LUIZ ANTONIO CORVELLO FRAGA MOREIRA

APLICAÇÃO VEICULAR DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE

São Paulo
2010

LUIZ ANTONIO CORVELLO FRAGA MOREIRA

APLICAÇÃO VEICULAR DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre Profissional
em Engenharia Automotiva.

Área de Concentração:
Engenharia Automotiva

Orientador:
Prof. Dr. Marcelo Massarani

São Paulo
2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Moreira, Luiz Antonio Corvello Fraga

Aplicação veicular da manutenção centrada em confiabilidade / L.A.C.F. Moreira. -- São Paulo, 2010.

85 p.

Trabalho de conclusão de curso (Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

- 1. Manutenção Centrada em confiabilidade (Aplicações)**
- 2. Veículos I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica II. t.**

Dedico este estudo aos meus familiares,
à equipe da The Specialist e aos
usuários dos veículos Land Rover que
colaboraram para este trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr.Marcelo Massarani por sua paciência e companheirismo durante a elaboração deste trabalho, à minha esposa e filhos por suportarem o longo trabalho e à Cristiane, por sua dedicação e empenho.

“O sucesso consiste em
ir de derrota em derrota sem
perder o entusiasmo.”.
(WINSTON CHURCHILL)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)	19
2.1	IMPLANTAÇÃO DO MCC	22
2.2	CONFIABILIDADE	31
2.3	ANÁLISE DO TEMPO DE VIDA (<i>AE - AGE EXPLORATION</i>)	32
3.	APLICAÇÃO VEICULAR	34
4.	EXEMPLO DE APLICAÇÃO	37
4.1	HISTÓRICO DO MOTOR	37
4.2	DESCRIÇÃO TÉCNICA DO MOTOR	38
4.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO DEFENDER	40
4.4	BOMBA DE ÁGUA DO DEFENDER	44
4.5	EXECUÇÃO DO TESTE	46
4.6	A IMPLANTAÇÃO DA MCC NO ESTUDO DE CASO EXEMPLO	48
4.7	LEVANTAMENTO ESTATÍSTICO DO EXEMPLO	58
4.8	PROVIDÊNCIAS PARA O EXEMPLO	66
4.9	CRÍTICAS E MOTIVAÇÕES DO ESTUDO DE CASO EXEMPLO	69
5	CONCLUSÃO	72
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	75
	APÊNDICE A - PLANILHA RESUMO DAS ORDENS DE SERVIÇO	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Os diversos tipos de manutenção e suas características principais, adaptado de NASA, , 2000	21
Figura 2	LTA Estrutura da árvore de análise de falhas, adaptado de Smith, Hinchliffe, 2004	28
Figura 3	Válvula termostática	40
Figura 4	Radiador e radiador de óleo do carter	41
Figura 5	Venturi vista interna (esquerda peça em corte) e vista externa peça original	42
Figura 6	Acoplamento viscoso e hélice	43
Figura 7	Intercooler	43
Figura 8	Detalhe do rotor de uma bomba danificado vista interna	45
Figura 9	Detalhe de um rotor destruído, separado do eixo	45
Figura 10	Detalhe do vazamento de fluído pelo retentor vista externa	45
Figura 11	Detalhe do eixo com retentor danificado vista interna	46
Figura 12	Levantamento realizado entre as Ordens de Serviço (OS) de 2004 a 2008, digitação em planilha resumo de dados para posterior compilação	47
Figura 13	Bomba de água nova do Defender vista interna	49
Figura 14	Cabeçote danificado por excesso de temperatura vista interna	49
Figura 15	Fluxograma de informações do sistema de refrigeração do Defender	50
Figura 16	Reservatório de expansão provido de tampa com sensor de nível	66
Figura 17	Bomba de água do modelo anterior a 2002 rotor metálico vista interna	67
Figura 18	Bomba nacional com rotor metálico danificado vista interna	68
Figura 19	Bombas de água com rotor danificado colecionadas na empresa vista interna	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Curvas de densidade probabilidade de falha, adaptado de NASA, 2000	15
Gráfico 2	Probabilidade de falha x espaço percorrido	61
Gráfico 3	Função densidade de probabilidade de falha x espaço percorrido	62
Gráfico 4	Taxa de falha x espaço percorrido	63
Gráfico 5	Confiabilidade x espaço percorrido	64
Gráfico 6	Linha falhas e suspensões x espaço percorrido	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Severidade, adaptada de Capaldo, Guerrero e Rosenfeld (1999)	26
Tabela 2	Ocorrência, adaptada de Capaldo, Guerrero e Rosenfeld (1999)	27
Tabela 3	Deteccção, adaptada de Capaldo, Guerrero e Rosenfeld (1999)	27
Tabela 4	Formulário do FMEA da bomba de água constando os 3 modos de falha	54
Tabela 5	Cálculo do espaço percorrido para BX para 0,1%	56
Tabela 6	Cálculo da vida média da bomba de água do Defender	56
Tabela 7	Acumulado de vendas de 1992 a 2008 adaptado de Land Rover do Brasil	60

GLOSSÁRIO DE ABREVIATURAS

AE	Age Exploring, traduzido como Análise de Vida
B10 ou L10	Índice de vida com 10%
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
EPRI	Electric Power Research Institute
FAA	Federal Aviation Administration
FDP	Função Densidade de Probabilidade (de falha)
FF	Failure Finding traduzido como Localização de falhas ou Inspeção preventiva
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
LTA	Logical Tree Analysis traduzido como Árvore de Análise Lógica
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MC	Manutenção Corretiva
MP	Manutenção Preventiva
MTBF	Mean Time Between Failure traduzido como Tempo Médio entre as Falhas)
MTTF	Mean Time To Failure traduzido como Tempo Médio até a Falha
OS	Ordem de Serviço
RCFA	Root Cause Failure Analysis traduzido como Análise de Causa da Falha Raiz
RCM	Reliability Centered Maintenance traduzido como Manutenção Centrada em Confiabilidade
RTF	Run To Failure traduzido como operar até a falha
SINDIREPA	Sindicato dos Reparadores Automotivos

RESUMO

Estudos têm sido conduzidos para a implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em sistemas complexos, seja com o intuito de aumentar a segurança das pessoas envolvidas e do meio ambiente ao redor das instalações, seja com o intuito de diminuir os custos de manutenção envolvidos. Tem destaque nestes estudos o inicial com a implantação em aeronaves da aviação civil e militar, a indústria espacial e também as instalações nas plantas de geração de energia elétrica, especialmente as movidas à energia nuclear. Este trabalho foi conduzido para implantar o sistema de Manutenção Centrada em Confiabilidade na área veicular, especialmente em frotas sob controle e de determinados veículos que trafegam em locais inóspitos e de difícil acesso para resgate em caso de falha. Um levantamento estatístico foi executado e a vida útil da bomba de água no estudo de caso foi determinada, sendo recomendada uma inspeção nas mesmas. A conclusão a que se chegou é de que é sim possível, em determinados componentes, implantar a Manutenção Centrada em Confiabilidade, realizando-se a análise de vida e a especificação de um tempo correto para a inspeção e troca do componente antes de sua falha, que pode ser crítica, trazendo prejuízos a outras partes dos veículos.

Palavras chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade (Aplicações), Veículos.

ABSTRACT

Studies have been conducted for the implementation of Reliability Centered Maintenance in complex systems, is aiming to increase the safety of those involved and environment around the facility, either in order to reduce maintenance costs involved. These studies have highlighted the initial deployment in airplanes of civilian and military aviation, space industry and also in the plants to generate electricity, especially those powered by nuclear energy. This study was conducted to establish the Reliability Centered Maintenance system in the vehicle area, especially in fleets under control and certain vehicles that travel in places inhospitable and inaccessible for rescue in case of a failure. A statistical survey was performed and the useful life of water pump in the case study has been determined and recommended an inspection in them. The conclusion is that it is indeed possible in certain components, deploy the Reliability Centered Maintenance, performing the age exploration and the specification of a correct time for inspection and replacement of the component before its failure, which can be critical, causing damages to other vehicle parts.

Key word: Reliability Centered Maintenance (Aplications), Vehicles

1. INTRODUÇÃO

As técnicas de manutenção evoluíram pouco ao longo dos primeiros anos da revolução industrial (Smith, 1993), o equipamento somente era reparado quando parava de cumprir a sua função. Devido à pequena carga de trabalho, ao amplo conhecimento dos operadores relativo ao equipamento que os mesmos operavam (e que normalmente também mantinham) e aos excessos característicos da época (projetos super dimensionados) este tipo de manutenção atendia os requisitos.

Comumente chamada de Manutenção Corretiva ou Reativa (NASA, 2000), este tipo de manutenção pode ser adotado atualmente, mas só se recomenda executá-la em componentes sem responsabilidade de paralisar totalmente o sistema ou que não irão criar comprometimento aos outros componentes, à segurança dos operadores ou ao meio ambiente, sendo esta análise feita, tanto a nível técnico como a nível econômico, onde o custo desta parada pode não ser compensador em relação aos outros tipos de manutenção.

Logo após a Segunda Guerra Mundial, a maioria das empresas iniciou a implantação de um outro sistema de manutenção em seus equipamentos, respeitando as indicações dos fabricantes, que determinavam o tempo ideal da sua substituição antes da falha, economizando recursos e diminuindo o tempo de parada para o reparo (Smith, 1993).

Os equipamentos da época, com a maioria dos componentes e dispositivos mecânicos simples, tinham dois comportamentos característicos, o primeiro com uma alta probabilidade de falha no início da atividade, uma probabilidade de falha constante e baixa ao longo de quase toda sua vida útil e um aumento considerável da probabilidade de falha próximo ao final da vida útil, quando o desgaste se acentuava (Gráfico 1 FDP tipo E – NASA, 2000) o segundo comportamento possui uma probabilidade de falha baixa no início e alta no final de vida (Gráfico 1 FDP tipo A - NASA, 2000).

Determinado então o tempo em que ocorria a inflexão na curva (aumento da probabilidade de falha), e executando-se a troca do componente em um tempo

Gráfico 1 Curvas de densidade probabilidade de falha no tempo, adaptado de NASA, 2000

anterior, evitava-se a falha e ainda, como esta tarefa poderia ser programada, a parada do equipamento demandava menos tempo, permitindo à equipe responsável pela manutenção planejar recursos e sobressalentes necessários, gerando considerável economia.

Este tipo de manutenção, conhecida como Manutenção Preventiva (NASA, 2000) é normalmente restrita a algumas partes do equipamento ou sistema, pois somente componentes que podem ter sua vida útil conhecida podem ser assim

mantidos. A desvantagem deste sistema é que, em algumas aplicações, os componentes podem ser trocados precocemente, principalmente devido ao tipo de utilização do equipamento, “Na verdade, descobriu-se que, em muitos casos, a vida dos componentes ultrapassou largamente a vida percebida ou declarada no projeto” (NASA, 2000, p. 1-2)

Com a melhoria dos projetos dos equipamentos, o aumento da participação de dispositivos eletrônicos e sistemas interligados e mais complexos no final da década de 1980, que podem possuir perfis de falha variados (Gráfico 1 FDP tipo B; C; D e F – NASA, 2000), o aumento da carga de trabalho e a maior rotatividade dos operadores, este tipo de manutenção perdeu eficiência, ocasionando quebras e paradas indesejadas (Smith, 1993).

Um novo sistema de manutenção chamado Manutenção Preditiva (NASA, 2000) foi então desenvolvido, onde o final da vida útil de um componente pode ser indicado com a utilização de um equipamento de medição instalado no componente. A desvantagem deste tipo de manutenção é que somente os componentes que podem ter sua vida útil monitorada por parâmetros mensuráveis são candidatos a este tipo, restringindo sua aplicação prática.

Um quarto tipo de manutenção chamado de Manutenção Proativa (NASA, 2000), que utiliza técnicas modernas estatísticas Análise da vida útil, AE (NASA, 2000); Análise das causas raízes de falha, RCFM (NASA, 2000); Análise dos modos e efeitos das falhas, FMEA (NASA, 2000), baseando-se no equipamento e em seus componentes no local instalado e com a carga de trabalho de cada sistema, se mostrou eficiente em manter os equipamentos mais sofisticados e complexos existentes atualmente.

Após o crescimento da indústria aeronáutica com o advento da aviação civil e o desenvolvimento da indústria de geração de energia elétrica (especialmente a que se utiliza de energia nuclear), que necessitavam projetos otimizados (melhorias em custos e diminuição de peso) e uma altíssima confiabilidade, novos patamares de manutenção deveriam ser atingidos, desafiando a capacidade dos técnicos (Nowlan, Heap, 1978).

Ainda segundo o mesmo autor, a fim de viabilizar economicamente a manutenção de aeronaves sem prejudicar sua confiabilidade, a UAL (United Airlines) e a Boeing desenvolveram, em conjunto, uma nova técnica que foi chamada de Manutenção Centrada em Confiabilidade, tema deste estudo.

A indústria automobilística evoluiu muito a partir de novas técnicas de projeto de veículos, desenvolvimento de sistemas mais eficientes, testes de campo e novas tecnologias de ensaio (simulação em computadores). Com a conseqüente correção dos vários problemas, ocorreu uma elevação na confiabilidade em todos os sistemas, por exemplo, sistemas de refrigeração, eletrônica embarcada, freios, direção, principalmente a partir do início dos anos 1990.

Entretanto, veículos com uso intenso em estrada e em condições adversas, por exemplo, os veículos utilizados por frotistas, podem sofrer defeitos que não atingem os outros veículos (pouco rodados em relação ao seu tempo de vida), nem mesmo nas mais complexas simulações ou testes de campo. As informações de campo (reclamações dos usuários) nem sempre chegam aos projetistas e fabricantes em tempo hábil para a correção do sistema falho, seja devido à falta de comunicação e contato entre usuário e fabricante, seja pela falta de interesse das montadoras em estabelecer este contato e corrigir as falhas relatadas.

Este fato agravou-se quando, em meados da década de 90, o mercado abriu as portas à importação dos veículos que circulavam em seus países de origem, em condições muito melhores e mais próximas às condições de projeto e testes das que existiam e existem atualmente no Brasil (principalmente no que se refere à temperatura de trabalho e condições de piso) como evidência disso, no Estado de São Paulo, somente cerca de 15% das vias são asfaltadas (DER, 2008).

A manutenção destes veículos fica então prejudicada, já que não foram levadas em consideração no projeto, via de regra, as condições reais em que os veículos realmente trafegam.

