

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA FERROVIÁRIA**

**LUCIANA DUARTE MARCH**

**REFORMULAÇÃO DO PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO DAS SOCADORAS DA  
MRS LOGÍSTICA BASEADA EM MCC**

**Rio de Janeiro  
2006**

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**LUCIANA DUARTE MARCH**

**REFORMULAÇÃO DO PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO DAS  
SOCADORAS DA MRS LOGÍSTICA BASEADA EM MCC**

Monografia do Curso de Especialização em Engenharia Ferroviária do Programa MRS/Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia Ferroviária.

Orientador: Prof. Paulo Afonso Lopes da Silva - Ph.D.

Rio de Janeiro

2006

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**LUCIANA DUARTE MARCH**

**REFORMULAÇÃO DO PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO DAS  
SOCADORAS DA MRS LOGÍSTICA BASEADA EM MCC**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização Ferroviária do Programa MRS/Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia Ferroviária.

Orientador: Prof. Paulo Afonso Lopes da Silva - Ph.D.

Aprovada em agosto de 2006 pela seguinte Banca Examinadora:

---

Prof. Paulo Afonso Lopes da Silva - Ph.D - Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Cristina Pogliatti de Sinay

---

Prof<sup>a</sup>. Vânia Gouveia Barcelos Campos

---

Rio de Janeiro

2006

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os funcionários da MRS e professores do IME que apoiaram a realização deste trabalho, em especial ao meu orientador, Paulo Afonso Lopes, que me auxiliou nas várias etapas de elaboração da proposta.

Agradeço também ao gerente da área de Equipamentos e Trilhos que forneceu muitos dados importantes para o trabalho e apoiou-o sempre, visando a implantação da MCC nos Equipamentos de Correção Geométrica.

Agradeço a Carlos Garcia, Ricardo Rispoli, Francisco Bastos e Osvane Luiz da Silva pela colaboração sempre com informações muito ricas.

Agradeço ao Alexandre Leonardo e a Fabiana pelas informações do Track Star e pelos gráficos fornecidos.

Agradeço a todos os meus amigos trainees pelo apoio sempre, principalmente pelas informações trocadas com minha amiga Marina Mattos e Livio Fonseca.

Agradeço a minha família, principalmente a meus pais Carlos e Cândida e ao meu marido Guilherme, pelo carinho e apoio.



## **Lista de gráficos**

Gráfico 1 – Produção das máquinas socadoras de janeiro a maio de 2006	41
Gráfico 2 – Gráfico de Utilização, Produtividade e Eficiência da S-12	42
Gráfico 3 – Distribuição de falhas na máquina S-12 por tipo de defeito	44
Gráfico 4 - Avaliação dos sub-sistemas por quantidade de defeito identificado	45
Gráfico 5 - Avaliação dos defeitos de Banca de Socaria da S-12 por componente	46

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - MTBF dos componentes que apresentaram falhas na S-12	47
---	----

## ÍNDICE

<b><i>Resumo</i></b>	<b>7</b>
<b><i>Abstract</i></b>	<b>9</b>
<b><i>1. Introdução</i></b>	<b>11</b>
1.1. OBJETIVO	11
1.2. JUSTIFICATIVA	12
<b><i>2. Histórico da Manutenção</i></b>	<b>14</b>
2.1. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	16
<b>2.1.1 DEFINIÇÃO DE CONFIABILIDADE</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2 FALHAS E DIAGNÓSTICO DE FALHA</b>	<b>22</b>
2.2. MANUTENÇÃO EM FERROVIAS	23
<b><i>3. Equipamentos de via permanente da MRS</i></b>	<b>26</b>
3.1. TRACK STAR	26
3.2. EQUIPAMENTOS DE CORREÇÃO GEOMÉTRICA	30
<b>3.2.1 SOCADORAS</b>	<b>30</b>
<b>3.2.2 REGULADORAS</b>	<b>33</b>
<b>3.2.3 O PROCESSO DE MANUTENÇÃO</b>	<b>34</b>
<b>3.2.4 INDICADORES DE DESEMPENHO</b>	<b>35</b>
<b><i>4. Metodologia MCC para os Equipamentos de correção geométrica</i></b>	<b>39</b>
4.1 SELEÇÃO DO(S) SUB-SISTEMA(S) E LEVANTAMENTO DE DADOS	39
4.2 ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS	44
4.3 SELEÇÃO DE FUNÇÕES SIGNIFICANTES DO SUB-SISTEMA SELECIONADO	48
4.4 LISTAGEM DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS	49
4.5 AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO LISTADAS	50
4.6 SELEÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS COM BASE DA EFETIVIDADE	51
4.7 DEFINIÇÃO DA PERIODICIDADE DAS ATIVIDADES	52
4.8 PROPOSTA DO PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO	53
<b>4.8.1 MODELO GERAL DO PLANO DE MANUTENÇÃO</b>	<b>53</b>
<b>4.8.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS E PROPOSTA DE SOLUÇÃO</b>	<b>53</b>



<b><u>5. Conclusão e Sugestões</u></b>	<b><u>55</u></b>
<b><u>Bibliografia</u></b>	<b><u>57</u></b>
<b><u>ANEXOS</u></b>	<b><u>58</u></b>



## **Resumo**

Nos últimos dez anos as ferrovias enfrentaram grandes mudanças devidas aos processos de concessão que passaram a administração do poder público para empresas privadas. A MRS Logística, arrendatária da malha ferroviária sudeste do Brasil, teve sua produção dobrada desde o início deste período e planeja chegar a mais de 200 milhões de toneladas brutas transportadas até 2010. A MRS ainda pretende atingir, em 2010, 1000 km de confiabilidade nos seus trens e ser a maior transportadora individual de carga em volume e em receita. Com todas estas mudanças a manutenção terá que acompanhar o aumento da quantidade de carga transportada e proporcionar uma maior confiabilidade nos seus trilhos.

As socadoras, um dos tipos de equipamentos de correção geométrica, são de grande importância para a manutenção da malha ferroviária, porque aumentam a vida útil da via permanente, reduzindo o número de acidentes, o consumo de combustível e o desgaste dos trilhos, além de permitir a passagem dos trens com maior estabilidade. São estas máquinas que realizam os serviços de correção dos defeitos geométricos de alinhamento e nivelamento e fazem o serviço de socaria de lastro. Com essa grande importância, é necessário ter estes equipamentos disponíveis o maior tempo possível de modo a permitir a total conclusão dos serviços de correção geométrica. Na MRS Logística, estes equipamentos trabalham em locais onde houve detecção de defeitos pelo Track Star (ver cap. 2) sendo divididos em três grupos de trabalho distribuído nos 1700 km de malha. O controle da manutenção dos equipamentos ainda encontra-se no estágio de manutenção preventiva, através de *overhaul*, referenciadas no tempo de serviço das máquinas e em alguns dados históricos de ocorrência de defeitos, e corretivas quando ocorrem as falhas em serviço. No entanto, considerando que nenhuma máquina é igual à outra e que com o passar do tempo, os equipamentos sofrem um desgaste natural, observa-se que a manutenção puramente preventiva ou corretiva não é a melhor opção para este tipo de equipamento. Embora esta metodologia de controle de manutenção ainda seja praticada em várias ferrovias, nós acreditamos que a melhor prática de manutenção seja baseada em dados de operação das máquinas e no uso de ferramentas estatísticas de forma a identificar a frequência ótima para intervenções.

