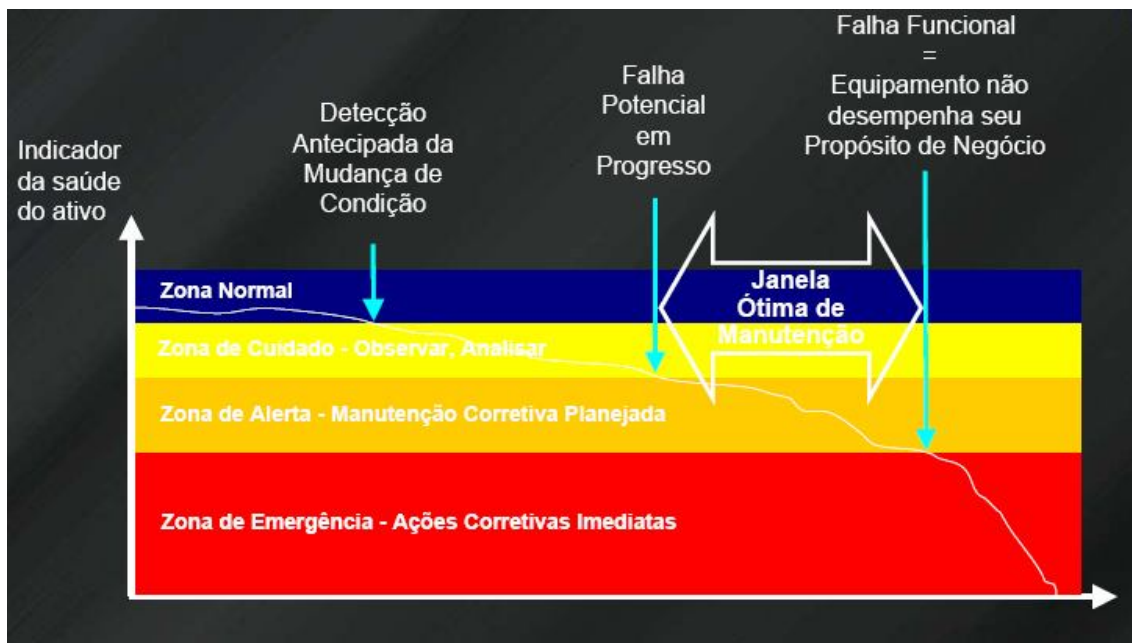


Figura 20: Acompanhamento da condição do ativo. Janela ótima de manutenção
Fonte: MRS Logística

No projeto de implementação do sistema de manutenção na MRS centrada na confiabilidade estão sendo previstos modos e tecnologias para que se possa enxergar de forma estratégica essa janela. Para isso tem que haver mais pontos de inspeção em locais oportunistas, tais como pontos de carga e descarga, investimentos mais pesados em tecnologias de automação e, o mais importante e que já está sendo implementado no momento de execução deste trabalho: um sistema de informação único e integrado onde o fluxo das informações seja claro e confiável, pois sem informações confiáveis, a utilização das estatísticas se torna inviável para a tomada de decisões.

Outra decisão importante que pode ser tomada embasada na curva acima é a relação custo/benefício de recuperar a saúde do ativo o levando de volta novamente para zona normal. Pode haver um momento em que o ativo esteja desgastado de uma tal forma que seja inviável economicamente investir em intervenções que recupere todas as suas funções.

4. FUNÇÕES SIGNIFICANTES E DETECTABILIDADE DE FALHAS

De acordo com Siqueira (2005) uma função será significativa se uma falha funcional vier a provocar efeito adverso no sistema principal, com conseqüências sobre a segurança, ao meio ambiente, a operação e a economia. Tal avaliação é realizada pelos impactos das falhas funcionais e não por sua importância ou dimensão, isoladamente. Em paralelo, são

propostas duas tabelas onde são esquematizadas níveis de detectabilidade de riscos, e tipo de manutenção por comportamento da falha.