Este estudo está dividido em seis capítulos, este primeiro descreve a manutenção com seus sistemas tradicionais; no segundo, descreve-se o sistema MCC como implantado, inicialmente, na indústria aeronáutica e na de geração de

energia elétrica, suas variações, vantagens e desvantagens, e o processo de sua implantação, passo a passo, descrevendo as ferramentas a serem utilizadas (FMEA, Diagrama de Blocos, Confiabilidade, AE e LTA).

No terceiro capítulo, discute-se a implantação do sistema de MCC para uso veicular rodoviário em frotas cativas e com manutenção sob controle, utilizando das mesmas ferramentas explanadas acima.

No quarto capítulo, um exemplo de aplicação prática foi executado, utilizando para tanto dados retirados de reparos feitos em empresa especializada em manutenção veicular, sendo o levantamento estatístico de tempo de vida do componente em questão também feito com base nestes dados.

No quinto capítulo, discute-se a validade deste e sua utilização futura, finalmente no Apêndice A envia-se um exemplo da digitação (total de 124 páginas como as constantes no apêndice) de 4.950 componentes trocados em 2.164 passagens na empresa do estudo de caso exemplo, entre 2004 e 2008, de onde foram compilados os dados do Levantamento Estatístico.

Como objetivo, pretende-se estudar o sistema de manutenção centrada em confiabilidade (MCC) em aplicação veicular, utilizando-se das mais modernas ferramentas necessárias, a fim de aumentar a confiabilidade de veículos, especialmente os utilizados em frotas com manutenção sob controle.

2. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)

“A MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade) é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção de um dado sistema ou equipamento.” (Seixas, 1999).

“Manutenção Centrada em Confiabilidade: um processo utilizado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional atual” (Moubray, 1977, p. 7)

A MCC (ou *RCM – Reliability Centered Maintenance*) foi desenvolvida na indústria aeroespacial 30 anos atrás, sendo posteriormente implantada na indústria de geração de energia elétrica, principalmente as que utilizam fontes em energia nuclear, devido ao alto grau de confiabilidade e segurança requeridos.

O desenvolvimento da MCC se deu principalmente baseada no histórico de falhas anteriores na indústria aeronáutica. Estudando a história em documentos anteriores, a United Airlines provou que a clássica “curva da banheira” (Gráfico 1 FDP curva E p. 21) não tinha a precisão necessária para representar as falhas de componentes não estruturais de suas aeronaves. Determinou-se então que somente 11% de todos estes componentes apresentavam a característica de probabilidade de falha relativa ao tempo de uso, enquanto que 89% falharam por outras razões que não fadiga (Smith, 1993).

Desta observação, o percentual de componentes trocados por tempo foi reduzida de 58% em 1964 para 9% em 1987, enquanto que a troca dos componentes monitorados foi de 2% em 1964 para 51% em 1987, possibilitando à indústria aeronáutica comercial reduzir os custos de manutenção e mantê-los baixos até o final de 1980 (Smith, 1993).

O *FAA (Federal Aviation Administration)* aceitou a nova forma de manutenção de aeronaves e o mesmo tem sido usado em praticamente todas as aeronaves novas ou reformadas, para a obtenção da licença de voo (Smith, 1993).

Em 1977, o departamento de defesa americano chamou o novo método de “*Reliability-Centered-Maintenance*” e aconselhou sua adoção na maioria dos sistemas militares. Em meados de 1980, o *EPRI (Electric Power Research Institute* - órgão responsável pela avaliação de manutenção das empresas geradoras e distribuidoras de energia elétrica americana), iniciou a implantação de estudo piloto de MCC em plantas de geração de energia elétrica com combustível nuclear (Matteson, 1995).

Desde então o processo MCC evoluiu e o chamado “MCC clássico” (comumente usado pela indústria aero-espacial) convive com o “MCC rápido” cuja principal diferença é diminuir o espaço de tempo de aquisição de dados (necessário ao levantamento do histórico de falhas), usando principalmente a experiência dos profissionais envolvidos na manutenção e também baseado nos modos de falha e suas causas conhecidas (com estudos baseados no “*RCFA*”, “*LTA*”, “*AE*” e “*FMEA*” do sistema e de seus componentes).

O processo permite uma rápida implantação da MCC e depois, caso necessário, evoluir o mesmo com modificações no processo, por meio de um sistema retro alimentado, formalizado e previsto, chamado de programa de manutenção viva.

O processo de implantação da MCC permite ao gerente de manutenção focar as principais tarefas de seu time nas falhas mais críticas, economizando recursos econômicos e de pessoal nas operações de manutenção que realmente paralisariam o sistema/equipamento.

As tarefas elencadas pelo estudo do MCC realmente se mostram eficientes, confiar somente nas tarefas estipuladas pelo fabricante do equipamento ou sistema não é tão eficiente, principalmente pelas diferenças de uso, meio ambiente e condições externas, nem sempre testadas pelo fabricante.

De acordo com Schwan (1999), “o objetivo da MCC é criar rotinas estratégicas de manutenção que preservem as funções importantes do equipamento/sistema na maneira mais econômica possível”.

“RCM é o processo usado para determinar a maneira mais eficaz para a manutenção” (NASA, 2000, p. 1-1).

O sistema MCC determina então, através de sua implantação, qual a melhor técnica a ser empregada para manter o componente ou equipamento estudado, se a manutenção corretiva (*Reactive Maintenance*), preventiva (*Preventive Maintenance*), preditiva (*Predictive Maintenance*) ou proativa (*Proactive Maintenance*), tanto do ponto de vista econômico, quanto do ponto de vista de segurança, para pessoas e meio ambiente envolvidos (NASA, 2000).

Figura 1 Os diversos tipos de manutenção e suas características principais, adaptado de NASA, 2000

2.1 IMPLANTAÇÃO DO MCC

O programa MCC rápido consiste em analisar os componentes e equipamentos, conforme o descrito nas sete etapas abaixo:

1) Estabelecer o escopo do estudo.

Somente sabendo exatamente qual componente ou sistema será analisado será possível aplicar o programa. Quando uma tarefa de manutenção preventiva é elencada no final do estudo para determinado componente, se este não for bem especificado, o programa certamente irá falhar. É nesta fase também que são coletadas a maioria das informações, com o intuito de municiar as etapas seguintes. Segundo Smith, Hinchliffe (2004), a regra 80/20 pode ser usada para a escolha do escopo do estudo. Basicamente, 80% de um efeito observado tende a residir em 20% da fonte disponível, como exemplo, citando o mesmo autor:

“...80% do desgaste do tapete é encontrado em 20% da área disponível do mesmo - porque este é o lugar onde o tráfego ocorre. Assim, em uma planta, 80% da manutenção reativa e das perdas dos custos de produção, tendem a ser localizados em 20% dos sistemas desta planta - os chamados maus atores” (Smith, Hinchliffe, 2004, p. 392-413).

2) Identificar as interfaces.

Segundo Smith, Hinchliffe (2004), a fim de determinar qual a influência de um componente nos demais, as interfaces entre os componentes devem ser definidas com precisão, para resolver o que será incluído ou não no estudo. Ainda segundo o mesmo autor, “...uma definição clara das interfaces de ENTRADAS e SAÍDAS é condição necessária para garantir precisão no processo de análise do sistema..”. (Smith, Hinchliffe, 2004, p. 1839-1855). Esta etapa irá embasar com as informações necessárias as próximas etapas, especialmente quando se usa a regra 80/20 explanada acima.

3) Especificar funções importantes.

Nesta etapa, munidos das informações anteriormente coletadas, os analistas iniciam a separação dos componentes mais críticos à manutenção, subsidiando também, com o conhecimento completo das entradas e saídas, a manufatura do Diagrama de Blocos Funcional.

Este diagrama fornece informações de como o sistema está montado, podendo também conter a informação de qual a função específica de cada componente, de modo a deixar claro ao analisador o que pode causar problema ao se iniciar uma falha, sendo somente uma análise qualitativa e não quantitativa.

Como a MCC está baseada na função de cada componente do sistema, a informação gerada pelo fluxograma de informações e sua hierarquia se torna importante, pois somente com o fluxograma o analisador poderá saber a influência da falha de um componente no sistema inteiro.

Segundo Smith, Hinchliffe (2004), esta etapa compreende uma descrição completa do sistema, a execução de um diagrama de blocos funcional (descrevendo as funções principais dos componentes elencados), suas interfaces de entrada e saída, uma lista completa dos componentes que compõe o sistema e seu histórico de manutenção.

Ainda segundo o mesmo autor, somente os componentes ou sistemas com funções importantes devem ser estudados.

4) Identificar os modos dominantes de falha.

Somente as falhas dominantes devem ser analisadas, a função principal da MCC é preservar as funções fundamentais do sistema, portanto componentes que não causem paralisação do sistema não serão estudados. Nesta etapa, o foco se volta para a perda da função e não para a perda do equipamento (Smith, Hinchliffe, 2004) que era a preocupação das outras maneiras de se manter um equipamento.

Ainda segundo o mesmo autor, uma falha funcional é normalmente causada por mais de uma simples perda de função, sendo que este fato deverá ser analisado na próxima etapa.

Uma lista dos componentes, suas funções, o histórico de suas principais falhas e modos (a fim de subsidiar a manufatura do FMEA nas próximas etapas) são executadas, o esquecimento de um componente nesta fase irá retirar o mesmo de qualquer manutenção preventiva que possa ser elencada para ele (Smith, Hinchliffe; 2004).

5) Identificar os modos críticos de falha.

Nesta etapa, conhecidos os modos dominantes de falha, são definidas as falhas críticas. Normalmente é nesta etapa que executa-se um FMEA do equipamento ou componente. Esta técnica permitirá ao analisador descobrir quais falhas irão gerar a paralisação do equipamento (perda da sua função). O analisador deverá manter a idéia de que a MCC tem como função precípua preservar as funções do equipamento.

Descreve-se abaixo o FMEA e a maneira como deve ser executado para a aplicação da MCC.

Depois de coletadas as informações das etapas anteriores, o FMEA se torna uma poderosa, objetiva e sistemática ferramenta para a análise dos modos e causas das falhas, possibilitando aos analisadores definir as prioridades da manutenção.

“O objetivo de um FMEA é procurar por todas as formas que um produto ou processo podem falhar” (Mc Dermott et al, 2009).

O FMEA é uma importante ferramenta para evitar que hajam falhas no projeto, produto ou processo, antes de serem desenvolvidos, sendo também utilizado como fonte de informações para problemas existentes. Através dele, pode-se decidir qual o componente ou dispositivo é o prioritário para a implantação da MCC, concentrando esforços e facilitando a sua análise, baseado sempre no fato de que a MCC deve ser implantada somente nos itens mais importantes e que causem os maiores problemas à utilização do equipamento (Capaldo, Guerrero e Rosenfeld; 1999).

Ainda segundo o mesmo autor, pode-se aplicar a análise FMEA nas seguintes situações:

- para diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- para diminuir a probabilidade de falhas potenciais (ou seja, que ainda não tenham ocorrido) em produtos/processos já em operação;
- para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram;
- para diminuir os riscos de erros e aumentar a qualidade em procedimentos administrativos.

O que interessa a este estudo é o terceiro item, utilizar a análise FMEA para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação, por meio da análise das falhas que já ocorreram.

O FMEA deve ser feito para cada sistema ou componente identificado na definição das interfaces, conforme descrito na seção da implantação da MCC.

A análise de um componente fora do sistema pode se errônea, já que o contexto da participação deste componente em um sistema pode ser completamente diferente da participação do mesmo componente em outro sistema.

Como exemplo, a falha de um rolamento em um determinado equipamento pode ser minoritária e não comprometer a sua função principal, enquanto que em outro equipamento, o mesmo rolamento poderá causar uma falha catastrófica (Pride, 2008).

Normas e sistemas específicos guiam os analistas na preparação do FMEA. A crítica a ser feita para um FMEA elaborado para um estudo sobre a manutenção de determinado componente é que, se for definido que, se o modo de falha encontrado é referente ao projeto ou processo do mesmo, este só pode ser alterado via projeto, sendo que o acesso do analista à modificação pode não existir.

Considerações acerca do preenchimento do FMEA

O processo de elaboração do FMEA tem fases distintas a saber (Capaldo, Guerrero e Rosenfeld, 1999):

- Determinar as funções e características do produto.

- Determinar o tipo de falha potencial de cada função.
- Determinar o efeito do tipo de falha.
- Determinar a causa possível da falha.
- Determinar os controles atuais para mitigar a falha.
- Avaliar os riscos da falha e classificar conforme as tabelas os índices de Severidade (S); Ocorrência (O) e Detecção (D).
- Calcular o índice de risco, multiplicando os 3 índices acima determinados.
- Propor medidas de melhoria.
- Elaborar e expor estes dados em formulário adequado.

Em se tratando de um FMEA voltado à produto e mais especificamente a um componente de um sistema ou equipamento em manutenção, o analista pode propor novos índices e não se ater às tabelas como a sugerida abaixo (Capaldo, Guerrero e Rosenfeld, 1999) pois, como explanado anteriormente, um mesmo componente aplicado em um outro sistema/equipamento pode, quando falhar, ter uma severidade maior em um equipamento do que no outro (Pride, 2008).

Com relação às tabelas de Severidade; Ocorrência e Detecção, neste estudo utilizou-se os recomendados pelos autores Capaldo, Guerrero e Rosenfeld, (1999).

Classificação quanto à Severidade

Tabela 1 Severidade, adaptada de Capaldo, Guerrero e Rosenfeld (1999)

Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O usuário mal percebe que a falha ocorreu.
2; 3	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do usuário.
4; 5 ou 6	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema , com descontentamento do usuário.
7; 8	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do usuário.
9; 10	Muito Alta	Idem ao anterior porém afetando a segurança.

Classificação quanto à Ocorrência

Tabela 2 Ocorrência, adaptada de Capaldo, Guerrero e Rosenfeld (1999)

Índice	Ocorrência	Proporção	CpK
1	Remota	1:1.000.000	> 1.67
2	Pequena	1:20.000	> 1,00
3		1:4.000	
4		1:1.000	
5		1:400	
6	Moderada	1:80	< 1,00
7		1:40	
8		1:20	
9	Muito Alta	1:8	
10		1:2	

Classificação quanto à Detecção

Tabela 3 de Detecção, adaptada de Capaldo, Guerrero e Rosenfeld (1999)

Índice	Detecção	Critério
1; 2	Muito grande	Certamente será detectado
3; 4	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
5; 6	Moderada	Provavelmente será detectado
7; 8	Pequena	Provavelmente não será detectado
9; 10	Muito pequena	Certamente não será detectado

6) Identificar as causas dominantes dos modos de falha.