A proposta deste trabalho é apresentar uma nova metodologia de manutenção para os equipamentos de correção geométrica da MRS Logística baseada em Manutenção Centrada e, Confiabilidade (MCC), que considera os componentes críticos e o histórico de falhas dos equipamentos, sub-sistemas e componentes. O projeto para a confiabilidade mecânica, mencionado por IRESO (1995), deve estar integrado com os planos de manutenção para eliminar atrasos causados por intervenções não necessárias e retrabalhos. Essa é a razão por ser necessário um consistente banco de dados de falhas (número e tempo entre ocorrências), preferencialmente discriminado para cada componente, para que seja possível identificar parâmetros como tempo médio entre falhas (TMEF; em inglês *MTBF*), tempo médio para reparo (TMPR; em inglês *MTTR*) e tempo médio entre (ou até) reparos (TMER; em inglês *MTBR*), otimizando os planos de intervenções preventivas. Assim, com estes conceitos, este trabalho irá propor uma reformulação do planejamento de manutenção das socadoras, considerando histórico de falhas real e atualizados destes equipamentos.

## *Abstract*

In last the ten years the railroads had faced great changes due to the concession processes that had converted public administration into private companies. The MRS Logistics S.A. leaseholder of Brazilian Southeastern railroad, had its production folded since the beginning of this period and is planning to achieve more than 200 million carried tons up to 2010. The MRS still intends to reach, in 2010, 1000 km of trustworthiness in its trains and to be the greatest Heavy Haul company in volume and prescription. With all these changes the maintenance must follow the increase of carried tons, providing the trustworthiness in its tracks.

Tamping machines plays an important role on maintaining railroad tracks, improving the life of tracks themselves, reducing accidents, fuel consumption and rolling stock fatigue, and also to allow a smooth ride of trains. These equipments are responsible for repairing the geometric defects of alignment and leveling and also for tamping the ballast. Due to their importance, it is necessary to have these equipment available as much time as possible to perform their work. At MRS Logistics, tamping machines are used on locations determined by defects reports identified by a control car, and are divided in three tamper groups spread over our 1700 km of railroad. The maintenance of these tampers were performed using preventive concepts (overhaul), having calendar time as a maintenance parameter. Considering that every equipment is different and that they suffer from natural damage with the time passing, it's observed that preventive and corrective maintenance is not the best option for this kind of equipment. Although this maintenance control philosophy is still applied in many railroads, we believe the best practice for maintenance program is based on equipment operations data and extensive use of statistic tools to identify the optimal interventions frequency.

The proposal of this work is to present a new maintenance philosophy for MRS Logistica tamping machines, based on Reliability Centered Maintenance (RCM), which considers their critical components, and historical data of equipment failures of each system and component. The design for mechanical reliability, mentioned by IRESO (1995), have to be integrated with maintenance plans to eliminate delays, caused by unnecessarily interventions and reworks. That is the reason to have a consistent base of failure data (numbers and time of

occurrences) preferentially discriminated to each component so that it can identify parameters as mean time between failure (MTBF), mean time to repair (MTTR) and mean time between (or before) repairs (MTBR), optimizing the plan of preventive intervention. Thus, with this concepts and philosophies of FMEA, this work will propose a rebuild of the maintenance plan of tamping machines, considering real and actual historical data failures of these equipment.

## ***1. Introdução***

Com o atual estágio de desenvolvimento tecnológico e humano e com os fatores de preservação do meio ambiente, segurança e qualidade, é natural que os processos de manutenção tenham sido modificados ao passar dos anos. O esgotamento dos recursos naturais, os altos níveis de poluição e a constante procura pela melhor qualidade de vida da população afetaram as técnicas de manutenção e passaram a exigir o nivelamento tecnológico dos processos com utilização racional de recursos, redução de resíduos ambientais e minimização dos tempos de interferência nos equipamentos.

Esta evolução não ocorreu da noite para o dia e teve influência direta da evolução tecnológica das máquinas. Os investimentos na alta tecnologia impulsionaram o desenvolvimento da confiabilidade dos materiais e equipamentos (NASSAR, 2004, p.10) em diversas empresas de foco bem diversificado (LUCATELLI, 2002). Além disso, a evolução da cultura de preservação do meio ambiente e da preocupação com a segurança e saúde ocupacional acompanhou o processo de evolução dos métodos de manutenção. Estas alterações mudaram também a cultura interna de gerência e supervisão dentro das empresas. Os responsáveis por estes cargos passaram a não só pensar em manter os equipamentos, mas aplicar de forma otimizada a manutenção, comparando preços, prazos e níveis de criticidade.

Estas mudanças, no entanto, ainda estão longe do estágio ideal de funcionamento. Na MRS os controles de manutenção estão começando a ser implementados e a cultura da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) está sendo difundida nas áreas. As mudanças nos planos de manutenção, principalmente para os equipamentos que necessitam ter grande confiabilidade e disponibilidade deverão passar naturalmente pela metodologia MCC, acompanhando assim as tendências de evolução do mercado de manutenção mecânica.

### **1.1. Objetivo**

Este trabalho tem por objetivo otimizar o planejamento da manutenção das socadoras da MRS baseando-se nos conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Para isso será apresentada a evolução dos métodos de manutenção, bem como os conceitos de MCC, sendo

possível assim entender como esta metodologia está sendo utilizada pelas empresas que prestam serviços de manutenção de equipamentos.

Atualmente os processos de manutenção dos equipamentos de correção geométrica seguem os conceitos da manutenção preventiva, tendo a necessidade de se atualizar perante as inovações tecnológicas do mercado. Com este trabalho, propõe-se um novo planejamento de manutenção baseado no histórico de falhas dos próprios equipamentos, seus sub-sistemas e componentes, utilizando dados históricos e ferramentas estatísticas. A adaptação à MCC é necessária para que a MRS se equipare às empresas tecnologicamente mais desenvolvidas do mundo, estando ainda entre as pioneiras no Brasil no uso desta metodologia para elaborar os planos de manutenção em equipamentos ferroviários.

## 1.2. Justificativa

Os equipamentos de correção geométrica da MRS Logística trabalham divididos em três grupos por toda malha e têm a responsabilidade de corrigir os defeitos de geometria da via em toda malha ferroviária da MRS Logística. A revisão geral destes equipamentos atualmente é feita aproximadamente após 1000 horas de trabalho da máquina por uma empresa terceirizada em uma oficina localizada em Juiz de Fora, Minas Gerais. Cada um dos grupos dos equipamentos, há pouco tempo, estava localizado em cada um dos estados por onde passa a malha da MRS (Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo), sendo cada residência de via permanente responsável por uma das equipes. Atualmente, há uma gerência única para todas as equipes que centraliza as decisões sobre todos os equipamentos, tornando mais fácil o controle e a melhoria dos programas de manutenção das máquinas.

Os custos das máquinas, portanto, são apresentados e aprovados por somente uma gerência que controla também o volume de produção individual de cada uma delas. Sendo assim, por que não otimizar o planejamento da manutenção, tornando os controles mais eficientes e a manutenção dos equipamentos mais eficaz, aumentando a disponibilidade das máquinas? A idéia de se basear nos conceitos de manutenção centrada em confiabilidade busca exatamente modernizar o planejamento existente, aproximando-o das novas técnicas utilizadas no mercado hoje em dia e eliminando aos poucos as intervenções corretivas e preventivas.

