

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Luís Carlos Simei

**VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA
MCC NAS MANUTENÇÕES DE EQUIPAMENTOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL E MINERAÇÃO**

Taubaté – SP

2015

Luís Carlos Simei

**VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA
MCC NAS MANUTENÇÕES DE EQUIPAMENTOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL E MINERAÇÃO**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Programa Mestrado Profissionalizante de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes

Taubaté – SP

2015

Luís Carlos Simei

**VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA MCC NAS
MANUTENÇÕES DE EQUIPAMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E MINERAÇÃO**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Programa de Mestrado
Profissionalizante de Engenharia Mecânica
do Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica

Data: 07/11/2015.

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. José Vitor Cândido

Universidade Estadual Paulista

Assinatura _____

Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas – UNITAU - Biblioteca das Engenharias

S589v Simej, Luís Carlos.
Viabilidade de implementação da metodologia MCC nas manutenções de equipamentos da construção civil e mineração. / Luis Carlos Simej - 2015.

108f. : il; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica na área de Produção Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica, 2015.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Nicolini do Patrocinio Nunes, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Manutenção proativa. 2. Redução de custos. 3. Manutenção centrada em confiabilidade. I. Título.

*Dedico este trabalho à minha esposa Shirley P. Simei,
à minha mãe Suzana C. Simei, e a meus irmãos, Paulo
H. Simei e Camila Simei*

“O conhecimento deve ser melhorado, desafiado e aumentado constantemente, ou ele desaparecerá”.

Peter Drucker

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela sabedoria, proteção e benção em minha vida.

Agradeço a meu orientador Prof. Dr. Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes pela crença em meu potencial, pela paciência e pelo correto direcionamento e devida orientação para realização deste.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Engenharia de Mecânica da UNITAU: Prof. Dr. Antônio Faria Neto, Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves, Prof. Me. Paulo Lindgren, e em especial à Profa. Dra. Miroslava Hamzagic, pelo conteúdo vasto, aliado a uma carga de carinho sem precedentes.

Aos meus colegas da turma XXXIV, pelo coleguismo e companheirismo, em especial ao colega Prof. Damásio Sacrini, pelo compartilhamento de sua rica experiência profissional e acadêmica.

Agradeço ao Coordenador da Faculdade SENAI “Roberto Simonsen”, Prof. Antônio Carlos Lemos de Carvalho, pelo apoio incondicional; e aos colegas de trabalho da Faculdade SENAI “Roberto Simonsen”, em especial aos professores: Prof. Dr. Nélis Evangelista de Souza, Prof. Me. Ricardo Luiz Ciuccio, e Prof. Me. Janderson Rodrigues.

A todos que, de alguma maneira, direta ou indiretamente, auxiliaram para a elaboração desta dissertação, e para a conclusão deste curso.

RESUMO

A MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade) é uma metodologia criada na década de 50, que visa a melhoria no gerenciamento e planejamento da manutenção, focando nos componentes críticos, e com adoção de elementos de confiabilidade. A bibliografia utilizada neste estudo aponta inúmeros benefícios, comprovando a sua eficácia, como: o aumento da disponibilidade operacional, redução do tempo de intervenção, redução dos custos operacionais de manutenção, maior previsibilidade nas tarefas, e por fim, maior confiabilidade dos equipamentos.

A indústria da construção civil, possuindo equipamentos de grande porte e de custos operacionais relativamente altos, e ainda com o agravante de serem móveis, necessita de um modelo de manutenção de alto nível, visando maior confiabilidade operacional para assegurar disponibilidade. Com isso, a adoção de uma metodologia que visa a preservação do ativo, como a MCC, passa a ser uma grande aliada de uma produção de alto valor e lucratividade.

O presente trabalho apresenta uma análise da viabilidade da implementação da metodologia MCC no gerenciamento da manutenção de equipamentos móveis, de uma empresa de construção civil. A nova metodologia trouxe à manutenção da empresa um novo panorama para com planejamento de suas atividades de manutenção, e por reflexo a produção. A implantação desta contou com a sistemática de implantação tradicional, porém utilizando o SIGM para elencar os dados de manutenção, sob seu histórico, e em conjunto com '*brainstorming*', para priorização e apuração das falhas e modos de falhas. A MCC possibilitou a reformulação de planos de manutenção já existentes, a elaboração de novos planos preditivos e preventivos, e a alteração de periodicidades de planos preventivos – sendo para estes, reduzidos em 1000 l consumidos, o intervalo entre estas intervenções.

Palavras-chave: Manutenção Proativa, Redução de Custos, Manutenção Centrada na Confiabilidade.

ABSTRACT

The RCM (Reliability Centered Maintenance) is a methodology created in the 50s, to improve the management and maintenance planning, focusing on critical components, and adoption of reliability elements. The bibliography indicates numerous benefits, proving its effectiveness, as increased operational availability, reduced intervention time, reduce operating costs of maintenance, greater predictability in the tasks, and finally, reliability.

The construction industry, having operating large equipment and costs relatively high, and with the aggravation of being mobile, you need a high-level maintenance model, seeking greater operational reliability. The adoption of a methodology aimed at the preservation of assets, with a focus on reliability.

This paper analysis of the viability of implementation the RCM method in managing the maintenance of mobile equipment, in a construction company. The new methodology brought to the company maintaining a new outlook towards planning their maintenance activities, and reflective production. The implementation of this included the systematic traditional deployment, but using CMMS to list the maintenance data, in its history, and in conjunction with brainstorming, prioritization and for investigation of failures and failure modes. The RCM enabled the redesign of existing maintenance plans, the development of new predictive and preventive plans, and changing periodicities preventive plans -For these being , reduced in 1000 l consumed , the interval between these operations.

Keywords: *Proactive Maintenance, Cost Reduction, Reliability Centered Maintenance.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Crescimento das expectativas de manutenção	26.
Figura 2	A “Casa do TPM” e seus 8 (Oito) pilares	36.
Figura 3	Tarefas da manutenção	37.
Figura 4	Mapa mental da estratégia de importância da manutenção	39.
Figura 5	Curva da banheira: comportamento teórico da taxa de falhas	42.
Figura 6	Componentes da metodologia MCC	55.
Figura 7	Fases da aplicação do RCM	60.
Figura 8	Estrutura e funcionamento dos planos de lubrificação dentro do sistema informatizado	69.
Figura 9	Organograma funcional da manutenção da empresa ‘A’	77.
Figura 10	Autobetoneira hidráulica selecionada para implementação da MCC	78.
Figura 11	Autobetoneira hidráulica de concreto, série HTM	79.
Figura 12	Foto de uma pá carregadeira hidráulica sobre rodas VOLVO, L70E	80.
Figura 13	Esquema de um sistema de acionamento (trem de força) de uma betoneira HTM LEIBEHERR	81.
Figura 14	Conjunto de bomba hidráulica SPV e motor hidráulico de uma autobetoneira	82.
Figura 15	Redutor planetário de autobetoneira	82.
Figura 16	Detalhe dos elementos de um sistema de elevação de caçamba de uma pá carregadeira	83.
Figura 17	Detalhe de um mancal de giro do centro de uma pá carregadeira	83. 84.
Figura 18	Detalhe de um <i>kit</i> da articulação de um sistema de elevação (pinos, buchas e arruelas espaçadoras)	84.
Figura 19	Planilha para análise qualitativa de funções e falhas funcionais	87.
Figura 20	Matriz de decisão para implementação da MCC	88.
Figura 21	Operação de inspeção e lubrificação dos pontos da articulação do sistema de elevação e do mancal do giro do centro de uma	92.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABESC	Associação Brasileira de Serviços de Concretagem
AEI	<i>Age Exploration Item</i> (Exploração da Idade de Item).
ALD	Arvore Lógica de Decisão
CAD	Concreto de Alto Desempenho
CMMS	<i>Computer Maintenance Management System</i> (Sistema Informatizado de Gerenciamento da Manutenção)
DFMEA	<i>Design Failure Method and Effects Analysis</i> (Análise de Modo de Falhas e Efeitos para Projetos)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Recurso de Planejamento Empresarial)
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i> (Administração Federal de Aviação).
FMEA	<i>Failure Method and Effects Analysis</i> (Análise de Modo de Falhas e Efeitos)
FTA	<i>Faut Tree Analisys</i> (Análise da Arvore de Falha)
GQT	Gestão pela Qualidade Total
IHM	Interface Homem x Máquina
ISO	<i>International Standard Organization</i> (Organização Internacional de Normalização).
MC	Manutenção Corretiva
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MP	Manutenção Preventiva
MSG	<i>Maintenance Steering Groups</i> (Grupos Diretivos de Manutenção)
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i> (Tempo Médio Entre Falhas)
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i> (Tempo Médio Para Falha)
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i> (Tempo Médio Para Reparo)
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (Administração Espacial e Aeronáutica)
OS	Ordem de serviço

PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PFMEA	<i>Process Failure Method and Effects Analysis</i> (Análise de Modo de Falhas e Efeitos para Processos)
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção.
PM	<i>Plant Maintenance</i> (Manutenção de Plantas - módulo do ERP da marca SAP/R3, que trata da manutenção).
RCFA	<i>Root Cause Failure Analysis</i> (Análise de Falha de Causa Raiz)
RCM	<i>Reability Centered Maintenance</i> (Manutenção Centrada na Confiabilidade)
RCM2	<i>Risk and Reability and Centered Maintenance</i> (Manutenção Centrada na Confiabilidade e no Risco)
RT	<i>Restriction Theory</i> (Teoria das Restrições);
SIGM	Sistema Informatizado de Gerenciamento da Manutenção
SGI	Sistema de Gestão Integrada
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
WCM	<i>World Class Maintenance</i> (Manutenção Classe Mundial)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17.
1.1. Justificativa	18.
1.2. Objetivos	19.
1.2.1. Objetivo geral	19.
1.2.2. Objetivos específicos	19.
1.3. Delimitação do assunto	19.
1.4. Estrutura do trabalho	20.
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22.
2.1. Manutenção	22.
2.1.1. Definição de manutenção	22.
2.1.2. Histórico e evolução da manutenção	23.
2.1.2.1. Primeira Geração (período da Revolução Industrial até Segunda Guerra Mundial)	24.
2.1.2.2. Segunda Geração (período da Segunda Guerra Mundial até década de 70)	24.
2.1.2.3. Terceira Geração (a partir da década de 70)	25.
2.1.3. Tarefas de manutenção	27.
2.1.3.1. Manutenção Corretiva Não Planejada	27.
2.1.3.2. Manutenção Corretiva Planejada	28.
2.1.3.3. Manutenção Preventiva Sistemática	28.
2.1.3.4. Manutenção Preventiva Condicionada	29.
2.1.3.5. Manutenção Preditiva	30.
2.1.3.6. Manutenção Detectiva	31.
2.1.3.7. Engenharia de Manutenção	32.
2.1.3.8. TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>)	32.
2.1.3.8.1. Os pilares do TPM	34.
2.1.4. Política da manutenção	37.
2.1.5. Engenharia de manutenção	39.
2.2. Confiabilidade	41.

2.2.1. Conceito sobre Falhas	41.
2.2.2. Conceitos sobre Modos de Falha	42.
2.2.3. Conceitos sobre Efeito da Falha	43.
2.2.4. Definição de confiabilidade	44.
2.2.5. Cálculo da confiabilidade na manutenção	45.
2.2.6. Cálculo da Taxa de Falha	46.
2.2.7. Indicadores de desempenho de confiabilidade: MTBF, MTTF, MTTR e Disponibilidade	47.
2.2.8. MTBF	47.
2.2.9. MTTR	48.
2.2.10. MTTF	49.
2.2.11. Disponibilidade (D)	49.
2.3. MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade)	50.
2.3.1. Definição de MCC	50.
2.3.2. Componentes da MCC	52.
2.3.2.1. Manutenção Reativa	52.
2.3.2.2. Manutenção Preventiva	52.
2.3.2.3. Manutenção Preditiva	53.
2.3.2.4. Manutenção Proativa	54.
2.3.2.5. Engenharia de Confiabilidade	54.
2.3.3. Histórico da metodologia MCC	55.
2.3.4. A implantação da MCC	56.
2.3.5. Análise de falhas para implantação da MCC	60.
2.3.6.1. <i>Brainstorming</i>	61.
2.3.6.2. Regras para <i>Brainstorming</i>	62.
2.3.6.3. Etapas para realização de um <i>Brainstorming</i>	63.
2.3.6.2. Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA)	63.
2.3.6.2. Análise da Arvore de Falhas (FTA)	65.
2.4. SIGM (Sistema Informatizado de Gerenciamento da Manutenção)	65.
2.5. A indústria de produção e distribuição de concreto no Brasil	69.
2.6.1. O concreto	70.

2.6.2. Modelo de manutenção adotado nas empresas de produção e distribuição de concreto no Brasil	71.
3. METODOLOGIA	74.
3.1. Formação do time de trabalho	74.
3.2. <i>Brainstorming</i>	75.
3.3. Estudo da viabilidade de implantação da metodologia MCC	75.
3.4. Descrição da empresa sede do estudo	76.
3.5. A estrutura de manutenção da empresa	76.
3.6. Características dos equipamentos selecionados para o estudo	77.
3.7. Coleta de dados	80.
3.8. Aplicação e desenvolvimento da metodologia MCC com base nas 8 (oito) etapas	85.
3.7.1. Implementação da ETAPA 1	85.
3.7.2. Implementação da ETAPA 2	85.
3.7.3. Implementação da ETAPA 3	85.
3.7.4. Implementação da ETAPA 4	86.
3.7.5. Implementação da ETAPA 5	86.
3.7.6. Implementação da ETAPA 6	86.
3.7.7. Implementação da ETAPA 7	89.
3.7.8. Implementação da ETAPA 8	89.
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.	90.
4.1. Planos de manutenção criados a partir do processo de levantamento para com a metodologia MCC	90.
4.1.1. Planos Preditivos	90.
4.1.2. Planos Preventivos	91.
4.2. Estudo da vida útil dos componentes	93.
4.2.1. Componentes das Autobetoneiras	93.
4.2.2. Componentes das Pás carregadeiras	93.
4.3. Efeito na equipe de manutenção	93.
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	95.
5.1. Conclusão	95.
5.2. Sugestões para trabalhos futuros	96.

REFERÊNCIAS	97.
APÊNDICES	103.
APÊNDICE A – Matriz de priorização para ' <i>Brainstorming</i> '	103.
APÊNDICE B – Fluxograma macro das atividades de manutenção da empresa	104.
APÊNDICE C – Fluxograma de Planejamento e Execução de Manutenção Corretiva	105.
APÊNDICE D – Fluxograma de Planejamento e Execução de Manutenção Corretiva	106.
APÊNDICE E – ' <i>Check-list</i> ' para Inspeção de Autobetoneiras	107.
APÊNDICE F – ' <i>Check-list</i> ' para Inspeção de Pás carregadeiras	108.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda da indústria de construção civil, em meio à forte especulação imobiliária, consolidada há anos no Brasil, e, sobretudo para com os esforços para o atendimento pleno ao PAC (Plano de Aceleração do Crescimento) do Governo Federal, em promover a melhoria em infraestrutura, propondo-se a construir novas estradas, viadutos, hidroelétricas, etc.; vê-se presente uma corrida industrial para com o suprimento dos materiais de construção, empregados nestas obras. Esta necessidade se faz em todos os pontos e fases de uma obra de construção civil, indo desde o aço aplicado nas estruturas metálicas e em armaduras, passando pelo concreto para fabricação de estruturas bases e pré-moldados, ao final, com os diversos itens de acabamento e finalização (ladrilhos, ferragens, cerâmicas, etc.). O concreto, contudo, é o foco da maior necessidade, já que este material é primordial importância, pois é a base fundamental em obras de construção civil em geral (construções hidráulicas, pavimentação, edificações, etc.) (SIMEI, 2012 *apud* BIGHETTI, 2011).

A manutenção, segundo Kardec e Nascif (1998), setor este de influência e de importância frente aos processos de produção nas indústrias em geral, torna-se um aliado pela busca da disponibilidade operacional, se posicionando como uma área chave na gestão industrial.

Em tempos anteriores, a manutenção já fora considerada apenas um setor de apoio, uma área auxiliar na cadeia produtiva; hoje, esta área passa a ser vista como uma ferramenta poderosa na estratégia corporativa, contribuindo efetivamente na: redução de custos produtivos, garantia da disponibilidade operacional, aumento da confiabilidade de processo, e ainda na conferência e manutenção da política da qualidade total (KARDEC e NASCIF, 1998).

E conforme Simeí (2012), para todos os tipos de indústrias, as paradas não programadas destes equipamentos não afetam somente suas produções em si, mas fatores adversos podem ainda recair sobre a companhia, como: a diminuição da integridade da imagem da empresa, elevação dos custos de manutenção, e sem dizer, diretamente, a diminuição do faturamento.

Devido esta mudança de comportamento, de uma nova atitude organizacional, a manutenção tem sido cobrada a atuar de forma proativa, em perfeita sinergia ao processo produtiva e as estratégias da companhia. Com isso, fica evidente a necessidade de adoção de ferramentas de gestão e planejamento eficazes, para a garantia dessa maior disponibilidade (KARDEC *et al.*, 2002).

Conforme analisado por Oliveira *et al.* (2008), as empresas se vêm cercada de alguns problemas, sendo estes as causas principais de suas ineficiências, e destes, muitos são os mais já conhecidos pelas equipes de manutenção.

E como avaliado por Lucatelli (2002), a adoção de metodologias de manutenção mais modernas, como a MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), tem trazido diversos benefícios, que, de maneira genérica, resultam no aumento da disponibilidade dos itens físicos, da segurança, tanto ambiental como operacional, além da redução significativa de estoques de peças sobressalentes e do número de horas trabalhadas.

1.1. Justificativa

Em meio à necessidade de uma maior confiabilidade para com a operação de equipamentos de alto valor agregado, a redução de custos de intervenção (serviços preventivos e corretivos), redução dos tempos de reparo, e uma recorrente maximização da disponibilidade dos ativos; fica evidente a necessidade de uma manutenção inteligente, efetiva e de alto desempenho, isto é, uma manutenção focada em resultados.

Este trabalho justifica-se pela importância de analisar a viabilidade de implantação da metodologia MCC, de modo a nortear a manutenção de companhias que utilizam equipamentos como aqui estudados, assumindo as particularidades e características destes.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo deste trabalho de pesquisa é viabilizar a aplicabilidade da metodologia MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade) no planejamento das manutenções dos equipamentos da construção civil e mineração.

1.2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Conferir maior confiabilidade e previsibilidade, e como consequência, maior disponibilidade operacional para com os equipamentos em estudo, as autobetoneiras hidráulicas e as pás carregadeiras hidráulica sobre rodas.
- Estudar a viabilidade de implementação da metodologia MCC no planejamento das manutenções de equipamentos da construção civil e mineração.
- Revisar os atuais planos de manutenção, e elaborar novos planos, que contemplem maior rigor técnico e menor desperdício de recursos (mão de obra, componentes extra, consumíveis e tempo de intervenção).

1.3. Delimitação do assunto

O desdobramento deste estudo de caso se deu sobre a implantação da metodologia MCC em uma empresa de produção e logística de concretos e agregados.

O estudo se versou na implantação do MCC em basicamente 2 (dois) grupos de equipamentos: as autobetoneiras hidráulicas, equipamentos estes responsáveis pela produção e distribuição de concretos; e pás carregadeiras sobre rodas, equipamentos estes responsáveis pelo carregamento e manipulação de materiais componentes de concretos e agregados em geral. Para este estudo foram selecionados 2 (dois) equipamentos cada grupo.

No GRUPO 1, as autobetoneiras hidráulicas, foram selecionados 2 (dois) modelos:

- Autobetoneira hidráulica, modelo HTM804 – fabricante LIEBHERR – com capacidade de 8 m³;
- Autobetoneira hidráulica, modelo AM8FHC – fabricante SCHWING STETTER – com capacidade de 8 m³.

No GRUPO 2, as pás carregadeiras sobre rodas, foram selecionados equipamentos de um único modelo:

- Pá carregadeira hidráulica sobre rodas L70F – fabricante VOLVO.

Os itens selecionados como objeto de estudo, nas autobetoneiras foram os componentes de motorização hidráulica (trem de motorização: redutor, motor hidráulico e bomba hidráulica). Para as pás carregadeiras foram selecionados os componentes de acionamento de elevação e articulação (pino x mancais).

Os itens em questão foram selecionados de acordo com sistemática adotada na fase de pesquisa metodológica, tomando como base o histórico de ocorrências de falhas, coletados do banco de dados do SIGM (Sistema Informatizado de Gestão da Manutenção), e conferência destes em um *'Brainstorming'* entre um grupo de trabalho, formado por membros do time de manutenção e operação.

1.4. Estrutura do trabalho

A presente dissertação está estruturada em capítulos e subcapítulos.

O capítulo 1 – INTRODUÇÃO – demonstra o problema que motivou a pesquisa a estudar a implantação do MCC, os objetivos gerais e específicos, a justificativa, a delimitação do assunto e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – apresenta uma revisão da literatura disponível sobre manutenção (definição, tipos, histórico, estratégias e políticas), o concreto, a indústria de produção e logística de concretos e agregados, a metodologia MCC (definição, histórico, ferramentas para implementação, componentes), *'Brainstorming'*, e SIGM (ou CMMS)).

O capítulo 3 – METODOLOGIA – trata da metodologia e do pensamento adotado no estudo de caso de uma empresa de logística de concretos e agregados.

O capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES – apresenta os resultados e suas discussões, referentes ao estudo realizado.

O capítulo 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS – apresenta as conclusões referentes ao exposto no estudo, e aborda sobre sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências adotadas neste trabalho e os apêndices contendo os componentes elaborados, e utilizados na execução do estudo, como formulários e demais documentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção

2.1.1 Definição de manutenção

Manutenção pode ser definida como um conjunto de tratativas e ações técnicas, intervencionistas, indispensáveis ao funcionamento regular e permanente das máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção. Muitas vezes a manutenção pode ainda estar ligada ao projeto, como um projeto de melhoria (SIMEI, 2012).

Conforme definem Kardec *et al.* (2002), a manutenção industrial pode ser entendida como uma área e ou departamento responsável pela garantia das principais características, que é a funcionalidade (com máximo desempenho e máxima confiabilidade), dos equipamentos que compõem as plantas industriais, ou ainda as instalações que as compõem.

De acordo com a norma brasileira, ABNT NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade (1994), a manutenção pode ser entendida como a combinação de ações técnicas e administrativas, inclusive as de coordenação, destinadas a manter ou recolocar um dado equipamento, instalação ou sistema, na sua principal função requerido, outrora projetado.

Como definido por Brito (2003, pág. 09):

[...] “manutenção industrial pode ser definida como o conjunto de ações que permitem manter ou controlar o estado original de funcionamento de um equipamento ou bem. De outra forma, pode-se definir manutenção como o conjunto das ações destinadas a garantir o bom funcionamento dos equipamentos, através de intervenções oportunas e corretas, com o objetivo de que esses mesmos equipamentos não avariem ou baixem seus rendimentos e, no caso de tal suceder, que a sua reparação seja efetiva e a um custo global controlado. De forma mais abrangente, poderemos dizer que manutenção de um equipamento ou bem é um conjunto de ações realizadas ao longo da vida útil desse equipamento ou bem, de forma a manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, de uma forma segura”.

Ainda segundo Brito (2003), a manutenção industrial tem passando por uma revolução total em termos de conceitos e de atuação propriamente dita. Acompanhando a evolução da indústria em si, e com a crescente integração de todos os setores, na obtenção de uma capacidade sistêmica, a manutenção começa a ser encarada não somente como uma área de apoio, repleta de gastos, mas sim como uma área de ganhos, de obtenção de lucros.

Como definido por Kardec *et al.* (2002, pag. 05):

[...] “A manutenção deve contribuir para o atendimento do programa de produção, maximizando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e instalações dos órgãos operacionais, otimizando os recursos disponíveis com qualidade e segurança e preservando o meio ambiente...”.

Souza (2008) aborda sobre o termo “manutenção”, assim como o termo “logística”, mencionando que estes teriam origem do vocábulo militar. Manutenção, segundo as políticas estratégicas militares, apresenta num sentido amplo, manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante de condições pré-estabelecidas, isto é, deveriam continuar desempenhando as suas funções requeridas e projetadas, em satisfatoriedade.

2.1.2 Histórico e evolução da manutenção

Segundo Sellito *et al.* (2002), a manutenção industrial teve início logo após a Revolução Industrial com o surgimento da indústria mecanizada. Houve a necessidade de atender a operação das máquinas recém-criadas, de modo a garantir a operação das mesmas. A manutenção destes equipamentos era feita de forma artesanal, intuitiva, sem qualquer sistematização ou metodologia. Da mesma maneira que o processo fabril evoluiu ao longo do tempo, a manutenção teve sua evolução proporcional a este fenômeno.

Ainda segundo Sellito *et al.* (2002), os diversos avanços da manutenção se deram basicamente em 3 (três) linhas de ação principais:

- Métodos de gerenciamento;
- Aumento da confiabilidade de equipamentos e sistemas;
- Desenvolvimento de alternativas tecnológicas para os equipamentos existentes.