Quadro 7: Matriz de detectabilidade de falhas

Nível	Detectabilidade	Descrição
1	Fácil	Falha detectável por procedimento operacional
2	Razoável	Falha detectável por inspeção operacional
3	Difícil	Falha detectável por ensaio funcional
4	Muito difícil	Falha detectável apenas por desligamento
5	Impossível	Falha totalmente oculta

Fonte: Siqueira (2005)

Quadro 8: Matriz de ação sobre a evolução da falha

Evolução da Falha	Ação	Tipo de Manutenção
Estável	Nenhuma	Desnecessária
Mensurável	Detectar	Inspeção Preditiva
Previsível	Antecipar	Restauração ou Substituição
Controlável	Controlar	Serviço Operacional
Invisível	Descobrir	Inspeção Funcional
Visível	Corrigir	Manutenção Corretiva
Incontrolável	Reparar	Reparo Funcional

Fonte: Siqueira (2005)

No caso estudado, considerando o ativo desdobrado em componentes, pode-se montar uma análise de cada componente no que tange seus níveis de detectabilidade e o tipo de ação tomada para controlar e agir sobre as falhas potenciais.

O aparelho de choque e tração tem um nível de detectabilidade “muito difícil” onde a falha só pode ser prevista por um ensaio funcional com a indisponibilidade do equipamento, pois a tecnologia utilizada para detectar uma possível falha, o ultra-som, só é possível dentro dos postos de manutenção o que força o desvio do vagão para a oficina e conseqüentemente sua indisponibilidade para a operação. No ponto de vista da evolução da falha, foi classificada como “invisível”, onde só a ação tomada é “descobrir” a falha através de uma “inspeção funcional”.

Em relação ao truque seu nível de detectabilidade é classificado como “razoável”, pois sua condição pode ser monitorada por “inspeções operacionais” que podem ser realizadas simultaneamente a eventos operacionais como carga e descarga, pesagem, entre outros. A ação a ser tomada é “corrigir” através de uma “manutenção corretiva” assim que o veículo tiver uma oportunidade de visitar um posto de manutenção sem que haja impacto no tráfego ferroviário.

O rodeiro é um componente que aparece com um certo destaque na empresa por se tratar de um componente que possui tecnologias de última geração capazes de automatizar inspeções preditivas. Há treze equipamentos instalados em pontos estratégicos da malha

ferroviária que geram informações quanto a desgaste de rolamentos, através da aferição da temperatura dos rolamentos pela radiação infravermelha. Porém o conjunto rodeiro, não é composto apenas de rolamentos e há outros tipos de avarias que podem resultar em falhas, como, por exemplo, a alteração do perfil da rodas que, se não tratado no momento e de forma correta, pode resultar no descarrilhamento dos vagões. Portanto, este componente foi classificado quanto à detectabilidade como “razoável”, pois só é possível a detecção antecipada da falha através de uma “inspeção operacional” com a aferição das medidas das rodas.

Já o sistema de freio, por ser composto de diversos sub-componentes, tem sua capacidade de detecção de falha classificada como “razoável” por necessitar de “inspeções operacionais” de mantenedores em todos os sub-componentes, tais como mangueiras, reservatórios, sapatas, etc. A ação recomendada para suprimir a possível falha é “antecipar”, promovendo a restauração e a substituição de sub-componentes que venham a apresentar sinais de desgaste.

CAPÍTULO V CONCLUSÕES

As elevadas taxas de crescimento a níveis econômicos das indústrias mundiais trazem consigo a necessidade de melhoria no que tange a gestão empresarial. A Gestão da Manutenção aparece neste cenário como uma oportunidade de otimização de sistemas produtivos envolvendo redução de custos e de investimentos em equipamentos novos. Manter os ativos disponíveis se torna um desafio extremamente necessário para a estratégia de crescimento e desenvolvimento empresarial.

Outro ponto tratado neste trabalho e que vem sendo constantemente tratado no universo empresarial é a quebra de paradigmas, ou em outras palavras, simplesmente, mudança. Implementar qualquer tipo de cultura ou filosofia nas quais a organização não está preparada ou familiarizada, é algo que se tornou imprescindível para o posicionamento das empresas no mercado mundial, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil.