Atualmente os custos de uma Revisão Geral (duração de 6 a 8 meses), sem considerar modernização tecnológica dos equipamentos, passam de R\$500.000,00 por cada máquina; os custos mensais com compra de peças e componentes, funcionários e deslocamento das atinge este mesmo valor. No metrô de São Paulo, primeira ferrovia brasileira a implantar a metodologia MCC nos seus modelos de manutenção alcançou em seis projetos com duração de 2 anos uma redução média de 30% dos custos com aplicação de recursos e atividades, chegando a ter redução de 49% em um dos projetos. (VASCONCELOS, 2005). De posse destas informações é possível calcular que a MRS, para manter um grupo de 9 máquinas gastaria na média R\$ 120.000,00 a menos de recursos, retornando em pouco mais de 4 meses o valor de uma revisão geral. É claro que a implantação demanda custos adicionais, mas estes seriam considerados investimentos para a empresa.

Outro dado importante é que, como não há controle de estoque das peças de reposição dos equipamentos de correção geométrica, as comprar são feitas quando há sinal de falha no campo. Desta forma, geralmente não há tempo hábil para negociações e procura de novos fornecedores, fazendo com que o preço dificilmente seja reduzido. Além de não haver garantia de continuidade do serviço sem parada da máquina para espera de peça. Se houver uma análise baseada em MCC que considere a operação de cada máquina de forma individual, além dos custos com revisões e as reduções das Revisões Gerais, o custo de compras emergenciais também poderá se tornar inferior, já que será possível o diagnóstico prévio da vida útil dos componentes e o pré-dimensionamento do estoque e da programação dos pedidos.

## ***2. Histórico da Manutenção***

A evolução das técnicas de manutenção iniciou-se na época da Revolução Industrial e perdura até hoje, quando se ajusta permanentemente às necessidades do homem e da tecnologia. Durante os séculos XVIII e XIX, as máquinas surgiam e tinham simplesmente o objetivo de atender a determinada necessidade de operação. Não havia nenhuma preocupação com a manutenção e não havia uma necessidade de profissionais especializados para consertá-las. Como não havia necessidade de agilidade nas operações, os reparos ocorriam no tempo em que era possível o conserto. Esta fase, segundo NASSAR (2004, p.1) pode ser chamada de Corretiva e somente sucedeu as fases iniciais de industrialização, ocorrida após a Revolução Industrial e Primeira Guerra Mundial.

Aproximando-se do final da Segunda Guerra Mundial e com a evolução das máquinas e equipamentos, foi surgindo a necessidade da manutenção mais planejada e de profissionais mais especializados. Isso porque, com a guerra, a necessidade de ter todos os equipamentos em perfeito estado torna-se mais intensa, porém neste estágio a manutenção ainda tinha a forma corretiva e seu planejamento praticamente inexistia. Esta fase mostra a primeira geração da história da manutenção que, segundo SIQUEIRA (2005, p.4) chama-se *Mecanização*.

Com o final da Segunda Guerra e o avanço da industrialização e da indústria aeronáutica a manutenção tornou-se mais otimizada e passou a ocupar o menor tempo possível. Surgia assim, na primeira metade do século XX, a manutenção preventiva, tipo de manutenção que praticamente não tolera o defeito e baseia-se na intervenção planejada da manutenção nos equipamentos. Este tipo de manutenção melhorou a continuidade do funcionamento dos equipamentos, uma vez que proporcionava a troca dos componentes antes da falha, além de proporcionar a redução na quantidade das peças para reposição em estoque e o tempo de indisponibilidade dos equipamentos. Para manter a qualidade deste programa de manutenção era necessário, portanto, a elaboração de procedimentos de rotina de manutenção e a qualificação dos profissionais envolvidos no processo.



O programa de Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance – TPM*), idealizado principalmente pelos Estados Unidos e Japão e colocado em prática a partir de 1970, veio para amadurecer ainda mais os programas de manutenção propostos até então. Este programa de manutenção, que veio no rastro das técnicas da *qualidade*, foi conhecido como um programa de manutenção multidisciplinar. A partir dos conceitos propostos, foi disseminada a idéia de manutenção associada a custos, os quais traduziriam a sua eficiência e qualidade. A idéia era ter um ponto na curva de desempenho, na fase da desgaste do equipamento que fosse ideal para troca do componente. Além disso, o gasto com esta troca seria compensado pelo custo da melhoria do equipamento e do funcionamento contínuo do mesmo. A evolução da manutenção preventiva e do programa de Manutenção Produtiva coincidiu com a disseminação das linhas de produção e do crescimento da dependência da sociedade nos produtos industrializados. Esta segunda geração da história da manutenção é denominada por SIQUEIRA (2005, p.5) de *Industrialização*.

De acordo com os conceitos defendidos por NASSAR (2004, p. 11) a TPM pode ser entendida como um procedimento de administração da manutenção e tem a característica de ser multidisciplinar. Além disso, ele se baseia em cinco pilares fundamentais. São eles:

- 1- Maximização da Eficiência dos Equipamentos
- 2- Envolvimento dos Operadores nas tarefas diárias da Manutenção
- 3- Implementação da eficiência da Manutenção
- 4- Treinamento permanente para melhoria do desempenho
- 5- Fortalecimento da prevenção

A evolução desta fase, a partir de meados da década de 70, associa-se às mudanças nos processos industriais e ao aumento da concorrência globalizada. Com isso, os equipamentos passaram a ser dimensionados para trabalhar nos seus limites de desgaste e necessitar mais de planejamento de manutenção. O custo da manutenção começou a ser acompanhado com mais cautela e tornou-se relevante dentre todos os gastos com uma máquina ou equipamento. A manutenção deveria ser feita considerando um custo racional com o processo. Houve o crescimento da Engenharia de Manutenção, dos processos automatizados e com isso o maior e melhor controle das condições das máquinas, visando agilizar processos e otimizar a produção. Coincidentemente a esta evolução, houve a disseminação dos programas

ambientais e a consciência da humanidade quanto à preservação dos recursos naturais. Esta geração foi denominada de *Automatização* por SIQUEIRA (2005, p.4) e pode ser entendida como uma fase em que toda a ação desenvolvida para manter um equipamento em condições operacionais visa minimizar o somatório dos custos envolvidos. Tais custos podem ser entendidos como: custos com manutenção do componente/ equipamento deteriorado, custo com perda na produção (indisponibilidade do equipamento), custo do retrabalho, custo com compra de um novo componente/ equipamento, entre outros. Segundo IRESO (1995, p. 1.1 e 1.2) estes custos aumentam quando não é dada devida ênfase ao tratamento do produto e, conseqüentemente, à sua qualidade e confiabilidade durante o processo de confecção.

Todas estas fases antecederam a atual fase da Manutenção Centrada em Confiabilidade, uma vez que amadureceram os conceitos de qualidade, confiabilidade e racionalização dos custos relacionados ao processo de manutenção. Segundo LAFRAIA (2001, p.6 e 7), em todas as fases é possível ver a evolução dos conceitos de manutenção centrada em confiabilidade, já que desde a Primeira Guerra Mundial foram desenvolvidos conceitos de análise de confiabilidade. Ele afirma também que na década de 40 foram desenvolvidas teorias matemáticas que relacionavam problemas de manutenção a conceitos de confiabilidade. A evolução destas metodologias ocorreu logo em seguida com a evolução das indústrias aeronáutica, eletrônica e nuclear. A partir daquela época e com a consideração do planejamento da manutenção já na fase de projeto, segundo LAFRAIA (2001) os conceitos de confiabilidade já estavam sendo disseminados. A consolidação seria possível assim com o aprimoramento da computação e com a implantação de controles automáticos na maior quantidade de equipamentos. Nesta fase os conceitos de LAFRAIA (2001) encontram-se com as definições defendidas por NASSAR (2004), IRESO (1995) e SIQUEIRA (2005).