Segundo Moubrey (2000), a manutenção passou por 3 (três) fases, ao longo de sua história, também chamadas de “gerações”.

2.1.2.1. Primeira Geração (período da Revolução industrial até Segunda Guerra Mundial)

Para Moubrey (2000), a Primeira Geração da manutenção foi compreendida do período da Revolução Industrial ao início da Segunda Guerra Mundial – nos anos de 1940. A manutenção se apresentava de forma rudimentar, e era feita exclusivamente pelos operadores, sem qualquer apelo técnico ou mesmo com ferramentas apropriadas, ou ainda sistematização. Estes não possuíam treinamento específico para operação do equipamento, nem mesmo para qualquer ação de reparo.

O perfil da indústria dessa época era de transição artesanal para um perfil de indústria mecanizada – baixa mecanização, sem qualquer utilização de métodos de automatização. Ao longo dos anos, materiais e ferramental foram desenvolvidos, facilitando algumas atividades, contudo ainda persistia na figura artesanal do indivíduo. Os métodos de manutenção empregados eram exclusivamente corretivos – “quando quebrava, necessitava ser reparado”. As intervenções de manutenção consistiam basicamente de limpezas, lubrificações e inspeções. Não havia uma departamentalização para a manutenção, nem mesmo a figura de mantenedor, pois esta (LUCATELLI, 2002).

2.1.2.2. Segunda Geração (período da Segunda Guerra Mundial até a década de 70)

Com a ocorrência de uma escassez de mão de obra, em decorrência dos esforços industriais estarem focados essencialmente para o conflito, e devido ao impacto causado pela Grande Depressão Americana na década anterior – década de 30, um novo comportamento industrial foi exigido. Surgiu então a Segunda Geração da manutenção, compreendido entre os anos de 1940 até meados de 1970 (MOUBRAY, 2000 *apud* KARDEC e NASCIF, 1998 *apud* LUCATELLI, 2002).

Segundo Lucatelli (2002), nesta época houve uma significativa aceleração no processo de mecanização da indústria e na dependência maior dos ativos físicos,

fazendo então que a manutenção começasse a ganhar uma posição de atenção e destaque, na medida em que uma produção se intensificava, e os padrões de qualidade eram agora mais exigidos e valorizados.

Para Kardec e Nascif (1998) *apud* Lucatelli (2002), por volta dos anos de 1950, as indústrias americanas perceberam que uma produção livre de paradas não programadas obtinham resultados de alto desempenho, obtendo assim maior lucratividade. Estas passaram a acreditar que priorizando o bom funcionamento dos ativos era possível que falhas fossem evitadas, evitando com isso parada não programada, custos excessivos e não previstos, além de longos tempos de intervenção, afetando a disponibilidade do ativo. Esta medida foi o embrião da manutenção preventiva, qual se pratica hoje.

Lucatelli (2002) ressalta ainda que a prática desse novo conceito, de manutenção preventiva, começou a se fazer necessário de um setor de apoio para gerenciar a agenda de atividades, o cronograma de intervenção, resultando então a necessidade da implantação de Sistema Informatizado de gerenciamento da manutenção (SIGM), e ainda de um setor de apoio, Planejamento e Controle da Manutenção (PCM).

2.1.2.3. Terceira Geração (A partir da década de 70)

A partir dos anos 1970, se deu início a Terceira Geração da manutenção, perdurando até os dias de hoje (MOUBRAY, 2000).

Segundo Moubray (2000), os processos industriais na década de 70, ganharam novos desafios de produtividade e de qualidade, necessitando assim de grandes investimentos em tecnologia e automatização; a tendência à globalização da economia e o dinamismo de mercado, fez com que a manutenção tivesse um papel de destaque nas indústrias. A manutenção passou a ser encarada como um meio de obter lucro, através da busca pelo máximo desempenho dos ativos, de forma estratégica.

Para Lucatelli (2002), a adoção da sistemática *'just-in-time'* tornou-se uma tendência mundial, trazendo a ideia de que mesmo pequenas pausas de produção poderiam comprometer o atendimento da demanda em razão dos baixos estoques mantidos. A evolução se intensificou ainda mais com a adoção, agora cada vez mais intensa, de meios de automação e informática, por consequência, transformando a

confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos em pontos chave no âmbito industrial.

Para Lucatelli (2002, pag. 20):

“O maciço investimento nos ativos fixos, juntamente com um aumento acentuado no custo de capital, inicia-se um processo de novas e grandiosas expectativas em relação à manutenção. Tais expectativas encontram-se nas funções e resultados da manutenção, nas novas interpretações dos processos de falhas de equipamentos e nas novas técnicas de análise e implementação da manutenção, sendo que dentre estas expectativas, a maior delas resume-se na criação de alternativas que possam maximizar a vida útil dos ativos físicos”.

Na atual geração, se faz necessário então investimento em treinamentos, técnicas de manutenção, além de um novo comportamento com relação ao colaborador. O colaborador passa a ter um papel de destaque, encarado agora como um componente vital no processo, necessitando estar alinhado as mais modernas técnicas e conceitos de engenharia e manutenção (KARDEC *et al.*, 2002).

A Figura 1 sistematiza a evolução da manutenção, em Gerações, ao longo do tempo.

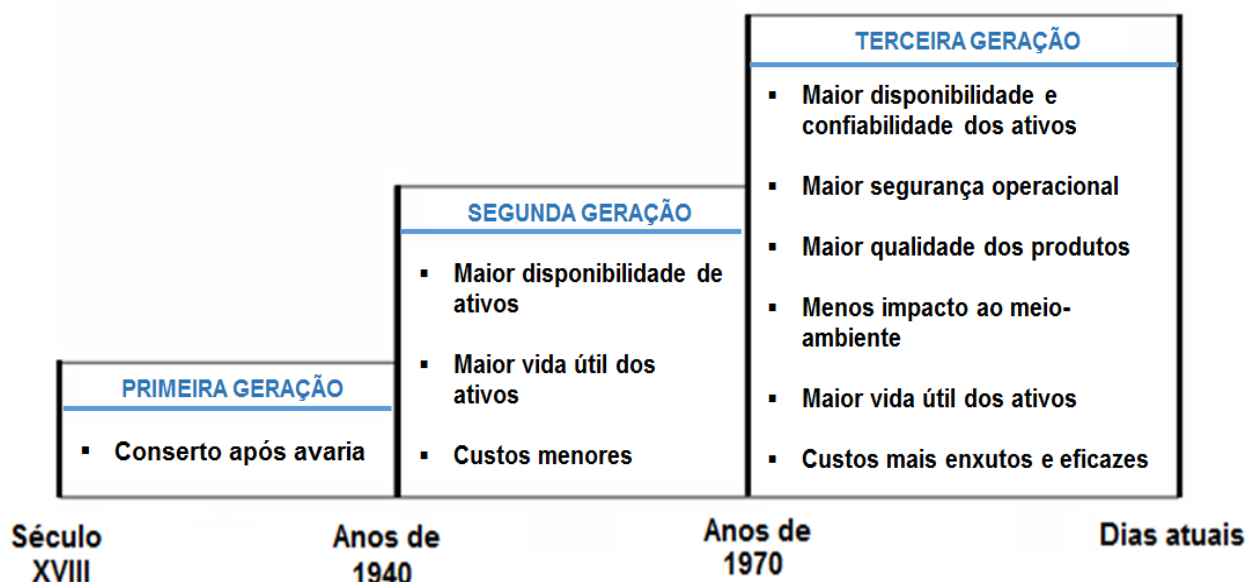


Figura 1 – Crescimento das expectativas de manutenção

Fonte – Adaptado de Souza (2008) *apud* Moubray (2000)

2.1.3. Tarefas de manutenção

As tarefas de manutenção podem ser efetuadas de diversas formas, desde uma atuação informal, não classificada, até com uma estratégia de atuação definida, de alto desempenho. Mas como instrumento de gestão e de planejamento, com o intuito de garantir a organização, ainda segundo as boas práticas que se sucedem para com o tema, pode-se classificar a manutenção por tipo de intervenção, isto é, de acordo com os tipos de trabalhos ou reparos (SIMEI, 2012).

Segundo Kardec e Nascif (1998), os tipos de manutenções são as maneiras pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações, sejam elas programadas ou não programadas. Cada uma dessas intervenções depende diretamente do objetivo que se deseja alcançar, do tipo de equipamento, instalação ou componente, e da estratégia de produção.

As principais intervenções de manutenção, segundo Kardec e Nascif (1998), estão divididas basicamente em: Manutenção Não Planejada e Manutenção Planejada, e ainda o TPM.

2.1.3.1. Manutenção Corretiva Não Planejada

Trata-se de uma intervenção de caráter corretivo, imediatista, qual tem como objetivo o reparo de uma falha (ou quando agravada, tornando-se uma quebra). Este tipo de manutenção sempre terá caráter emergencial ou urgencial, sem qualquer programação ou estudo, e espera-se que seja efetuada da forma mais rápida e descomplicada possível (KARDEC e NASCIF, 1998).

De acordo com a norma ABNT NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade (1994, Pág.7), o termo Manutenção Corretiva pode ser definido como:

“A manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Para Kardec e Nascif (1998), a Manutenção Corretiva Não Planejada acaba não oferecendo os benefícios da manutenção corretiva planejada, apenas intervém quando solicitado, sem considerar produção, tempo de reparo e custo. Trata-se de

uma atividade crítica, da qual deve ser evitada a todo custo, devido seus fatores de criticidade e de interferências.

Zaions (2003) alerta sobre a aplicação racional e emprego correto da manutenção corretiva, qual apresenta alguns aspectos negativos, dentre os quais se destaca:

- A falha ocorre aleatoriamente e geralmente no período mais inoportuno;
- A falha inesperada de um componente pode causar perigo para outros componentes, acarretando custos adicionais.

Ainda segundo Zaions (2003), apesar desses inconvenientes, a manutenção corretiva será sempre necessária, já que em alguns casos, em determinados equipamentos, com seus relativos modos de falhas, os mesmos não podem responder de forma adequada, sobretudo quando são impossíveis de se detectar ou monitorar.

2.1.3.2. Manutenção Corretiva Planejada

Kardec e Nascif (1998) definem Manutenção Corretiva Planejada como uma intervenção corretiva, isto é, de caráter de correção de um defeito qualquer, porém neste caso não há a menção imediatista. Em função da mitigação de perda de produção, isto é, tentativa de reduzir ou eliminar paradas não programadas, estuda-se a intervenção de forma planejada, de modo que o tempo de reparo e os custos envolvidos sejam minimizados, assim como todos os outros fatores influenciadores.

Esta manutenção geralmente é adiada até o período quando se realizará a manutenção preventiva, aproveitando um único momento de parada de produção, para efetuar o máximo de trabalhos, sem o número de contratempos da corretiva não planejada. Na aplicação desta, necessita, porém de certa avaliação no ato da verificação da falha, para um planejamento de ações, pois há o risco de que esta falha leve a uma parada imediata, antes mesmo da intervenção preventiva (KARDEC e NASCIF, 1998).

2.1.3.3. Manutenção Preventiva Sistemática

Para norma ABNT NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade (1994, Pág.7), Manutenção Preventiva pode ser definida como:

“A 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 Kardec e Nascif (1998), a Manutenção Preventiva Sistemática pode ser definida como uma intervenção de manutenção que ocorre de forma planejada, executada em intervalos fixos de tempo de vida (semanas, meses, anos, etc) ou por meio de medidores (h, km, m³, etc), definidos pelo fabricante do equipamento, ou estipulado por um especialista, por meio de um estudo de parametrização de engenharia de manutenção. Esta manutenção é normalmente utilizada nas operações de lubrificação, nas verificações periódicas obrigatórias (inspeções) e na substituição de componentes.

Para Prá (2010), a Manutenção Preventiva Sistemática é a manutenção de atuação que busca reduzir ou evitar a falha ou quebra no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo, independente do estado do componente.

2.1.3.4. Manutenção Preventiva Condicionada

Kardec e Nascif (1998) definem a Manutenção Preventiva Condicionada como uma intervenção planejada, de cunho preventivo, muito parecida com o modelo anterior, porém é realizada em função do estado dos componentes do equipamento.

Para Simei (2012), este modelo de manutenção, manutenção preventiva, pode ser entendida como uma tarefa subordinada a um tipo de acontecimento predeterminado (autodiagnostico), como ex: a informação de um sensor, uma medida mínima de desgaste, ou outro indicador que possa revelar o estado de degradação do equipamento. Este tipo de intervenção possui uma série de benefícios com relação ao tipo anterior, podendo destacar:

- Possui um custo menor que a anterior, já que antes da substituição efetiva de um item, há uma avaliação anterior da condição deste;
- Tempo de execução menor que anterior, já que as ações podem ser planejadas, anteriormente;
- Possui um apelo de melhoria, podendo atacar pontos que há anomalias ou falhas ocultas.

2.1.3.5. Manutenção Preditiva

A norma ABNT NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade (1994, Pág.7), define a Manutenção Preditiva como:

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

A Manutenção Preditiva é uma manutenção planejada, efetuada em resposta a uma dada condição física, de um dado item monitorado de forma contínua, utilizando fenômenos e variáveis físicas, químicas ou físicoquímicas, como: medição de temperatura de um painel elétrico, medição da vibração de um mancal, medição de ruído de um redutor, análise de um lubrificante, medição de espessura residual de um costado de tanque por ultrassom, etc. (KARDEC e NASCIF, 1998).

Todas as avaliações, ainda segundo Kardec e Nascif (1998), devem obedecer à critérios de funcionamento pré-definidos, ou pelo fabricante, ou pelo histórico do equipamento, ou por um especialista do equipamento. Com esta avaliação, é criado um ponto mediano de satisfatoriedade em relação ao valor medido (ponto máximo e ponto mínimo), e na variação abrupta de cada um destes valores, é dada então a intervenção. O objetivo básico desta manutenção é prolongar ao máximo a vida de um equipamento ou instalação, reduzindo ao mínimo as paradas não programadas.

Zaions (2003) afirma que as tarefas de monitoramento baseado nas condições são vantajosas nas seguintes condições:

- Em se tratando de falhas com consequências ambientais ou de segurança, se forem confiáveis a ponto de fornecerem alerta suficiente para que alguma não possa ser tomada a tempo para evitar as consequências;
- Se a falha não envolve segurança e a tarefa deve ser economicamente viável;
- Se a falha for oculta, a tarefa deve reduzir o risco da falha a um nível aceitável.

Para Souza (2008), a Manutenção Preditiva além de atuar no monitoramento da condição de um determinado item, tem como objetivo a promoção da redução de custos com intervenções preventivas, mesmo as manutenções preventivas condicionadas. A análise do item passa a ser feita detalhadamente, com base científica, pois com a análise detalhada dos fenômenos físicos ou químicos, a vida útil dos componentes ou conjuntos pode ser levada ao limite, em ciclos otimizados, evitando trocas prematuras, assim como o desembolso não programado.

Souza (2008), ainda define 8 (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.

2.1.3.6. Manutenção Detectiva (ou Detetiva)

Na verdade, este tipo de manutenção não pode ser considerado como uma intervenção, mas sim como uma sistemática de apoio, de monitoramento. Trata-se de uma varredura efetuada por meio de sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Muito parecida com a manutenção preditiva, porém é efetuada dinamicamente, numa inspeção 'on-line' efetuada pelo próprio responsável pela operação do equipamento, por meio de um supervisor (ou IHM) (KARDEC e NASCIF, 1998),

Já segundo Lucatelli (2002), Manutenção Detectiva, pode ser entendida como uma política de manutenção que visa atender a toda uma gama de equipamentos e modos de falhas que não se enquadram em qualquer uma das políticas tradicionais.

Para Branco Filho (2004), Manutenção Detectiva pode ser definida como métodos ou meios, ou ainda dispositivos que detectam automaticamente falhas

imperceptíveis ao operador e ao mantenedor. A manutenção detectiva caminha junto com a evolução de equipamentos, instrumentos e automatização dessas máquinas no âmbito industrial, criando sistemas de monitoramento individuais e interligados, utilizados para assegurar a integridade da máquina, do operador e do ambiente, forçando cada vez mais a garantirem a confiabilidade e segurança do sistema e da unidade industrial.

2.1.3.7. Engenharia de Manutenção

Para Simei (2012), a Engenharia de Manutenção na verdade não é uma intervenção, mas sim um sistema de engenharia, focado na: perseguição de 'benchmarks', aplicação de técnicas modernas de análise de falhas, análise por ferramentas da qualidade. Seu principal objetivo é estar nivelada com as boas práticas da manutenção do Primeiro Mundo, a *World Class Maintenance* (WCM).

Kardec e Nascif (2002) definem Engenharia de Manutenção como o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida, com auxílio de técnicas, padrões e sistemáticas, desenvolvendo a estruturação para garantir a manutenibilidade.

2.1.3.8. TPM (*Total Productive Maintenance*)

Conforme Kardec *et al.* (2002) *apud* Souza (2008), o *Total Productive Maintenance* (TPM), ou na tradução do inglês, Manutenção Produtiva Total (MPT), na realidade não é um tipo de manutenção ou intervenção, pois é muito mais amplo no sentido de definição. O TPM pode ser encarado como uma filosofia de gestão empresarial focada na disponibilidade total do equipamento para a produção, traduzido diretamente pela busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas, atingindo assim o "zero acidente, zero defeito e zero falhas" durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração, requerendo o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos.

O modelo de manutenção preventiva teve sua origem nos Estados Unidos, porém foi introduzida no Japão em 1950, na no momento de re-industrialização pós

Segunda Guerra Mundial. O modelo de manutenção até então adotado pela indústria japonesa, não seguia os rumos daquela geração que se fazia presente no mundo, trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva. Isso representava um Custo e um obstáculo para a melhoria de qualidade (SAMPAIO, 2005, *apud* KARDEC e NASCIF, 2002).

Ainda como informado por Sampaio (2005), a indústria japonesa viu uma oportunidade de melhorar seus custos e aumentar sua eficiência com base em um sistema compreensivo, baseado no respeito individual e na total participação dos empregados. Surgiu então a TPM, em meados de 1970.

Sampaio (2005) comenta ainda que no Japão, nos anos de 1970, era comum nas indústrias as seguintes características:

- Avanço na automação industrial;
- Busca em termos de melhoria da qualidade;
- Aumento da concorrência empresarial;
- Emprego do sistema '*jus-in-time*';
- Maior consciência de preservação ambiental e conservação de energia;
- Dificuldades de recrutamento de mão de obra para trabalhos considerados sujos, pesados ou perigosos;
- Aumento da gestão participativa e surgimento do operário polivalente.

Segundo informa Lucatelli (2002), os primeiros registros de implementação de TPM pertencem à empresa Nippon Denso, pertencente ao grupo Toyota.

A filosofia TPM propõe uma nova ótica para a manutenção, não se limitando aos modelos tradicionais de intervenção sejam preventivos, corretivos e/ou preditivos, mas sim um sistema amplo e maciço. A produtividade passa a ser um fator chave para a manutenção, fazendo com que esta seja um guia para a garantia da disponibilidade. A função manter é incorporado às atribuições do operador, aproveitando-se a sua habilidade e conhecimento de seu equipamento, para a preservação dos equipamentos, integridade das instalações e auxílio na manutenção, o que resulta, então, na sua nova denominação operador-mantenedor (LUCATELLI, 2002 *apud* KARDEC e NASCIF, 1998).

2.1.3.8.1. Os pilares do TPM

Para Kardec e Nascif (2002), cada organização possui suas características individuais, porém, o TPM se estrutura de modo a proporcionar a empresa qual implementará esse sistema, um conjunto de subsistemas, quais são comumente denominados de pilares, isto é, bases fundamentais para a implementação com sucesso. Os pilares de sustentação da chamada “Casa do TPM” são princípios que, quando respeitados, possibilitam o funcionamento pleno desta filosofia nos diversos ambientes

Pereira (2009) define “Pilares do TPM” como as bases sobre as quais construímos o programa TPM, e estes se formam pela participação intrínseca de cada departamento ou área da companhia que se pretende implantar o TPM, e assim definir metas e objetivos para cada modalidade.

Ainda segundo Pereira (2009), inicialmente logo no seu surgimento, o TPM fora pensado sob a constituição de 5 (cinco) pilares. Eram eles:

- Melhoria Focada ou Específica;
- Manutenção Planejada;
- Gestão Antecipada;
- Treinamento e Educação;
- Manutenção Autônoma.

Com o passar do tempo, as indústrias começaram a entender que devido a evolução dos processos gerenciais, as novas técnicas de manutenção, e ainda devido o avanço tecnológico para as máquinas e equipamentos, uma mudança de comportamento seria necessária para que o TPM fosse implantado com sucesso. Por volta da década de 80, mais 3 (três) pilares foram incluídos (TPM Office, Manutenção da Qualidade, e SMS), tornando-se 8 (oito) pilares, como hoje conhecido (PEREIRA, 2009).

Segundo Pereira (2009) *apud* Kardec e Nascif (1998), são os 8 (oito) pilares do TPM:

- **I – Pilar da Melhoria Focada ou Específica:** Refere-se à Manutenção Corretiva de Melhorias para em perdas crônicas relacionadas às máquinas. Neste pilara estão divididas as principais premissas e política para se implementar a manutenção específica;

- **II – Pilar da Manutenção Planejada:** Este pilar trata da gestão e das rotinas de manutenção preventiva planejadas. Tem por objetivo a melhoria contínua da disponibilidade, a confiabilidade e a redução de custos. Neste pilar, estão ainda divididos e dispostos os mecanismos de gerenciamento do planejamento e controle da manutenção;
- **III – Pilar da Gestão Antecipada:** Refere-se à prevenção da manutenção. O projeto de um novo equipamento deve levar em consideração o histórico de manutenção e a experiência dos funcionários que o vão operar e reparar. Procurar, desde o início, formas de construir uma máquina que seja mais fácil de manter e trabalhar que as outras que tem a mesma função;
- **IV – Pilar do Treinamento e Educação:** refere-se à aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para liderança, a flexibilidade e a autonomia das equipes. Estão inclusos ainda os treinamentos dos próprios pilares, assim como a filosofia TPM;
- **V – Pilar da Manutenção Autônoma:** Refere-se aos treinamentos teóricos e práticos que darão aos operadores a capacidade de exercerem atividades referentes à manutenção proativamente e incrementando melhorias. Nesta etapa estão agrupados os mecanismos e estratégias que nortearão as atividades de produção, com base numa manutenção inteligente, realizadas pelo operador-mantenedor;
- **VI – Pilar da Manutenção da Qualidade:** Diz respeito à confiabilidade dos aparelhos e sua relação com a qualidade dos produtos e disponibilidade para uso;
- **VII – Pilar da Melhoria dos Processos Administrativos (TPM Office):** Os processos de gestão interferem diretamente na eficiência e produtividade das atividades operacionais. Fazer com que esses processos se aprimorem e reduzam seus desperdícios é objetivo deste pilar, conhecido como TPM de escritório.
- **VIII – Pilar SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde):** Este pilar se sustenta a partir das práticas dos outros pilares. Seu foco é na melhoria contínua das condições de trabalho, e da redução dos riscos de segurança e ambientais. Neste pilar estão acondicionadas as políticas de saúde e segurança do trabalho, e meio ambiente, assim como as

documentações e ações de mitigação, envolvendo as atividades de manutenção, e produção.

A Figura 2, esboça de forma ilustrada, os 8 pilares da “Casa do TPM”.