Somente as causas dominantes do modo de falha serão estudadas, as causas de falha que não causam a perda de função não serão analisadas. Nesta fase, segundo Smith, Hinchliffe (2004), a execução de uma LTA auxilia na decisão, classificando a falha em relação ao que ela pode causar à planta ou sistema, uma falha de segurança, uma parada ou um problema econômico.

Figura 2 LTA Estrutura da árvore de análise de falhas, adaptado de Smith, Hinchliffe, 2004

Pela estrutura acima demonstrada, a análise é feita de acordo com o modo de falha e o que esta causa para o componente e para o sistema ou equipamento.

Toda esta análise, segundo Smith, Hinchliffe (2004), é feita para cada modo de falha e seu resultado é a classificação deste modo de falha em 3 divisões, a primeira divisão relaciona a falha à segurança, a segunda relaciona a falha à interrupção do funcionamento da planta (ou equipamento) e a terceira relaciona a falha à problemas econômicos.

Cada modo de falha é inserido na primeira caixa com o questionamento “Sob condições normais, o usuário sabe sobre a falha?”. Se a resposta for negativa, este modo de falha é classificado como “D” (oculto) e estará sujeito à manutenção preventiva ou à inspeção preventiva ou ainda à manutenção proativa.

O mesmo modo de falha (oculto ou não conforme a classificação anterior) passa ainda para a segunda questão, relativa à segurança “Este modo de falha causa um problema de segurança?”, caso positivo, o modo de falha é classificado como “A”. Refere-se à segurança no sentido de causar ferimentos ou riscos ao usuário ou ao pessoal ao seu redor.

O mesmo modo de falha classificado no processo anterior quanto à segurança (independentemente do resultado) é então classificado quanto à problemas econômicos, se o modo de falha causa uma interrupção no funcionamento da planta ele é classificado como “B” caso negativo, sua classificação será “C”. A análise econômica de qual seria o valor de um problema de interrupção da planta é relativa e depende dos parâmetros de cada empresa, devendo ser analisada dentro do contexto da mesma.

O analista classifica os modos de falha conforme as letras que o mesmo assumiu na análise (podendo ser dos tipos A; B; C; D/A; D/B ou D/C).

De acordo ainda com Smith, Hinchliffe (2004) esta informação será usada para classificar os modos de falha mais importantes e que causem maiores prejuízos, como exemplo, recomenda o mesmo autor “os modos de falha classificados como “C” devem ser designados para serem reparados somente depois da falha (manutenção corretiva)”.

Conforme esta análise, somente os modos de falha classificados como A ou B passarão para a etapa seguinte, já que os classificados como C serão designados como sujeitos à manutenção preventiva e os classificados como D já haviam sido classificados como manutenção preventiva, inspeção preventiva ou manutenção proativa.

7) Selecionar tarefas de manutenção.

Nesta fase, cabe ao analisador definir qual sistema de manutenção será adotado para os componentes ou sistema analisado. Se nenhum tipo de manutenção entre a Preventiva, Preditiva ou Proativa for escolhida, a única opção que resta é a manutenção corretiva (Smith, Hinchliffe, 2004) ou operar até a falha (RTF) sendo esta análise feita em todos os níveis (segurança, parada da planta ou condição econômica) conforme explanado no item anterior.

Para a implantação adequada da MCC, cabe ao analista executar cada uma das etapas acima descritas, empregando o método adequado para chegar à conclusão necessária que o levará a obter a melhor maneira de se manter o componente ou equipamento analisado, pensando sempre na preservação das funções do equipamento e não na preservação do equipamento em si.

A tarefa de manutenção a ser implementada nesta etapa deve ser:

1) Aplicável: A tarefa irá prevenir ou mitigar a falha, detectando ou descobrindo uma falha oculta.

2) Efetiva: A tarefa será a mais eficiente em termos econômicos em comparação com as outras tarefas.

Se o FMEA ou o LTA fornecerem ao analista informações suficientes (juntamente com as etapas anteriores), este estará apto a definir a tarefa adequada, ainda se o histórico de manutenção for eficiente e confiável, uma manutenção do tipo proativa, com o cálculo estatístico de vida do componente (AE) poderá ser feito, utilizando ferramentas de Confiabilidade e Cálculo de vida através de métodos estatísticos adequados (por exemplo, pela análise da distribuição de Weibull).

Outro ponto importante a ser levado em conta é a experiência dos operadores da manutenção, como existe uma interação muito grande entre a equipe e os equipamentos, uma análise junto à equipe de manutenção poderá também gerar muitos subsídios ao analisador que irá implantar o sistema (Smith, Hinchliffe, 2004).

2.2 CONFIABILIDADE

“Confiabilidade é a probabilidade que um dispositivo irá desempenhar satisfatoriamente uma função específica por um período de tempo especificado, sob determinadas condições de operação” (Smith, Hinchliffe, 2004, p.1080-1094). Nos termos como estão descritos nesta definição, a confiabilidade é um atributo de desenho do sistema, equipamento ou componente, cabendo à manutenção atuar preventivamente e da forma mais adequada possível, na expectativa de manter o sistema como um todo, no mínimo, na confiabilidade estipulada em projeto.

Segundo o mesmo autor, na MCC, a análise de confiabilidade é feita somente para os componentes que desempenham função relevante no sistema. No momento do estudo, os dados históricos de falhas anteriores são analisados e, se este estudo indicar que existe uma tendência à falha com relação a um parâmetro (por exemplo, tempo de uso) este componente poderá ser alvo de uma manutenção preventiva.

“Confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo” (ABNT NBR 5462/1994), sendo definida para a análise de engenharia, como uma probabilidade.

Temos ainda que a confiabilidade de um componente de um sistema afeta diretamente a confiabilidade do sistema como um todo.

Quanto mais complexo o sistema, menor a sua confiabilidade, é preciso, portanto, que cada componente tenha, intrinsecamente, um alto grau de confiabilidade e seja o mais simples possível, a fim de que a confiabilidade total seja igualmente alta (Smith, Hinchliffe, 2004).

Ainda segundo o mesmo autor, na prática, a melhor maneira de se manter um sistema com alta confiabilidade é mantê-lo simples e com alta confiabilidade de cada componente em separado.

A partir dos dados históricos e de cálculos estatísticos da confiabilidade, poderemos calcular “B10/(L10); MTTF ou MTBF” (Pride 2008). Estes indicadores auxiliam o analista da implantação da MCC a definir as tarefas necessárias à sua correta implantação e quando executá-las.

A fim de desempenhar a análise de confiabilidade, a técnica mais atual abre mão de diversas ferramentas, sendo uma delas usada neste estudo que é a análise de vida (AE) através da distribuição de Weibull.

2.3 ANÁLISE DO TEMPO DE VIDA (AE - AGE EXPLORATION)

O estudo da análise do tempo de vida é parte importante do método MCC, pois pode interferir diretamente na definição do tipo de manutenção a ser usada, sendo a base principal da manutenção proativa.

“Este processo, conhecido como Análise de Vida (AE) foi usado pela Força de Submarinos dos Estados Unidos no final da década de 70 para estender o tempo entre as reformas periódicas e para substituir as tarefas condicionais tradicionais. Enquanto o programa inicial ficou limitado aos submarinos *FBM (Fleet Ballistic Missile)* ele foi ampliado continuamente até que incluiu todos os submarinos, porta-aviões e outras naves de combate e navios da *MSC (Military Sealift Command)*. Além disso, a Marinha invocou os requerimentos deste tipo de estudo para o MCC e para a monitoração como parte de novos desenvolvimentos de navios” (NASA, 2000, p. 1-2)

E também,

“Análise do tempo de vida (AE) é um elemento chave no estabelecimento de um programa MCC. Esta análise fornece uma metodologia para variar os aspectos principais do programa de manutenção, de modo a otimizar o processo” (NASA, 2000 p. 3-48).

A ferramenta mais usada para a análise do tempo de vida para se calcular a confiabilidade do sistema, baseado no histórico de falhas anteriores é a distribuição

de Weibull “A distribuição de Weibull é normalmente usada para determinar a probabilidade de falha devido à fadiga” (NASA, 2000 p. 3-48).

Três etapas devem ser obedecidas, segundo NASA (2000) a saber:

- Revisar o conteúdo técnico para assegurar que todos os modos de falha estão incluídos nas tarefas de manutenção.
- Ajustar o período das inspeções com a análise dos dados de vida do componente.
- Agrupar as tarefas, a fim de aperfeiçoar as inspeções e diminuir o tempo de parada para manutenção do equipamento.

Dispondo dos dados históricos das manutenções anteriores, e estando estes dados se comportando com determinado padrão em relação ao tempo (por exemplo), o analista especifica a tarefa a ser executada. Nem sempre a tarefa elencada pode ser a troca do componente, até mesmo uma desmontagem para inspeção (FF – Inspeção preventiva para localizar a falha) pode ser especificada, desde que combinada com outra parada do equipamento, a fim de diminuir o impacto econômico da mesma, que também é um ponto chave da MCC.

Do que está acima descrito, percebe-se a grande importância na manutenção da planta, de um sistema de coleta de dados sistemático e eficiente, sem o qual nenhum tipo de análise de tempo de vida poderá ser feito.

3. APLICAÇÃO VEICULAR

As frotas de veículos (ônibus; caminhões; tratores, equipamentos fora de estrada por exemplo) são conhecidas por terem sua manutenção sob controle, uma manutenção falha trará consequências sérias, tanto a nível econômico como em nível de segurança.

Apesar disto, e de executar todas as revisões de acordo com o plano especificado pelo fabricante para o veículo, algumas falhas ocorrem, com as consequências explanadas acima.

Frotas de ônibus rodoviários estão implantando a manutenção preventiva com análises internas¹ (Oliveira, 2008) obtendo com a mesma, segundo o autor, economia da ordem de 27% na operação.

Segundo Oliveira (2008), a empresa implantou a manutenção preventiva com o intuito de mitigar as falhas e obteve, além da satisfação de seus clientes (os passageiros da frota) e considerável diminuição de custos. Esta empresa, ainda segundo Oliveira (2008), tem dados completos da quilometragem de seus veículos relacionados com os eventos que aconteceram no período e os usa para atualizar sua lista de verificações, gerando algumas vezes inspeções com períodos mais curtos do que os especificados pela montadora, principalmente devido às condições em que operam os seus veículos.

O sistema proposto por este estudo deverá orientar as revisões preventivas com relação às peças mais importantes a verificar, atualizada a partir das informações anteriormente compiladas em veículos com características próximas, em nível de quilometragem (espaço percorrido), baseando-se nas falhas que ocorreram no passado e que serão analisadas dentro da frota no domínio do controle.

¹ Informação obtida pessoalmente

Estudos similares já efetuados demonstram que, através de técnicas estatísticas adequadas, é possível correlacionar dados do passado aos componentes sujeitos a falhar, especificamente utilizando-se a técnica MCC (NASA, 2000).

Nos veículos, são utilizados uma grande quantidade de componentes mecânicos sujeitos, portanto, ao desgaste por quilometragem. Este tipo de componente tem um comportamento de falha (FDP) seguindo o tradicional padrão da “curva da banheira” (Gráfico 1 curva tipo E) ou com uma tendência a apresentar uma inflexão na curva (Gráfico 1 curvas A e F) o que justificaria uma tarefa de manutenção preventiva; proativa ou uma busca de falhas (FF) agendada de acordo com uma determinada quilometragem

Os outros componentes (eletro-eletrônicos, por exemplo) que tem o comportamento de sua FDP ditado por curvas semelhantes às do tipo B; C e D (Gráfico 1), não sendo portanto sujeitos à tarefas determinadas por quilometragem, devem ter um tratamento diferenciado quando de sua manutenção.

Para os componentes sujeitos à manutenção preventiva, inspeção preventiva (FF) ou manutenção proativa, o sistema MCC pode ser uma opção válida, desde que os dados das manutenções históricas estejam presentes.

O MCC auxiliará o analista, como foi visto no capítulo dois, a especificar as tarefas adequadas a cada componente, a fim de mitigar a ocorrência de falhas com chance de paralisar o veículo, afetando a segurança e também causando prejuízos.

As inspeções preventivas normais, recomendadas pelos fabricantes, baseiam-se principalmente nos testes e na vida calculada dos componentes usados em outros sistemas, não se adaptando à utilização extrema dos veículos de frota. Depois destas inspeções entretanto, ainda podem ocorrer falhas nos veículos, tanto devido à falta de previsão correta da quilometragem da falha dos componentes quanto à falhas inerentes ao processo de inspeção, sendo estas falhas geradas por erros de mão de obra do operador da manutenção.

Apesar de o usuário poder entender que a falha pós inspeção preventiva pode não ter sido causada pelo operador da manutenção, o veículo falhou e isto

causa decepção e também perdas financeiras e de tempo, pior ainda se a falha ocorrer em um local distante ou com pouco acesso a reparos e recursos, coisa que a grande maioria dos veículos fora de estrada enfrenta, ao contrário dos veículos usados em frotas.

A percepção do usuário de uma revisão preventiva é uma inspeção completa e minuciosa. Entretanto, por problemas de tempo e custos, torna-se inviável desmontar e verificar todos os sistemas e componentes dos veículos. Vale ainda ressaltar que a inspeção é como uma fotografia do veículo naquele momento, podendo a falha, ocorrer logo depois; sendo esta a falha que a implantação da MCC pretende evitar, com custos menores dos que os sistemas de manutenção preventiva convencionais.

4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

A fim de iniciar o estudo, o motor do veículo Land Rover Defender modelos 90; 110 e 130 foi o escolhido, mais especificamente a bomba de água, principal componente do sistema de refrigeração.

Estudos iniciais demonstraram que a reclamação principal dos usuários da frota sob controle era o super aquecimento do motor, causado principalmente por falha na bomba de água, causando prejuízos econômicos grandes e também diminuindo a confiabilidade do veículo, imprescindível neste caso, pois a maioria dos usuários utiliza o veículo em locais inóspitos e com grande dificuldade de resgate em caso de quebra.

4.1 HISTÓRICO DO MOTOR

O motor 300 Tdi foi desenvolvido a partir do motor 200Tdi pela Land Rover na Inglaterra. “200” era, na época do desenvolvimento, o torque em lbf x ft desejado para o motor, que acabou atingindo 199 lbf x ft.