Assim, com todas estas definições e conceitos, é possível dizer que a manutenção vem evoluindo no tempo e tem sido vista como uma das etapas do processo de produção. O planejamento das etapas de manutenção desde a fase de projeto traduz o amadurecimento dos planos de manutenção e trás, entre outras metodologias, a manutenção centrada em confiabilidade.

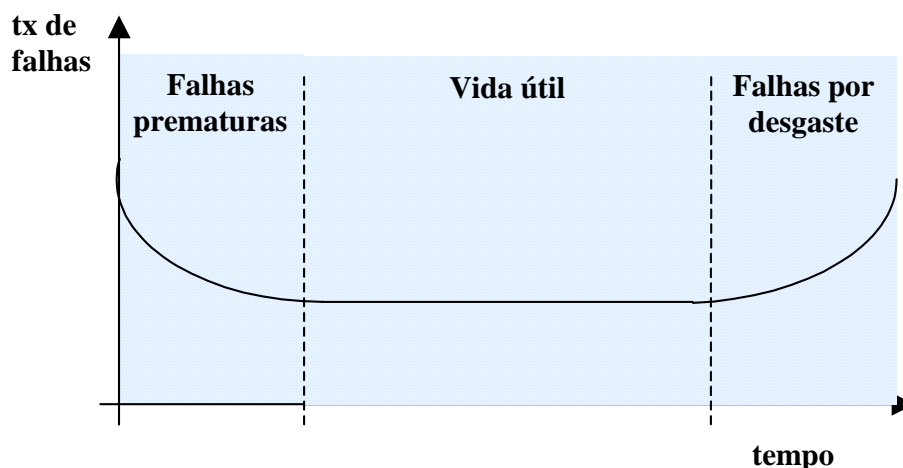
## **2.1. Manutenção Centrada em Confiabilidade**

O objetivo da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é alcançar a confiabilidade, segurança e qualidade dos equipamentos despendendo o menor tempo possível e com o menor custo. É a união da manutenção racional com a manutenção de qualidade, ou seja, é a evolução de todas as fases descritas no item 2. Segundo SIQUEIRA (2005, p. 18), existem questões básicas que mostram como deve ser estabelecida a implementação da MCC em um determinado sistema ou conjunto de sistemas. Estas questões são bem simples e, como estão apresentadas de forma seqüencial específica, auxiliam na elaboração do Processo de Implementação da MCC (ver cap. 3). São elas:

1. Quais os **sistemas** a preservar?
2. Quais as **falhas** funcionais?
3. Quais os **modos** de falha?
4. Quais os **efeitos** das falhas?
5. Quais as **conseqüências** das falhas?
6. Quais as **atividades de manutenção** aplicáveis e efetivas?
7. Quais as **freqüências** ideais das tarefas? (esta questão ocorre quando não são definidas as freqüências na questão 6)

Estes conceitos surgiram principalmente para atender a necessidade de padrões mais elevados de confiabilidade dos equipamentos que evoluíam, principalmente, na indústria aeronáutica e nuclear. Com a evolução tecnológica e o aumento da necessidade de confiabilidade dos equipamentos, não bastava monitorar os componentes sabendo as possíveis épocas de manutenção e troca. Estas intervenções estavam sendo deveras custosas e muitas vezes ocorriam sem que o equipamento estivesse realmente na curva de declínio do seu desempenho. Além disso, foi possível constatar que alguns tipos de falhas não eram identificados mesmo com a grande quantidade de intervenções. Isso porque a evolução tecnológica fez evoluir também a quantidade e os tipos de falhas associadas aos equipamentos, dificultando bastante o acompanhamento e a detecção dos momentos de intervenção. Foi nesta fase que se confirmou a necessidade de se controlar as falhas desde a fase de concepção dos equipamentos, tomando consistência o conceito de vida útil e análise de falhas.

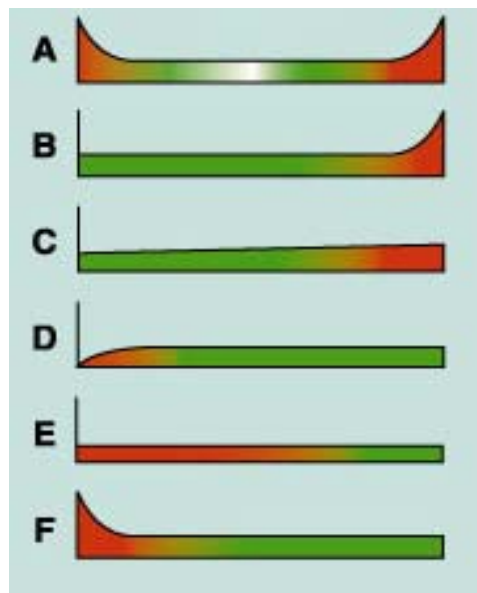
Com este método de manutenção, a visão ao longo do tempo do comportamento dos componentes e equipamentos, ficou mais clara por meio da denominada “Curva da Banheira”, representação gráfica, de forma generalizada, das fases da vida dos equipamentos e componentes. Observando esta curva, é possível ver os três períodos de vida dos equipamentos: falhas prematuras, vida útil e desgastes. O primeiro deles ocorre imediatamente após a fabricação do equipamento ou após uma intervenção, e tem uma taxa de falhas decrescente. As falhas podem ocorrer nesta fase por diversos motivos, desde problemas no processo de manutenção à mão-de-obra desqualificada. No item 2.1.2 serão vistas mais detalhadamente as causas das falhas de cada período. A segunda fase da vida do equipamento é entendida como o período de sua vida útil onde as falhas ocorrem aleatoriamente e os períodos de intervenção tendem a manter uma certa regularidade. O terceiro estágio de vida do equipamento é conhecido como o período de envelhecimento (desgaste), onde a taxa de falhas é crescente e estas ocorrem principalmente por desgastes do equipamento. A curva da banheira, segundo descrito acima, pode ser vista na Figura 1.



**Figura 1 – Curva da Banheira**

**Fonte: a autora**

A evolução dos estudos de manutenção possibilitaram identificar as características associadas a cada equipamento e assim determinar que tipo de manutenção seria ideal para cada um deles. A análise da curva da banheira tradicional possibilitou o desenvolvimento de outros perfis de curva, que segundo NASSAR (2004) dividiram os equipamentos em seis modelos distintos. A figura 2 mostra as curvas destes seis grupos que, em seguida serão detalhadas.



**Figura 2 – Exemplos de Curvas de Falha**

**Fonte: NASSAR, 2004.**

As curvas do tipo A, B e C são relacionadas a equipamentos que têm influência direta com o tempo de utilização e, dentro de um estudo feito com aviões civis (LAFRAIA, 2001.p. 74), estas curvas indicaram 11% de todos os tipos componentes destes equipamentos. De forma geral, as falhas ocorridas nos componentes ocorrem por fadiga, corrosão, oxidação, entre outros fatores relacionados ao desgaste das peças.