No caso da MRS Logística, onde há uma projeção de crescimento para os próximos anos em escalas extremamente superiores à própria projeção de crescimento da economia nacional, puxada pela demanda chinesa de minério de ferro, implementar mudanças e quebrar paradigmas são palavras chaves para o posicionamento da empresa nestes cenários prospectivos.

A atual maneira na qual a empresa conduz a gestão da manutenção de seus ativos, conforme dados expostos em capítulos anteriores, não é capaz de subsidiar o processo de atendimento ao cliente, onde além dos altos índices de indisponibilidade de ativos o transtorno operacional/logístico ocasionado pelas manobras e desvios de vagões avariados ao longo da malha ferroviária acarreta perdas produtivas que, fatalmente, impedirão a organização de atingir os níveis projetados de crescimento de toneladas úteis transportadas.

O paradigma da Manutenção Preventiva cíclica, baseado na idade dos ativos, aos poucos vem sendo quebrado, sobretudo após a difusão dos conceitos da MCC. No estudo de caso apresentado neste trabalho, observou-se deficiências apresentadas por estes modelos de prevenção onde altos índices de retrabalho fazem evidenciar a supermanutenção, ou seja, manutenções desnecessárias, e a dificuldade de acompanhamento da saúde do ativo, que conseqüentemente acarreta na impossibilidade de detecção de falhas potenciais.

O projeto de migração da gestão da manutenção da MRS Logística para um cenário centrado na confiabilidade, apesar de, até o término deste trabalho, estar em fase de projeto de implementação, traz novas propostas que certamente irão confrontar de forma positiva com o atual modelo. Ações como controlar componentes ao invés de ativos, adicionar

contadores de parâmetros diretamente a cada componente promovendo a rastreabilidade dos mesmos, já traz melhorias que certamente irão colocar processo de disponibilização de ativos da Companhia em uma posição que não seja um gargalo para as taxas de crescimentos previstas.

Findado o estudo ratifica-se a importância do ato de estreitar a distância entre a academia e as organizações para que assuntos como este, a Manutenção Centrada na Confiabilidade, sejam difundidos no meio acadêmico e, em contrapartida, estes trabalhos possam contribuir de forma substancial para a implementação de novos projetos de mudança de foco na gestão da manutenção de outras empresas.

BIBLIOGRAFIA

- ALKAIM, João Luiz. METODOLOGIA PARA INCORPORAR CONHECIMENTO INTENSIVO ÀS TAREFAS DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE APLICADA EM ATIVOS DE SISTEMAS ELÉTRICOS. 2003. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.
- ALMEIDA, Márcio Tadeu de. Manutenção Preditiva : Confiabilidade e Qualidade. Itajubá: 2000. 5 p. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2007.
- MARQUES, F.T.M et al. Sistemas de Controle de Manutenção. Itajubá: UNIFEI, 2003.
- MAYNARD, H. B.. Manual de Engenharia de Produção. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1970. 179 p.
- MOREIRA, Evandro Luís de Mello. Análise da Implementação da Manutenção Produtiva Total na Área de Estamparia em uma Empresa do Setor Automobilístico. 2003. 52 f. Monografia (Especialização) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2003.
- MRS LOGÍSTICA (Brasil). Institucional da Empresa. Disponível em: <<http://www.mrs.com.br>>. Acesso em: 18 nov. 2007.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. Washington, 2000. 356 p.
- RELIASOFT BRASIL. Manutenção Centrada em Confiabilidade. São Paulo, 2006. 142 p.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 747 p.
- SIQUEIRA, Iony Patriota de. Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.
- TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. Manutenção Produtiva Total. São Paulo: Instituto Iman, 1993. 322 p.
- WYREBSKI, Jerzy. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - UM MODELO ADAPTADO. 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy/>>. Acesso em: 10 out. 2007.