O 200 Tdi (Turbo Direct Injection) foi o primeiro motor rápido (rotações acima de 4.000rpm) a gerar uma potência acima de 100BHP, atingindo 111BHP.

Com bloco derivado dos motores mais antigos (desenvolvido na década de 60) e cabeçote desenvolvido externamente, este motor equipou os veículos da marca Land Rover de 1989 (lançamento do 200 Tdi) até 1999, quando foi lançado o motor Td5 (para atender à demanda da legislação ambiental européia EURO III).

Em 1993, a Land Rover vendeu os direitos de fabricação do motor 300 Tdi para a empresa brasileira MAXION, do grupo IOCHPE, que atualmente pertence à empresa MWM INTERNATIONAL.

No Brasil, o veículo Defender em suas versões 90; 110 e 130, foi montado de 1999 a 2005, utilizando o motor Euro II que é derivado direto do motor 300 Tdi.

Com melhorias nos pistões, cabeçote e turbina, o motor 300 Tdi nacional conseguiu atender à norma brasileira correspondente à Euro II daí derivando o seu nome.

O motor fabricado pela MWM INTERNATIONAL, objeto deste estudo, equipou os veículos SPRINTER (Mercedes Benz), RANGER e TROLLER (Ford), S10 (Chevrolet), DEFENDER (Land Rover), Cross Lander (derivado da empresa Aro, atualmente descontinuado) e diversos veículos fora de estrada e equipamentos fabricados no Brasil.

4.2 DESCRIÇÃO TÉCNICA DO MOTOR

O 300 TDi é um motor turbo diesel de 4 cilindros arrefecido a água com uma capacidade volumétrica de 2,5 litros.

O bloco de cilindros em ferro fundido está integrado ao cárter e incorpora cilindros mandrilhados diretamente.

O eixo de manivelas é suportado por cinco apoios, sendo a folga longitudinal controlada por anilhas de encosto situadas de cada um dos lados do apoio central.

O alojamento do volante do motor/prato de transmissão é uma peça em liga de alumínio fixa à traseira do bloco do motor que constitui também o apoio para o motor de arranque.

Uma abertura no alojamento lacrada por bujão, permite o acesso para a inserção do pino de afinação do ponto em alojamento no volante. A caixa onde se encontra a embreagem (caixa seca) é selada para o meio ambiente a fim de preservar o conjunto quando em situações fora de estrada.

A cabeça do motor é em liga de alumínio fundido e suporta um eixo de balancins convencional e tuchos que fazem funcionar 2 válvulas por cilindro a partir de um único veio de excêntricos.

O veio de excêntricos é suportado no bloco de cilindros por quatro apoios e é acionado por uma polia e uma correia dentada a partir do eixo de manivelas.

Um ressalto formado entre os excêntricos dos dois apoios internos fornece o acionamento para a bomba intermediária do combustível e outro ressalto, entre os dois excêntricos do lado da transmissão, fornece o acionamento para a bomba do servofreio (exaustor).

A folga longitudinal do veio de excêntricos é controlada por um prato de encosto aparafusado ao bloco de cilindros.

Os pistões em liga de alumínio revestidos em grafite, estão equipados com dois segmentos de compressão e um segmento de lubrificação e são presos às bielas por cavilhas de pistão semi-flutuantes que são encaixadas à pressão no casquilho do pé da biela.

É incorporada à coroa do pistão, uma câmara de turbulência para facilitar a combustão (injeção direta).

A caixa da distribuição consiste de duas tampas, dianteira e traseira, em liga de alumínio fundido que contêm a bomba de óleo, os retentores dianteiros do eixo de manivelas e do veio de excêntricos e também a bomba injetora e a polia intermédia da correia da distribuição.

Dentro da caixa da distribuição está também a polia do eixo de manivelas, que fornece o acionamento para os carretos do veio de excêntricos e da bomba injetora através de uma correia dentada em borracha.

Na montagem deste motor no veículo Defender, os agregados são acionados através de correia poli-vee de sete canais com comprimento de 1.580mm, acionando o alternador, bomba de água, bomba de direção hidráulica e hélice do ventilador, contando com um esticador mecânico provido de mola para estiramento automático.

Uma segunda correia, de quatro canais, com comprimento de 1.430mm aciona o compressor do ar condicionado, contando com um esticador mecânico de estiramento manual e uma polia posicionadora.

4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO DEFENDER

Nos motores ciclo Diesel, o sistema de refrigeração é o responsável por manter a temperatura do motor dentro da especificação ótima, com o fluído estando em temperaturas entre 86° e 105° C.

Temperaturas abaixo deste patamar fazem com que o consumo e a emissão sejam maiores, uma válvula termostática (Figura 3) entra então em operação, retirando parcial ou totalmente o fluxo de fluído para a refrigeração, impedindo que o fluxo circule no radiador (Figura 4), aquecendo mais rapidamente o motor.

Além da válvula termostática, um atuador viscoso (ou acoplamento viscoso) atua no hélice (Figura 6), diminuindo ou aumentando o sincronismo da rotação do hélice relativamente à polia. Quando o acoplamento viscoso “sente” que

Figura 3 Válvula termostática

a temperatura do radiador está maior do que a especificada, uma válvula é fechada e a recirculação do fluido interno do acoplamento é diminuída, aumentando a rotação do hélice ou, caso contrário, a rotação é diminuída. O acoplamento viscoso permite uma economia considerável de combustível em trajetos em alta velocidade, onde o ar frontal é o maior responsável pelo resfriamento do motor.

Em um motor provido de turbina (comumente chamado turbo compressor), o óleo lubrificante do motor é utilizado para lubrificar a parte central da turbina, sofrendo com isso um aumento considerável em sua temperatura, o que pode causar a degradação do mesmo. Torna-se, portanto imprescindível instalar um

Figura 4 Radiador e radiador de óleo do carter

Figura 5 Venturi vista interna (esquerda peça em corte) e vista externa peça original radiador de óleo lubrificante do motor, com o intuito de manter a temperatura do lubrificante dentro de patamares aceitáveis.

No caso do Defender, o radiador de óleo do carter é acoplado ao radiador de fluído refrigerante (Figura 4), sendo uma parcela da circulação do fluído desviada através de um venturi (Figura 5).

O venturi (ou válvula Y) é também o responsável parcial pela retirada do ar da parte superior do motor (cabeçote) a fim de evitar pontos quentes durante a queima.

Com o intuito de otimizar a queima, um outro dispositivo chamado comumente de “*intercooler*” (Figura 7) resfria o ar antes de sua entrada no coletor de admissão, auxiliando também na refrigeração do motor.

Figura 6 Acoplamento viscoso e hélice

O ar que sai da turbina, comprimido a cerca de 1kgf/cm^2 e com temperatura ao redor de 250°C , é resfriado por um radiador que fica ao lado do radiador de fluido, sendo rejeitada grande parte do calor que foi adquirido no processo da compressão, ar este sendo admitido no coletor com temperatura em torno dos 80°C .

Outro dispositivo que faz parte do sistema de refrigeração é o vaso de expansão, ele é responsável pela pressão interna do sistema que é mantida em 1kgf/cm^2 a fim de manter a temperatura de ebulição dentro de um limite aceitável mesmo em altitudes elevadas onde o fluido entraria em ebulição em temperaturas menores, gerando problemas de aquecimento do motor.

Figura 7 Intercooler

A tampa do vaso de expansão é responsável por manter a pressão dentro deste patamar e também pelo respiro, permitindo a entrada do ar depois do resfriamento do sistema.

4.4 BOMBA DE ÁGUA DO DEFENDER

A bomba de água, objeto principal deste estudo tem como função fornecer vazão de fluído à razão de 178litros/hora a 3.800rpm e teve diversas falhas em seu rotor.

Depois das falhas, é difícil descobrir se a bomba falhou antes do motor sofrer o aquecimento ou vice versa. A fim de determinar isso, desmontaram-se diversas bombas antes do aquecimento, constatando-se que o rotor havia rachado (Figura 8), antes do motor sobre aquecer. Depois de rachado, o rotor se separa do eixo (Figura 9), parando de executar a sua função principal de bombear o fluído do motor para o radiador, a fim de resfriá-lo.

Foram encontrados 3 modos de falhas na bomba, o mais importante foi a falha do rotor (Figuras 8 e 9), de detecção impossível sem a inspeção preventiva (FF) e desmontagem total da bomba, o segundo foi vazamento de fluído pelo retentor (Figura 10), que se apresenta na vista externa e o terceiro foi o problema em rolamentos, porém, antes da quebra, o rolamento inicia um ruído característico, o que alerta o usuário acerca da falha.

Figura 8 Detalhe do rotor de uma bomba danificado vista interna

Figura 9 Detalhe de um rotor destruído, separado do eixo

Figura 10 Detalhe do vazamento de fluido pelo orifício do retentor vista externa

Figura 11 Detalhe do eixo com retentor danificado vista interna

Tanto o segundo quanto o terceiro modos de falha foram relatadas pelos próprios usuários, o que indica que a sua detecção é simples, apesar de também requererem a troca da bomba de água, já que a mesma só é vendida completa.

Existem dúvidas acerca de que se os dois modos de falha menos importantes tem alguma correlação. Quando o retentor falha, o fluído invade o compartimento que aloja os rolamentos, causando a contaminação dos mesmos, uma falha na lubrificação e sua consequente falha.

O tempo entre a falha do retentor e a falha do rolamento não pode ser determinado, o fato que correlaciona às duas falhas é que não houve registro de falha nos rolamentos sem a falha do retentor.

4.5 EXECUÇÃO DO TESTE

O teste foi levado a termo implantando as sete etapas do método MCC rápido, definindo o componente que será o objeto deste estudo, a fim de delimitar o trabalho, balizando as ações futuras. Devido à criticidade do defeito e também à dificuldade de detecção da falha, a bomba de água foi o componente escolhido para

o estudo de caso. Uma falha neste componente danifica seriamente o motor, com reparo custoso para o proprietário.

Posteriormente, foi executado um levantamento detalhado dos componentes que falharam ao longo dos anos 2004 a 2008 nos veículos reparados, relacionados com a quilometragem destes. Esta pesquisa abrangeu os componentes trocados em um total de 2.164 passagens no período acima mencionado (Ordens de Serviço registradas), estes dados foram digitados em um banco de dados e compilados, conforme exemplo abaixo (Figura 12).

Exemplo de dado digitado

2140	21/9/2007	117.025 TSL Engenharia	DLS 5994	110	2138	9606	1	6203	rolamento do esticador
2141	5/6/2004	29.374 Trevisan	DIT 4260	110	2139		1	6203	rolamento do esticador
2142	11/7/2005	60.033 Trevisan	DIT 4260	110	2140		1	FTC4851	retentor do cubo de roda
2143	3/11/2005	70.573 Trevisan	DIT 4260	110	2141	4813	1	58400	jogo de pastilha traseira
2144	10/7/2006	90.618 Trevisan	DIT 4260	110	2142	6653	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
2145	6/11/2006	100.347 Trevisan	DIT 4260	110	2143	7445	1	STC100411	cilindro mestre de embreagem
2146	13/8/2007	138.021 Trevisan	DIT 4260	110	2144	9373	1	70993740	bomba d'água
2147	31/1/2008	161.006 Trevisan	DIT 4260	110	2145	10509	1	3369	sensor de óleo
2148	11/6/2008	170.489 Trevisan	DIT 4260	110	2146	11395	1	cx04	reparo da caixa de transferência
2149	29/7/2008	176.219 Trevisan	DIT 4260	110	2147	11743	1	801255	kit de embreagem
2150	24/11/2008	185.400 Trevisan	DIT 4260	110	2148	12528	1	PRC6387	sensor de óleo
2151	1/9/2004	58.603 Veronica Tarik	GHX 0009	90	2149	3373	1	BRE5R2730	cotovelo do turbo
2152	2/6/2005	76.670 Veronica Tarik	GHX 0009	90	2150	4143	1	T64800	jogo de pastilha traseira
2153	2/6/2005	76.490 Veronica Tarik	GHX 0009	90	2151		1	T64800	jogo de pastilha traseira
2154	29/02/07	109.243 Veronica Tarik	GHX 0009	90	2152	8261	1	T65000	jogo de pastilha dianteira

Resumo das OSs

Descrição ¹	RS ²
<i>Serviço realizado aos 138.021 km em 13/08/07.</i>	
07 litros óleo Carter (URSA) ³	70,00 ⁴
01 filtro de óleo do carter ⁵	22,00 ⁶
01 filtro de combustível ⁷	22,00 ⁸
01 filtro de ar ⁹	88,00 ¹⁰
11 aditivos para radiador ¹¹	132,00 ¹²
02 plugs c/ arruelas de cobre do radiador ¹³	26,00 ¹⁴
04 jogos de anéis ¹⁵	252,00 ¹⁶
01 junta do cabeçote de 3 furos ¹⁷	120,00 ¹⁸
01 junta da válvula termostática ¹⁹	6,00 ²⁰
01 junta do coletor ²¹	47,00 ²²
01 junta da tampa de válvula ²³	38,00 ²⁴
04 anéis dos bicos injetores ²⁵	8,00 ²⁶
01 anel do respiro do motor ²⁷	3,00 ²⁸
01 mangueira do respiro do motor ²⁹	15,00 ³⁰
01 bomba d'água ³¹	150,00 ³²
01 junta da bomba d'água ³³	13,00 ³⁴
01 correia poli v ³⁵	60,00 ³⁶
01 válvula termostática ³⁷	56,00 ³⁸
01 tampa c/ sensor ³⁹	280,00 ⁴⁰

Ordem de Serviço (OS)

Figura 12 Levantamento realizado entre as Ordens de Serviço (OS) de 2004 a 2008, digitação em planilha resumo de dados para posterior compilação.

A previsão para a implantação da inspeção preventiva deste componente foi executada, com método estatístico adequado. Foi implantada uma inspeção preventiva a cada 20.000km no componente do estudo de caso exemplo a partir do final do ano de 2008. Dos veículos inspecionados, grande parte deles apresentava defeito no componente, comprovando que, apesar do maior custo da inspeção preventiva, houve economia para o proprietário e diminuição da frequência dos problemas de aquecimento.

Foram propostas duas soluções para o problema encontrado no componente objeto do estudo, a primeira é o envio de um estudo prévio ao fornecedor, informando sobre o problema e solicitando as devidas correções e a segunda é a montagem de um dispositivo especialmente desenvolvido com o fim de informar ao usuário o nível de fluido presente no sistema de refrigeração no painel do veículo, o que pode evitar o sobre aquecimento no caso da ocorrência da falha.