A curva A é a tradicional curva da banheira; já a B mostra uma crescente zona de falhas somente na parte final do gráfico; a curva C mostra uma taxa de falhas levemente crescente no entanto, sem definir exatamente uma zona de desgaste. As curvas D, E e F não mostram influência direta entre aumento da zona de desgaste e o tempo de utilização e traduzem a maior parte dos componentes dos equipamentos analisados (89%). A curva D mostra uma taxa de falhas baixa, porém crescente no início de vida do componente, mantendo um valor constante a partir de certo ponto. Esta se opõe à curva F que mostra uma queda na taxa de falhas no início da vida do componente, seguindo-se então do patamar de taxa constante. A curva E mostra uma taxa constante em toda a vida do componente. Vale ressaltar que a maioria dos componentes (82%) se encontra dentro das análises das curvas E e F e que à medida que a complexidade dos equipamentos cresce, aumenta a predominância dessas duas curvas (LAFRAIA, 2001, p.4).

### 2.1.1 Definição de confiabilidade

Segundo TORRESCANO (1999, p.7) um dos propósitos da manutenção é melhorar a sua *confiabilidade* e aumentar a sua *disponibilidade* para uso. Segundo a IRESO (1995, p. 1.2), *confiabilidade* é a probabilidade de que um item possa desempenhar sua função para o qual foi projetado, por um mínimo período de tempo especificado e sob condições estabelecidas. A partir desta definição é possível ver a clara associação da confiabilidade à probabilidade, o que pode ser justificado pelo fato da eficiência real dos produtos ser comparada à sua eficiência esperada. Além disso, o resultado da confiabilidade pode ser conhecido por meio de análises estatísticas. Este mesmo conceito base é defendido por LEWIS (1996), acrescentando a idéia de que a confiabilidade está associada à *qualidade*, o que é bem simples de ser entendido, uma vez que um equipamento confiável é um equipamento de qualidade superior aos demais.

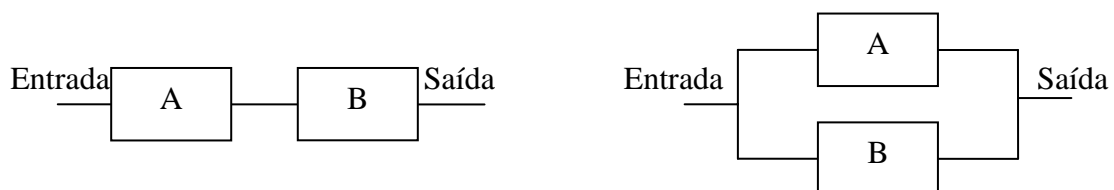
A confiabilidade está associada ao modo como os componentes constituem um sistema, sendo as formas mais básicas a conexão em série e a conexão em paralelo (ver Figura 3). Em um sistema em série, uma falha em qualquer um dos equipamentos acarreta em falha do sistema e a sua confiabilidade pode ser descrita pela seguinte expressão:

$$R = \prod R_{(n)},$$

onde  $R_{(n)}$  é a confiabilidade de cada um dos sub-sistemas envolvidos.

Nos sistemas ligados em paralelo, a entrada e a saída do sistema são as mesmas para todos os componentes e a falha de somente um deles não ocasiona a falha do sistema. Esta ocorre quando todos os componentes falham. Em um sistema ligado em paralelo, a confiabilidade pode ser descrita pela seguinte expressão:

$$R = 1 - \prod(1 - R_{(n)})$$



**Figura 3 – Sistema em série e em paralelo**

**Fonte: a autora**

Os indicadores apontados por IRESO (1995, p. 1.2) e também utilizados por outros autores e pesquisadores do assunto auxiliam ainda na determinação dos parâmetros de confiabilidade por meios estatísticos. Alguns deles são:

- MTTF – (*Mean time to failure*) – Tempo médio para falhar – considerado principalmente para componentes que não podem ser reparados no momento da falha
- MTBF – (*Mean time between failures*) – Tempo médio entre falhas – considerado para componentes reparáveis
- MTTR – (*Mean time to repair*) – Tempo médio para reparo
- MTBR – (*Mean time between (or before) repairs*) – Tempo médio entre (ou antes) dos reparos

Ainda segundo IRESO, para garantir a qualidade da confiabilidade de um produto, é preciso uma grande quantidade de testes e um longo tempo de análise. Sendo assim, é possível concluir que, para cada produto, pode ser desenvolvido um programa de análise da confiabilidade, considerando a relevância do serviço que estará prestando. Cabe à empresa determinar a relação custo-benefício da análise de confiabilidade dos seus produtos ou dos produtos que utiliza.

É possível ainda definir confiabilidade como uma redução na frequência e na severidade das falhas ocorridas nos sistemas, sendo assim associada ao conceito da *manutenabilidade*. Este conceito surgiu na década de 70 e pode ser traduzido como a redução da duração da falha ou a efetividade da volta ao funcionamento do sistema. Atualmente, *manutenabilidade* é associada a outros conceitos tais como segurança e qualidade, além da confiabilidade. A idéia da *manutenabilidade* somente não deve ser confundida com a manutenção, porque esta segunda está associada às ações para manter o sistema em funcionamento ou restaurar suas condições quando há uma anormalidade. A *manutenabilidade*, enquanto isso parte de uma premissa mais completa porque considera análise de falhas e efeitos. (IRESO, 1995, p. 15.2)

### 2.1.2 Falhas e diagnóstico de falha

O objetivo de uma análise de falhas é determinar uma taxa para as falhas ocorridas e o tempo médio entre elas, possibilitando, assim, uma análise posterior do comportamento de cada equipamento e cada componente. As falhas podem ocorrer na fase de projeto, na fabricação ou na própria utilização do equipamento, sendo necessário, para a sua correção, identificar a fase à qual está associada. As falhas afetam diretamente a segurança, a qualidade e os custos dos equipamentos e vêm sendo analisadas por estes motivos com critérios mais rígidos dentro da MRS. É possível verificar, pela criação de diversos Grupos de Análise de Falha e pelas frequentes reuniões de equipes de manutenção, que a MRS está tratando os planos de manutenção de forma mais madura, associando a manutenção à produção da empresa.

Falha pode ser definida como uma perda de função<sup>1</sup>, sendo a falha funcional definida como a incapacidade de qualquer item agir de acordo com o padrão esperado. A sua *causa* pode ser vista como a circunstância em que uma falha ocorre e o seu *modo* como sendo o conjunto de efeitos que a faz ser observada. A taxa de falhas é o inverso do MTBF (*Mean Time Between Failure* - Tempo Médio Entre Falhas), apenas na região de via útil na Curva da Banheira. O modo de falha está associado ao fenômeno físico que provoca a transição entre o estado normal e o anormal, bem como cada componente da máquina ou equipamento. É importante distinguir o modo e a causa de cada falha, porque enquanto o primeiro está associado ao *que* está acontecendo, a causa está associada ao *porquê*. Segundo SIQUEIRA (2005, p.71) o objetivo da manutenção está em combater o modo de falha, porque a causa da falha deve ser combatida na fase de projeto, cabendo a manutenção apenas alertar aos projetistas sobre o que deve ser feito quando estas causas não estiverem sendo efetivamente eliminadas. Entretanto, quando não se pode interferir no projeto do componente ou do equipamento, cabe à manutenção interferir nas causas de falhas e melhorar as condições dos equipamentos.

Segundo SUCENA (2006) as falhas podem ser definidas como permanentes ou transitórias; internas, quando associadas diretamente ao sistema ou externas quando associadas a um acontecimento externo ao sistema; primárias ou secundárias; acidentais ou intencionais. Além disso, suas causas podem estar associadas a problemas de operação (falha humana) ou a problemas físicos do próprio equipamento, como desgaste ou falta de manutenção. Em uma

---

<sup>1</sup> Função é definida por LAFRAIA (2001,p. 12) como qualquer atividade que o item desempenha sob o ponto de vista operacional.



análise baseada na confiabilidade, são tratadas as causas físicas já que as falhas humanas devem ser por uma revisão nos procedimentos de operação ou uma inspeção das condições de trabalho.