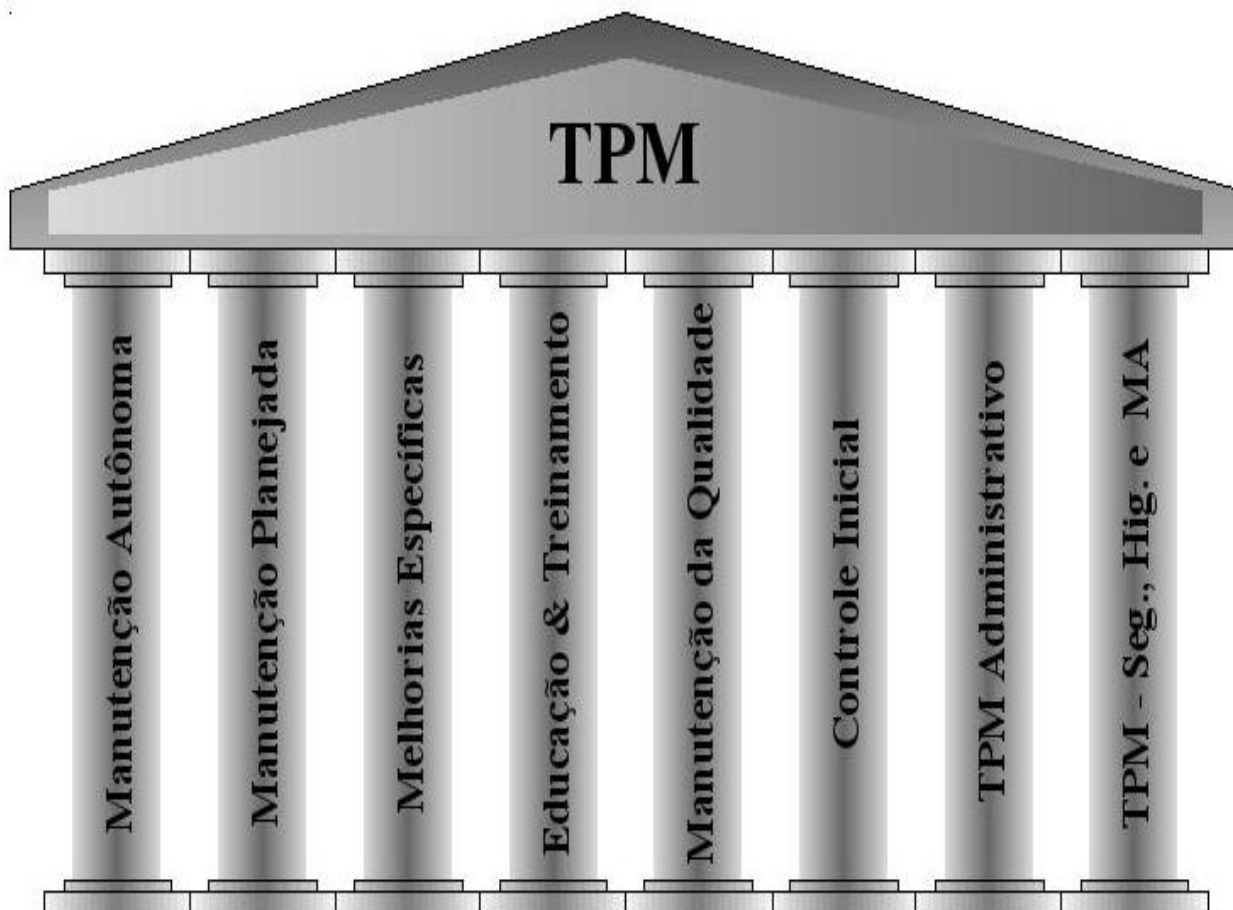


Figura 2 – A “Casa do TPM” e seus 8 (oito) pilares

Fonte – Pereira (2009)

A Figura 3, a seguir, apresenta a hierarquia e divisão das tarefas da manutenção.

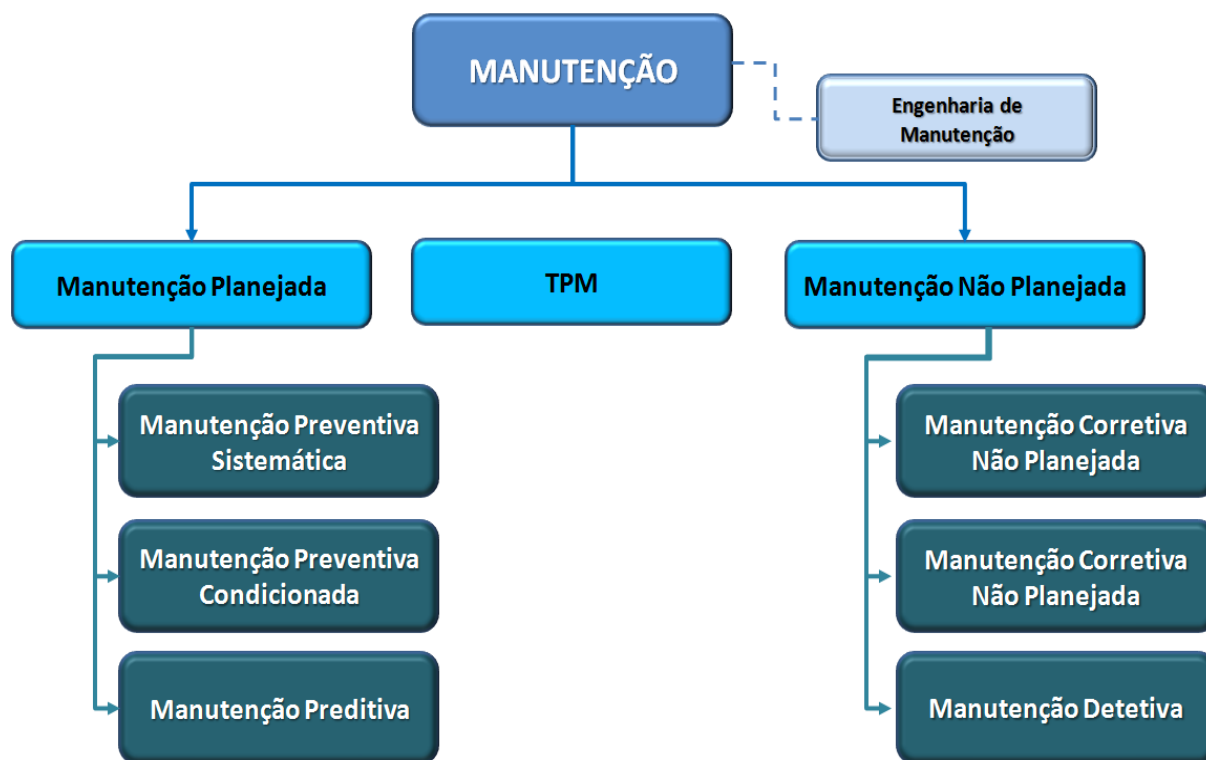


Figura 3 – Tarefas da manutenção

Fonte – concepção do autor

2.1.4. Política da manutenção

A manutenção nos dias atuais passou a ser um componente importante junto à gestão industrial avançada, outrora não entendida com tal benefício, hoje assume até um papel de destaque na estratégia empresarial, podendo definir rumos concretos e de expressão na vida de uma companhia. Para tal, se faz necessário, contudo, a definição de uma política de manutenção, de modo a nortear a companhia (SIMEI, 2012).

Para Branco Filho (2004), os serviços de manutenção não são de responsabilidade exclusiva das equipes de manutenção, mas também de todos os operadores, auxiliares, e responsáveis de uma forma direta ou indireta pelas máquinas, equipamentos e instalações. Os serviços periódicos de manutenção deverão contemplar procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento, mas deve ainda, instruir o operador a identificar e relatar os problemas ocorridos, e ainda operar de forma correta o equipamento.

A política de manutenção deve contribuir para o atendimento do programa de planejamento da produção, maximizando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e instalações dos órgãos operacionais. Deve ainda abranger meios, sob forma de diretrizes, objetivos e metas, ações para otimizar os recursos disponíveis para as intervenções, com qualidade e segurança e preservando o meio ambiente (SIMEI, 2012).

É na política ainda que estejam contidas as principais definições de papéis e responsabilidades, conceitos estruturais do organograma e as premissas junto ao sistema de qualidade integrada (se for o caso da empresa possuí-lo).

Segundo Kardec e Nascif (1998), a política de manutenção pode ser definida como uma sistemática que visa contribuir para o atendimento do programa de produção, maximizando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e instalações dos órgãos operacionais, otimizando os recursos disponíveis com qualidade e segurança e preservando o meio ambiente.

Branco Filho (2004) ainda aborda que para obter sucesso na gestão da manutenção, de alta eficiência e metas arrojadas, é necessário atentar-se a algumas diretrizes possíveis de uma política de manutenção. São as diretrizes:

- Manutenção com qualidade, tomando por referência a avaliação de desempenho através de indicadores adequados à eficácia e à efetividade dos serviços prestados;
- Aumento da confiabilidade através do trabalho integrado envolvendo todas as áreas de operação, de manutenção e de engenharia, visando principalmente solucionar problemas crônicos, eliminar resserviços, e ainda elaborar e utilizar procedimentos;
- Garantia dos prazos de execução de serviços;
- Preservação da melhoria contínua da capacitação dos profissionais de manutenção;
- Utilização plena (priorização) dos recursos de execução orientados para os serviços de grande complexidade tecnológica ou críticos;
- Contratação, quando necessário, de empresas com capacitação técnica e gerencial, observando os aspectos de economicidade, qualidade, preservação de tecnologia, risco operacional, riscos materiais e humanos e necessidade de conhecimento global dos sistemas.

Figura 4 apresenta o mapa mental da estratégia de importância da manutenção.

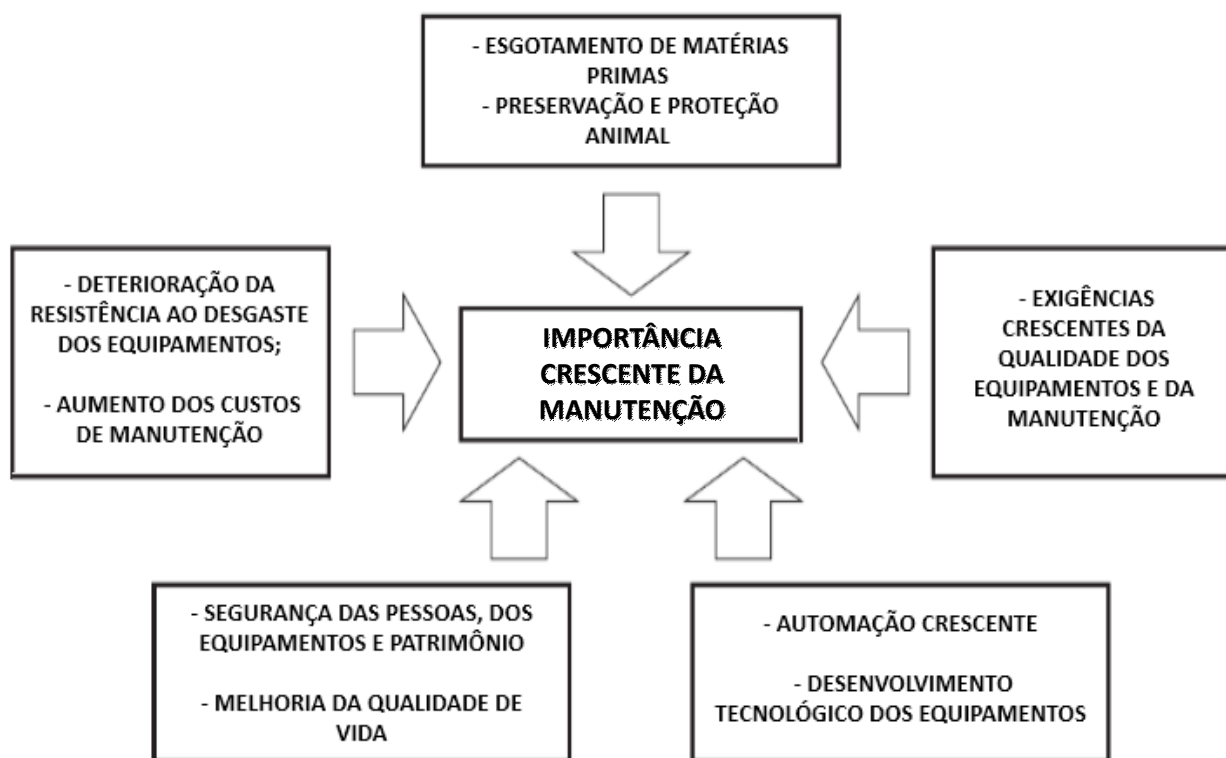


Figura 4 – Mapa mental da estratégia de importância da manutenção

Fonte – Adaptado de Kardec *et al.* (2002)

2.1.5. Engenharia de manutenção

Zaiões (2003) define Engenharia de Manutenção como sendo o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida. A Engenharia de Manutenção pode ainda ser encarada como um setor de estratégia, isto é, um veículo de melhoria importante, dotado de técnicas de análise e estudos de engenharia.

A Engenharia de Manutenção tem como meta a mudança dos paradigmas do passado, de atuar exclusivamente de forma reativa (manutenção corretiva), e propor a consolidação da manutenção Proativa. Com isso, se faz necessário a adoção de novas técnicas, tecnologias, bem como padrões, procedimentos e sistemáticas, além, é claro, de servir de suporte técnicos as áreas de compras e projetos (ZAIIONS, 2003 *apud* KARDEC *et al.*, 2000).

Para Pereira (2009), Engenharia de Manutenção pode ainda ser definida como setor ou área de uma empresa, que trabalha como apoio técnico direto manutenção, que tem como objetivo implementar melhoria técnicas, e investigação de falhas e defeitos, além de servir de base para implementação de sistemas e programas de manutenção.

O tema “Engenharia de Manutenção” começou a ser empregado logo após o surgimento da metodologia MCC, por volta dos anos de 1960. No Brasil, esta nomenclatura começou a ser adotada nas empresas, massivamente, somente por volta do final dos anos de 1970 (PEREIRA, 2009).

Segundo Kardec *et al.* (2002) *apud* Pereira (2009), Engenharia de Manutenção tem como objetivos e metas claras:

- Efetuar análise de falhas de modo a eliminar as causas de mau desempenho;
- Criar planos de manutenção e lubrificação, e instruções de trabalho;
- Levantar, especificar e gerir materiais e sobressalentes;
- Desenvolver procedimentos de trabalho (juntamente com a execução);
- Treinar o pessoal da manutenção nos padrões e procedimentos;
- Apoiar a implantação de ferramentas e soluções de gerenciamento - SIGMs (CMMSs);
- Participar dos projetos de obras novas e melhorias.

Para que se possa implementar uma área (ou setor) de Engenharia de Manutenção se faz necessário que a estrutura organizacional da Manutenção esteja devidamente estruturada e desenhada para tal. O pessoal de manutenção deve possuir qualificação adequada, com distribuição de tarefas devidamente divididas, alocado para esses tipos de atividades, exclusivamente. Quando o pessoal alocado para as atividades de Engenharia de Manutenção acaba sendo absorvido pelas necessidades ou emergências do dia-a-dia não se consegue desenvolver os trabalhos e produzir os resultados. Se faz então a necessidade de um setor devidamente formalizado, enquadrado nas políticas de manutenção (KARDEC *ET AL.*, 2000 *apud* PEREIRA, 2009).

2.2. Confiabilidade

2.2.1. Conceitos sobre Falhas

Segundo a norma ABNT NBR 5462/1994 – Confiabilidade e Manutenibilidade (1994, Pág.8) a falha é definida como o:

“Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. Esse término pode manifestar-se através da diminuição total ou parcial da capacidade, durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído”.

Zaians (2003) define falha como a incapacidade do item físico de fazer o que o usuário quer que ele faça, isto é, que outrora ele estava programado para fazer.

Para Oliveira *et al.* (2008), falha consiste de uma interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada. As falhas, ainda segundo Oliveira *et al.* (2008), podem ser classificadas sob vários aspectos:

- **Origem:** Primária ou Secundária;
- **Extensão:** Parciais ou Completas;
- **Manifestação:** Degradação, Catastróficas ou Intermitentes;
- **Velocidade:** Graduais ou Repentinhas;
- **Criticidade:** Críticas e Não críticas;
- **Idade:** Prematura, Aleatórias ou Progressivas.

Para Moubray (2000), as falhas, segundo a metodologia MCC, podem ser classificadas em:

- Falha Funcional (Falha evidente, Falha múltipla, Falha Oculta).
- Falha Potencial.

Segundo Nogueira e Toledo (1999), falha é definida como sendo “um estado físico anormal de um sistema que seja uma ameaça para a operação do mesmo”. Como anormalidade entende-se o desvio de algum parâmetro mensurável além dos limites do que o projeto e a experiência consideram aconselhável para uma operação dita normal.

É comum, para descrever a vida de um item, e seu comportamento perante as falhas inerentes ao seu modelo, a adoção de um gráfico conhecido como “gráfico da curva da banheira”. O “gráfico da curva da banheira” representa o comportamento teórico da taxa de falha em relação ao tempo a partir da qual são derivados os cálculos de probabilidade de falhas (NOGUEIRA e TOLEDO, 1999).

A figura 5 representa um “gráfico da curva da banheira”:

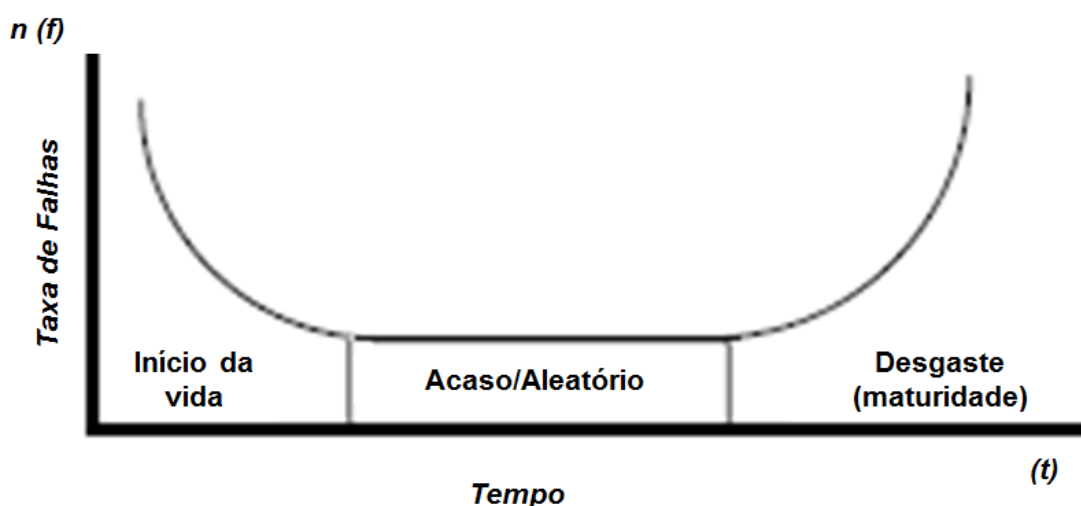


Figura 5 – Curva da Banheira: comportamento teórico da taxa de falhas

Fonte – Adaptado de Nogueira e Toledo (1999)

2.2.2. Conceitos sobre Modos de Falha

Para Oliveira *et al.* (2008), modos de falha podem ser definidos como uma sequência de eventos ou uma condição física, que causa uma falha funcional; ou um dos possíveis estados de falha de um item para uma dada função requerida. O modo de falha está associado ao evento ou fenômeno físico que provoca a transição do estado normal ao estado anormal.

Para Zaians (2003), um modo de falha pode ser definido como qualquer evento que possa levar um ativo (sistema ou processo) a falhar. O modo de falha está associado as prováveis causas de cada falha funcional.

Os modos de falha são eventos que levam, associados a eles, uma diminuição parcial ou total da função do produto e de suas metas de desempenho. Quando em um sistema ou processo cada modo de falha foi identificado, torna-se

possível verificar suas consequências e planejar ações de contenção para prevenir, extinguir ou anular as ocorrências das falhas. (MOUBRAY, 2000).

Segundo Zaions (2003), alguns dos modos de falha típicos que podem gerar a falha funcional são: fratura, separação, deformação, desgaste, corrosão, abrasão, desbalanceamento, rugosidade, desalinhado, trincamento, mal montado, encurtamento, etc. E estes modos de falha podem ser classificados em 3 (três) grupos. São eles:

- Quando a capacidade se reduz abaixo do desempenho desejado;
- Quando o desempenho desejado fica acima da capacidade inicial;
- Quando o item físico não é capaz de realizar o que é desejado.

2.2.3. Conceitos sobre Efeito da Falha

Segundo Oliveira *et al.* (2008), efeito de falha pode ser definido como o impacto ou resultado presente quando ocorreu uma determinada falha, afetando o sistema ou o ativo. Ainda segundo Oliveira *et al.* (2008), os efeitos da falha, podem ser classificados em:

- **Efeito Catastrófico:** se a falha pode causar a morte de seres humanos, ou perda do sistema principal, ou danos ao meio ambiente.
- **Efeito Crítico:** se a falha pode causar ferimento severo ou mesmo a morte, ou dano significativo ao sistema ou ao meio ambiente, resultando na perda da missão da instalação.
- **Efeito Marginal:** se a falha causar ferimento leve ou dano de pequeno porte no sistema ou no meio ambiente, resultando em demora ou degradação de sua missão.
- **Efeito Mínimo:** se a falha provoca consequências reduzidas na operação, meio ambiente e segurança abaixo dos níveis máximos permitidos das normas legais, demandando recursos econômicos mínimos para restauração da condição original.
- **Efeito Insignificante:** se a falha causa ferimentos em seres humanos, ou danos ao sistema, ou impactos no meio ambiente insuficientes para infringir qualquer norma ambiental.

2.2.4. Definição de confiabilidade

A confiabilidade de equipamentos e sistemas é cada vez mais exigida nos dias atuais, e uma das principais preocupações mais recorrentes da indústria, pois há a necessidade de um atendimento aos requisitos de segurança operacional, segurança ambiental, qualidade de processo e otimização dos recursos. Verifica-se, porém que esta busca maciça pela confiabilidade ocorreu de forma intensa em meados da década de 50 em empresas do segmento aeronáutico, civil e militar, com base na busca de uma manutenção mais assertiva e necessidade de extensão de vida útil de itens de alto custo – fator econômico (LUCATELLI, 2002).

Segundo Nogueira e Toledo (1999), confiabilidade é a probabilidade de que um sistema desempenhe a função que lhe foi destinada, durante uma missão determinada ou intervalo de tempo específico, sob certas condições para a qual foi concebido. A confiabilidade é normalmente expressa com base em parâmetros (do tipo, tempo, distância, etc.) médios para falhas ou entre falhas.

Para o contexto de estudo em manutenção, confiabilidade pode ser entendida como a probabilidade de um equipamento, conjunto ou uma peça, desempenhar adequadamente seu propósito ora projetado, e devidamente especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais pré-determinadas. A confiabilidade de um item pode ser descrita matematicamente como a probabilidade do mesmo cumprir sua função com sucesso, podendo assumir valores entre zero e um, e podendo ser calculada por axiomas da probabilidade (SILVA e RIBEIRO, 2009).

Para Oliveira e Sperling (2007), confiabilidade de um sistema pode ser definida como a probabilidade de se conseguir um desempenho adequado por um período específico de tempo, sob determinadas condições.

A confiabilidade de um determinado equipamento, ou um conjunto, ou ainda uma determinada peça, está diretamente relacionada com:

- A saúde e condição do referido item;
- O meio que se insere;
- A atividade fim desempenhada;
- Parte integrante junto ao processo;
- Regime operacional.

2.2.5. Cálculo da confiabilidade na manutenção

Para Yamane e Souza (2007), a confiabilidade $R(t)$, é a probabilidade que o sistema não falhou por certo período (t) . Uma noção popular de um sistema confiável é que este é livre de falhas por um longo período. E o objetivo de um programa de confiabilidade é prever o período livre de falhas e determinar meios de estendê-lo. A previsão de confiabilidade emprega rigorosas técnicas matemáticas baseadas em teorias de probabilidade no intuito de se determinar a confiabilidade geral do sistema através de dados de falhas de componentes.

Ainda segundo Yamane e Souza (2007), sob a definição matemática do atributo de confiabilidade, pode-se apresentar-se por uma função (de confiabilidade) expressa da seguinte forma:

$$C(t) = P(T \leq t) \quad (1)$$

Para Nogueira e Toledo (1999), a teoria mencionada – confiabilidade sendo a probabilidade de falha com relação a t – colabora para o aumento da confiabilidade na medida em que modos de falhas em um sistema são bloqueados a montante, ainda nas fases iniciais de desenvolvimento. A equação matemática da confiabilidade definida acima, como na verdade uma função sobrevivência, sendo expressa por:

$$C(t) = \frac{ns(t)}{ns(t) \times nf(t)} = \frac{ns(t)}{n_0} \quad (2)$$

Onde:

- C – Confiabilidade;
- $nf(t)$ – são itens idênticos submetidos a um teste que, após um tempo t , sofreram falhas;
- $ns(t)$ – são itens idênticos submetidos a um teste, após o qual não falharam;
- n_0 – são itens idênticos submetidos a um teste.

Segundo afirma Pinto (2004), a função confiabilidade será sempre decrescente em relação ao tempo (t), pois as probabilidades de sobrevivência de um componente sempre diminuem de acordo com a taxa de utilização e em razão dos mecanismos de desgaste e de fadiga.

Ainda conforme Pinto (2004) *apud* Branco Filho (2006), as expressões matemáticas que definem a função confiabilidade dependem diretamente do tipo de distribuição estatística a que os tempos para falha estejam associados. Assim, podem existir funções de densidade de probabilidade, para expressar confiabilidade, que se enquadram como: Distribuições Exponenciais, Normais, Log-normais, *Weibull*, *Poisson*, etc.

Segundo Simonetti *et al.* (2013) *apud* Branco Filho (2006), dentre as funções de densidade de probabilidade existentes, a distribuição *Weibull* é a mais utilizada em estudos de confiabilidade, análise de sobrevivência e em outras áreas devido a sua versatilidade. Uma distribuição é definida matematicamente por sua equação de função de densidade de probabilidade, sendo a mais comum forma de parametrizar a distribuição *Weibull*, como:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (3)$$

Onde:

- t – Variável que define o período de vida útil podendo ser expresso em distância percorrida (km), em número de ciclos (n) ou em tempo de funcionamento (h);
- β – Parâmetro de forma;
- η – Parâmetro de escala;
- γ – Parâmetro de posição.