As informações necessárias ao levantamento deste estudo de caso, encontram-se disponíveis para consulta na empresa.

4.6 A IMPLANTAÇÃO DA MCC NO ESTUDO DE CASO EXEMPLO

Na implantação do MCC, como visto anteriormente, sete etapas devem ser cumpridas a saber:

- 1) Estabelecer o escopo do estudo. Para que sejam estabelecidos claramente os limites do trabalho.

Foi estabelecido como objeto de estudo a bomba de água do motor, por apresentar falha crítica, reparo de alto custo e difícil detecção (Figura 13)

Figura 13 Bomba de água nova do Defender vista interna

A falha foi classificada como crítica, principalmente devido ao custo de retífica completa do motor, o que ocorre caso haja o problema na bomba e o usuário não perceba a tempo e à dificuldade de detecção de sua ocorrência.

Figura 14 Cabeçote danificado sem condição de reparo, por excesso de temperatura vista interna

O valor da retífica, em março de 2010 foi estimado entre R\$ 2.500,00, para somente retífica de cabeçote a R\$ 15.000,00 (Figura 14) para a retífica completa do motor, enquanto que a inspeção e troca da bomba, custa entre R\$ 200,00 (somente a inspeção) e R\$ 600,00 (inspeção mais troca).

2) Identificar as interfaces. A fim de estabelecer, claramente, quais as entradas e conexões não serão estudadas.

Um fluxograma detalhado de informações do sistema de refrigeração do motor do Defender foi realizado (Figura 15), considerou-se então que a bomba de água é composta por carcaça, eixo e rotor sendo, entretanto vendida como um

conjunto único, isto é, não é vendida em partes, portanto é considerada como um componente isolado (Figura 13).

Figura 15 Fluxograma de informações do sistema de refrigeração do Defender

3) Especificar funções importantes. A MCC procura preservar somente as funções mais importantes de um sistema ou equipamento.

A função principal da bomba de água é prover o fluxo de fluido necessário à refrigeração do motor (178litros/hora a 3.800rpm), sem o qual o motor irá sofrer sobre aquecimento e danos sérios aos outros componentes.

4) Identificar os modos dominantes de falha. Para fins de avaliação, somente as principais funções/sistemas serão estudadas.

O modo dominante de falha levantado pelo FMEA executado é a ruptura do rotor (Figuras 8 e 9), impedindo o fluxo do fluido refrigerante, outros modos de falha, apesar de existentes são de detecção mais fácil, sendo que seu diagnóstico pode ser feito pelo usuário, sem a intervenção da oficina, restando à esta o reparo. Em todos os casos, a única opção é a troca da bomba, já que não é vendido reparo da mesma.

5) Identificar os modos críticos de falha. As consequências das falhas são avaliadas para cada falha dominante a fim de determinar sua severidade. Modos de falha não críticas não são estudados pela MCC.

A falha do rotor foi elencada como a mais crítica devido às suas graves consequências e também à impossibilidade de sua detecção sem a desmontagem da mesma.

A análise do FMEA é importante para a definição do modo de falha principal a ser analisado.

Elaboração do FMEA da bomba de água

- Determinar as funções e características do produto

A função principal da bomba de água é fornecer uma vazão de 178litros/hora a 3.800rpm e as suas características principais e os estudos das falhas e seus modos foram determinados na página 44 deste estudo.

- Determinar o tipo de falha potencial de cada função.

Como a função da bomba é somente uma, (fornecer vazão) mas existem 3 possibilidades diferentes de esta vazão não ser fornecida, os modos de falha foram elencados como 3, quebrar o rotor; vazar fluído e quebrar rolamento.

- Determinar o efeito do tipo de falha.

Nas 3 falhas acima descritas, o efeito potencial da falha é o mesmo, fundir o motor, a diferença entre as falhas é que a primeira falha é oculta sendo que as duas últimas podem ser percebidas pelo usuário.

- Determinar a causa possível da falha.

A primeira falha ocorre devido a problemas do material do rotor, a segunda ocorre devido à defeito no selo mecânico e a terceira devido à rolamento defeituoso ou quebrado

- Determinar os controles atuais para mitigar a falha.

No primeiro caso, como é possível executar o levantamento e calcular a vida estimada da bomba (AE), foi proposta uma inspeção periódica (FF) a fim de

verificar o estado do rotor, caso o mesmo apresente sinais de trinca, a bomba deverá ser trocada. No segundo e terceiro casos, surgindo os sintomas (vazamento detectado ou ruído detectado respectivamente) a bomba deverá ser trocada.

- Avaliar os riscos da falha e classificar conforme as tabelas os índices de Severidade (S); Ocorrência (O) e Detecção (D).

Em todos os casos deste estudo, foram utilizadas as tabelas constantes nas páginas 26 e 27 deste estudo. Como os riscos para o motor são os mesmos para as 3 falhas, a Severidade foi classificada como a mesma ($S = 8$) para cada um, com relação à Ocorrência, foi calculado pela tabela com base nos dados constantes das OSs da empresa ($O = 9$ para o primeiro modo de falha e $O = 4$ para os demais), com relação à Detecção, o primeiro modo de falha não pode ser detectado sem a desmontagem da bomba, tendo sido assumido como $D = 10$, para o segundo e terceiro modos de falha foi assumido $D = 5$ pois o usuário tem condições de perceber a falha por ele próprio (Figura 10). Como observação com relação à Severidade, na hipótese de o usuário estar trafegando em locais perigosos, poderia-se assumir que existe um risco para a segurança do mesmo, assumindo um fator $S = 9$.

- Calcular o índice de risco, multiplicando os 3 índices acima determinados.

Ver Tabela 4 Formulário FMEA.

- Propor medidas de melhoria.

Para o modo de falha elencado como o principal neste estudo, calculou-se a vida da bomba (AE) e estimando-se $BX=0,1\%$, chegou-se a um resultado de 27.498km (pg.56), como as inspeções deste veículo são feitas a cada 10.000km, a abertura e inspeção da bomba (FF) foram elencadas a cada 20.000km, a fim de mitigar os outros dois modos de falha, a pressurização do circuito de refrigeração foi elencada na inspeção periódica de 40.000km e

a inspeção dos rolamentos dos agregados (todos) foi elencada a cada 10.000km.

- Elaborar e expor estes dados em formulário adequado.

A fim de organizar as informações adequadamente, a exposição destas informações em um único formulário traz vantagem na sua análise, sintetizando todas as informações coletadas em um único documento.

Ver Tabela 4 página 54.

Tabela 4 Formulário do FMEA da bomba de água constando os 3 modos de falha

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Manutenção

Produto: Bomba d'água 70993740 conjunto completo
 Aplicação: Land Rover Defender 90/110/130

Preparado por: Luiz A.C.F.Mo
 Data revisão FMEA: 23/abr/09

Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Sev.	Causa(s) potencial/ mecanismo da falha	Ocorr.	Controles correntes	Detec.	RPN	Ações recomendadas	Resp. e data obj	Resultado das ações			
										Sev	Occ	Det	RPN
quebrar	fundir o motor	8	material inadequado	9	nenhum	10	720	abrir e checar o rotor conforme especificação da AE	Specialist	10	1	1	10
vazar	fundir o motor	8	selo mecanico defeituoso ou quebrado	4	vazamento detectado	5	160	trocar a bomba	Specialist	5	1	1	5
quebrar	fundir o motor	8	rolamento defeituoso ou quebrado	4	ruído detectado	5	160	trocar a bomba	Specialist	5	1	1	5

6) Identificar as causas dominantes dos modos de falha. As causas dominantes das falhas críticas, somente, são identificadas, somente causas de falhas passíveis de manutenção preventiva serão estudadas.

Depois de analisada a falha crítica, um levantamento de dados históricos foi executado (AE) e chegou-se à conclusão ser possível a implantação de inspeção preventiva (FF) para este caso específico, já que o dispositivo falha em um tempo, traduzido em quilometragem, específico e factível de ser calculado, conforme levantamento estatístico executado (Gráficos 2 a 6).

Análise do LTA.

A análise do LTA é feita abaixo para cada modo de falha elencado no FMEA:

1) Quebrar o rotor.

Quanto à detecção, o modo de falha é classificada como oculta D, quanto à segurança, não causa um problema de segurança, quanto à interrupção, causa sim a interrupção com alto custo, sendo classificada como B.

Conclusão: Classificação “D/B”

2) Vazar pelo retentor

Quanto à detecção, o modo de falha é classificado como detectável (pode ser detectado pelo usuário), quanto à segurança, não causa um problema de segurança, quanto à interrupção, causa sim a interrupção com alto custo, sendo classificada como B.

Conclusão: Classificação “B”

3) Quebrar o rolamento

Quanto à detecção, o modo de falha é classificado como detectável (pode ser detectado pelo usuário), quanto à segurança, não causa um problema de segurança, quanto à interrupção, causa sim a interrupção com alto custo, sendo classificada como B.

Conclusão: Classificação “B”

Conforme o direcionamento constante do capítulo 2.1 pg.29 e 30 deste estudo, os três modos de falha conduzem para uma manutenção preventiva de inspeção de falha (FF) sendo esta tarefa aplicável e efetiva no sentido de mitigar as falhas.

Com o estudo da Análise de Vida (AE) chegou-se às seguintes conclusões:

Tabela 5 Cálculo do espaço percorrido para BX para 0,1%

BX = 0,1%	
Superior (km) =	30.529
Tempo (km) =	27.498
Inferior (km) =	25.074

A estimativa da vida média da bomba calculada foi de 383.670km .

Tabela 6 Cálculo da vida média da bomba de água do Defender

VIDA MÉDIA	
Superior (km)=	418.930
Vida Média (km)=	383.670
Inferior (km)=	351.480

O termo BX é derivado da terminologia usada pelos fabricantes de rolamentos nos primeiros dias da engenharia da confiabilidade, mais especificamente o B10, índice que se refere ao tempo no qual 10% dos rolamentos irão falhar (NASA, 2000). BX (ou *Life*) é um índice que usa o cálculo da probabilidade de falha ao invés da confiabilidade (que normalmente é usada para os cálculos de tempo de garantia).

A fim de determinar a vida útil da bomba com relação ao modo de falha quebra do rotor, um estudo estatístico foi realizado, baseado no levantamento executado conforme mencionado na página 58 deste estudo.

A conclusão a que se chegou foi que, para se obter um índice BX de 0,1%, o espaço percorrido médio deveria ser de 27.498km (Tabela 5) e a vida média da mesma é de 383.670km (Tabela 6).

Os levantamentos continuam na empresa, com o intuito de aumentar ainda mais a precisão do cálculo da vida útil da bomba.

Como as inspeções preventivas (FF) deste veículo são especificadas pela fábrica com periodicidade de 10.000km, a inspeção da bomba para o modo de falha quebra do rotor foi especificada com 20.000km, sendo as inspeções preventivas (FF) do modo de falha vazamento do rotor feita a cada 40.000km com pressurização do circuito de refrigeração e o modo de falha de quebra do rolamento tem a inspeção feita a cada 10.000km.

7) Selecionar tarefas de manutenção. Usando decisões lógicas, as tarefas de manutenção são elencadas, de modo a privilegiar as causas dominantes e críticas de falha. Mudanças no projeto podem ser consideradas nesta fase, permitindo ao equipamento / sistema que opere sem falhas.

Uma desmontagem, inspeção e troca se necessário a cada 20.000km foi implantada na empresa (com a concordância dos usuários) para diminuir a chance de ocorrência da falha elencada. Um sistema de verificação eletrônico de nível de água foi proposto e uma proposta de mudança no projeto foi enviada ao fornecedor para análise.

4.7 LEVANTAMENTO ESTATÍSTICO DO EXEMPLO

Para a determinação da Análise de Vida (AE) estimada da bomba, um levantamento em 2.162 fichas de Ordem de Serviço no período de janeiro 2.004 a dezembro de 2.008 foi executado e submetido a um sistema estatístico adequado. Deste levantamento, 127 bombas tiveram falha no rotor, representando cerca de 6% do total das passagens.

As 2.162 passagens representaram um total de 447 veículos, veículos estes que tiveram as bombas de água inspecionadas neste período.

Levando-se em conta que foram vendidos, de 1992 a 2008 (Tabela 7) 9.377 veículos do modelo Defender e que, deste total, 8.737 veículos utilizam o motor 300 Tdi (fabricados entre 1995 e 2006) e, dentre estes, os fabricados entre 2002 e 2006, inclusive, utilizam a bomba objeto deste estudo (informação pessoal)², temos um total de 4.110 veículos no mercado brasileiro sujeitos ao problema objeto deste estudo de caso exemplo.

Conforme estimativa do autor, cerca de 40% destes veículos foram vendidos para o Estado de São Paulo, (totalizando 1.644 veículos), dos quais, 60% na capital paulista, perfazendo 988 veículos.

Este dado, conforme a estimativa levantada, nos indica que a oficina atendeu no período de 2004 a 2008, período que compreende o levantamento, cerca de 45% (447 veículos) da frota fabricada circulando na capital de São Paulo. A seguir apresentamos os gráficos obtidos no estudo estatístico da vida útil, com base nestes dados e na experiência foi feita a escolha do período de inspeção das bombas nos veículos.

No Gráfico 4, pode-se ver a similaridade do comportamento da função densidade probabilidade de falha pelo espaço percorrido com a curva do tipo A do

² Fonte informal Land Rover do Brasil

Gráfico 1, sugerindo a inspeção preventiva ou manutenção proativa, com análise de vida (AE).

Tabela 7 Acumulado de vendas de 1992 a 2008 adaptado de Land Rover do Brasil

Modelo	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Acum
Defender	11	65	170	36	301	521	706	695	1.211	1.157	1.677	857	796	639	141	27	367	9.377
Discovery	12	39	73	9	102	244	282	182	115	196	171	161	225	390	788	1.162	1.397	5.548
Freelander	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117	672	1.002	747	1.717	2.267	6.522
R.Rover	4	6	10	0	1	55	40	53	17	16	9	69	78	62	33	54	65	572
R.R. Sport														78	246	356	477	1.157
Total	27	110	253	45	404	820	1.028	930	1.343	1.369	1.857	1.204	1.771	2.171	1.955	3.316	4.573	23.176
Defender acum.	11	76	246	282	583	1.104	1.810	2.505	3.716	4.873	6.550	7.407	8.203	8.842	8.983	9.010	9.377	
Defender bras.								695	1.906	3.063	4.740	5.597	6.393	7.032	7.173			
Bomba rotor def											1.677	2.534	3.330	3.969	4.110

Gráfico 2 Probabilidade de falha x espaço percorrido

Gráfico 3 Função densidade de probabilidade de falha x espaço percorrido

Gráfico 4 Taxa de falha x espaço percorrido

Gráfico 5 Confiabilidade x espaço percorrido

Gráfico 6 Linha falhas e suspensões x espaço percorrido

4.8 PROVIDÊNCIAS PARA O EXEMPLO

Como providências para evitar este problema, um sensor de falta de água conectado a um sistema eletrônico foi desenvolvido e oferecido aos usuários.