A identificação das falhas, de seus modos e efeitos pode gerar um estudo mais detalhado e particular, para cada componente do que deve ser feito em relação às atividades de manutenção. MOUBRAY (2000) propõe uma metodologias baseada na identificação das atividades efetivas e aplicáveis (ver Cap. 4) de forma a decidir o melhor caminho para o processo de manutenção de cada equipamento, sub-sistema e componente. Este modelo de identificação da seqüência do processo de manutenção a ser feita pode ser visto na Figura 4.

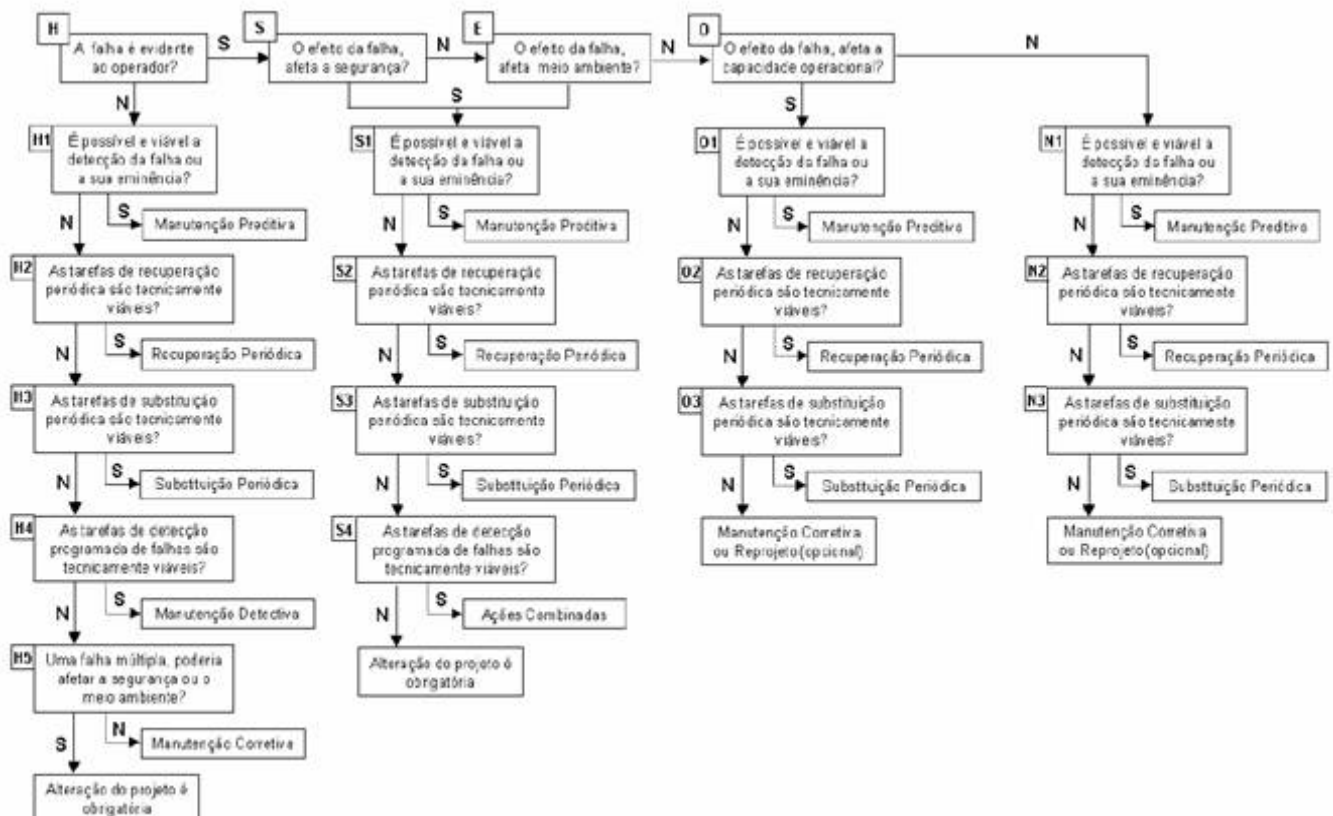


Figura 4 – Diagrama de Decisão

Fonte: MOUBRAY, 2000

## 2.2. Manutenção em ferrovias

Segundo IRESO (1995), a manutenção está associada à satisfação dos clientes e ao cumprimento do que foi planejado nos cronogramas de produção, levando também em consideração os custos da manutenção. Na ferrovia, onde o produto é o serviço do transporte, entende-se que a qualidade dos produtos está ligada à efetividade da entrega e a qualidade do transporte. No entanto, estes serviços somente serão atendidos se a via permanente estiver em ordem para receber o carregamento e o material rodante (vagões e locomotivas) estiver preparado para transportar a carga.

Até a década de 80 a maioria das ferrovias brasileiras executava os serviços de manutenção de via permanente baseando-se em inspeção visual (LIMA, 1998). Atualmente existe o Track Star (ver Cap. 3) que gera relatórios de nivelamento, alinhamento, abertura e fechamento de bitola, empeno e superelevação de toda malha ferroviária a partir das inspeções periódicas feitas por este carro. Estes dados significam os *inputs* para a correção geométrica da via permanente. Os relatórios gerados pelo Track Star são importantes fontes de consulta para saber a real condição da via permanente.

O custo da manutenção é diretamente proporcional à extensão a ser corrigida e à necessidade de disponibilidade das máquinas. Na MRS, em que a receita de empresa está diretamente ligada ao volume transportado, principalmente de minério de ferro, a manutenção deve ser a mais eficiente possível e, mesmo com limitação de tempo, desempenhar o papel esperado de manter a via permanente e o material rodante com alta confiabilidade e disponibilidade. A manutenção mecanizada (socadoras e reguladoras) tem uma alta produtividade e por isso é a mais adequada para ser aplicada no caso das ferrovias de alta densidade de tráfego. Estes equipamentos, porém tem alto consumo de combustível e de manutenção, principalmente quando há necessidade de troca ou recuperação de componentes.

Em 2006, de janeiro a maio, o valor médio de manutenção das socadoras se aproxima de R\$4.000,00/km, o que, para uma produção média de 10 km no mês, resulta em gastos médios de R\$40.000,00. Ou seja, para um grupo de 9 máquinas, pode-se gastar até R\$400.000,00 por mês em manutenção, considerando custo com trocas de componentes, mão-de-obra, combustível e deslocamentos dos equipamentos. Considerando estes valores e as informações do item 1.2 sobre as reduções de custo do metrô de São Paulo, justifica-se o investimento da implantação da metodologia MCC na reformulação do planejamento da manutenção dos



equipamentos da MRS. Este trabalho pode ser visto assim, como um dos primeiros passos para analisar a metodologia e implantar seus conceitos dentro da Gerência de Equipamentos e Trilhos, responsável pelos equipamentos de correção geométrica.