2.2.6. Cálculo da Taxa de Falha

Pinto (2004) define Taxa de Falha como a probabilidade de que um item venha a falhar durante um intervalo (t ; $t + \Delta t$), sabendo-se que o item está funcionando no instante de tempo t é dada pela expressão:

$$P(t < T \leq t + \Delta t | T > t) = \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{P(T > t)} = \frac{C(t) - C(t + \Delta t)}{C(t)} \quad (4)$$

Onde:

- C – Confiabilidade;
- P – Probabilidade de ocorrência da falha;
- Z – Taxa de falha;
- T – Tempo total conhecido;
- t – Instante de tempo determinado e/ou conhecido;
- Δt – Intervalo de tempo determinado e/ou conhecido.

Dividindo-se esta probabilidade pelo intervalo de tempo Δt , e fazendo-se com que $\Delta t \rightarrow 0$, tem-se a definição da função taxa de falha $z(t)$ do item, ou seja:

$$Z(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} = \frac{P(t < T \leq t + \Delta t)}{\Delta t} \frac{1}{C(t)} = \frac{f(t)}{C(t)} \quad (5)$$

$$Z(t) = \frac{f(t)}{C(t)} \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (6)$$

2.2.7. Indicadores de desempenho de confiabilidade: MTBF, MTTF, MTTR e Disponibilidade

A confiabilidade, segundo Yamane e Souza (2007) *apud* Pinto (2004), deve ser apoiada em diversos fatores, que assegurem a sua viabilidade e manutenção. Esta pode ser complementada com o cálculo de alguns indicadores de desempenho, muito comuns na área de Engenharia de Manutenção, como: MTBF, MTTR, MTTF e Disponibilidade.

2.2.8. MTBF

Para Branco Filho (2006), MTBF é uma sigla de *Mean Time Between Failures*, que na tradução ao português significa Tempo Médio Entre Falhas. Trata-se de um indicador de desempenho, que trata do controle estatístico, e de um índice de controle, utilizado para itens reparados após a ocorrência de uma falha. Este

indicador é a base de controle do tempo de vida de um determinado equipamento, ou componentes.

O MTBF é calculado pela expressão seguinte:

$$MTBF = \frac{NOIT \times HRPO}{\Sigma NTMC} \quad (7)$$

Onde:

- NOIT – número total de itens;
- HRPO – tempo total de operação;
- NTMC – número de falhas identificadas nesses mesmos, num período de tempo conhecido.

2.2.9. MTTR

Para Branco Filho (2006), MTTR é uma sigla de *Mean Time To Repair*, que na tradução ao português significa Tempo Médio Para Reparo. Este indicador tem como meta medir e controlar o tempo necessário para reparar um equipamento, ou componente. O MTTR deve ser utilizado para itens para os quais o tempo de reparo ou substituição é significativo em relação ao tempo de operação.

O MTTR é calculado pela expressão seguinte:

$$MTTR = \frac{\Sigma HTMC}{NTMC} \quad (8)$$

Onde:

- *HTMC* – tempo total de intervenção corretiva em um conjunto de itens com falhas;
- *NTMC* – número de falhas identificadas nesses mesmos, num período de tempo conhecido.

2.2.10. MTTF

Para Branco Filho (2006), MTTF é uma sigla de *Mean Time To Failure*, que na tradução ao português significa Tempo Médio Para Falhar. Este indicador tem como meta medir e controlar o tempo de sobrevida de um equipamento, ou componente, após um reparo. O MTTF deve ser utilizado para itens que são substituídos após ocorrência de uma falha.

O MTTF é calculado pela expressão seguinte:

$$MTTR = \frac{\sum HTMC}{NTMC} \quad (9)$$

Onde:

- HROP – tempo total de operação;
- NTMC – número de falhas identificadas nesses mesmos, num período de tempo conhecido.

2.2.11. Disponibilidade (D)

Para Branco Filho (2006), a disponibilidade pode ser descrita como a capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado (t). A disponibilidade é um índice que determina o quanto um determinado equipamento está (esteve) disponível para a operação, livre de paradas não programadas.

A disponibilidade é calculada pela expressão seguinte:

$$D = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} \quad (10)$$

Onde:

- MTBF – Tempo médio entre falhas;
- MTTR – Tempo médio para reparo.

2.3. MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade)

2.3.1. Definição de MCC

A metodologia MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade), uma simples e direta tradução de RCM (*Reability Centered Maintenance*) é uma metodologia de gerenciamento técnico da manutenção, que atua desde o PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) à engenharia de manutenção. Esta metodologia baseia-se na exploração e investigação de falhas potenciais de máquinas, conjuntos e sistemas, com as corretas tratativas, corretivas, preventivas, preditivas ou proativas, de modo a atenuar ou anular os efeitos e impactos por estas ocorridas (SOUZA e MARÇAL, 2009).

Para Fleming *et al.* (1999), a MCC pode ser definida como um novo método para o planejamento da manutenção industrial que visa racionalizar e sistematizar a definição de tarefas de manutenção, bem como, garantir a confiabilidade e a segurança operacional ao menor custo, utilizando ferramentas própria, diferindo dos modelos tradicionais de manutenção preventiva.

Na clássica visão dos pioneiros Nowlan e Heap (1978), a MCC (ou RCM, como por estes tratados em seus estudos) refere-se a um sistema de manutenção programada, desenhado para perceber as capacidades inerentes de confiabilidade de equipamentos, diferindo dos modelos até então adotados.

Já segundo Seixas (2002) a metodologia MCC (ou RCM) pode ser definida como um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado equipamento. Esta começa identificando a funcionalidade ou desempenho requerido pelo equipamento no seu contexto operacional, identifica os modos de falha e as causas prováveis e então detalha os efeitos e consequências da falha. Isto permite avaliar a criticidade das falhas e onde pode-se identificar consequências significantes que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. A metodologia permite selecionar as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falha identificados.

A metodologia MCC, segundo Moubroy (2000), é um processo usado para determinar as estratégias necessárias para assegurar que qualquer ativo continue a cumprir com suas funções previamente projetadas, no seu contexto operacional presente.

Segundo Zaions (2003), a metodologia MCC teve suas origens no desenvolvimento das disciplinas de engenharia da confiabilidade durante os anos 50. As ferramentas analíticas fundamentais estatísticas foram criadas para estimar a confiabilidade de componentes, sistemas e conjuntos, principalmente os componentes elétricos e eletrônicos.

O objetivo de se implantar a metodologia MCC é trazer ao referido equipamento, conjunto ou item-peça, as melhores práticas e condições técnicas para se planejar e gerir as funções dos ativos e a consequência de suas falhas, ou seja, o foco do programa são as funções mais importantes do equipamento e o que os usuários esperam que ele faça. A manutenção passa então por uma transição efetiva, e para combater os altos custos passou-se a planejar e controlar as atividades de manutenção a fim de aumentar a vida útil dos equipamentos e garantir a confiabilidade e a segurança operacional (ALAS, 2012).

Sob uma análise de Oliveira *et al.* (2008, pag.2), a metodologia MCC pode ser encarada como uma estratégia não só para redução de custos ou aumento da disponibilidade operacional, mas ainda para alcançar a excelência na manutenção, e alcançar um patamar de destaque frente a outras empresas:

“E para alcançar o que chamamos de WCM (*World Class Maintenance*) manutenção de classe mundial, faz-se necessário a melhoria dos processos de manutenção ora adotados, não de forma relativa, mas fazendo com que as etapas adotadas como preventivas sejam revitalizadas por meio do uso da técnica de RCM (*Reability Centered Maintenance*)”.

E ainda sob a ótica de definição de Oliveira *et al.* (2008), uma das características da metodologia MCC (ou RCM) é fornecer um método estruturado para selecionar as atividades de manutenção para qualquer processo produtivo. Este método estruturado, como citado, é formado por um conjunto de passos bem definidos, os quais precisam ser seguidos em forma sequencial para responder às questões formuladas pela metodologia MCC (ou RCM) e garantir os resultados desejados.

2.3.2. Componentes da MCC

Segundo Seixas (2002), as estratégias de manutenção na MCC ao invés de serem aplicadas independentemente são integradas para se tirar vantagens de seus pontos fortes, de modo a otimizar a operacionalidade e eficiência da instalação, dos recursos e propriamente de seus ativos. A MCC, após implementada, se operacionaliza da mesma forma que o modelo tradicional de manutenção em alguns modelos, contudo a mesma difere em muito quanto aos métodos empregados, pois se utiliza de uma visão mais técnica e melhor embasada na falha possível.

Ainda segundo Seixas (2002), a metodologia MCC, após implementada, passa a ter como composição, 4 (quatro) componentes básicos no que tange a execução, operacionalização, das atividades de manutenção. São eles:

2.3.2.1. Manutenção Reativa

A Manutenção Reativa trata-se de uma intervenção direta, de resposta a uma determinada falha, que tem como objetivo colocar o equipamento em funcionamento o mais rápido possível. Muito parecida com o modelo tradicional de manutenção corretiva, esta apenas se difere da ação mais planejada, pois grande parte das atividades possíveis foram exaustivamente avaliadas e analisadas nas etapas de análise das falhas (SEIXAS, 2008).

Segundo Seixas (2008), a aplicação da Manutenção Reativa na metodologia MCC está condicionada as seguintes características dos itens:

- Pequenos itens;
- Itens não críticos, de baixo impacto ao processo produtivo;
- Itens com baixa, ou improvável ocorrência de falhar;
- Itens redundantes (aportados em sistemas A-B).

2.3.2.2. Manutenção Preventiva

Para Seixas (2008), a Manutenção Preventiva trata-se de uma intervenção planejada, especificada de forma planejada ou programada, que tem como objetivo a prevenção de paradas não programadas, evitando o dano a produção de forma direta.

Ainda segundo Seixas (2008), Manutenção Preventiva na metodologia MCC, está condicionada as seguintes características dos itens:

- Itens de pequenos a médio porte;
- Itens sujeitos a desgaste natural;
- Itens com vida útil definida (especificada), como: rolamentos, buchas, guias, filtros, lubrificantes, raspadores, etc.
- Itens redundantes (aportados em sistemas A-B).

2.3.2.3. Manutenção Preditiva

Segundo Kardec *et al.* (2002) *apud* Souza (2008) *apud* Seixas (2008), a Manutenção Preditiva é uma intervenção que visa a análise e monitoramento de condições, sejam elas físicas, químicas ou físicoquímicas, de modo a prever em antemão a falha. Este modelo de manutenção tem grande destaque na metodologia MCC, já que além de um custo relativamente acessível, a mesma, em função dos crescentes avanços tecnológicos, tem fornecido informações de alto valor e confiabilidade.

Para Lucatelli (2002), a Manutenção preditiva visa determinar o estado real de um item (peça/equipamento/sistema) com base nos dados coletados por meio de diversas técnicas, em inspeções realizadas numa frequência determinada.

Para Kardec e Nascif (1998), o objetivo deste tipo de manutenção é determinar o tempo correto da necessidade da intervenção da manutenção, evitando desmontagens desnecessárias dos equipamentos e procurando utilizar o componente até o máximo de sua vida útil.

A Manutenção Preditiva na metodologia MCC está condicionada as seguintes características dos itens:

- Itens que possuem modelos de falhas randômicas;
- Itens de média a alta criticidade;
- Itens de alto custo (valor);
- Itens não sujeitos a desgaste natural;
- Itens com falhas possivelmente induzidas pela Manutenção reativa;

2.3.2.4. Manutenção Proativa

Segundo Gonçalves *et al.* (2008), Manutenção Proativa consiste na “identificação e eliminação sistemática dos problemas potenciais relacionados com todos os aspectos de confiabilidade, disponibilidade e sustentabilidade”. Ela resulta da combinação da manutenção preditiva com a preventiva e permite identificar problemas potenciais antes deles acontecerem, produção e tempo perdido com manutenção corretiva. Este tipo de manutenção tem como objetivo intrínseco a solução da falha, e não apenas a reposição do equipamento em operação, isto é, consertar o defeito. A mesma se utiliza dos atributos e artifícios da Engenharia de Manutenção, com o auxílio de conceitos de confiabilidade, e demais métodos estáticos, além das mais modernas ferramentas de engenharia, de análise e investigação de falhas.

A Manutenção Proativa, segundo Seixas (2008), está condicionada as seguintes características dos itens:

- Itens que possuem modelos de falhas complexos;
- Itens de alta criticidade;
- Itens de alto custo (valor);
- Itens não sujeitos a desgaste natural;
- Itens de difícil análise e investigação de falhas.

A Manutenção Proativa, ainda segundo Seixas (2008), utiliza-se comumente das seguintes ferramentas de engenharia:

- RCFA – *Root Cause Failure Analysis* (Análise de Falha da Causa Raiz);
- FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis* (Análise dos Modos e Efeitos da Falha);
- FTA – *Fault Tree Analysis* (Análise da Árvore de Falhas);
- RT – *Restriction Theory* (Teoria das Restrições);
- AEI – *Age Exploration Item* (Exploração da Idade de Item).

2.3.2.5. Engenharia de Confiabilidade

Segundo Kardec e Nascif (1998) *apud* Seixas (2008), a Engenharia de Confiabilidade pode ser definida como uma área de apoio a manutenção que tem como objetivo único o estudo detalhado dos modelos probabilísticos, e da

confiabilidade de sistemas. Esta área na verdade não é um componente da metodologia MCC, e sim um norteador de apoio e ao estudo da implementação desta.

A Figura 6 apresenta os componentes da metodologia MCC, em termos de intervenções e modelos de manutenção.

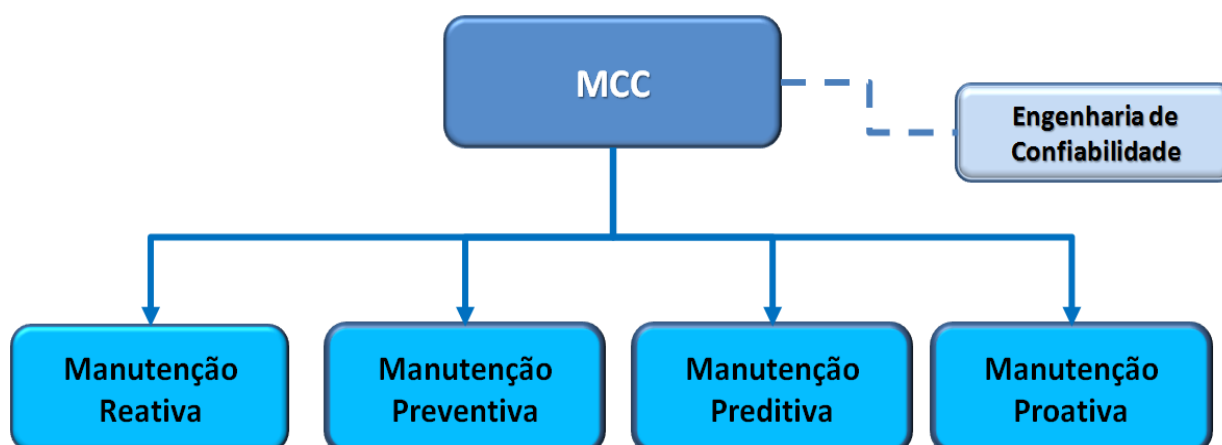


Figura 6 – Componentes da metodologia MCC

Fonte – Adaptado de Seixas (2002)

2.3.3. Histórico da metodologia MCC

A confiabilidade de equipamento, segundo Lucatelli (2002) é hoje uma das principais preocupações nos diversos tipos e segmentos de indústria, já que os benefícios de uma produção livre de paradas não programadas, e alta previsibilidade, são intangíveis. A confiabilidade, como um termo integrante da gestão da manutenção, e operação, só começou a gerar interesse em meados de 1950, no momento onde houve a ruptura de uma mentalidade puramente corretiva, na aplicação de métodos preventivos. A indústria, mediante aos novos padrões de produtividade para aquela época, começou a enxergar que um ativo parado não era só um recurso indisponível, a menos, mas um vetor para diversas perdas de processo.

No decorrer da evolução da indústria, e da manutenção, especificamente na transição da Segunda Geração para a terceira geração, as tarefas de manutenção ainda eram executadas de forma pouco científica, raramente examinada analiticamente, com maior critério, e a função mantenedor apenas um ofício

aprendido através da experiência. À medida que novos requisitos de desempenho mais complexos foram exigindo aos equipamentos, os custos foram exponencialmente crescendo, em conformidade. No final dos anos 1950 os volumes destes custos alcançaram um nível que justificava um novo olhar mais criterioso sobre o todo conceito de manutenção preventiva, sobretudo nas companhias aérea, daí exigiu-se um sistema de manutenção que fosse não só eficiente, mas eficaz (NOWLAN e HEAP, 1978).

Ainda segundo Nowlan e Heap, (1978), no íterim dos anos de 1960, uma comissão de estudos técnicos aeronáuticos fora criada, com o intuito de propor melhorias no sistema de aviação doméstica americano. Esta comissão foi criada *Federal Aviation Administration (FAA)*, em conjunto com representantes da aviação civil, e posteriormente pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, com o objetivo específico de avaliar métodos de manutenção, falhas processuais e criação de planos de contingenciamento em caso de falhas. Tal comissão, chamada de *Maintenance Steering Groups (MSG)*, qual trataram de desenvolver as primeiras análises de políticas da manutenção com base na tratativa das falhas, criando assim um compendio chamado *Reability Centered Maintenance (RCM)* ou Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).

2.3.4. A implantação da MCC

Segundo Seixas (2002), as estratégias de manutenção em vez de serem aplicadas independentemente são integradas para tirar vantagens de seus pontos fortes de modo a otimizar a operacionalidade e eficiência da instalação e dos equipamentos, enquanto minimiza o custo do ciclo de vida.

Lucatelli (2002) ressalta que são inúmeros os benefícios de se implementar a metodologia MCC nas áreas de manutenção, podendo ressaltar ordenadamente os ganhos como se segue:

- Preservação das especificações de operação dos equipamentos, o que resulta na otimização do seu desempenho;
- Redução do estoque de peças sobressalentes pela otimização da manutenção preventiva e corretiva, as quais podem ser compradas de forma programadas;

- Redução dos prejuízos causados por interrupções de emergência – paradas não programadas;
- Prolongamento da vida útil dos equipamentos, reduzindo a necessidade de investimentos de capital causada pela manutenção deficiente;
- Redução de paradas desnecessárias dos equipamentos, proporcionando aumento de disponibilidade;
- Redução do número de resserviços causados por equipamentos operados de forma inadequada;
- Maior agilidade nos trabalhos realizados pela manutenção, em razão do maior conhecimento dos equipamentos, tanto do pessoal da manutenção como de operação;
- Redução dos acidentes de trabalho, que podem pôr em risco a vida de pacientes e operadores;
- Redução dos custos de manutenção através da otimização dos serviços e contratos de manutenção;
- Diminuição de falhas catastróficas⁴, as quais são, em geral, eliminadas pelo acompanhamento e prevenção das causas de falhas.

Para ser desenvolvida, a metodologia MCC se utiliza de um conjunto de 7 (sete) perguntas sobre cada item em revisão ou sob análise crítica, para que seja preservada a função do sistema produtivo, a saber (SOUZA e LIMA, 2003 *apud* KARDEC e NASCIF, 1998):

- 1 – Quais são as funções e padrões de desempenho do ativo no seu contexto atual de operação?
- 2 – De que forma ele falha em cumprir sua função?
- 3 – O que causa cada falha funcional?
- 4 – O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5 – De que modo cada falha importa?
- 6 – O que pode ser feito para predizer ou prevenir cada falha?
- 7 – O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proativa apropriada?

Sobre a implantação da metodologia MCC (ou RCM), Souza e Marçal (2009, pág. 5) avaliam que:

“O estudo analítico da Manutenção Centrada em Confiabilidade pode ser entendido como uma sequência de fases, mas são interativas já que, à medida que o processo ou serviço avança a equipe adquire mais experiências e pode visualizar melhor as funções e corrigirá o processo ou serviço fazendo as devidas modificações, eliminação ou até acumular mais segurança. Essencialmente, a Manutenção Centrada em Confiabilidade pode ser exposta de uma forma bem simples enfatizando os seus quatro elementos que a caracterizam da prática tradicional, que são:

- a) Preservação da função do sistema;
- b) Identificação das falhas funcionais e dos modos de falha dominantes;
- c) Priorização das falhas funcionais de acordo com suas consequências;
- d) Seleção de atividades de manutenção aplicáveis e de custo-eficiente favoráveis, por meio de um diagrama de decisão”.

Faz-se necessário ressaltar que a implantação da metodologia MCC, nas fases mais importantes e de difícil exequibilidade, o processo pode ser simplificado pela adoção de ferramentas específicas, de modelamento matemático e de estudo lógico, para registro e análise dos dados. O processo de análise da metodologia MCC pode ser automatizado, auxiliando no desenvolvimento das etapas, conduzindo-as na sequência correta, analisando os módulos de falhas, propondo soluções e decisões, além de conferir a execução dos cálculos probabilísticos e de confiabilidade necessários (SOUZA e MARÇAL, 2009).

Para se implementar a metodologia MCC, se faz necessário o seguimento de 8 (oito) etapas, também denominados de “passos”, ora definidas de modo a estabelecer um elo de ligação entre os modos de falhas, consequências, e ações a serem impostas no ato do planejamento (MOUBRAY, 2000 *apud* ALAS, 2012 *apud* LUCATELLI, 2002).

Conforme Alas (2012) *apud* Lucatelli (2002), as 8 (oito) etapas (ou passos) podem ser classificados na seguinte ordem:

- Etapa 1 – Conhecer o sistema (equipamentos, componentes, processo, recursos, etc.);
- Etapa 2 – Destacar (identificar) as funções do sistema;
- Etapa 3 – Para cada função, relacionar as possíveis falhas;

- Etapa 4 – Para cada falha, avaliar os modos de falha, os efeitos e consequências;
- Etapa 5 – Relacionar as possíveis atividades de manutenção;
- Etapa 6 – Definir a periodicidade das atividades;
- Etapa 7 – Avaliar a efetividade das atividades;
- Etapa 8 – Estabelecer um plano global de manutenção.

Lucatelli (2002) agrupa a aplicação das etapas da MCC, segundo a análise da relação entre cada tarefa e as características de confiabilidade dos modos de falha do equipamento, em 2 (duas) classes: *essencial* – do ponto de vista de segurança e ambiental, e *desejável* – do ponto de vista de custo-benefício (perda da capacidade operacional e indisponibilidade são consideradas custos).

A Figura 7, a seguir, apresenta fases da aplicação da MCC, sob um formato de roteiro, classicamente adotado.

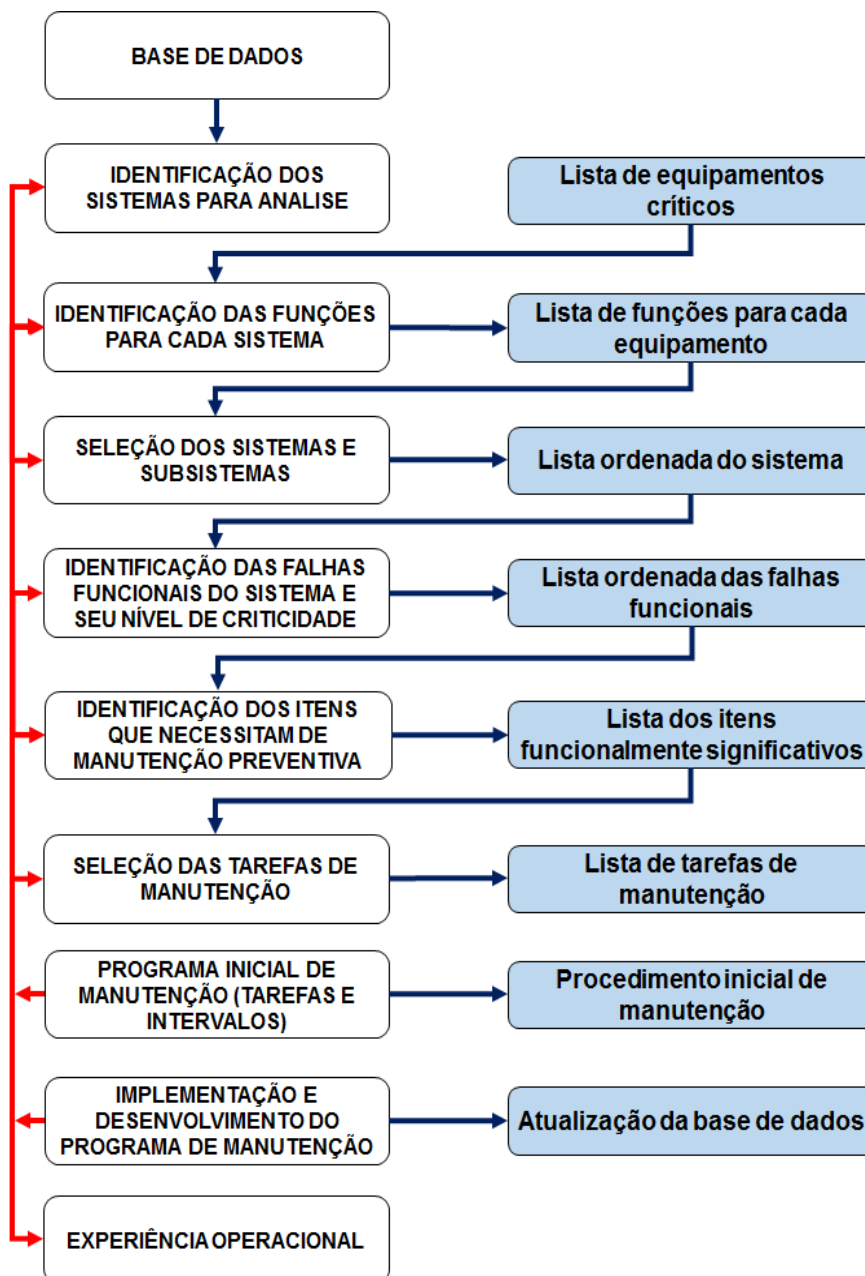


Figura 7 – Fases da aplicação da MCC

Fonte – Adaptado de Souza e Marçal (2009)

2.3.5. Análise de falhas para implantação da MCC

Para se implementar a metodologia MCC, há a necessidade de se investigar as falhas, seus modos de falhas, seus efeitos, criar planos de contingenciamento, etc. Para estas ações, qual compreendem as ETAPAS de 1 a 5, se faz necessária a adoção de ferramentas de engenharia específicas, de modo a proceder a análise de forma correta e embasada corretamente (ALAS, 2012).