Como a falha no rotor da bomba de água gera um aumento de temperatura e pressão no fluido, este entra em ebulição e é expulso pela tampa (que despressuriza o sistema quando a pressão atinge 1kgf/cm²) fazendo com que, na pior hipótese, os 12litros de fluido do sistema sejam expulsos, obrigando o motor a trabalhar sem fluido, com falha certa no cabeçote (Figura 14) ou atingindo também a parte inferior do motor (pistões e cilindros) com prejuízos ainda maiores.

O sensor é acionado na falta de somente um litro de fluido, emitindo um sinal visual e outro sonoro no painel do veículo, alertando o operador da situação.

Figura 16 Reservatório de expansão provido de tampa com sensor de nível

A segunda providência tomada foi junto ao fornecedor, com o intuito de alterar o projeto da bomba para um rotor metálico (como era anteriormente) ou uma melhoria da qualidade ou no processo de produção do rotor em nylon existente.

Figura 17 Bomba de água do modelo anterior a 2002 rotor metálico vista interna

Até o presente momento não temos notícia do fornecedor da bomba quanto às providências.

A bomba apresentada na Figura 17 apresenta somente dois modos de falha, o primeiro é o vazamento do retentor e o segundo é o problema do rolamento, causado pelo primeiro, tornando sua detecção mais fácil para o usuário.

Uma tentativa nacional de melhorias no rotor, com a fabricação de um rotor metálico por outro processo (fundição) por enquanto se demonstra problemática, a Figura 18 mostra uma bomba com rotor metálico fundido danificado, fabricado por um fornecedor local. Esta solução não se mostrou eficiente pois a quebra é similar à do rotor de nylon e o conjunto custa mais caro do que o original.

Figura 18 Bomba nacional com rotor metálico danificado vista interna

4.9 CRÍTICAS E MOTIVAÇÕES DO ESTUDO DE CASO EXEMPLO

As motivações do sistema estudado vão desde a necessidade dos usuários que operam o veículo objeto do estudo em aumentar a confiabilidade de seus veículos até um problema de segurança quando do acontecimento de uma falha em um local ermo ou desabitado o que, já é sabido, é o local predileto de viagens com este tipo de veículo.

Outra motivação importante é diminuir o custo de manutenção para os usuários, com isto o usuário pode se antecipar à falha, diminuindo os custos e melhorando a confiança no veículo depois do reparo, conforme já citado anteriormente.

Com relação às críticas do sistema, no objeto de estudo específico não existe a possibilidade de um teste antes da desmontagem deve portanto o usuário, arcar com a desmontagem para a verificação e, se o dispositivo (bomba de água) ainda não chegou a apresentar a ruptura no rotor, a mão de obra e alguns componentes (fluído de refrigeração e junta) deverão ser cobrados, causando um desembolso para o proprietário.

Outra crítica que fica ao sistema MCC é não poder prever a manutenção de dispositivos com alta influência do condutor. Como exemplo, o sistema de embreagem (especificamente o conjunto disco de embreagem, placa de pressão e rolamento) que depende da maneira como o operador do veículo o conduz, não pode ser mantido com o sistema MCC, pois o espaço percorrido e o desgaste não estão relacionados, diminuindo a chance de sucesso na previsão de sua falha. Por outro lado, para a gerência da frota este dado pode indicar que a maneira como o usuário está conduzindo o veículo não seja a mais correta, demandando um treinamento específico.

No estudo estatístico do exemplo, alguns problemas com a aquisição de dados podem ter ocorrido, a anotação errônea na ficha da Ordem de Serviço da quilometragem do veículo, o fato de o usuário haver trocado o componente em outra

oficina sem a devida comunicação também pode ter ocorrido, o que alteraria os dados e consequentemente os cálculos da vida do componente.

Falhas na aquisição de dados com confusão na anotação da ficha quanto ao modo de falha também podem ter ocorrido, levando o cálculo da vida útil da bomba a ser diminuída, este erro estaria diminuindo a vida útil da bomba o que iria em favor da segurança do usuário (apesar do aumento de custo).

A informação de que a bomba de água teve a mudança do rotor metálico para o de nylon em 2002 gera uma imprecisão no levantamento estatístico que indica que aproximadamente 45% dos veículos que circulam no município de São Paulo passaram pela empresa objeto deste estudo. Este dado ,entretanto não foi levado em conta no cálculo da vida útil da bomba.

Implantado no início do ano de 2009 na empresa, o sistema conseguiu retirar em mais de 100 veículos, bombas com rotor rachado, em vias de causar danos graves aos motores (Figura 18), economizando algo perto de R\$ 240.000,00, tomando como média de reparo unitário o valor de R\$ 6.000,00 por retífica.

Figura 19 Bombas de água com rotor danificado colecionadas na empresa vista interna

Ao finalizar este estudo, um outro veículo foi mantido e detectou-se o mesmo problema na bomba de água, trata-se de um motor de um veículo FORD RANGER do ano de 2007 que é equipado com o motor 3.0 NGD fabricado pela mesma empresa que fabricou os motores do Land Rover Defender. A bomba, apesar de ser completamente diferente em seu desenho, aparentemente utiliza o mesmo material da bomba objeto deste estudo.

Restaria executar um estudo similar em frotas do veículo mencionado acima para averiguar se existe um espaço percorrido onde a probabilidade de falha aumente, como o que ficou comprovado neste estudo. A pergunta que mais incomoda os usuários deste tipo de veículo, depois de uma falha deste tipo que pode ter consequências críticas é, porque o fabricante destes motores não conseguiu detectar este problema e solucioná-lo adequadamente?

Conclui-se pela experiência do objeto de estudo exemplo, que a MCC pode sim ser implantada em manutenção veicular, trazendo grandes benefícios aos proprietários de veículos, desde que a análise da manutenção seja feita corretamente e as ações decorrentes desta análise sejam condizentes com as mais modernas técnicas de estatística e de manutenção.

Outra observação importante é que os veículos a serem mantidos com este tipo de manutenção, devem ter os registros seguidos rigorosamente, se por algum motivo os registros se perderem ou estiverem inexatos, certamente a implantação do sistema irá falhar.

5 CONCLUSÃO

Com frotas de veículos que são mantidas sob controle, a implantação do sistema não tem praticamente nenhum custo, desde que os dados que serão utilizados na Análise de Vida (AE) estejam disponíveis, necessitando apenas de poucos recursos para sua digitação em um sistema de análise agregado ou então migrar os dados diretamente para o sistema de cálculo estatístico como o que foi utilizado neste estudo.

A fim de utilizar também a experiência dos operadores, imprescindível para o sucesso da implantação, sugere-se abrir mão das técnicas de qualidade (CCQ – Circulo de Controle de Qualidade, por exemplo) para discutir os problemas que estariam acontecendo com mais frequência na frota e depois analisar estes dados, colocando-os prioritariamente na pauta das outras reuniões, assim, por exemplo, se em uma reunião um dos mecânicos mencionar um problema de rolamento de cubo de roda, um levantamento no passado deste item pode ser feito a fim de determinar se a falha é eventual ou se será um problema a ser enfrentado por toda a frota em futuro próximo.

A proximidade do analista da MCC e os operadores é importante também para que o estudo dos modos de falha não sejam confundidos, como exemplo, a bomba de água do veículo objeto deste estudo tem 3 modos de falha, um formulário adequado deve ser elaborado e os operadores devem ser instruídos a fim de mencionar na ficha que será usada para o cadastro, qual o modo de falha estava presente na peça que será trocada ou, opcionalmente, passar todas as peças para uma vistoria final pelo analisador da MCC o que, na prática normalmente é impossível.

Um ponto não menos importante é o chamado defeito (ou falha) gerado, este tipo de falha é normalmente causada por uma intervenção inadequada no veículo, assim teríamos, por exemplo, no caso deste estudo, se o operador não preencher o nível de fluido de refrigeração e não escorvar o sistema adequadamente, o super

aquecimento certamente acontecerá, não por um problema na bomba mas sim por um erro do operador da manutenção.

Experimenta-se também uma interação dos usuários com os operadores, quando da implantação deste tipo de programa, portanto faz-se necessário adequar a ficha de entrada do veículo na oficina sobre as observações dos usuários, uma anamnese (descrição completa dos sintomas do veículo sentidas pelos usuários) com a utilização de toda a experiência do analista do programa auxiliará os operadores quando da descoberta das falhas, principalmente em se tratando dos novos sistemas eletrônicos dos veículos que tem características de intermitência com muita freqüência.

Outros dados importantes para a detecção de falhas e sua conseqüente solução é o controle, em toda a frota, de dados como desgaste dos pneus, consumo específico de cada veículo e uma inspeção visual, de vazamentos aparentes de fluídos, nível dos mesmos antes da saída e os pontos que o analista acharem pertinentes de serem incluídos, preferencialmente com o preenchimento de um formulário adequado, que deverá ser preenchido pelo usuário e estar à disposição também do analista.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se para trabalhos futuros, estender este levantamento para outros dispositivos e componentes do veículo, e também para outros veículos que possam ter a sua vida útil estimada, em frotas com manutenção sob controle.

Um estudo baseado na experiência dos mecânicos de manutenção seria também esclarecedor, já que a maioria dos veículos usados no mercado tem manutenção deficiente.

Um programa de manutenção preventiva veicular foi proposto pela entidade de classe SINDIREPA (Sindicato das Empresas de Reparação) e será adotado em futuro próximo com o apoio governamental, se isso ocorrer, a implementação seria facilitada utilizando-se da técnica objeto deste estudo.

Um banco de dados incluindo todas as empresas associadas ao SINDIREPA com as informações de quilometragem e falhas de componentes dos diversos veículos, se compiladas e analisadas através de um sistema computadorizado específico, poderiam trazer, tanto aos proprietários dos veículos como aos proprietários das oficinas, uma ferramenta poderosa na manutenção preventiva.

Em futuro próximo, o governo pretende iniciar a inspeção técnica veicular, se um sistema deste tipo (MCC) estiver seriamente implantado, o trabalho da inspeção seria amplamente facilitado, podendo ser até mesmo eliminado nos veículos com histórico de manutenções preventivas em dia. Este procedimento poderá inclusive aumentar a segurança nos veículos, diminuindo os acidentes.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABERNETHY, DR. ROBERT B; **The New Weibull Handbook** – 5th edition 2004

APPS, JOHN, DREW MICK **MOBILE FLEET BUDGET & AVAILABILITY FORECASTING Using Reliability Centred Maintenance and Reliability Block Diagrams to Forecast Fleet Availability for Mobile Equipment with Different Ages** disponível no site www.globalreliability.com acesso em 24/04/2010

CAPALDO DANIEL; GUERRERO VANDER; ROSENFELD HENRIQUE; **FMEA Failure Mode and Effect Analysis** disponível em http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEAv2.html, acesso em 30/04/2009.

Catálogo eletrônico **MICROCAT** LAND ROVER versão 04/2010

CLARKE, PHIL YOUNG, STEPHEN; **Reliability Centered Maintenance an HAZOP The Asset Partnership** Pty Ltd 2006 disponível em <http://www.assetpartnership.com/downloads/RCMvsHazop.pdf> acesso em 28/04/2010

CONNOR, PATRICK; **Practical Reliability Engineering**, 2002 4th edition

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER; **Estatística de estradas de rodagem** disponível em www.der.sp.gov.br/malha/estat_malha/malhaRod07.htm, acesso em 26/04/08.

DUNN, SANDY; **Reinventing the Maintenance Process** disponível no site <http://www.maintenanceresources.com/referencelibrary/maintenancemanagement/reinventing.htm> 1998, consulta em 26/04/08

FLEMING, P. V. & FRANÇA, S. R. R. O.; **Considerações sobre a Implementação Conjunta de MCC e TPM na Indústria de Processos**. In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Manutenção, Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN), São Paulo, 1997.

FMEA Failure Mode Effects Analysis disponível em <http://www.fmeainfocentre.com/>, acesso em 30/04/2010

FMEA Facilitator, Software para elaboração de FMEA, disponível em www.fmea.com acesso em 01/05/2010.

FMEA Failure Mode Effects Analysis, disponível no site <http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/professores/marcelor/Cap.fmea.pdf>, consulta em 01/05/2010.

GERAGHERTY, T.; **Obtendo Efetividade do custo de manutenção através da integração das técnicas de monitoramento de condição RCM e TPM**. 2002, disponível em www.confabilidade.com, acesso em 02/05/2006

LATINO KENETH C.; **FMEA A Modified Approach** disponível no site <http://www.maintenanceresources.com/referencelibrary/failureanalysis/failuremodes.htm> consulta em 05/02/2010

Levantamento de vendas nacionais Land Rover do Brasil, 2009

MATA FILHO, J.N. et al; **Manutenção Baseada em Confiabilidade e Controle de Custos de Manutenção – Um time de sucesso na indústria aeronáutica**, disponível no site XIII Congresso Brasileiro de Manutenção 1998, acesso em 04/04/2009.

MATHESON, THOMAS D.; **The Air Transportation Industry: Birthplace of Reliability-Centered Maintenance," Proceedings of Substation Reliability Centered Maintenance Conference**, Electric Power Research Institute (1995).

McDERMOTT, ROBIN E., MIKULAK, RAYMOND J., BEAUREGARD, MICHAEL R.; **The Basics of FMEA**, 2nd edition 2009, Kindle edition

MOUBRAY, JOHN; **Reliability – Centered Maintenance; RCM II** segunda edição, 1997

MOUBRAY, JOHN; **Manutenção Centrada em Confiabilidade**, traduzido por Kleber Siqueira, Edição brasileira. 2000.