### ***3. Equipamentos de via permanente da MRS***

Os equipamentos correção geométrica, que trabalham corrigindo os defeitos de geometria da via em todos os trechos da malha da MRS devem apresentar grande disponibilidade e boa confiabilidade, sendo inviável que fiquem constantemente avariados ou que tenham uma eficiência abaixo do esperado. Considerando o planejamento otimizado, percebe-se que a distribuição dos equipamentos ao longo da malha, além de considerar os locais em que deve ser feita a correção geométrica precisa considerar também os períodos de manutenção programada das máquinas. Atualmente, a MRS baseia-se no método preventivo para estabelecer seus Planos de Manutenção, além de adotar as manutenções corretivas quando há situação emergencial de falha dos equipamentos.

No entanto, a eficiência e a segurança de um sistema qualquer e, principalmente de um sistema ferroviário pode ser seriamente afetada se a manutenção corretiva e preventiva forem os únicos tipos de intervenção. A MRS está migrando deste tipo de manutenção para a implantação de um estudo efetivo das falhas e de seus tempos, adotando um modelo baseado em confiabilidade. A proposta deste trabalho é ser parte desta inovação técnica relativa às mudanças conceituais da elaboração dos planos de manutenção. Afinal, sem saber da frequência de suas ocorrências, as falhas podem acontecer sem uma sinalização prévia e com um tempo para reparo desconhecido, aumentando-se assim os custos com manutenção e reduzindo-se os tempos de disponibilidade dos equipamentos.

#### **3.1. Track Star**

O Track Star é um veículo de inspeção, auto-propulsor, montado em um caminhão e tem como objetivo medir de forma correta e confiável do perfil do trilho e da geometria da via permanente no exato instante em que está passando sobre o local medido. Este veículo utiliza os sistemas Laserrail que é capaz identificar o perfil do trilho sem o contato com o mesmo. Estas medidas são conseguidas por meio do uso laser e câmeras que passam as informações para um sistema utilizado a bordo do carro de controle que necessita do mínimo de intervenções operacionais. Após a emissão dos feixes de laser as câmeras filmam o perfil do trilho e enviam as imagens digitalizadas para cartões processadores. Estas imagens são

comparadas ao perfil padrão e assim são encontrados os defeitos de desgastes, amassamentos, escoamentos, perda de área do trilho, etc.



**Figura 5 – O Track Star**

**Fonte: PCM Via – MRS**

O outro sistema utilizado pelo Track Star é o GRMS; sistema de ensaios não destrutivos que aplica cargas verticais e horizontais nos trilhos capazes de mostrar o comportamento da via a cada solicitação. Com estes esforços é possível observar determinados parâmetros e descrever por meio de relatórios gráficos e tabelas, os defeitos a serem corrigidos pelos Equipamentos de Via Permanente. Em relação à geometria de via, são medidos e analisados os seguintes parâmetros:

**A) Bitola<sup>2</sup>:**

A.1) Bitola aberta sem carga – Quando a distância entre os trilhos interno e externo está maior que o padrão de 1,60m adotado pela MRS. Este aumento provoca redução da segurança no local onde ocorre.

---

<sup>2</sup> Distância entre os trilhos interno e externo, medida pelo lado de dentro a 16 mm do topo do boleto. Na MRS a bitola mede 1,60m, sendo em alguns locais possível ver trechos de bitola mista (quando há um terceiro trilho internamente para compor uma bitola interna de 1,00m). A maioria das ferrovias no Brasil usa a bitola métrica (1,00m).

A.2) Bitola fechada sem carga - Quando a distância entre os trilhos interno e externo está menor que o padrão de 1,60m adotado pela MRS. Neste caso também há redução da segurança no local.

A.3) Varição de bitola – troca significativa do tamanho das bitolas em trechos inferiores a 6,0m. Mesmo que não ultrapassem os limites de bitolas abetas e fechadas, esta situação enfraquece a segurança no tráfego.

### **B) Nivelamento Longitudinal:**

O Nivelamento é medido longitudinalmente em trechos de tamanhos pré-determinados (cordas de 20 metros) e é especificado para cada lado, direito e esquerdo. Quando ambos os lados estão desnivelados no mesmo ponto, diz-se que o trilho está arriado.

### **C) Nivelamento Transversal:**

C.1) Superelevação – Quando há desnível entre os trilhos em um segmento tangente, ou seja, quando um ponto está mais elevado que o outro, considerando um ponto em análise transversal. Quando este parâmetro está acima dos limites máximos, o defeito passa a ser chamado de maxsuperelevação.

C.2) Empeno – Diferença entre duas superelevações medidas em cordas de 10 ou 20 metros. Neste caso, entende-se que o pior local está em um ponto a 10 ou 20 metros atrás do local que está sendo medido. Empeno de 10m somente em tangente.

C.3) Torção – Diferença entre superelevações medidas em cordas de 20 metros em que o pior ponto está em uma das extremidades desta corda.

### **D) Alinhamento:**

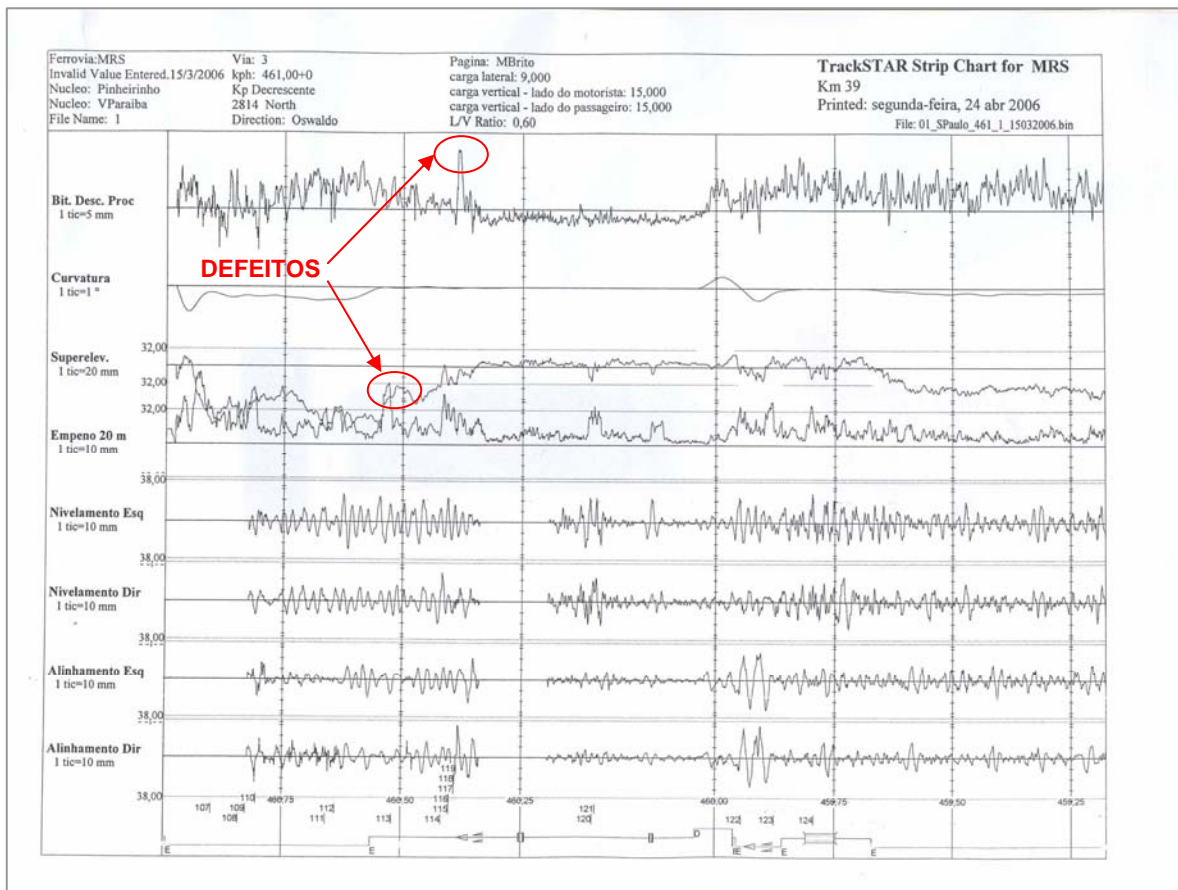
Medida no plano horizontal do alinhamento da linha, por meio de uma corda de 20 metros. São medidos os alinhamentos direito e esquerdo de cada ponto.