Segundo Alas (2012), para se efetuar o levantamento de dados, seleção de dados e consenso sobre a estratificação desses dados, é comum a utilização do *'Brainstorming'*, uma ferramenta de fácil aplicação, mas de efetiva e útil aplicação quando há uma série de dados compilados, como por exemplo, dados extraídos de um SIGM (ou CMMS). Ainda segundo Alas (2012), esta ferramenta somente se faz possível quando há um conjunto de dados bem amplos, e que retratam um histórico completo das ocorrências.

Conforme menciona Lucatelli (2002), dentre inúmeras formas de efetuar a análise das falhas e definição dos modos de falhas, sobretudo as ocultas, e a criação dos planos de contingenciamento, destaca-se 2 (duas) ferramentas, sendo estas as mais aplicadas no processo de implementação da metodologia MCC: *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) e *Fault Tree Analysis* (FTA).

Para a operacionalização das ações levantadas nas ETAPAS de 1 a 5, é necessário, como medida de avaliação e tomada de decisão, a adoção de ferramentas de engenharia que possibilitem uma correta avaliação. Uma das mais utilizadas ferramentas de engenharia para tomada de decisão sob matriz lógica é a Árvore Lógica de Decisão (ALD) (LUCATELLI, 2002)

2.3.6.1. *Brainstorming*

De acordo com SEBRAE (2007), *'brainstorming'* é a mais conhecida das técnicas de geração de ideia. Numa rápida tradução do inglês: "tempestade cerebral", esta ferramenta (ou técnica, assim também classificada), consagrou-se no ambiente industrial e de administração como uma técnica de ideias em grupo que envolve a contribuição espontânea de todos os participantes, sem medir ou avaliar credos, conhecimentos específicos ou quaisquer outros conceitos.

O *'brainstorming'*, segundo Araújo *et al.* (2015), constitui de um procedimento que visa estimular a criatividade, separando a geração de ideias da sua avaliação e organização. Trata-se de uma técnica, ou ferramenta da qualidade, que tem como objetivo produzir uma lista extensa de ideias que possam ajudar no desenvolvimento do tema, ora proposto, por meio da geração de ideias sem nenhum tipo de censura ou crítica.

Ainda segundo Araújo *et al.* (2015), *'brainstorming'* é recomendado para diversas situações, sendo algumas aqui apresentadas:

- Geração de um grande número de ideias;
- Exploração de alternativas melhores ou mais adequadas para solução de um problema;
- Identificação de oportunidades detectadas por aqueles que estão mais próximos da atividade.

As aplicações mais comuns do '*brainstorming*', se referem à busca de:

- Problemas, por meio da análise de áreas problemáticas;
- Fatos que levem à definição de um problema;
- Ideias que auxiliem a solução de problemas;
- Critérios para avaliação de soluções de problemas;
- Aceitação pelo desenvolvimento participativo de um plano de ação e sua implementação.

No processo de implementação da metodologia MCC, se faz necessário que alguns itens sejam definidos, e consensado, para guiar o processo, sobretudo no que se diz as etapas 1, 2 e 3. Uma ferramenta comumente adotada para tais situações, sobretudo nas ações corriqueiras do dia-a-dia, é o '*brainstorming*' (ALAS, 2012). O '*brainstorming*' é útil e de fácil aplicação quanto ao tratamento dos dados, e consenso, os dados, porém, devem ser confiáveis, e tomados como base na coleta de um mecanismo de alta confiabilidade, como um histórico confiável de falhas de um SIGM (ou CMMS).

2.3.6.1.1. Regras para *Brainstorming*

De acordo com SEBRAE (2007), o '*brainstorming*' apesar de se caracterizar pela livre geração de ideias, tem porem, a necessidade de transcorrer de forma organizada, para que o foco não seja desviado. São as seguintes regras que devem ser seguidas:

- Enfatizar a quantidade e não a qualidade das ideias;
- Evitar críticas, avaliações ou julgamentos sobre as ideias;
- Apresentar as ideias tais como elas surgem na cabeça, sem rodeios, elaborações ou maiores considerações. Não deve haver medo de "dizer bobagem". As ideias consideradas "loucas" podem oferecer conexões para outras mais criativas;
- Estimular todas as ideias, por mais "malucas" que possam parecer;

- “Pegar carona” nas ideias dos outros, criando a partir delas;
- Escrever as palavras do participante, não as interpretar.

2.3.6.1.2. Etapas para realização de um *Brainstorming*

O ‘*brainstorming*’, é proferido por um condutor (pessoa responsável pela condução da reunião e organização desta). Ainda segundo SEBRAE (2007), é geralmente dividido em 5 (cinco) etapas. Estas etapas são descritas a seguir:

- **Introdução** – Início da sessão, onde se deve esclarecer o foco e os objetivos principais com esta, e apresentado o problema. O condutor em um quadro-branco escreve o problema, e tabela os componentes. O mesmo recepciona os componentes;
- **Geração de ideias** – Etapa em que os componentes devem raciocinar a respeito do problema, num curto período de tempo, podendo interagir entre componentes. Logo em seguida cada membro indica uma solução (ou raiz do problema);
- **Revisão da lista** – Etapa em que é repassada a listagem das soluções propostas (ou raiz dos problemas);
- **Análise e seleção** – Etapa em que deve-se levar o grupo a discutir as ideias e a escolher aquelas que mais parecem plausíveis;
- **Ordenação das ideias** – Etapa em que o condutor deve ordenar as ideias e prioriza-las, de acordo com o que se deseja alcançar.

2.3.6.2. Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA)

Segundo Martins e Andrade (2011) a metodologia FMEA se caracteriza como um conjunto de técnicas avançadas, que tem como objetivo principal identificar e evitar a ocorrência de falhas tanto em projetos de produtos, quanto nos processos de produção, assim como propor (de forma secundária) a solução de problemas e mitigação dos impactos provocados pelos modos de falhas.

Conforme Souza e Marçal (2009), o FMEA é uma técnica, ou ferramenta, de engenharia, destinada a identificar e avaliar, de forma sistemática, falhas potenciais em sistemas, processos ou produtos, determinar seus efeitos, suas causas e, a partir deste propósito, definir ações para diminuir ou até mesmo eliminar o risco

associado a essas falhas. O FMEA é na verdade uma sigla representada de '*Failure Mode and Effects Analysis*', que traduzida para o português, tem o significado de Análise de Modos e Efeitos de Falha.

Esta ferramenta surgiu em meados da década de 60, durante trabalhos desenvolvidos pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), no projeto Apollo. O FMEA, embora tenha nascido da indústria aeroespacial, teve uma grande aceitação e ampla aplicação na indústria automobilística, na década posterior, após a adoção sistematizada da Ford Motors Company em suas linhas de fabricação de automóveis (SOUZA e MARÇAL, 2009).

Segundo Martins e Andrade (2011), pode-se afirmar que o FMEA se propõe a diminuir as chances de ocorrência de falhas nos processos e conseqüentemente no produto final. A metodologia FMEA baseia-se nos seguintes princípios:

- Reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto / processo e os efeitos desta falha;
- Identificar ações que poderiam eliminar ou reduzir a possibilidade de ocorrência de uma falha potencial;
- Documentar todo o processo.

O FMEA se caracteriza como uma exigência para todas as organizações e normas da qualidade, e com aplicação ampla em diversas áreas, não se limitando à área industrial, ou setores, como manutenção. Empresas tem passado a exigir de funcionários e fornecedores um esforço genuíno de previsão dos problemas potenciais e implementação das melhores opções possíveis para prevenção ou controle desses modos de falha potenciais. Fica evidente então que o FMEA se destaca como uma exigência universal para organizações e padrões da qualidade, de modo a nortear as ações de investigação de falhas, ou ainda a prevenção destas (MARTINS e ANDRADE, 2011).

Nogueira e Toledo (1999), o FMEA é geralmente classificado em 2 (dois) tipos, quanto a sua aplicação em análises de engenharia. São as classificações:

- DFMEA - *Design Failure Modes and Effects* – Trata-se de um FMEA aplicado especificamente em projeto (ou produto). Neste tipo de FMEA, são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou nos processos decorrentes do projeto.

- PFMEA – *Process Failure Modes and Effects Analysis*) – Trata-se de um FMEA aplicado especificamente em processos. Neste tipo de FMEA, são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

2.3.6.3. Análise da Árvore de Falhas (FTA)

Para Batista *et al.* (2012), o FTA é uma ferramenta de engenharia que tem como objetivo a análise de produtos e processos, para permitir uma avaliação sistemática e padronizada de possíveis falhas, estabelecendo suas consequências e orientado a adoção de medidas preventivas ou corretivas. O FTA é uma sigla, representada de '*Fault Tree Analysis*', que traduzida para o português, tem o significado de Análise da Árvore de falhas.

Ainda segundo Batista *et al.* (2012), a estrutura do FTA se dá por meio de um fluxograma lógico, com destaque a falha no topo (previamente conhecida), com o seu desdobramento em outros modos de falhas. Este formato em fluxograma, ou em árvore, permite verificar as interações dos processos, as variáveis, oferecendo uma visão macro, em conjunto com cálculos probabilísticos.

Segundo Yamane e Souza (2007), o principal enfoque das árvores de falhas é a análise de falhas em sistemas complexos, particularmente onde há a oportunidade de interação de múltiplas causas potenciais. Dessa forma, é um método poderoso para descobrir e entender interações complexas que causaram (ou podem causar) a falha.

Ainda como discorre Yamane e Souza (2007), o FTA é provavelmente mais utilizado como uma ferramenta de análise depois de ocorrida a falha no intuito de se aplicar ações corretivas. Por essa razão é mais valiosa durante uma verificação de design e validação de processo em fases de desenvolvimento, e para análises de pós-produção em problemas de campo.

2.4. SIGM (Sistema Informatizado de Gerenciamento da Manutenção)

Segundo Belinelli (2011), no Brasil as ações relacionadas à manutenção industrial foram geridas de forma totalmente manual até finais dos anos 60. A

manutenção, sendo uma área focada essencialmente em atuar de forma corretiva, buscou esforços para atender prontamente a produção, de modo a restabelecer o ritmo produtivo em falha.

Ainda conforme Belinelli (2011, pág.3):

“[...] somente a partir da década 60 foram inseridos computadores no meio industrial das empresas de grande porte, o que ajudou à administração de muitas aplicações corporativas dessas industriais inclusive a manutenção e a lubrificação. Soluções informatizadas puderam trazer confiabilidade e acuracidade nos registros de manutenção, de modo a possibilitar estratificação e análises de dados complexos, e formatar com base nestes, de forma mais fácil, mais rápida e mais confiável, indicadores de desempenho da manutenção. Essas soluções, os sistemas computadorizados de manutenção ou CMMSs (Computer Maintenance Management System), ou ainda SIGM (Sistema Informatizados de Gerenciamento da Manutenção), estão sendo cada vez mais inseridos e amplamente utilizados no meio industrial, auxiliando a gestão da manutenção e sendo usados para coletar e acumular dados de forma ordenada e metódica”.

Para Kardec e Nascif (1998), na gestão de manutenção se faz necessário o registro de todas e quaisquer atividades de manutenção, sejam elas corretivas, preventivas, preditivas, inspeções; de modo a possibilitar a alimentação de um banco de dados para futuras avaliações, e/ou ainda, possibilitar o estudo de tendências, seja da vida de componentes, ou a vida de um ativo. Mesmo sabendo que em campo há fatores complexantes, é imprescindível que todos os colaboradores estejam engajados para execução de tais tarefas, estendendo a atividade de manutenção ao registro final da mesma.

Segundo KARDEC & NASCIF (1998, pág. 9):

“[...] A grande maioria das empresas que buscam desempenho no mercado, com uma cota de participação estável ou crescente, devem ter um desempenho classe mundial. Isso significa caminhar de um determinado desempenho para o melhor desempenho. O caminho que se percorre de uma para outra situação deve ser balizado por indicadores que permitem uma quantificação e acompanhamento dos processos, banindo a subjetividade e propiciando as correções necessárias. Ou seja, os indicadores são dados chaves para a tomada de decisão.”

Para Kardec *et al.* (1998), os recursos informatizados de manutenção (CMMS ou SIGM), sozinhos ou mesmo integrados aos ERPs, oferecem ao gestor de manutenção, diversos recursos, e uma enormidade de vantagens e ganhos, como:

- Reduzir da burocracia para os executores e gestores da manutenção;
- Facilitar a composição de tabelas e gráficos (relatórios e indicadores de desempenho);
- Permitir a elaboração de planos de manutenção para novas linhas de produção a partir do histórico de manutenção;
- Permitir o controle de emissão e execução dos planos preventivos, podendo ser reprogramados rapidamente caso estiverem em atraso;
- Facilitar a obtenção de dados para tomada de decisão: histórico, gastos, mão de obra, comportamento do maquinário;
- Facilitar a alocação de mão de obra e de recursos materiais;
- Fornecer orçamento de serviços e análises dos custos;
- Administrar a programação de serviços, mostrando claramente quais materiais, ferramentas são necessárias, bem como, a priorização adequada dos trabalhos;
- Organizar e atualizar o registro do quadro de funcionários da manutenção;
- Controlar a emissão de ordens de serviço e planos preventivos, bem como, gera relatório dos que estão pendentes (atrasados) e/ou não executados;
- Controlar o *Backlog* (acúmulo de trabalho pendente) dos serviços de manutenção, auxiliando tanto na priorização dos serviços e na alocação de mão de obra, como também na contratação e demissão de funcionários (ociosidade).

Segundo Tavares (1993), para facilitar a avaliação das atividades de manutenção, permitir tomar decisões e estabelecer metas deve ser gerado relatórios concisos e específicos formados por tabelas de índices, alguns dos quais acompanhados com seus respectivos gráficos, projetados de forma que sejam de fácil análise e adequados a cada nível gerencial. A aplicação deste relatório é válida quando o usuário já possui uma estrutura definida, uma ideia clara do que deseja consultar, e ainda quando o mesmo deseja informações rápidas e objetivas, sendo esta a razão de ser mais recomendada para sistemas que trabalham em tempo real.

Segundo BELINELLI (2011), os CMMS's ou SIGM's, são voltados a função de gerir integradamente as informações relativas à manutenção preventiva, existindo assim, uma ordem para a criação dos atributos (campos de informação e preenchimento) dentro deste sistema para que haja dados e ligações entre eles possibilitando as ações de gestão. É esta estrutura que possibilita o fluxo de dados em uma direção única e interligada, ordenando a geração das informações de forma concisa e interpretável.

Para Medéia (2015), algumas das funções mais comuns de um SIGM podem ser descritas:

- Cadastramento das aplicações em geral (equipamentos, estruturas prediais, componentes).
- Cadastramento e gestão de suprimentos e recursos humanos de manutenção.
- Criação de planos de manutenção.
- Programação de serviços (por periódicos; por acumulativos - horas ou Km, por preditivas, por agendadas e por eventos e falhas).
- Abertura de solicitações de serviços com acompanhamento desde a aprovação até a conclusão.
- Geração de Ordens de serviços tanto por processos automatizados quanto manuais.
- Geração de relatórios gerenciais, gráficos e KPI's - indicadores de desempenho de acompanhamento de serviços, custos, materiais, perda produtiva com paradas, disponibilidade, acompanhamento de funcionários, cronogramas, confiabilidade, análise de falhas - causa e efeito e *Backlog*.

A Figura 8, a seguir, mostra a estrutura e funcionamento dos planos de lubrificação dentro de um SIGM (CMMS).

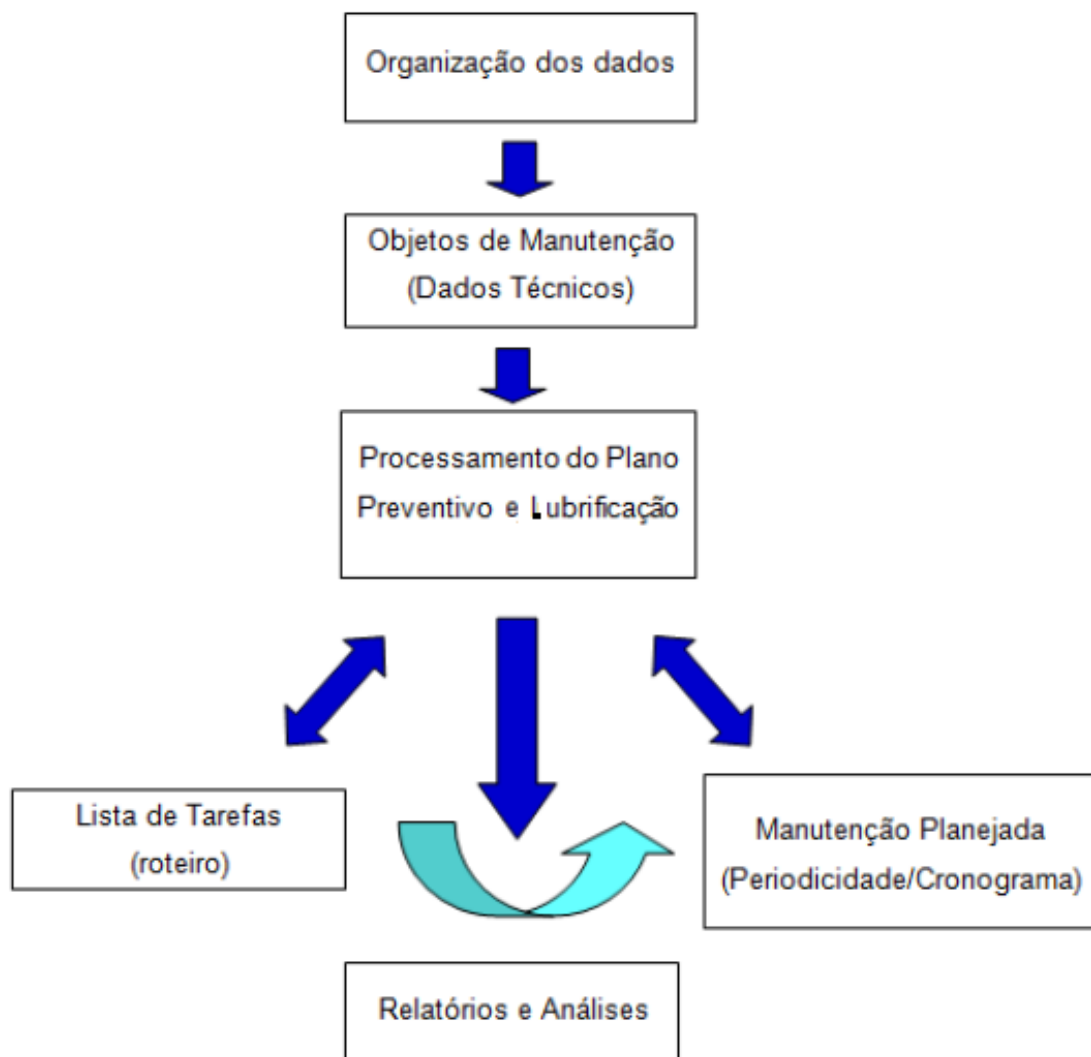


Figura 8 – Estrutura e funcionamento dos planos de lubrificação dentro de um SIGM (CMMS)

Fonte – Belinelli (2011)

2.5. A indústria de produção e distribuição de concreto no Brasil

Assim como informa ABESC (2007), o concreto é um dos materiais da construção mais utilizados em nosso país, em obras diversas (pavimentação, edificações, pré-moldagem, hidrogeração, etc.). A busca constante pela qualidade, a necessidade da redução de custos operacionais e a racionalização dos recursos nos canteiros de obras, fazem com que o concreto dosado em central, seja cada vez mais utilizado.

No Brasil, em 2009, foram produzidos cerca de 35,5 milhões de m³ de concreto em central, segundo informa ABCP (2009). A produção em 2012 ficou em torno de 48 milhões de m³, muito em função das diversas obras do PAC do governo

federal, e demais outras obras de expansão, como: de rodovias, obras hidráulicas, habitação e construções no geral, e, sobretudo em função dos maciços investimentos em infraestrutura.

A ABESC (2007) aponta inúmeros fatores que apontam como vantagens de aplicação de concreto dosado em central, sendo que dentre elas, destacam-se 5 (cinco) fatores:

- Eliminação das perdas de agregados (areia, britas e cimento) e água;
- Racionalização do número de operários da obra, com consequente diminuição dos encargos sociais e trabalhistas;
- Maior agilidade e produtividade da equipe de trabalho;
- Garantia da qualidade do concreto graças ao rígido controle adotado pelas centrais dosadoras;
- Redução no controle de suprimentos, materiais e equipamentos, bem como eliminação das áreas de estoque, com melhor aproveitamento do canteiro de obras.

O concreto pode ser rodado manualmente, assim como era comumente utilizado há anos, e como a maior parte da população tem conhecimento, muitas vezes utilizando-se de pequenas betoneiras, em obras domésticas. Seus inconvenientes são inúmeros, sendo os mais expressivos: a baixa confiabilidade, a morosidade de mistura, a heterogenização e a baixa resistência (SIMEI, 2012).

Para ABESC (2007), o concreto dosado em central é o concreto produzido industrialmente, elaborado pelas empresas prestadoras de serviços de concretagem, em um conjunto de equipamentos e sistemas, denominado de Central Dosadora de Concreto (CDC). A dosagem dos materiais componentes do concreto (britas, areia artificial e areia natural) e cimento, juntamente com a água e os aditivos, são feitos de forma controlada (por volume e por massa), seguindo normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas através do CB-18 - Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados.

2.6.1. O concreto

Conforme define Romano (2006), o concreto é um material de construção, formado por uma mistura, em determinadas proporções controladas, de 5 (cinco) componentes básicos: a) aglomerantes (cimento); b) agregados miúdos (areias e

derivados); c) agregados graúdos (britas, e outros agregados); d) aditivos; e) água. Sua resistência e durabilidade dependem diretamente da proporção entre os materiais que o constituem. A mistura entre os materiais constituintes é chamada de dosagem ou traço.

Ainda segundo Romano (2006), quando armado com ferragens passivas, isto é, sem pré-cargas, que servirão apenas para suporte das cargas da construção, recebe o nome de concreto armado; e quando for armado com ferragens ativas, isto é, com aplicação de pré-cargas para resistência de cargas de grande porte, recebe o nome de concreto protendido.

Segundo Simei (2012), existem basicamente 7 (sete) tipos de concreto quanto a sua constituição e aplicação, disponíveis nas indústrias de concreto dosado: a) concreto simples (ou convencional), b) concreto armado, c) concreto magro, d) concreto auto adensável, e) concreto bombeável, f) concreto de alto desempenho (CAD) e g) concreto especial.

2.6.2. Modelo de manutenção adotado nas empresas de produção e distribuição de concreto no Brasil

Segundo Bighetti (2011), a evolução tecnológica na área de construção civil no Brasil, acompanhou lado a lado com a chegada dos primeiros equipamentos de transportes importados, como os caminhões e seus implementos, e consolidado com as primeiras empresas aqui instaladas, para produção de Cimento Portland, e as fabricas que produziram estes equipamentos, além de caminhões betoneiras, escavadeiras, tratores e etc., tudo isso por volta dos anos de 1950.

As dificuldades de manter estes equipamentos, em função de uma rede precária de concessionárias, e da escassez de peças de reposição, tornavam as atividades custosas e morosas. A manutenção passou a ser o um fator de grande preocupação, demandando de certa profissionalização, porém sem os recursos presentes, se fez presente uma visão de artesão (BLANCO, 2008 *apud* BIGHETTI, 2011).

O perfil de manutenção industrial seguia rumo a uma crescente evolução, melhorando os meios e as formas de atuação, deixando para traz o perfil meramente corretivo. Nos anos de 1960 o mundo já se experimentava novas tendências e tecnologias, contudo a área de construção civil ainda permanecia com um modelo

exclusivamente corretivo, às vezes sem certa credibilidade, ou mesmo departamentalização (SIMEI, 2012).