NASA, Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment, 2000 disponível no site [http://www.everyspec.com/NASA, /NASA, +\(General\)/NASA, _RCM_267/](http://www.everyspec.com/NASA/_NASA_+(General)/NASA,_RCM_267/) acesso em 03/05/2009

NBR5462 Confiabilidade e Manutenabilidade Terminologia, Novembro de 1994

NOWLAN, STANLEY F., HEAP, HOWARD; **RCM Maintenance Steering Group do FAA** (1960 como MSG1; 1978 como MSG2; revisto como MSG3 em 1993)

OLIVEIRA, WALTER ALVES DE; **III Congresso da Indústria de Reparação de Veículos do Estado de São Paulo** - Manutenção Preventiva COMETA, participação em 08/10/2008.

PINTO, RENZO GUEDES, LIMA, ROBERTO CARLOS CAMELLO; **Reflexões sobre a Integração do RCM em ambiente de TPM** anais do XIII SIMPEP 2006

PRIDE, ALAN **Reliability Centered Maintenance** Smithsonian Institution, 2008 disponível em <http://www.wbdg.org/resources/rcm.php> acesso em 04/05/2009

Reliability Centered Maintenance Project Manager's Guide a.k.a. - The RCM Scorecard (Expanded) disponível em www.reliabilityweb.com acesso em 01/05/2010

SCHWAN, CLAIR A.; **Introduction to Reliability Centered Maintenance," Proceedings of Reliability Centered Maintenance for Substations, Transmission and Distribution Conference**, Electric Utility Consultants, Inc. 1999

SEIXAS, EDUARDO DE SANTANA; **Manutenção Centrada na Confiabilidade - Estabelecendo a Política de Manutenção com Base nos Mecanismos de Falha dos Equipamentos**, 1999 disponível em <http://www.scribd.com/doc/17172863/Manutencao-Centrada-em-Confiabilidade> acesso em 02/05/2009

SMITH, ANTHONY M.; **Reliability – Centered Maintenance**, McGraw Hill, 1993

SMITH, ANTHONY M., HINCHELIFFE, GLENN R.; **RCM – Gateway to world class maintenance**, 2004, Kindle edition

Tópicos Weibull, disponível em

http://www.dee.ufrn.br/~tavares/arquivos/t%F3picos/Weibull_T%F3picos%20dessa%20Edi%, consulta em 25/03/2009

XXIII Congresso Brasileiro de Manutenção disponível em www.abraman.org.br, consulta em 03/03/2009

Apêndice A – Planilha resumo das Ordens de Serviço

DATA	KM	NOME	PLACA	MOD	ANO	Ordem	OS	qtd	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
28/09/07	85.999	Adailton Antonio Chaves da Silva	DKP 0904	90		1	9704	3	6203	rolamentos do esticador
13/02/06	20.739	Adelaida Biachi Di Carcano	DMA 0775	90		2	5469	3	6203	rolamentos do esticador
15/06/07	44.985	Adelaida Biachi Di Carcano	DMA 0775	90		3	8971	3	6203	rolamentos do esticador
16/07/07	45.183	Adelaida Biachi Di Carcano	DMA 0775	90		4	9187	1	3200	reparo alternador
01/11/07	47.401	Adelaida Biachi Di Carcano	DMA 0775	90		5	9922	1	MC4130	alternador
18/10/04	100.906	Aldemar Junior	CRJ 8787	110		6	9922	1	STC1601G	jogo de pastilha traseira
29/03/05	111.461	Aldemar Junior	CRJ 8787	110		7	9922	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
10/12/05	121.808	Aldemar Junior	CRJ 8787	110		8	5133	1	6203	rolamento do esticador
22/02/06	128.699	Aldemar Junior	CRJ 8787	110		9	5338	1	70993740	bomba de água
31/08/06	136.573	Aldemar Junior	CRJ 8787	110		10	7021	1	70993740	bomba de água
05/06/07	148.399	Aldemar Junior	CRJ 8787	110		11	8935	1	ECO1142	jogo de pastilha traseira
26/11/07	152.946	Aldemar Junior	CRJ 8787	110		12	10029	1	6203	rolamento do esticador
25/04/08	158.187	Aldemar Junior	CRJ 8787	110		13	11087	1	SFP000280	jogo de pastilha traseira
11/02/05	186.292	Adriano Neves	DEF 1101	110		14	3819	1	STC100410G	cilindro mestre embreagem
02/05/05	188.248	Adriano Neves	DEF 1101	110		15	4044	1	70993494	bomba de água
30/06/05	190.179	Adriano Neves	DEF 1101	110		16	4256	1	FTC5268	retentor da flange do cubo de roda
02/02/06	193.950	Adriano Neves	DEF 1101	110		17	5560	2	STC3185	rolamentos do eixo interno caixa de transferência
25/09/06	200.108	Adriano Neves	DEF 1101	110		18	7181	1	STC889	reparo superior da caixa de direção hidráulica
08/01/07	202.678	Adriano Neves	DEF 1101	110		19	7914	1	FTC3401	retentor do munhão
17/12/07	82.547	Adriano Pio da Cunha Ferraz	AXN 1971	90		20	10203	1	6202	rolamento do esticador
08/12/04	86.146	Adriano Valloci	DEB 3205	90		21	10203	1	T64800	jogo de pastilha traseira
20/04/05	90.161	Adriano Valloci	DEB 3205	90		22	10203	2	6203	rolamentos do esticador
12/12/05	96.085	Adriano Valloci	DEB 3205	90		23	5068	1	BB015	cotovelo do turbo
14/03/06	100.119	Adriano Valloci	DEB 3205	90		24	5648	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
14/03/06	100.119	Adriano Valloci	DEB 3205	90			5648	1	T64800	jogo de pastilha traseira
11/09/06	104.655	Adriano Valloci	DEB 3205	90		25	7075	2	6203	rolamentos do esticador
11/09/06	104.655	Adriano Valloci	DEB 3205	90			7075	1	STC100410	cilindro mestre embreagem
11/09/06	104.655	Adriano Valloci	DEB 3205	90			7075	1	STC2818	reparo do cilindro escravo
29/06/06	102.375	Adriano Valloci	DEB 3205	90		26	6594	1	AMR3412R	alternador
04/09/06	104.258	Adriano Valloci	DEB 3205	90		27	7033	1	70993740	bomba de água
04/12/06	107.712	Adriano Valloci	DEB 3205	90		28	7075	2	6203	rolamentos do esticador
04/12/06	107.712	Adriano Valloci	DEB 3205	90			7075	1	35214100	alternador
04/12/06	107.712	Adriano Valloci	DEB 3205	90			7075	1	STC100411	cilindro mestre embreagem
04/12/06	107.712	Adriano Valloci	DEB 3205	90			7075	1	801255	kit embreagem
17/04/07	110.699	Adriano Valloci	DEB 3205	90		29	8596	1	FTC5268	retentor semi-eixo traseiro
17/04/07	110.699	Adriano Valloci	DEB 3205	90			8596	1	3067	reparo alternador
17/04/07	110.699	Adriano Valloci	DEB 3205	90			8596	1	106	cotovelo do turbo
05/12/07	120.982	Adriano Valloci	DEB 3205	90			10103	3	6203	rolamento do esticador
05/12/07	120.982	Adriano Valloci	DEB 3205	90		30	10103	1	70993740	bomba de água
09/05/05	102.742	Aidyr Muniz	DCB 4621	110		31	4072	1	BRESR2730	cotovelo do turbo

DATA	KM	NOME	PLACA	MOD	ANO	Ordem	OS	qtd	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
08/10/07	293.945	Antonio Carlos Silva Rocha	CWV 4857	130			9769	1	ESR2912	cotovelo do turbo
08/10/07	293.945	Antonio Carlos Silva Rocha	CWV 4857	130			9769	1	NTC9416	coxim do motor
08/10/07	293.945	Antonio Carlos Silva Rocha	CWV 4857	130			9769	1	1199	reparo da bomba injetora e bicos injetores
25/02/08	293.945	Antonio Carlos da Silva Rocha	CWV 4857	130			10980	1	SFP000280	jogo de pastilha traseira
25/02/08	293.945	Antonio Carlos da Silva Rocha	CWV 4857	130			10980	1	6203	rolamento do esticador
16/10/06	42.306	Antonio Gimenez	DOT 9216	110		189	7297	2	6203	rolamento do esticador
16/10/06	42.306	Antonio Gimenez	DOT 9216	110			7297	2	CAP11590/20	rolamento pino mestre
16/10/06	42.306	Antonio Gimenez	DOT 9216	110			7297	1	IAD58400	jogo de pastilha traseira
09/04/07	51.163	Antonio Gimenez	DOT 9216	110		190	8527	1	FTC3401	retentor do munhão
09/04/07	51.163	Antonio Gimenez	DOT 9216	110			8527	2	LM603049/11	rolamentos do cubo de roda
09/04/07	51.163	Antonio Gimenez	DOT 9216	110			8527	2	11590/520	rolamento pino mestre
09/10/07	61.881	Antonio Gimenez	DOT 9216	110		191	9770	1	ECO1143	jogo de pastilha dianteira
12/02/08	70.058	Antonio Gimenez	DOT 9216	110			10579	1	6203	rolamento do esticador
28/04/08	40.058	Antonio Mauro Roque	AKZ 5005	90		192	11105	1	ECO1143	jogo de pastilha dianteira
05/04/05	48.826	Antonio Aranha	DIG 0813	110		193	3984	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
05/04/05	48.826	Antonio Aranha	DIG 0813	110			3984	1	6203	rolamento do esticador
17/10/05	60.818	Antonio Aranha	DIG 0813	110		194	4742	1	58400	jogo de pastilha traseira
03/03/06	70.830	Antonio Aranha	DIG 0813	110		195	5576	1	6203	rolamento do esticador
15/08/06	79.933	Antonio Aranha	DIG 0813	110		196	6909	2	LM603049/11	rolamento do cubo de roda
02/03/07	95.662	Antonio Aranha	DIG 0813	110		197	8273	1	6203	rolamento do esticador
22/01/07	87.713	Antonio Aranha	DIG 0813	110		198	7997	1	352143	alternador
23/07/07	103.535	Antonio Aranha	DIG 0813	110		199	9228	1	6203	rolamento do esticador
23/07/07	103.535	Antonio Aranha	DIG 0813	110			9228	1	STC2818	reparo do cilindro escravo
23/07/07	103.535	Antonio Aranha	DIG 0813	110			9228	1	STC100411	cilindro mestre embreagem
23/07/07	103.535	Antonio Aranha	DIG 0813	110			9228	1	cx04	reparo caixa de transferencia
23/07/07	103.535	Antonio Aranha	DIG 0813	110			9228	1	ICV100000	retentor eixo caixa de transferencia
20/08/07	140.143	Antonio Aranha	DIG 0813	110		200	9421	1	70993740	bomba de água
07/11/07	183.097	Arend Hesse	CHU 9973	110		201	9834	1	SFP000280	jogo de pastilha traseira
07/11/07	183.097	Arend Hesse	CHU 9973	110			9834	1	FTC 5258	retentor diferencial dianteiro
07/11/07	183.097	Arend Hesse	CHU 9973	110			9834	1	6203	rolamento do esticador
16/01/08	187.416	Arend Hesse	CHU 9973	110		202	10409	1	6203	rolamento do esticador
08/01/04	53.803	Armando Vigilia	KMI 9974	90		203	2243	3	6203	rolamento do esticador
09/08/07	105.868	Armando Vigilia	KMI 9974	90		204	9351	2	6203	rolamento do esticador
09/08/07	105.868	Armando Vigilia	KMI 9974	90			9351	1	3369	sensor de óleo
12/07/04	119.576	Arruda	CGL 3447	110		205	3206	1	FTC4939	retentor do diferencial dianteiro
12/07/04	119.576	Arruda	CGL 3447	110			3206	1	6203	rolamento do esticador
12/01/05	128.924	Arruda	CGL 3447	110		206	3740	1	ERR3284	bomba de água
12/01/05	128.924	Arruda	CGL 3447	110			3740	1	6203	rolamento do esticador
30/05/05	132.509	Arruda	CGL 3447	110		207	4122	1	STC1004106	cilindro mestre embreagem
30/05/05	132.509	Arruda	CGL 3447	110			4122	1	STC2818	reparo do cilindro escravo

DATA	KM	NOME	PLACA	MOD	ANO	Ordem	OS	qtd	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
04/10/06	82.336	Egle	DCG 5756	90			7236	2	LM102949/10	rolamento diferencial dianteiro
04/10/06	82.336	Egle	DCG 5756	90			7236	1	FTC5258	retentor diferencial dianteiro
08/01/08	103.156	Egle	DCG 5756	90			10321	1	7691965	bomba direção hidráulica
08/01/08	103.156	Egle	DCG 5756	90			10321	1	6203	rolamento do esticador
08/01/08	103.156	Egle	DCG 5756	90		609	10321	1	70993740	bomba de água
14/12/04	29.527	Ernesto Sens	DIP 5996	110			610	1	8821	jogo de pastilha traseira
14/12/04	29.527	Ernesto Sens	DIP 5996	110				3	6203	rolamentos do esticador
15/08/06	48.160	Ernesto Sens	DIP 5996	110			611 6908	3	6203	rolamento do esticador
20/07/07	58.116	Ernesto Sens	DIP 5996	110			612 9218	1	ECO1143	jogo de pastilha dianteira
20/07/07	58.116	Ernesto Sens	DIP 5996	110			9218	2	6203	rolamento do esticador
20/07/07	58.116	Ernesto Sens	DIP 5996	110			9218	1	3369	sensor de óleo
10/09/07	64.131	Ernesto Sens	DIP 5996	110			613 9553	1	SFP000280	jogo de pastilha traseira
10/09/07	64.131	Ernesto Sens	DIP 5996	110			9553	1	6203	rolamento do esticador
02/06/08	73.915	Ernesto Sens	DIP 5996	110			614 11315	1	6203	rolamento do esticador
02/06/08	73.915	Ernesto Sens	DIP 5996	110			11315	1	PRC6387	sensor de óleo
02/06/08	73.915	Ernesto Sens	DIP 5996	110			11315	1	AEU2515	retentor diferencial traseiro
02/06/08	73.915	Ernesto Sens	DIP 5996	110			11315	1	MC4130	alternador
14/07/08	80.410	Ernesto Sens	DIP 5996	110			615 11618	1	SFP000280	jogo de pastilha traseira
14/07/08	80.410	Ernesto Sens	DIP 5996	110			11618	1	ICV100000	retentor eixo da caixa de transferencia
14/07/08	80.410	Ernesto Sens	DIP 5996	110			11618	1	cx04	reparo caixa de transferencia
10/02/04	29.845	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			616 2378	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
28/02/05	34.727	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			617 3746	1	STC889	reparo superior caixa direção hidráulica
14/03/05	34.828	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			618	1	STC2818	reparo cilindro escravo
20/09/05	37.118	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			619 4564	1	70993740	bomba de água
20/09/05	37.118	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			4564	1	6203	rolamento do esticador
16/01/06	40.866	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			620 5291	2	6203	rolamento do esticador
28/08/07	50.002	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			621 9488	1	ECO1141	jogo de pastilha traseira
30/01/08	60.057	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			622 10504	3	6203	rolamento do esticador
30/01/08	60.057	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			10504	1	ERR1092	correia dentada
30/01/08	60.057	Ernesto Treplik	EUO 0505	90			10504	1	STC2818	reparo do cilindro escravo
28/08/06	30.156	Fabian Maggiori	DOL 7667	110			623 6983	1	STC2818	reparo do cilindro escravo
28/08/06	30.156	Fabian Maggiori	DOL 7667	110			6983	1	ERR1092	correia dentada
29/10/07	57.113	Fabian Maggiori	DOL 7667	110			624 9901	1	70993740	bomba de água
29/10/07	57.113	Fabian Maggiori	DOL 7667	110			9901	3	6203	rolamento do esticador
29/10/07	57.113	Fabian Maggiori	DOL 7667	110			9901	1	BB015	cotovelo do turbo
31/03/08	61.726	Fabian Maggiori	DOL 7667	110			625 10922	1	SFP000280	jogo de pastilha traseira
13/07/04	41.872	Fabio Amigo	DIB 4697	90			626 3217	1	6203	rolamento do esticador
16/05/05	64.036	Fabio Amigo	DIB 4697	90			627 4090	1	6203	rolamento do esticador
30/01/06	80.757	Fabio Amigo	DIB 4697	90			628 5410	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
30/01/06	80.757	Fabio Amigo	DIB 4697	90			5410	1	T64800	jogo de pastilha traseira