Segundo Bighetti (2011) *apud* Blanco (2008) *apud* Simeí (2012), com a evolução dos equipamentos em marcha, em meados dos anos de 1980 e 1990, com a presença de componentes de maior complexidade, e com evoluções tecnológicas que começaram a agrega-los, iniciou um crescente nos números de equipamentos que vinham a falhar, acarretando paradas não programadas, afetando de forma direta a produtividade. Devido à complexidade presente, o “espírito artesão” começou a se tornar inviável e obsoleto, e o perfil de manutenção meramente corretiva acabou se tornando cada vez mais abolido. A construção civil passou a entender que ocorria de forma preventiva, poupava os inconvenientes de paradas em campo, diminuindo assim os impactos com ela.

Para muitas indústrias, segundo Kardec e Nascif (1998), o setor de manutenção era visto como um setor de despesas, inconveniente muitas vezes, esquecido e discriminado, hoje, devido aos inúmeros resultados alcançados, e devido à série de estudos efetuados, tem-se provado de que com uma eficiente manutenção e com um planejamento inteligente, podem-se obter resultados significativos, sejam de cunhos financeiros, estratégicos e de posicionamento da marca.

As industriais começaram a enxergar a manutenção como um setor de grande importância na gestão, sendo um forte aliado na estratégia, e na garantia de uma produção de alta eficiência (SIMEI, 2012).

A indústria da construção civil, assim como muitos outros ramos industriais, tem se beneficiado destas bruscas mudanças, muitas ocorridas dessas em função das novas exigências do mercado globalizado, e frente a necessidade de sobreviver em meio a extrema competitividade. Mas todas as indústrias, sobretudo as deste ramo industrial, acabam sofrendo com a pressão do mercado. Preço, prazo, qualidade e flexibilidade no atendimento, são marcas que todas as indústrias necessitam perseguir como um coletivo de objetivos intrínsecos, todos reais e tangíveis, de modo a sobreviver e otimizar suas operações (BIGHETTI, 2011).

Embora a manutenção presente nas indústrias de construção civil tende a se alinhar aos poucos aos demais modelos de indústrias, verifica-se certa deficiência no que tange a profissionalização da área de manutenção (formação técnica do time de manutentores) e investimento em novas tecnologias (ferramentas e tecnologias).

Mas há, uma tendência crescente nos últimos 15 anos – principalmente em grandes consórcios ou incorporações de conglomerados de grande porte, que se utilizam de equipamentos de alto valor agregado – de adoção de modelos de manutenção que se assemelham muito aos demais tipos de indústrias, com a adoção de ferramentas de engenharia de grande desempenho, departamentalização efetivada, modernas ferramentas de análise, e adoção de SIGMs no planejamento e controle de manutenção (BIGHETTI, 2011 *apud* SIMEI, 2012).

3. METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado em uma empresa especializada na produção e distribuição de concreto dosado. O estudo se caracterizou pela natureza qualitativa, de referência situacional (antes e depois), com base na aplicação da metodologia MCC em equipamentos móveis, com o objetivo exploratório, que aborda os principais conceitos adjuntos ao tema.

Os procedimentos técnicos para elaboração deste estudo são divididos em 9 (nove) fases distintas:

- Formação do time de trabalho;
- *Brainstorming*;
- Estudo da viabilidade de implantação da metodologia MCC
- Descrição da empresa do estudo;
- Descrição dos equipamentos;
- Implementação da metodologia;
- Discussões;
- Coleta de dados em campo;
- Análise dos resultados.

3.1. Formação do time de trabalho

Para realização do processo de implantação da metodologia MCC, se faz necessário a formação de um time de trabalho, formado por profissionais integrados ao processo. Para este, foi selecionado um corpo técnico de colaboradores, atuantes nas áreas de manutenção e produção da referida empresa, com expertise a respeito dos processos internos, modelos de manutenções empregados pela empresa, e seus equipamentos.

Este time fora formado por 5 (cinco) integrantes, sendo:

- 2 mantenedores;
- 3 técnicos de manutenção;
- 2 líderes de central

Este corpo técnico fora submetido a um treinamento técnico, com um especialista em confiabilidade (engenheiro de confiabilidade) de uma planta de

cimento do próprio grupo, o qual repassou aos mesmos os conceitos fundamentais sobre a MCC, aplicação das 8 (oito) etapas e sistemáticas de trabalhos afins. O mesmo ainda descreveu detalhadamente 2 (dois) exemplos de aplicação da metodologia MCC nas fabricas de cimento, e suas fases de implantação.

3.2. Brainstorming

Para implementação da metodologia MCC, no que tange a seleção do tipo de equipamento e o componente, o corpo técnico foi submetido a um '*brainstorming*' para levantamento do (s) tipo (s) de equipamento (s) que mais impactariam no processo de produção da empresa, e que indisponibilizados, afetariam de fato a lucratividade da empresa.

Após o '*brainstorming*', foi traçado uma planilha de priorização, de modo a nortear a conclusão efetuada em estudo. Os equipamentos responsáveis pelo maior impacto, caso indisponibilizados, seriam as autobetoneiras hidráulicas e as pás carregadeiras hidráulicas sobre rodas.

Foram selecionados então os seguintes equipamentos para implementação da metodologia MCC:

- 2 (duas) autobetoneiras de concreto, ambas montadas sobre caminhões de 26 T e 260 cv (potência bruta), e ambos equipamentos com capacidades volumétricas de 8 m³.
- 2 (duas) pás carregadeiras, ambas com capacidade nominal de 2,5 m³ (a 110%) e 171 cv (potência bruta).

3.3. Estudo da viabilidade de implantação da metodologia MCC

Foi realizado um estudo dos impactos da aplicação da MCC nas intervenções dos equipamentos, como meio de obtenção de uma maior disponibilidade operacional, alcançando assim a meta corporativa de 91%.

Os dados foram extraídos do Sistema de Gerenciamento da Manutenção (SIGM), do tipo *Enterprise Resource Planning* (ERP), qual a empresa adota sob a marca SAP/R3 – mod. PM (*Plant Maintenance*). Seus dados são estratificados em planilha eletrônica, gerada instantaneamente por meio de seu banco de dados.

3.4. Descrição da empresa sede do estudo

O estudo foi realizado em uma empresa da área de construção civil e mineração, especializada na fabricação de cimentos, concretos e agregados, aqui denominada empresa “A”. Trata-se de uma multinacional de origem suíça, que atua em mais de 15 países. No Brasil, a referida empresa está instalada desde o ano de 1951, e conta com 35 centrais de concreto, 03 pedreiras e 5 fábricas de cimento.

A mesma tem uma participação de 25% do mercado em sua área de atuação.

3.5. A estrutura de manutenção da empresa

A empresa ‘A’ dispõe de um sistema de manutenção corporativa implantado há mais de 15 anos. Este sistema abrange todo o parque de equipamentos (móveis e estáticos – industriais), usinas de dosadoras de concreto e equipamentos de mineração (instalados nas pedreiras), com área de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) estruturado e atuante. O sistema de manutenção está ligado ao Sistema de Gestão Integrada (SGI), e possui um SIGM (ou CMMS) implementado há pelo menos 5 (cinco) anos.

A manutenção da empresa está estruturada em atividades de manutenção preventiva, corretiva e preditiva, sendo estas geridas pelo SIGM, e operadas corporativamente pelo PCM central, com seus braços em cada regional.

A Figura 9, a seguir, apresenta um organograma funcional da manutenção da empresa ‘A’.

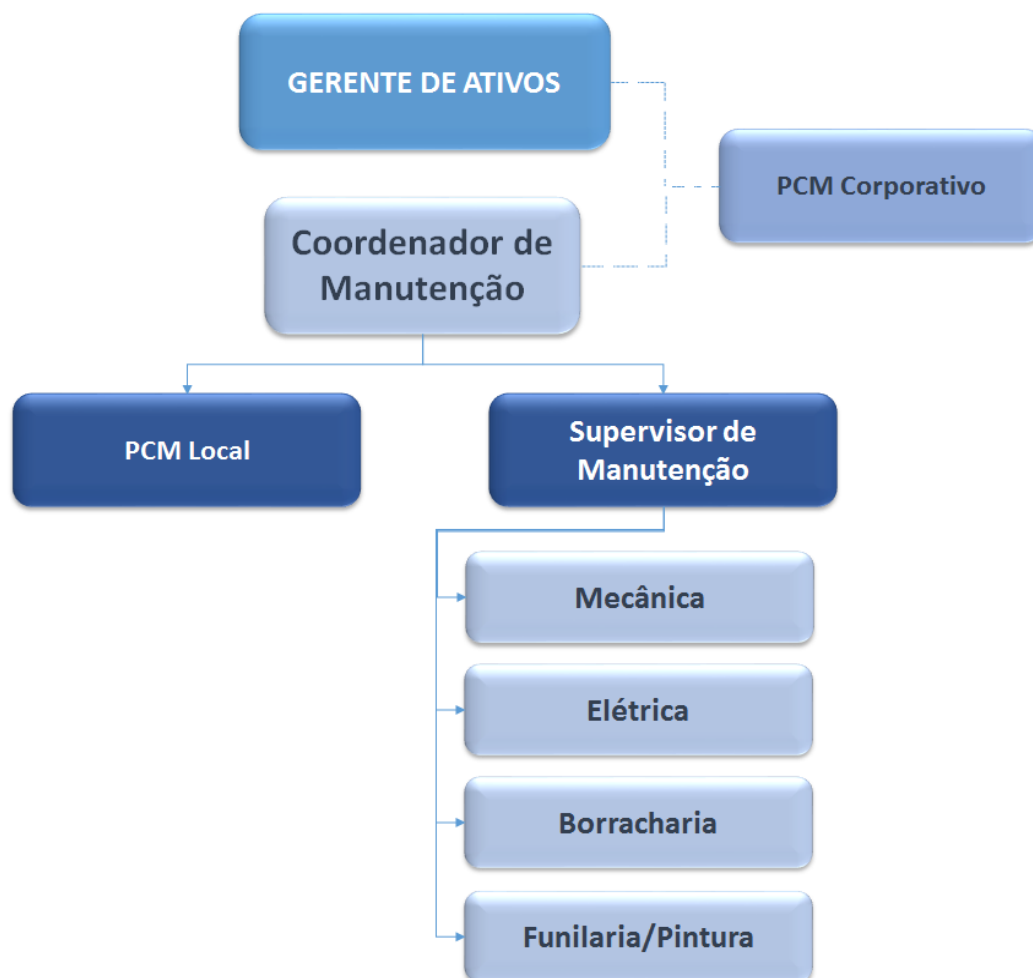


Figura 9 – Organograma funcional da manutenção da empresa 'A'

Fonte – Simeí (2012)

3.6. Características dos equipamentos selecionados para o estudo

Os equipamentos escolhidos para aplicação da metodologia MCC foram as autobetoneiras hidráulicas e pás carregadeiras hidráulicas sobre rodas, com base no *'brainstorming'* realizado entre o time de trabalho, apontado no item 3.2.

As autobetoneiras hidráulicas são equipamentos mecânicos-hidráulicos, montados sobre caminhões (pesados ou superpesados), também chamado de caminhão betoneira. A mesma é montada sobre o chassi do caminhão, e é acionado por meio de um sistema hidráulico, que por sua vez, é acionado pelo motor diesel do caminhão. Estes equipamentos possuem capacidades de 6 a 12 m³, sendo mais comumente utilizadas as de 7 e 8 m³ no Brasil (SIMEI, 2012).

As pás carregadeiras hidráulicas sobre rodas são equipamentos mecânicos-hidráulicos utilizados para movimentação e carregamento dos mais diversos tipos de materiais, como: aparas de papel, agregados (miúdos e graúdos), sucatas, etc. As mesmas têm suas capacidades de carga definidas pela capacidade volumétrica da caçamba, e porte (potência) do motor diesel, e seu trem de força (SIMEI, 2014).

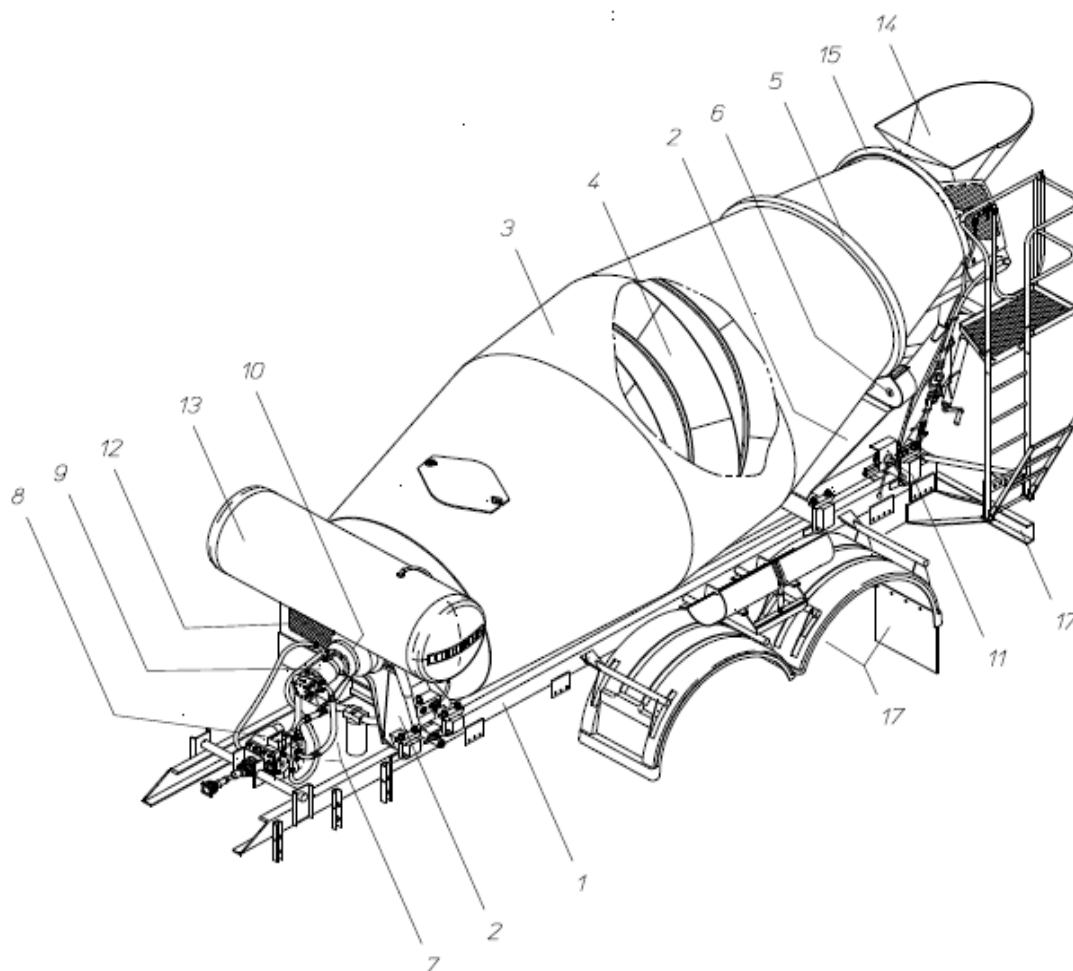
A Figura 10 apresenta uma das autobetoneiras hidráulicas selecionadas para o estudo de aplicação da MCC.



Figura 10 - Autobetoneira hidráulica selecionada para implementação da MCC

Fonte – concepção do autor

A Figura 11, a seguir, apresenta como exemplo, uma autobetoneira hidráulica de capacidade de 8 m³.



- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Superestrutura (ou sobrequadro); | 10. Redutor planetário; |
| 2. Cavalete de apoio do redutor; | 11. Comando de acionamento; |
| 3. Tambor (Balão) de mistura; | 12. Radiador de óleo hidráulico; |
| 4. Helicoide de mistura; | 13. Vaso de pressão (reservatório d'água); |
| 5. Anel de rolamento; | 14. Funil de carga; |
| 6. Rolo de apoio; | 15. "Salva dedos" do balão; |
| 7. Mangueiras hidráulicas; | 16. Tremonha de descarga; |
| 8. Bomba hidráulica; | 17. Para-lamas. |
| 9. Motor hidráulico; | |

Figura 11 - Autobetoneira hidráulica de concreto LIEBHERR, série HTM.

Fonte – Simei (2012)

A Figura 12 apresenta, como exemplo, uma pá carregadeira sobre rodas.



Figura 12 – Foto de uma pá carregadeira hidráulica sobre rodas VOLVO, L70E

Fonte – Simei (2014)

3.7. Coleta de dados

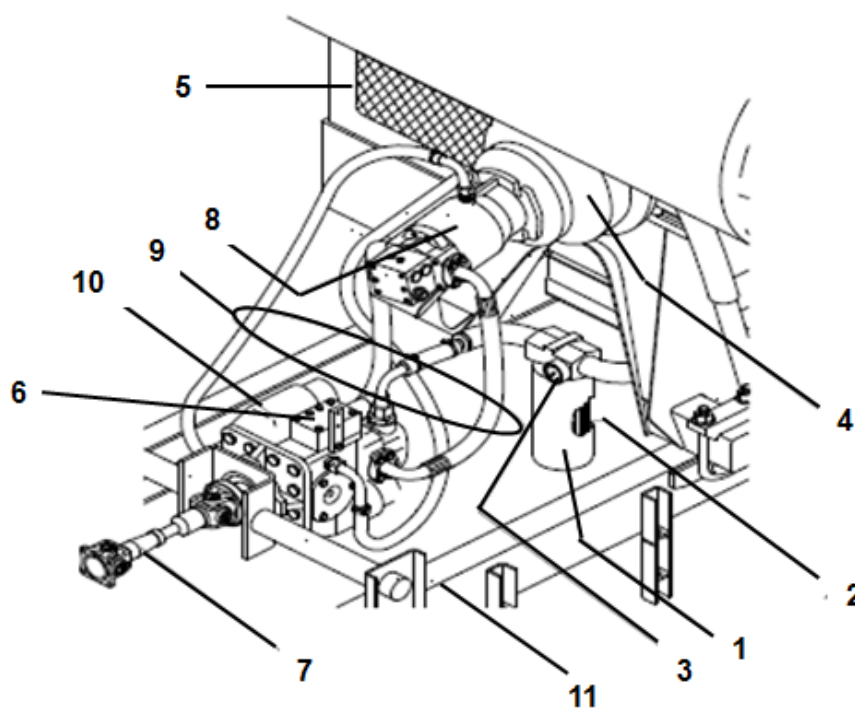
Mediante um estudo detalhado das funcionalidades e aplicação do equipamento em questão, as funcionalidades de cada sistema e subsistema, um grupo de especialistas submeteram-se a um *'brainstorming'*, para avaliar quais eram os itens responsáveis pelos maiores impactos na manutenção corretiva, e maiores responsáveis pelas paradas não programadas dos equipamentos.

Este grupo definiu ainda, com base em análise do histórico de ocorrências de manutenção do Sistema Informatizado de Gerenciamento da Manutenção (SIGM), num intervalo de 12 meses, que os itens definidos como os de maior impacto, isto é, que causaram a maior quantidade de paradas não programadas, e com maior número de intervenções, além de possuírem maiores custos de intervenções, foram:

- Para as autobetoneiras hidráulicas – foram selecionados os elementos de motorização do sistema betoneira. Tais elementos são responsáveis pelo carregamento, mistura e descarregamento do concreto, também

chamados de “trem de força”. Este sistema de motorização é composto por: bomba hidráulica do tipo SPV (pistões axiais, de deslocamento variável), motor hidráulico de pistões axiais, de duplo sentido de rotação e redutor planetário.

A Figura 13 apresenta o sistema de sistema de acionamento (trem de força) de uma betoneira hidráulica LIEBHERR.



- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1 – Filtro de óleo hidráulico | 7 – Eixo cardan de acionamento |
| 2 – Elemento de filtragem | 8 – Motor hidráulico |
| 3 – Indicador de saturação | 9 – Mangueiras hidráulicas |
| 4 – Redutor planetário | 10 – Bomba hidráulica SPV |
| 5 – Radiador de óleo | 11 – Estrutura da betoneira |
| 6 – Governador da bomba hidráulica | |

Figura 13 – Esquema de um sistema de acionamento (trem de força) de uma autobetoneira HTM LIEBHERR

Fonte – Adaptado de Simei (2012)

A Figura 14 apresenta um conjunto de motorização de uma autobetoneira hidráulica, formado por: motor hidráulico e bomba hidráulica SPV, ambos de pistões axiais.



Figura 14 – Conjunto de motorização de uma autobetoneira: bomba hidráulica SPV (esq.) e motor hidráulico (dir.)

Fonte – Simei (2012)

A Figura 15 apresenta um redutor planetário de uma autobetoneira.

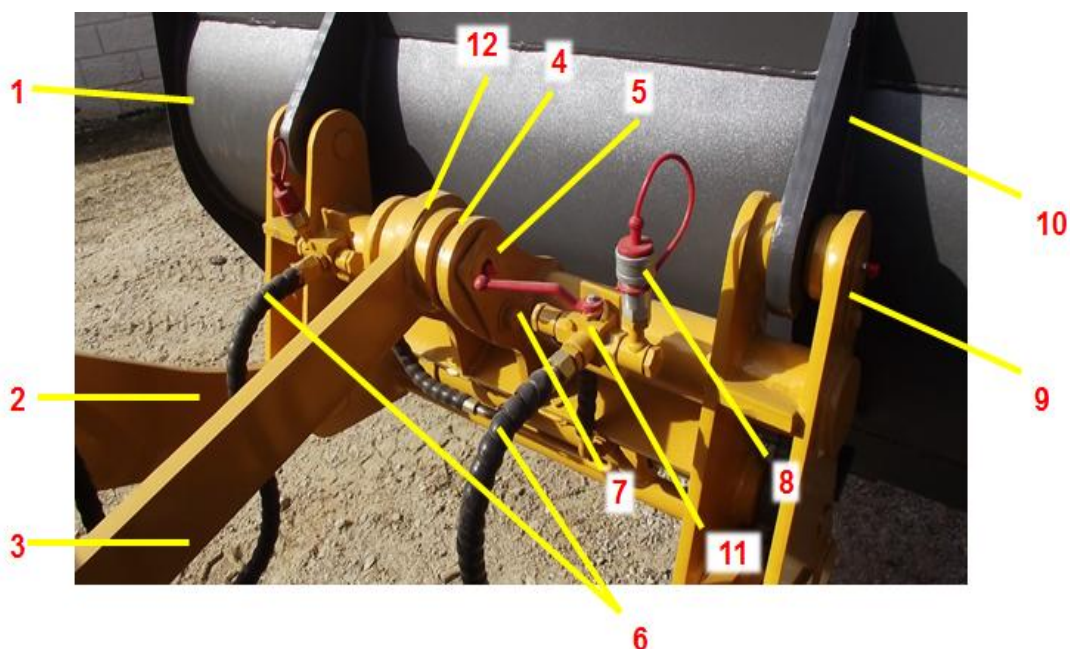


Figura 15 – Redutor planetário de uma autobetoneira

Fonte – Simei (2012)

- Para as pás carregadeiras hidráulicas sobre rodas – foram selecionados os elementos de fixação e articulação de membros, como centro de giro, e articulações do sistema de elevação, também conhecidos como “H”. Estes itens, ambos, são compostos por pinos, bucha de fixação, bucha mancal, anel de encosto e sistema de lubrificação (canais de lubrificação, bico graxeiro e tubo) extensor.

A Figura 16, a seguir, apresenta detalhe de elementos de fixação e articulação de membros, sendo neste caso a fixação e articulação de caçamba (parte posterior do “H”). A Figura 17, na sequência, apresenta o detalhe de um mancal de giro do centro de uma pá carregadeira.



- | | |
|----------------------------------|--|
| 1 – Caçamba de carregamento | 7 – Tubo de alimentação da graxeira |
| 2 – Braço do “H” | 8 – Derivação para tomada de enchimento e inspeção |
| 3 – Barra de elevação da caçamba | 9 – Articulação de elevação |
| 4 – Bucha da articulação | 10 – Fixação da bucha de articulação da caçamba |
| 5 – Pino da articulação | 11 – Válvula esfera do ‘by-pass’ |
| 6 - Mangueiras de lubrificação | 12 – Olhal da barra de elevação da caçamba |

Figura 16 – Detalhe dos elementos de um sistema de elevação de caçamba

Fonte – Simei (2014)

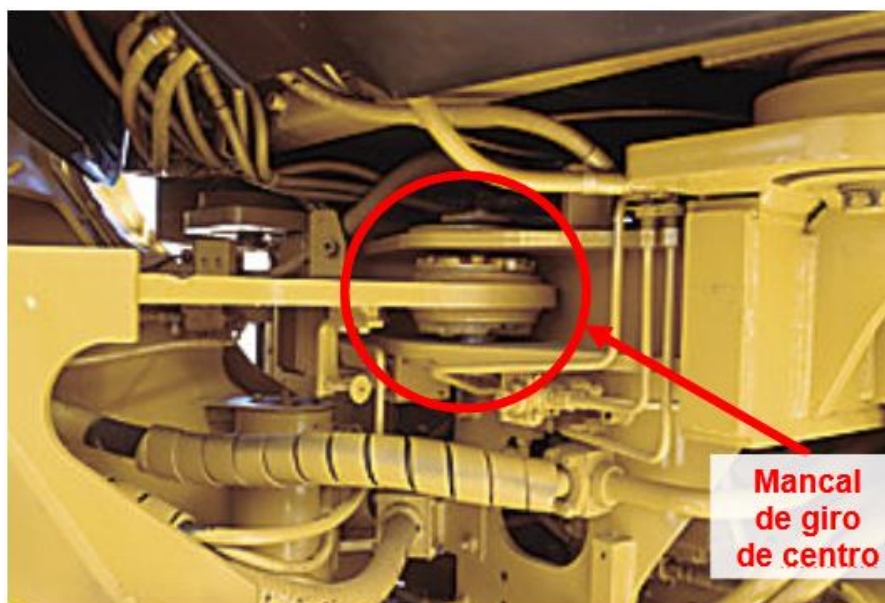


Figura 17 – Detalhe de um mancal de giro do centro de uma pá carregadeira
Fonte – CAT (2015)

A Figura 18 apresenta detalhes de um conjunto de articulação de membros, composto por: mancal-bucha, pino e arruelas espaçadoras.



Figura 18 – Detalhe de um *kit* da articulação de um sistema de elevação de uma pá carregadeira (pinos, buchas e arruelas espaçadoras)
Fonte – Simei (2014)

3.8. Aplicação e desenvolvimento da metodologia MCC com base nas 8 (oito) etapas

A implantação da metodologia MCC na empresa A, nos referidos equipamentos selecionados, foi realizado com base nas 8 (oito) etapas da metodologia, onde se segue:

3.7.1 Implementação da ETAPA 1

Para estudo da funcionalidade dos equipamentos macro e dos seus sistemas componentes, foi elaborada uma matriz de funcionalidades básicas de cada um dos componentes.

Os equipamentos, a autobetoneira hidráulica e as pás carregadeiras hidráulicas sobre rodas, e cada um dos itens componentes, foram analisados e definidos pela equipe de manutenção, por meio de um *'brainstorming'* e análise de dados estratificados do SIGM (histórico de manutenções, por grupos, por itens e custo total).

3.7.2 Implementação da ETAPA 2

Cada uma das funcionalidades apontadas na planilha, ora especificada de cada um dos equipamentos, foi relacionada com as principais funcionalidades de cada um dos itens (componentes), observando-se as principais funções desempenhadas por este equipamento frente ao processo produtivo.

3.7.3 Implementação da ETAPA 3

Foi elaborada uma análise qualitativa de funções e falhas funcionais, até chegar a análises quantitativas da confiabilidade dos equipamentos em questão, e por fim a elaboração de uma relação das principais falhas potenciais para cada uma das funções previamente definidas.

Para a realização das etapas 1, 2 e 3, utiliza-se uma planilha eletrônica padrão, especificada na Figura 19 a seguir.

3.7.4 Implementação da ETAPA 4

A partir das falhas potenciais levantadas para cada uma das funções, foi então avaliado os modos de falha, os efeitos e consequências de cada uma destas.

Nesta etapa, utilizou-se de matriz de decisão da MCC (RCM), apresentada na Figura 19, a seguir.

3.7.5 Implementação da ETAPA 5

Embora a empresa já adotasse uma tratativa preventiva de manutenção e lubrificação, para com estes itens – estipulada pelos fabricantes dos equipamentos – foram então reavaliadas e elaboradas novas estratégias de intervenção com base nas demais etapas anteriores, com foco principalmente condicional, e de atuação proativa.

3.7.6 Implementação da ETAPA 6

Nesta etapa, foram então reavaliados os intervalos de manutenção e lubrificação para cada item e conjunto submetidos aos planos de manutenção já existentes, e os criados na etapa 5, como da adoção da metodologia MCC. Para o caso dos novos planos preditivos, foram definidos que a periodicidade necessária para cada intervenção nestes conjuntos, seria da quantidade de concreto transportado, em valor acumulativo em m³.

A informação, toma como base o volume acumulado no sistema de produção, qual é interligado diretamente ao SIGM, na mesma plataforma ERP.

Esta periodicidade será:

- 5000 m³, para os planos preditivos (1 e 2) das autobetoneiras.
- Trimestral, para os planos RCM preditivos (4) de coleta e análise de lubrificantes;
- Semanal, para os planos preventivos (4) das pás carregadeiras.

A Figura 19, demonstra uma planilha usada na análise qualitativa de funções e falhas funcionais, especificada na ETAPA 4.

RCM										
Equipamento:		Autobetoneira hidráulicas								
Data: 10/06/2010		Elaborado por: SAP - PM nº:								
SISTEMA	EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL	MODOS DE FALHA	EFEITOS/CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS	MATRIZ	DECISÃO	TAREFA PROPOSTA	FREQUENCIA	RESPONSÁVEL
1	BOMBA HIDRÁULICA	FORNECER PRESSÃO HIDRÁULICA AO SISTEMA	NÃO FORNECE PRESSÃO AO MOTOR	DESGASTO PREMATURO	BALÃO DA BETONEIRA NÃO GIRA E NÃO PROMOVE A MISTURA	O1	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO PREDITIVA (MEDIÇÃO DE PRESSÃO E VAZÃO, VAZAMENTOS, RUÍDOS)	5000 m³	MANUTENCISTA
2	MOTOR HIDRÁULICO	FORNECER POTÊNCIA E TORQUE AO REDUTOR DA BETONEIRA	NÃO FORNECE TORQUE E POTÊNCIA DE GIRO AO REDUTOR	DESGASTO PREMATURO	BALÃO DA BETONEIRA NÃO GIRA E NÃO PROMOVE A MISTURA	O1	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO PREDITIVA (MEDIÇÃO DE TORQUE, PRESSÃO E VAZÃO, VAZAMENTOS, RUÍDOS)	5000 m³	MANUTENCISTA
3	REDUTOR DA BETONEIRA	FORNECER POTÊNCIA E TORQUE AO SISTEMA DE GIRO DA BETONEIRA	NÃO AÇIONA O BALÃO DA BETONEIRA	DESGASTO PREMATURO	BALÃO DA BETONEIRA NÃO GIRA E NÃO PROMOVE A MISTURA	O1	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO PREDITIVA (MEDIÇÃO DE PRESSÃO E VAZÃO, VAZAMENTOS, RUÍDOS)	5000 m³	MANUTENCISTA
4	MANGUEIRAS HIDRÁULICAS	TRANSPORTAR FLUIDO HIDRÁULICO DA BOMBA AO MOTOR	NÃO TRANSPORTA O ÓLEO ATÉ O CILINDRO	RESSECAMENTO DAS MANGUEIRAS	ROMPIMENTO DAS MANGUEIRAS	O3	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO VISUAL	SEMANALMENTE	OPERADOR
5	SUPERESTRUTURA	SUSTENTAR TODO O CORPO DOS COMPONENTES DA BETONEIRA	NÃO BASCULA A PLACA	DESGASTE DAS VEDAÇÕES OCASIONADA PELO ÓLEO	FALHA TOTAL DA ESTRUTURA	S1	SOLDAR/REPARAR A ESTRUTURA	INSPEÇÃO VISUAL	5000 m³	MANUTENCISTA
6	BALÃO DA BETONEIRA	ACONDICIONAR E PROMOVER A MISTURA DO CONCRETO	NÃO AQUECE A PLACA	QUEBRA DO CABO DE LIGAÇÃO	VAZAMENTO E IMPOSSIBILIDADE DE MISTURA DO CONCRETO	O2	TROCAR SEGMENTO/SOLDAR/REPARAR	MEDIÇÃO DE ESPESURA	10000 m³	MANUTENCISTA
7	FACAS DE MISTURA DO BALÃO	FORÇAR A MISTURA DO CONCRETO	NÃO PROMOVE A MISTURA	DESGASTE EXCESSIVO DA FACA	CONCRETO FORA DE ESPECIFICAÇÃO	O3/HZ	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO VISUAL	SEMANALMENTE	OPERADOR
8	CALHA DE DESCARREGAMENTO	DIRECIONAR O CONCRETO AO DESCARREGAR	NÃO DESCARREGA DE FORMA SEGURA E LIMPA	DESGASTE EXCESSIVO	SUJEIRA NA OBRA DO CLIENTE E DESPERDÍCIO DE CONCRETO PRONTO	O3	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO VISUAL	SEMANALMENTE	OPERADOR
9	FUNIL DE CARGA	DIRECIONAR OS MATERIAIS AO INTERIOR DO BALÃO DA BETONEIRA	NÃO DIRECIONA CORRETAMENTE OS MATERIAIS	DESGASTE EXCESSIVO	MATERIAIS NÃO ADENTRAM E CAUSA GRANDE SUJEIRA NA CENTRAL	O3	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO VISUAL	SEMANALMENTE	OPERADOR
10	HIDROMETRO	INFORMAR O VOLUME DE ÁGUA USADO NA REDOSAGEM	NÃO INFORMA O VOLUME DE ÁGUA CORRETO	DANO INTERNO	CONCRETO FORA DE ESPECIFICAÇÃO	O2	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO VISUAL	SEMANALMENTE	OPERADOR
11	MEDIDOR DE SLUMP	TORQUE FLUIDODINAMICO , E POR CONSEQUENCIA A FLUIDEZ DO CONCRETO	NÃO INFORMA O CORRO SLUMP	DANO INTERNO	COM	O2	SUBSTITUIR	INSPEÇÃO VISUAL	SEMANALMENTE	OPERADOR

Figura 19 – Planilha usada para levantamento das principais funcionalidades de cada um dos itens e análise qualitativa de funções e falhas funcionais

A Figura 20 apresenta um modelo de matriz de decisão da MCC (RCM), comumente adotado neste processo de implantação da metodologia MCC.

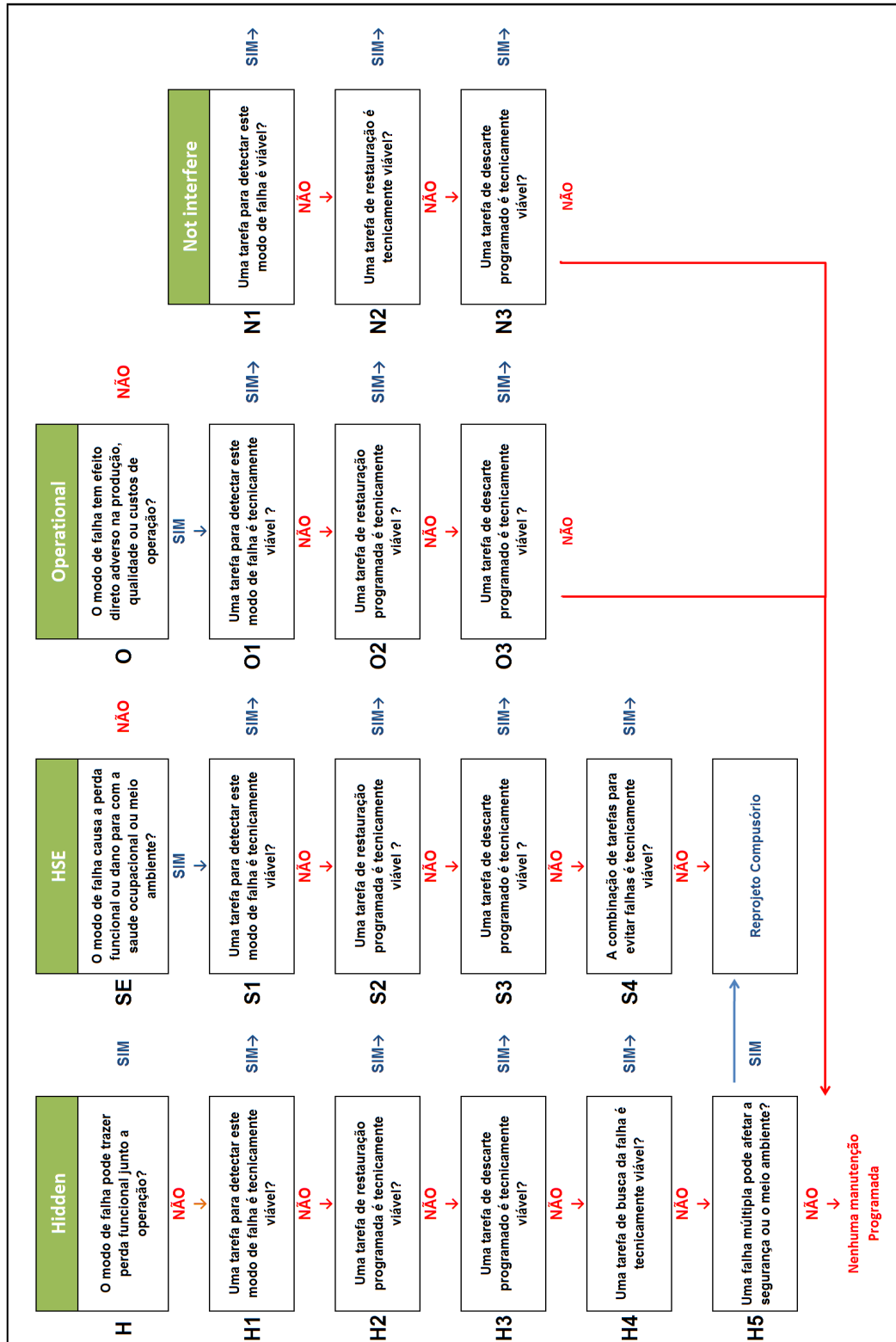


Figura 20 – Matriz de decisão da MCC (RCM)

Fonte: Moubray (2000)

3.7.7 Implementação da ETAPA 7

Nesta etapa, com a definição e revisão dos planos de manutenção, com as suas corretas periodicidades de aplicação, foi então inserido no SIGM estes planos, e transformados em rotina de manutenção. A cada alimentação das informações, seja por tempo (semana, mês, ano), diesel consumido (para indicadores baseados em L consumido), seja em horas (para equipamentos com períodos baseados em horímetros) ou mesmo volume transportado/fabricado (para os casos de indicadores baseados em produtividades); uma sistemática será atualizada e uma Ordem de Serviço (OS) gerada com base no plano específico.

A equipe de manutenção passou a executar então esta intervenção, tomando como base a OS em mãos, e observar criteriosamente todas as tarefas previamente definidas.

Como meio de oferecer a capacidade ao sistema, para a correta execução das intervenções com base nos planos, foi elaborado um *'check-list'*, anexado a própria OS, para trazer a ao mantenedor uma visão mais apurada, e instigá-lo a proceder ao fechamento da intervenção com uma verificação final.

3.7.8 Implementação da ETAPA 8

Na etapa final, com base nos demais passos já realizados, os demais planos foram revisados, com a adoção dos novos planos criados, e estruturado uma base maciça, abrangente e focada na saúde total do item.

A empresa 'A' já adota em seu modelo de gestão uma sistemática de auditoria de manutenção, e mesmo que de forma superficial, uma das premissas é checar junto ao SIGM a inserção dos dados de manutenções realizadas. Passou a verificar ainda a efetividade dos *'check-lists'* e em campo, junto aos times de mantenedores, a correta execução destes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Planos de manutenção criados a partir do processo de levantamento para com a metodologia MCC

Para os itens selecionados por meio da matriz de decisão, na etapa 7, ficou estipulado que havia a necessidade da criação de 4 (quatro) novos planos de manutenção específicos, tomando como base a nova metodologia implementada.

Estes planos foram divididos em 2 (dois) grupos: Planos Preditivos e Planos Preventivos. São eles:

4.1.1. Planos Preditivos

Plano MCC 1

- **Equipamento:** autobetoneira hidráulica.
- **Componente (item):** bomba hidráulica e o motor hidráulico.
- **Periodicidade:** 5000 m³.
- **Tarefas:**
 - Busca por possíveis vazamentos de lubrificantes;
 - Busca por partes que possibilitem a entrada de contaminantes pulverulentos;
 - Medição de pressão e torque;
 - Teste de válvula 'governor' de bombas hidráulicas;
 - Avaliação do estado geral dos drenos, 'vents' e indicadores de níveis.

Plano MCC 2

- **Equipamento:** autobetoneira hidráulica.
- **Componente (item):** redutor planetário.
- **Periodicidade:** 5000 m³.
- **Tarefas:**
 - Busca por possíveis vazamentos de lubrificantes;

- Busca por partes que possibilitem a entrada de contaminantes pulverulentos;
- Medição de torque e ruído;
- Medição/avaliação de ruídos advindos do conjunto;
- Avaliação do estado geral dos drenos, ‘vents’ e indicadores de níveis.

Plano MCC 3

- **Equipamento:** pás carregadeiras hidráulicas sobre rodas e autobetoneiras.
- **Componente (item):** todos.
- **Periodicidade:** trimestral
- **Tarefas:**
 - Coleta de óleo para análise do estado geral (contaminação físico-química, ferrografia).

4.1.2. Planos Preventivos

Plano MCC 4

- **Equipamento:** pás carregadeiras hidráulicas sobre rodas.
- **Componente (item):** articulação do “H” e centro de giro.
- **Periodicidade:** semanal.
- **Tarefas:**
 - Medição de folga das buchas x pinos (folga radial);
 - Medição de folga das buchas x pinos x arruela de encosto (folga axial);
 - Limpeza das articulações, removendo sujidade e graxa antiga;
 - Inspeção e limpeza dos pontos de engraxamento e mangueiras;
 - Lubrificação dos pontos (reposição das graxas).

A Figura 21, a seguir, ilustra uma operação de inspeção e lubrificação dos pontos da articulação do sistema de elevação e do mancal do giro do centro de uma pá carregadeira.



Figura 21 – Operação de inspeção e lubrificação dos pontos da articulação do sistema de elevação e do mancal do giro do centro de uma pá carregadeira

Fonte: concepção do autor.

4.2. Estudo da vida útil dos componentes

4.2.1. Componentes das Autobetoneiras

Quanto a vida útil de cada conjunto (componente) das autobetoneiras, e o pouco tempo de resposta para com este estudo, não foi possível proceder a uma análise detalhada e assertiva, verificando assim aspectos de desgaste de elementos internos por meio da desmontagem dos componentes, com adoção de métodos mais confiáveis de inspeção, como inspeção visual e ou ensaios não destrutivos.

Contudo, em função do novo modelo de tratativa desses componentes críticos, pela implementação da metodologia MCC, os itens receberam um novo plano preditivo, denominado Plano MCC 3, qual contempla a coleta e análise de lubrificantes.

Em função desta análise, que começou a ocorrer trimestralmente, verificou-se que as condições de cada conjunto (resposta da análise ferrográfica do fornecedor de lubrificantes – contrato corporativo), no intervalo de cada uma das intervenções preventivas e de lubrificação, encontravam-se superior com relação aos demais, apontado no histórico de falhas do SIGM. Com isso, foi definido (com suporte do fabricante de lubrificantes) que as manutenções preventivas (de troca de lubrificantes e filtros) que ora ocorriam a cada 5000 L consumidos (consumo de diesel), foram corrigidas para ocorrer a cada 6000 L.

4.2.2. Componentes das Pás carregadeiras

Com relação às pás carregadeiras, e os componentes submetidos a implantação da MCC, em análise por inspeção visual, verificou-se que os componentes apresentaram comportamento de desgaste inferior aos demais, com preservação de suas superfícies, assim como o estado geral do sistema de lubrificação (mangueiras, graxeiras, cânulas e válvula '*by-pass*').

4.3. Efeito na equipe de manutenção

A adoção e implementação da metodologia MCC em cada um dos modelos de equipamentos, embora em curto intervalo de tempo, foi percebida pela equipe de

manutenção envolvida como um novo horizonte de planejamento e controle de manutenção, e engenharia de manutenção. Pôde-se verificar que as intervenções a ser mais focadas na condição de cada conjunto, e mais organizadas, e a tratativa de análise de falhas acabam permanecendo fora do âmbito restrito de oficina, da responsabilidade única de cada mantenedor, para ser entendida como uma tarefa compartilhada, tratada agora por uma equipe multidisciplinar de especialistas.

Um efeito de grande impacto na motivação e satisfação da equipe, já que a nova sistemática traz organização e mais tranquilidade no desempenho das atividades, muito em função da reduzida quantidade de intervenções não programadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusão

Este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade de implantação da metodologia MCC como instrumento de melhoria nas atividades de planejamento e execução de manutenção em equipamentos móveis.

Com o estudo, foi possível a formulação de novos planos de manutenção preventiva, e preditiva, para autobetoneiras hidráulicas e as pás carregadeiras hidráulicas sobre rodas, especificando os intervalos adequados entre as intervenções de manutenção.

Após a implantação da metodologia MCC receberam uma extensão de 1000 L no intervalo de manutenção, passando de 5000 L consumidos, para 6000 L consumidos, no caso de autobetoneiras;

Verificou-se que os planos de manutenção, agora revisados em acordo com a nova sistemática adotada, passarão a ser direcionados às tarefas de verificação e análise, tirando o rigor da intervenção não condicional, antes tratado pelos planos preventivos sistemáticos;

Com a aplicação da metodologia MCC, a empresa 'A' pôde avaliar tal metodologia como uma nova forma de gestão avançada de manutenção para seus equipamentos móveis, tirando máximo proveito de cada conjunto, atuando assertivamente em cada intervenção;

A metodologia passou a ser considerada como um forte aliado a produção, levando cada um destes equipamentos ao limiar da excelência operacional, tomando como base os históricos junto ao SIGM.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Este estudo limitou-se no estudo de viabilidade de implantação da metodologia MCC para planejamento e controle de manutenção de equipamentos móveis pesados, com a adoção de uma sistemática mais assertiva e fundamentada não mais na prevenção incondicional, mas sim no acompanhamento sistematizado de itens críticos, de maior incidência de falhas.

Como sugestão para trabalhos futuros, vê-se a possibilidade de explorar os estudos nas seguintes vertentes:

- Adoção de ferramentas de análise de falhas mais complexas e completas na análise dos modos de falhas e causas, não se restringindo a um valor somatório do histórico de SIGM, e *'brainstorming'*.
- Abordar de forma mais completa o estudo da vida útil de componentes submetidos a metodologia MCC com um tempo maior de análise, baseando-se em inspeções detalhadas após a desmontagem de conjuntos;
- Elaborar um estudo comparativo do antes e depois de implantado o MCC, de modo a apurar as variáveis econômicas, e com consequência, os ganhos com relação a esta metodologia.

REFERÊNCIAS

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. **Princípios básicos do concreto dosado em central**. Manual, ABESC. São Paulo, 2007.

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. **Apresenta informações sobre o concreto dosado em central no Brasil e no mundo**. Disponível em: < <http://www.abesc.org.br> >. Acesso em: 10 de fevereiro de 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462 Confiabilidade e Manutenibilidade**. Norma. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALAS, Layda Faustina Anselmo. **Aplicação da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em locomotivas da frota RJ – MRS**. Trabalho de conclusão de curso de Pós-Graduação, IME. Rio de Janeiro, 2012.

ARAÚJO, Luís Otávio Cocito de; GRILO, Leonardo Melhorato; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de; MELHADO, Silvio. **O microplanejamento do serviço de concretagem: análise e aplicabilidade das ferramentas da qualidade**. Artigo, Revista Reserach Gate. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/228787774_O_Microplanejamento_do_Servico_de_Concretagem_Analise_e_aplicabilidade_das_ferramentas_da_qualidade>. Acesso em: 27/09/2015.

BATISTA, Bruna Danielle; GOMES, Glayce Kelly; BALTAZAR, Aline Vieira. **A Árvore de Falhas (FTA) como ferramenta para o alcance da excelência no processo de fornecimento de água quente por aquecedores solares**. Artigo, XXXII ENEGEP - Encontro Nac. de Eng. de Produção. Bento Gonçalves, 2012.

BELINELLI, Marjorie. **Desenvolvimento de um sistema informatizado aplicado a gestão de planos preventivos de lubrificação industrial.** Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

BIGHETTI, Cristina Eugenia. **A comunicação de mercado e os bens de capital: estratégias e desafios do setor de equipamentos para construção.** Dissertação de Mestrado, Universidade Metodista de São Paulo. São Bernardo do Campo, 2011.

BLANCO, Miriam. **Os 60 anos da Editora PINI e a história da construção no Brasil.** Artigo, Revista Construção e Mercado. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/85/artigo281409>>. Acesso em: 11/10/15

BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade.** Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2004.

BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e Índices da Manutenção.** Ed. Ciência Moderna. Rio de Janeiro, 2006.

BRITO Mário. **Manual pedagógico da manutenção PRONACI.** PRONACI/AEP. Lisboa, 2003.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica.** 5. ed. Prentice Hall. São Paulo, 2002.

CLEMENTE, Quebo K. **Gestão de frota de veículos.** Artigo. Disponível em: <<http://www.dspace.ist.utl.pt/bistream/2295/250390/1/16--view.pdf>>. Acesso em: 08/11/2014.

FLEMING, Paulo Victor; SILVA, Mauricio Fiock da; FRANÇA, Sandro Ricardo R. O. **Aplicando Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em indústrias brasileiras: lições aprendidas.** Artigo, XIII ENEGEP – Encontro Nacional de Eng. de Produção. Rio de Janeiro, 1999.