DATA	KM	NOME	PLACA	MOD	ANO	Ordem	OS	qtd	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
30/01/06	80.757	Fabio Amigo	DIB 4697	90			5410	1	ERR1092	correia dentada
30/01/06	80.757	Fabio Amigo	DIB 4697	90			5410	1	6203	rolamento do esticador
20/08/07	112.867	Fabio Amigo	DIB 4697	90			629 9416	1	6203	rolamento do esticador
11/12/07	120.876	Fabio Amigo	DIB 4697	90			630 10148	1	ECO1141	jogo de pastilha traseira
23/04/08	129.830	Fabio Amigo	DIB 4697	90			631 11080	1	ECO1143	jogo de pastilha dianteira
23/04/08	129.830	Fabio Amigo	DIB 4697	90			11080	1	cx04	reparo caixa de transferencia
23/04/08	129.830	Fabio Amigo	DIB 4697	90			11080	1	6203	rolamento do esticador
23/04/08	129.830	Fabio Amigo	DIB 4697	90			11080	1	ICV100000	retentor eixo da caixa de transferencia
24/07/08	133.385	Fabio Amigo	DIB 4697	90			632 11715	1	MC4130	alternador
01/03/04	231.767	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			633	1	AMR4249	alternador
26/07/04	241.193	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			634	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
26/07/04	241.193	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				2	6203	rolamento do esticador
09/09/04	242.000	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			635	1	ERR1092	correia dentada
11/05/05	260.004	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			636	1	T64900	jogo de pastilha traseira
11/05/05	260.004	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	RTC3458	cruzeta do cardan
11/05/05	260.004	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	STC2818	reparo do cilindro escravo
11/05/05	260.004	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				3	6203	rolamento do esticador
03/01/06	277.651	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			637 5213	1	6203	rolamento do esticador
03/01/06	277.651	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	ESR2912	cotovelo do turbo
20/06/06	289.864	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			638 6517	1	ERR1092	correia dentada
20/06/06	289.864	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				3	6203	rolamento do esticador
09/11/06	298.864	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			639 7477	1	STC100411	cilindro mestre de embreagem
09/11/06	298.864	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	STC2818	reparo do cilindro escravo
09/11/06	298.864	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				2	LM603049/11	rolamento de cubo de roda
09/11/06	298.864	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	FTC4785	rolamento de cubo de roda
04/01/07	301.197	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			640 8036	1	110	cotovelo do turbo
13/04/07	306.020	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			641 8574	2	11590/11520	rolamento do pino mestre
13/04/07	306.020	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				4	LM603049/11	rolamento do cubo de roda
13/04/07	306.020	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	6203	rolamento do esticador
13/04/07	306.020	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	3074	reparo alternador
07/08/07	312.667	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			642 9329	1	6203	rolamento do esticador
07/08/07	312.667	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	ERR3539	bomba exaustora
07/08/07	312.667	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				2	RTC3458	cruzeta do cardan
07/08/07	312.667	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	cx04	reparo caixa de transferencia
07/08/07	312.667	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				2	FTC4939	retentor da flange da caixa de transferencia
07/08/07	312.667	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	ICV100000	retentor eixo da caixa de transferencia
31/03/08	320.732	Fabio Angelotti	CLB 6197	110			643 10919	1	ICV100000	retentor eixo da caixa de transferencia
31/03/08	320.732	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	RTC3458	cruzeta do cardan
31/03/08	320.732	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	AEU2515	retentor diferencial traseiro
31/03/08	320.732	Fabio Angelotti	CLB 6197	110				1	LM603049/11	rolamento do cubo de roda

DATA	KM	NOME	PLACA	MOD	ANO	Ordem	OS	qtd	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
14/01/04	56.044	Fernanda Scott	DOO 5993	110		713		1	6203	rolamento do esticador
11/12/06	57.900	Fernanda Scott	DOO 5993	110		714	7702	1	6203	rolamento do esticador
11/12/06	57.900	Fernanda Scott	DOO 5993	110			7702	1	3369	sensor de óleo
04/01/07	58.906	Fernanda Scott	DOO 5993	110		715	7877	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
04/01/07	58.906	Fernanda Scott	DOO 5993	110			7877	1	T58400	jodo de pastilha traseira
15/05/06	87.066	Fernando Shikay	DHH 6290	110		716	6299	1	801255	kit embreagem
15/05/06	87.066	Fernando Shikay	DHH 6290	110			6299	1	6203	rolamento do esticador
01/06/06	87.854	Fernando Shikay	DHH 6290	110		717	6406	1	IAD58400	jogo de pastilha traseira
12/02/07	97.861	Fernando Shikay	DHH 6290	110		718	8154	1	35214100	alternador
29/05/07	100.716	Fernando Shikay	DHH 6290	110		719	8886	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
23/01/08	109.543	Fernando Shikay	DHH 6290	110		720	10447	2	TAR10040	rolamento do munhão
23/01/08	109.543	Fernando Shikay	DHH 6290	110			10447	2	11590/11520	rolamento do pino mestre
23/01/08	109.543	Fernando Shikay	DHH 6290	110			10447	1	STC2818	reparo do cilindro escravo
23/01/08	109.543	Fernando Shikay	DHH 6290	110			10447	1	3447	reparo alternador
05/05/08	114.213	Fernando Shikay	DHH 6290	110		721	11132	1	FTC500010	retentor saída do câmbio
05/05/08	114.213	Fernando Shikay	DHH 6290	110			11132	1	FTC5303	retentor eixo principal câmbio
05/05/08	114.213	Fernando Shikay	DHH 6290	110			11132	1	cx04	reparo caixa de transferencia
05/05/08	114.213	Fernando Shikay	DHH 6290	110			11132	2	FTC4939	retentor da flange da caixa de transferencia
05/05/08	114.213	Fernando Shikay	DHH 6290	110			11132	1	ICV100000	retentor eixo caixa de transferencia
03/06/08	115.527	Fernando Shikay	DHH 6290	110		722	11339	1	SFP000280	jogo de pastilha dianteira
03/06/08	115.527	Fernando Shikay	DHH 6290	110			11339	1	FTC5268	retentor semi-eixo
18/07/05	68.448	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			4311	3	6203	rolamento do esticador
18/07/05	68.448	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			4311	1	STC2818	reparo cilindro escravo
18/07/05	68.448	Fernando Carvalho	DEF 0900	90		723	4311	1	70993740	bomba de água
18/07/05	68.448	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			4311	1	AMR4249	alternador
08/08/05	69.703	Fernando Carvalho	DEF 0900	90		724		1	BRE2730	cotovelo do turbo
16/10/06	88.134	Fernando Carvalho	DEF 0900	90		725	7305	1	801255722	kit embreagem
16/10/06	88.134	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			7305	1	STC2818	reparo cilindro escravo
09/01/07	92.282	Fernando Carvalho	DEF 0900	90		726	7921	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
09/01/07	92.282	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			7921	1	6203	rolamento do esticador
09/01/07	92.282	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			7921	1	STC889	retentor superior da caixa de direção hidráulica
16/05/07	100.781	Fernando Carvalho	DEF 0900	90		727	8811	1	6203	rolamento do esticador
16/05/07	100.781	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			8811	1	ESR2348	valvula y
28/05/07	101.780	Fernando Carvalho	DEF 0900	90		728	8878	1	771	reparo da bomba injetora e bicos injetores
28/05/07	101.780	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			8878	1	ERR1092	correia dentada
28/05/07	101.780	Fernando Carvalho	DEF 0900	90			8878	1	6203	rolamento do esticador
22/11/07	108.700	Fernando Carvalho	DEF 0900	90		729	10058	1	ECO1141	jogo de pastilha traseira
25/06/07	86.175	Fernando Gregori	DIK 2488	90		730	9031	1	AMR4249	alternador
25/06/07	86.175	Fernando Gregori	DIK 2488	90			9031	1	6203	rolamento do esticador
02/07/07	86.548	Fernando Gregori	DIK 2488	90		731	9083	1	FTC5268	retentor semi-eixo

DATA	KM	NOME	PLACA	MOD	ANO	Ordem	OS	qtd	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
16/06/08	225.053	João Gilberto Campos	DGI 1234	110		924	11411	1	BV015	cotovelo do turbo
16/06/08	225.053	João Gilberto Campos	DGI 1234	110			11411	1	70993740	bomba de água
13/06/05	72.799	João Paulo Moraes	DDB 0016	90		925	4200	1	T64800	jogo de pastilha traseira
13/06/05	72.799	João Paulo Moraes	DDB 0016	90			4200	2	6203	rolamento do esticador
26/06/06	81.677	João Paulo Moraes	DDB 0016	90		926	6573	1	ERR1092	correia dentada
24/04/07	91.504	João Paulo Moraes	DDB 0016	90		927	8641	1	STC889	reparo superior da caixa de direção hidráulica
31/03/08	109.695	João Paulo Moraes	DDB 0016	90		928	10910	1	6203	rolamento do esticador
31/03/08	109.695	João Paulo Moraes	DDB 0016	90			10910	1	70993740	bomba de água
31/03/08	109.695	João Paulo Moraes	DDB 0016	90			10910	1	ERR1092	correia dentada
04/07/08	111.763	João Paulo Moraes	DDB 0016	90		929	11559	1	801255	kit de embreagem
02/05/07	150.559	Johnny Nakata	CPD 1005	90		930	8694	1	T65000	jogo de pastilha dianteira
02/05/07	150.559	Johnny Nakata	CPD 1005	90			8694	3	6203	rolamento do esticador
02/05/07	150.559	Johnny Nakata	CPD 1005	90			8694	1	STC889	reparo superior da caixa de direção hidráulica
02/05/07	150.559	Johnny Nakata	CPD 1005	90			8694	1	cx04	reparo caixa de transferencia
02/05/07	150.559	Johnny Nakata	CPD 1005	90			8694	1	ICV100000	retentor eixo da caixa de transferencia
02/05/07	150.559	Johnny Nakata	CPD 1005	90			8694	1	ERR1092	correia dentada
26/09/07	156.862	Johnny Nakata	CPD 1005	90		931	9689	1	70993740	bomba de água
06/09/04	125.000	João Sidou	DCQ 1332	110		932	3377	1	ULPA2848	jogo de pastilha traseira
06/09/04	125.000	João Sidou	DCQ 1332	110			3377	1	BRE2730	cotovelo do turbo
06/09/04	125.000	João Sidou	DCQ 1332	110				1	STC889	reparo superior da caixa de direção hidráulica
10/05/05	145.901	João Sidou	DCQ 1332	110		933	4076	1	T64900	jogo de pastilha traseira
10/05/05	145.901	João Sidou	DCQ 1332	110			4076	1	70070086	correia dentada
10/05/05	145.901	João Sidou	DCQ 1332	110			4076	3	6203	rolamento do esticador
10/05/05	145.901	João Sidou	DCQ 1332	110			4076	1	STC889	reparo superior da caixa de direção hidráulica
10/05/05	145.901	João Sidou	DCQ 1332	110			4076	1	STC2818	reparo do cilindro escravo
08/08/05	149.909	João Sidou	DCQ 1332	110		934	4403	1	FTC4939	retentor do fcinho da caixa de transferencia
05/04/06	160.442	João Sidou	DCQ 1332	110		935	6080	1	54316	semi-eixo traseiro
26/06/06	163.307	João Sidou	DCQ 1332	110		936	6556	1	ERR1092	correia dentada
26/06/06	163.307	João Sidou	DCQ 1332	110			6556	3	6203	rolamento do esticador
09/01/07	175.640	João Sidou	DCQ 1332	110		937	7908	1	769196	bomba direção hidráulica
09/01/07	175.640	João Sidou	DCQ 1332	110			7908	1	70993740	bomba de água
07/05/07	179.481	João Sidou	DCQ 1332	110		938	8713	1	6203	rolamento do esticador
07/05/07	179.481	João Sidou	DCQ 1332	110			8713	2	LM603049/11	rolamento do cubo de roda
07/05/07	179.481	João Sidou	DCQ 1332	110			8713	1	105	cotovelo do turbo
05/11/07	184.712	João Sidou	DCQ 1332	110		939	9924	1	1074	reparo bomba injetora e bicos injetores
14/07/08	190.856	João Sidou	DCQ 1332	110		940	11616	1	ERR1092	correia dentada
14/07/08	190.856	João Sidou	DCQ 1332	110			11616	1	PRC6387	sensor de óleo
26/03/04	90.655	João José da Costa	DFM 7575	90		941	2537	1	ERR1092	correia dentada
26/03/04	90.655	João José da Costa	DFM 7575	90			2537	2	6203	rolamento do esticador
29/06/04	99.785	João José da Costa	DFM 7575	90		942	3178	1	T65000	jogo de pastilha dianteira