GONÇALVES, Kallyl Hakim Costa; DESCHAMPS, Fernando; LOURES, Eduardo de Freitas Rocha. **Modelo de referência para a gestão da manutenção no contexto de sistemas de informação do chão de fábrica**. Artigo, XXVIII ENEGEP – Encontro Nacional de Eng. de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. Ed. Qualitymark. Rio de Janeiro, 1998.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas**. Ed. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2002.

LIEBHERR Brasil G.M.O. **Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR**. Apostila de curso. LIEBHER. Guaratinguetá, 2002.

LUCATELLI, Marcos Vinicius; OJEDA, Renato Garcia. **Proposta de aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em estabelecimentos assistenciais de saúde**. Artigo, GPEB - UFSC. Florianópolis, 2002.

LUCATELLI, Marcos Vinicius. **Proposta de aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em equipamentos médico-hospitalares**. Tese de Doutorado, UFSC. Florianópolis, 2002.

MARTINS, Guilherme Schamne; ANDRADE, S Pedro Paulo de (Jr.) **A metodologia de Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): estudo de caso**. Artigo, I CONBREPRO – Congresso Brasileiro de Eng. de Produção. Ponta Grossa, 2011.

MEDÉIA, Gusthavo. **Gerenciamento da manutenção com um CMMS**. Artigo, ENGEMAN. Belo Horizonte, 2002. Disponível em: <<http://engeman.com.br/pt-br/artigos-tecnicos/>>. Acesso em: 08/11/2014.

MOUBRAY, John. **RCM (Reability Centered Maintenance) – Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Trad. Kleber Siqueira. Aladon Ltda. São Paulo, 2000.

NOGUEIRA, Marco Antônio; DE TOLEDO, José Carlos. **Uso do FMEA como suporte à manutenção industrial preventiva: aplicação em máquina de abatedouro de frangos**. Revista Banas Qualidade, nov. 1999, pág. 62-68.

NOWLAN, F. Stanley; HEAP, Howard F. **Reability-Centered Maintenance**. U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE. Springfield, 1978.

OLIVEIRA, Marcelo Albuquerque de; MACIEL, Erik Fabiano Luiz; SEMITRAN, Marcelo de Campos. **RCM: Gestão eficaz de ativos – Um estudo de caso**. Artigo, MOA Consultoria. Disponível em: <http://www.maoconsultoria.com/ex_manutencao/gestao_eficaz_de_ativos.pdf>. Acesso em: 10 de Junho de 2014.

OLIVEIRA, Sílvia Corrêa; SPERLING, Marcos Von. **Análise da confiabilidade de estações de tratamento de esgotos**. Artigo, Revista Engenharia Sanitária e Ambiental vol.12 - Nº 4 - out/dez. São Paulo, 2007.

PEREIRA, Mario Jorge. **Engenharia de Manutenção – Teoria e Prática**. Ed. Ciência Moderna. Rio de Janeiro, 2009.

PRÁ, Eduardo de Borba. **A manutenção industrial sob a perspectiva da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em uma empresa da área de compressores herméticos**. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Joinville, 2010.

ROMANO, Cezar Augusto. **Manual de Tecnologia do Concreto**. Manual. Maringá: CEFET-PR, 2004.

SAMPAIO, Adrian. **Manutenção Produtiva Total – MPT – TPM**. E-book. MANTENIMENTO MUNDIAL, 2005. Disponível em: Acesso em: 20 de junho de 2015.

SARAIVA, Luiz Alex Silva; MERCES, Ronaldo Eurípedes das; MAGALHAES, Yana Torres de. **A terceirização na gestão da manutenção em uma empresa mineradora de MINAS GERAIS**. Artigo, XVIII ENEGEP - Encontro Nacional de Eng. de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

SALLES, Sérgio Rodolfo. **Gestão estratégica de frota leve: o caso de São José dos Campos – SP**. Trabalho de conclusão de curso de Pós-graduação, Universidade Tecnológica do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

SEIXAS, E. de S. **Manutenção Centrada em Confiabilidade - Estabelecendo a política de manutenção com base nos mecanismos de falha dos equipamentos**. Artigo, REALISOFT. São Paulo, 2002. Disponível em: <ftp://ftp.ifes.edu.br/cursos/Eletrotecnica/Cassoli/Manuten%E7%E3o%20EI%E9trica/artigos%20tecnicos/artigo%20%20Manuten%E7%E3o%20centrada%20na%20confiabilidade.pdf> >. Acesso em: 11 de junho de 2014.

SELLITO, Miguel Afonso; BORCHARDT, Miriam; ARAUJO, Daniel Ribeiro Campos de. **Manutenção Centrada em Confiabilidade: Aplicando uma abordagem quantitativa**. Artigo, XXII ENEGEP - Encontro Nac. de Eng. de Produção. Curitiba, 2002.

SILVA, Aline Veronese da; RIBEIRO, José Luís. **Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade para desenvolvimento de um plano de manutenção em uma distribuidora de combustíveis**. Artigo, XXIII ENEGEP - Encontro Nacional de Eng. de Produção. Salvador, 2009.

SIMEI, Luís Carlos. **Aspectos da gestão de lubrificação de equipamentos móveis, aplicados nas áreas de: construção civil, terraplenagem de mineração**. Trabalho de conclusão de curso de Pós-graduação, Universidade Paulista – UNIP. São Paulo, 2014.

SIMEI, Luís Carlos. **A importância da lubrificação e manutenção preventiva em autobetoneiras hidráulicas, utilizadas na produção e distribuição de concreto**

usinado. Trabalho de conclusão de curso de Pós-graduação, Universidade Paulista – UNIP. São Paulo, 2012.

SIMONETTI, Marcelo J.; SOUZA, Anderson L.; SILVEIRA, Luiz F. S.; ARRUDA, João P. S. **A importância da engenharia da confiabilidade e os conceitos básicos de distribuição de Weibull.** Artigo, Revista Sapere, Vol. 1, Nº 1 – julho a dezembro/2009.

SOUZA, Strauss Sydio de; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como ferramenta estratégica.** Artigo, XXIII ENEGEP - Encontro Nac. de Eng. de Produção. Ouro Preto, 2003.

SOUZA, Rafael Doro. **Análise da gestão da manutenção focando a Manutenção Centrada em Confiabilidade: estudo de caso MRS LOGÍSTICA.** Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2008.

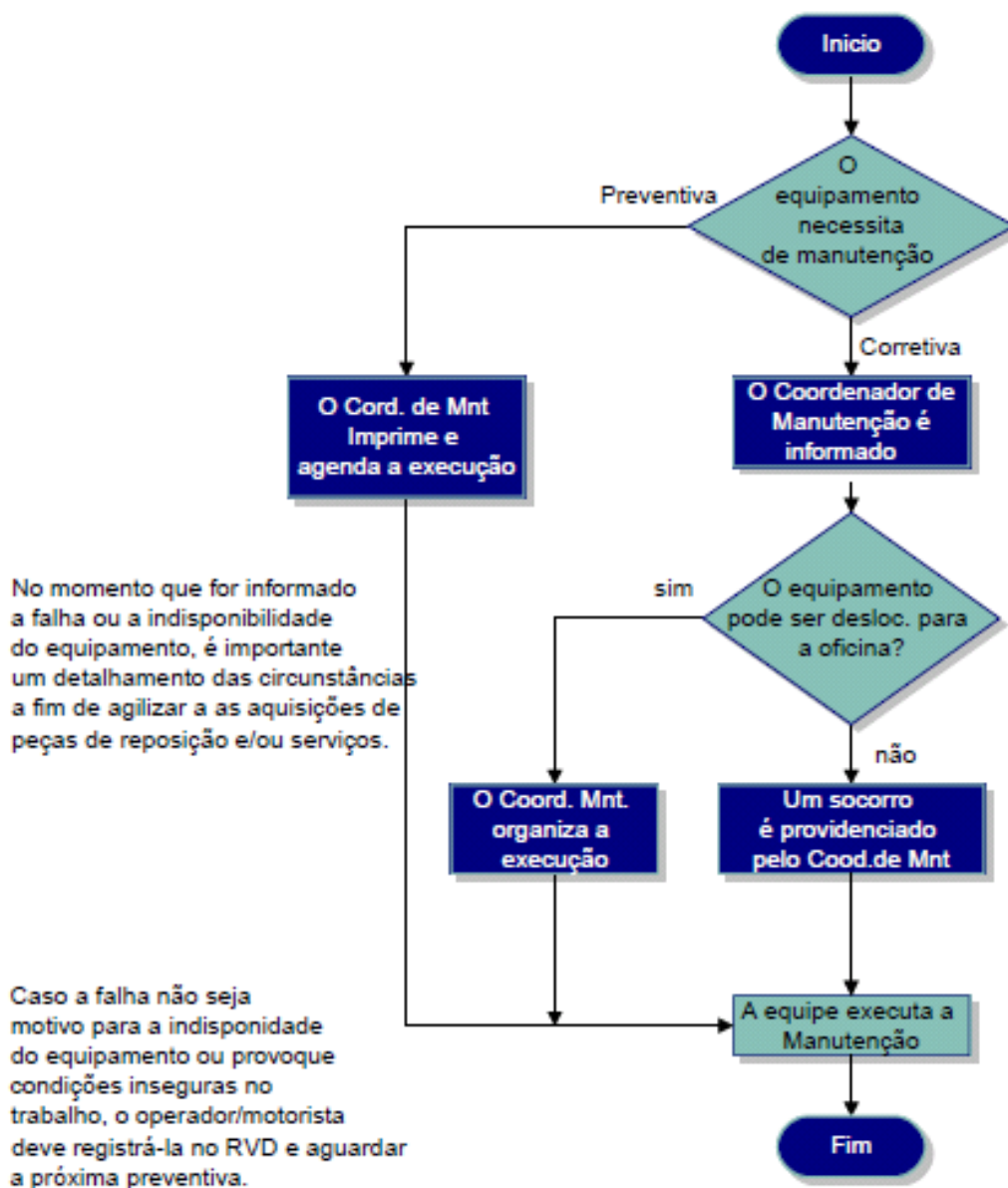
SOUZA, José Barroso e MARÇAL, Rui Francisco Martins. **Reability Centered Maintenance (RCM) e Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): uma reflexão teórica-analítica.** Artigo, XVI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, 2009.

TAVARES, L. **Administração moderna da manutenção.** Ed. Novo Pólo. Rio de Janeiro, 1993.

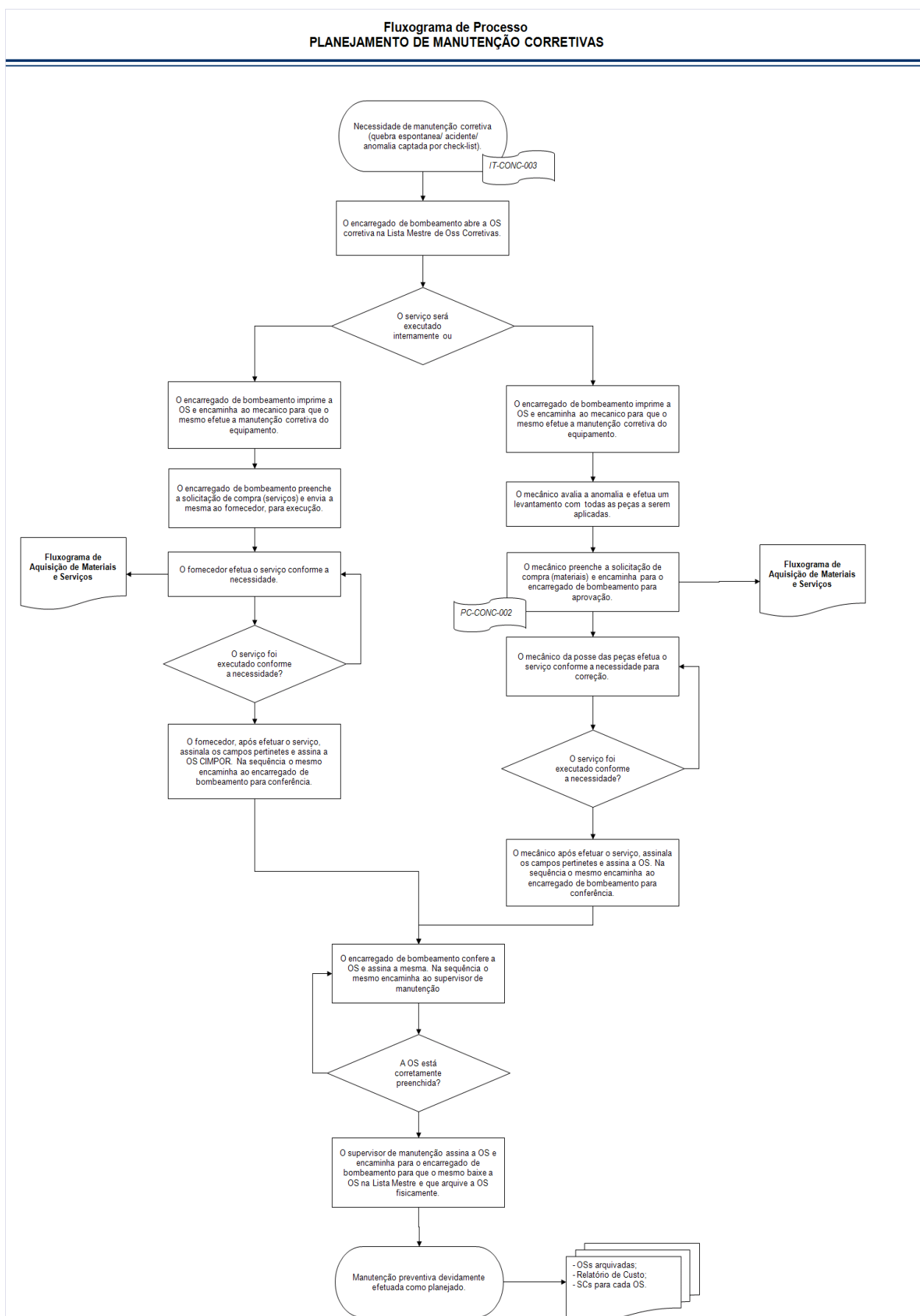
YAMANE, Alexandre Kenji; SOUZA, Luiz Gonzaga Mariano de. **Aplicação do mapeamento de Análise de Árvore de Falhas (FTA) para melhoria contínua em uma empresa do setor automobilístico.** Artigo, XXVII ENEGEP - Encontro Nac. de Eng. de Produção. Foz do Iguaçu, 2007.

ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma planta de celulose e papel.** Trabalho de conclusão de curso de pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

APÊNDICE B – Fluxograma macro das atividades de manutenção no SIGM

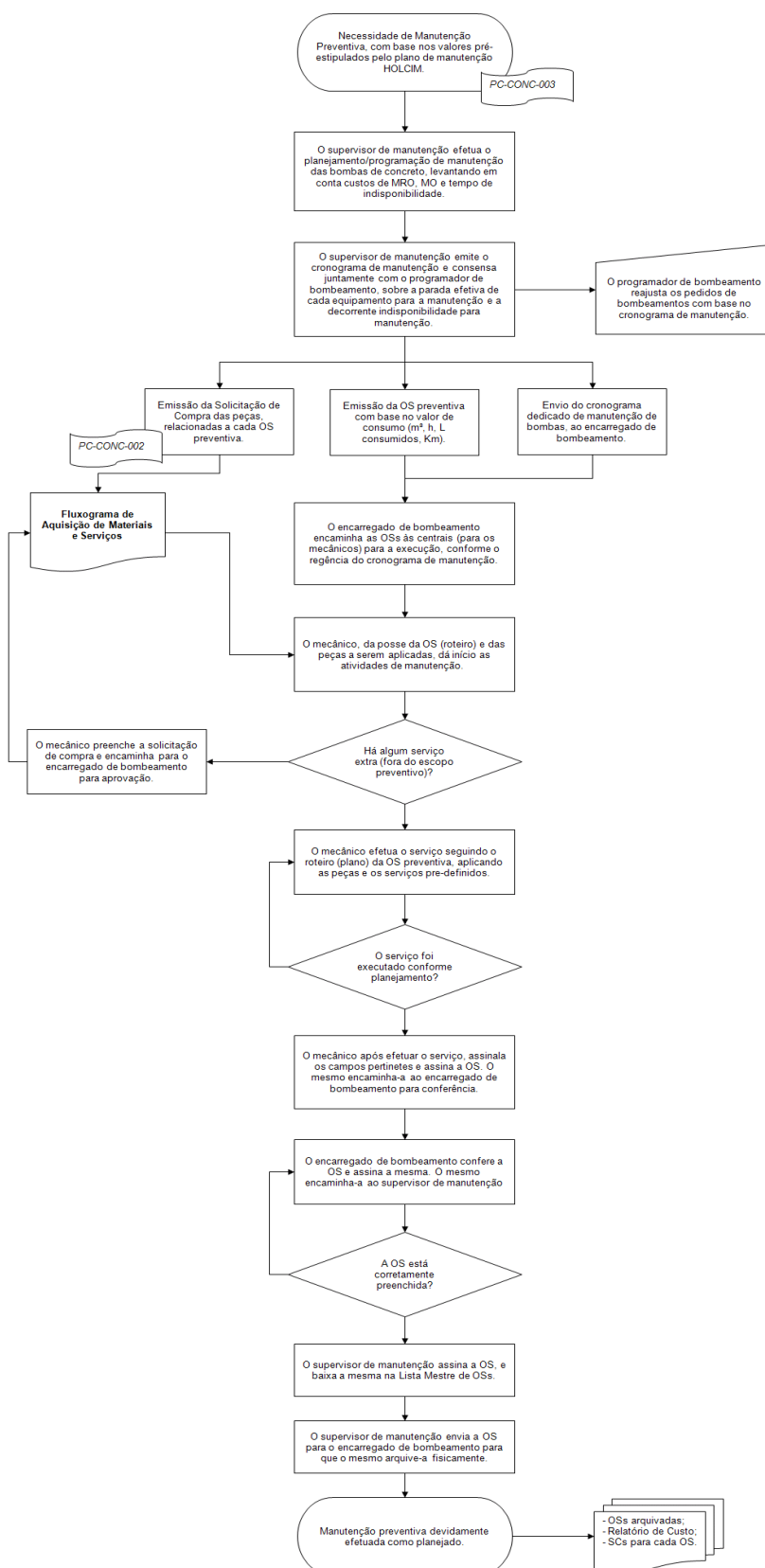


APÊNDICE C – Fluxograma de Planejamento e Execução de Manutenção Corretiva



APÊNDICE D – Fluxograma de Planejamento e Execução de Manutenção Corretiva

Fluxograma de Processo
PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA



APÊNDICE E – ‘Check-list’ de Inspeção para Autobetoneiras

CHECK-LIST - INSPEÇÃO DE BETONEIRAS					
CENTRAL: _____					
NÚMERO DE FROTA: _____		MARCA: _____		MODELO: _____	
ANO: _____		SÉRIE: _____		DATA: ____ / ____ / ____	
BETONEIRA	AVALIAÇÃO				OBSERVAÇÕES
Pintura da cabine	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Funilaria da cabine	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Adesivos (logomarca)	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Facas do balão	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Vergalhão	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Costado do balão	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Funil de carga	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Caçamba de descarga	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Asa de andorinha	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tube de Sustentação da bica	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Apoio do pivot do giro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Pivot do giro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Bica de descarga	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tampa da bica	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Paralama	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Escada e passarela	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Base dos rolos de apoio	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Rolos de apoio	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Suporte dos rolos	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Proteção dos rolos	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cabos de comando	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tubulação Dágua	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Macaco da bica	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Vacuometro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Manômetro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Slump Test	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Suporte de proteção lanternas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Válvula esfera (registro Dágua)	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Caixa Dágua	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Suporte da caixa d'água	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Conjunto de pressurização	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Mesa do redutor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Parafusos de fixação do redutor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Chassi da betoneira	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Fixação do chassi	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Proteção de cabeça	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Hidrômetro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
ONJUNTO HIDRÁULICO E REDUTO	AVALIAÇÃO				OBSERVAÇÃO
Redutor da betoneira	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Batente do redutor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Bomba hidráulica	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Motor hidráulico	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Filtros	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Radiador hidráulico	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Ventilador do radiador	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cardan	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Mangueira hidráulicas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tubulação hidráulica	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Vazamentos de óleo?	<input type="checkbox"/> Sim		<input type="checkbox"/> Não		
Ruídos?	<input type="checkbox"/> Sim		<input type="checkbox"/> Não		
Pressão do sistema	BAR _____		PSI _____		

APÊNDICE F – ‘Check-list’ de Inspeção para Pás carregadeiras

CHECK-LIST - INSPEÇÃO DE PÁ CARREGADEIRA					
CENTRAL: _____					
NÚMERO DE FROTA: _____		MARCA: _____		MODELO: _____	
ANO: _____		SÉRIE: _____		DATA: ____/____/____	
MOTOR	AVALIAÇÃO				OBSERVAÇÕES
Ventilador (Ventuinha)	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Mangueiras do sistema de arrefecimento	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Polias	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Correias	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Alternador	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Bateria	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Motor de partida	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Chicote elétrico do motor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Bomba injetora	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Acelerador	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Solenóide de parada	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Filtro de ar	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Filtro de combustível	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Filtro do sistema de arrefecimento	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tubulações de combustível	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Turbo compressor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Mangueiras do turbo-compressor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Ruídos?	<input type="checkbox"/> Sim		<input type="checkbox"/> Não		
Vazamentos de óleo?	<input type="checkbox"/> Sim		<input type="checkbox"/> Não		
LATARIA E CHASSI	AVALIAÇÃO				OBSERVAÇÕES
Capota	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Assoalho	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Paralamas dianteiro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Paralamas traseiro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Capo do motor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Laterais do capo	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Grade de proteção	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Banco do operador	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Escapamento completo	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tanque de combustível	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Reservatório hidráulico	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Pedal de freio	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Pedal do acelerador	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Painel de instrumentos	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Alavanca do comando da caçamba	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Alavanca do comando do braço	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Volante antifurto	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Suporte da cabine	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Alojamento da bateria	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Espelho retrovisor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Alavanca do freio de estacionamento	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Manipulas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Olhais do H	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Olhais do chassi	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Escada	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Reservatório do ar	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Braços da articulação	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Rodas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Balancim	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Carçaça do filtro de ar	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
CAÇAMBA	AVALIAÇÃO				OBSERVAÇÕES
Lamina	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Lateral	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Chaparia	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Olhais	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Reforço de solo	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	

CHECK-LIST - INSPEÇÃO DE PÁ CARREGADEIRA					
CABEAMENTO E ATRTICULAÇÃO		AVALIAÇÃO			OBSERVAÇÕES
Acelerador	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Transmissão e conversor	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Comando principal	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Comando do torque	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Afogador	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Forquilha	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Terminais	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
EMBUCHAMENTO (H, BALANÇA, ELEVAÇÃO)		AVALIAÇÃO			OBSERVAÇÕES
Pinos e buchas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Arruelas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Parafusos	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Porcas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Calços	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Vedadores	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Graxeiros	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
CUBOS PLANETÁRIOS		AVALIAÇÃO			OBSERVAÇÕES
Tampa	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Carcaça	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Coroa	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Engrenagens	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Pinos	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Arruelas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Rolamentos	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Vedadores	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Travas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Eixos	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Parafusos	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Porcas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Ruídos?	<input type="checkbox"/> Sim			<input type="checkbox"/> Não	
Vazamentos de óleo?	<input type="checkbox"/> Sim			<input type="checkbox"/> Não	
SISTEMA DE TRANSMISSÃO		AVALIAÇÃO			OBSERVAÇÕES
Coroa e pinhão	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Carcaça	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Engrenagens	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Arruelas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cruzeta	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Rolamento	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Vedadores	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cardan do eixo propulsor dianteiro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cardan do eixo propulsor central	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cardan do eixo propulsor traseiro	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Transmissão	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Rolamentos da transmissão	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Vedações	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Disco sinterizado e aço	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Turbina impulsor, estator	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tubulação de ligação	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Flanges	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Ruídos?	<input type="checkbox"/> Sim			<input type="checkbox"/> Não	
Vazamentos de óleo?	<input type="checkbox"/> Sim			<input type="checkbox"/> Não	
SISTEMA HIDRÁULICO		AVALIAÇÃO			OBSERVAÇÕES
Bomba hidráulica principal	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Bomba hidráulica da direção	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Bomba do torque	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Mangueiras e tubulações hidráulicas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Válvulas direcionais	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Comando principal	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Comando do torque	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Orbitrol	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindro elevação direito	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindro elevação esquerdo	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindro inclinação direito	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindro inclinação esquerdo	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindro direção direito	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindro direção esquerdo	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindro central basculamento	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
FREIO		AVALIAÇÃO			OBSERVAÇÕES
Patins	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Kits de freio Iona	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindro mestre	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cilindros de roda	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Cuicas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Válvulas atuadoras	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Campanas	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tubulações e mangueiras	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Manômetros	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Válvulas direcionadoras	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Tambores	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Eixos Cames "S"	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Patins	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Válvula de dreno	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	
Catracas de Ajuste	<input type="checkbox"/> Substituir	<input type="checkbox"/> Reformar	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> N/A	