### **E) Curvatura:**

Medida de suporte que permite distinguir se o defeito ocorreu em uma curva ou uma tangente. Não apresenta nenhum parâmetro de defeito ou de análise de defeito.



A figura 5 mostra a representação gráfica da inspeção do Track Star em determinado trecho da malha da MRS. Estão destacados na Figura 5 os defeitos encontrados nos parâmetros de Bitola sem carga e Empeno. Os valores encontrados são considerados defeitos quando ultrapassam os valores limites para cada um dos parâmetros analisados. Este desenho acompanha um relatório com a relação dos defeitos encontrados descrevendo o parâmetro e o quilômetro do trecho inspecionado. A partir destes dados são geradas as Ordens de Serviço para os Equipamentos de Correção Geométrica da Via Permanente. Na figura 6 é possível ver com maior detalhe os defeitos destacados, sendo ainda possível ver a linha do valor limite do parâmetro em destaque (Empeno – 20m).



**Figura 6 – Representação gráfica da Inspeção do Track Star**

**Fonte: PCM Via - MRS**



Figura 7 – Destaque dos defeitos e do valor limite de empeno

Fonte: PCM Via - MRS

### 3.2. Equipamentos de correção geométrica

#### 3.2.1 Socadoras

As socadoras são máquinas que trabalham sobre os trilhos fazendo correções de nivelamento, alinhamento de trilho e socaria de brita na via permanente. Estas máquinas trabalham tanto em linha corrida quanto em AMV<sup>3</sup>. Na MRS são 09 máquinas socadoras e 2 socadoras de AMV. As máquinas que trabalham em linha corrida se dividem em três grupos com 3 máquinas cada e mais 2 reguladoras (item 3.2.2). Nos grupos de trabalho, existe pelo menos um técnico e as máquinas são operadas por dois operadores com mais experiência ou por um mais e outro menos experiente.

<sup>3</sup> AMV – Aparelho de Mudança de Via responsável pela mudança do curso do trem e pela ligação entre a linha principal e linhas secundárias. Este componente da via permanente tem configuração diferente dos trilhos de linha corrida e por isso necessitam de máquinas especiais de correção geométrica.





**Figura 8 – Foto da Socadora S-07**

**Fonte: MRS**

A operação das máquinas socadoras procura atingir um rendimento de 400m/h e operam em conjunto com as reguladoras. A socaria é feita por meio de ferramentas de soca (banca de socaria) que penetram no lastro e realizam um movimento de fechamento, denominado aperto. As bancas de soca trabalham de acordo com o princípio da pressão uniforme e assíncrona, com vibração linear e direcional, numa frequência ótima de 35 Hz. Esta frequência é ideal porque, acima dela, pode haver um abaixamento dos dormentes devido ao aumento das propriedades elásticas e fluidas do lastro e, abaixo dos 35 Hz, a penetração no lastro torna-se mais difícil. Além disso, nesta faixa de 35 Hz, ocorre a mínima deformação possível na brita e uma maior resistência no plano longitudinal. A faixa ideal de amplitude para a vibração das ferramentas é entre 3 e 5 mm. Acima dela pode haver desgaste excessivo na brita e abaixo pode haver um efeito de compactação. As socadoras da MRS são equipadas com bancas de socaria que socam um dormente apenas, sendo assim, mais lentas que as máquinas mais modernas que conseguem socar até três dormentes de uma só vez. A banca simples (para um dormente apenas) é equipada com oito ferramentas de soca que, dispostas em pares, socam a brita sob dormentes a cada inserção de lastro. As bancas para 3 dormentes são equipadas com 48 ferramentas de soca, tendo uma produtividade 80% acima da banca simples. Para as socadoras de AMV, a banca possui quatro ferramentas de soca articuladas

lateralmente que permitem o deslocamento da banca sob o chassi da máquina, sendo possível assim socar os AMVs, incluindo a área do jacaré<sup>4</sup>, que é de mais difícil penetração.



**Figura 9 – Foto de um AMV no alto da Serra do Mar**

**Fonte: foto da autora**

Além da socaria, estas máquinas fazem os serviços de nivelamento e alinhamento, executados pelos grupos de levantamento e puxamento, componentes presentes nas máquinas. Estes têm a capacidade de garantir a máxima precisão no processo de correção além de garantir a correta fixação da grade da via. Estes equipamentos têm dois pares de discos que deslizam sobre os trilhos conforme o movimento de avanço da máquina. Estes discos são abaixados para realizar os movimentos de puxamento e levantamento dos trilhos, enquanto paralelamente é feito o serviço de socaria. Enquanto estes movimentos são realizados, a máquina permanece parada e, quando ela se desloca, a pressão no sistema hidráulico dos discos é aliviada e estes deslizam suavemente pelo trilho.

---

<sup>4</sup> O jacaré é um componente do AMV responsável pela ligação entre linhas. Nesta área há o entroncamento dos quatro trilhos (2 linhas), que suavemente bifurcam para um único trilho.



**Figura 10 – A) Detalhe do grupo de puxamento e levantamento;**

**B) Detalhe da banca de socaria**

**Fonte: fotos da autora**

### **3.2.2 Reguladoras**

As reguladoras são as máquinas de apoio ao serviço de socaria que tem a importante tarefa de espalhar a brita sobre a via antes do serviço de socaria. Em um momento anterior aos serviços de socaria, puxamento e alinhamento da via permanente, uma equipe de topografia faz a análise do quanto a linha deverá ser puxada e quanta brita será necessária para dar o acabamento necessário à linha. Uma vez que a brita é lançada, cabe às reguladoras distribuí-las ao longo do trecho a ser socado.



**Figura 11 – Foto da Reguladora R-11**

**Fonte: foto da autora**

Para a distribuição de brita, as máquinas reguladoras são dotadas de arados reguláveis que são ajustadas pelos operadores de acordo com o modo como a brita deve ser espalhada pelo trecho. Estas ferramentas encontram-se nas laterais da máquina, onde são capazes de regular os ombros de lastro e na parte central da máquina, distribuindo a brita da região de socaria. É possível ajustar estes arados hidráulicamente tanto no plano horizontal quanto no vertical e ainda escolher ângulos entre 0° e 45°. Existe ainda uma vassoura que retira o excesso de brita sobre os dormentes. Estes equipamentos são operados por duas pessoas que, da mesma forma que as socadoras, podem dividir-se em um mais experiente e outro menos.

### 3.2.3 O processo de manutenção

Atualmente o processo de manutenção dos Equipamentos de Correção Geométrica segue um Plano de Manutenção baseado na quilometragem percorrida por cada máquina durante a realização dos serviços. Cada um dos equipamentos possui um horímetro, aparelho que mede o tempo em que o equipamento permaneceu em serviço informando a quilometragem acumulada da máquina. As intervenções são realizadas a cada 50, 100, 200, 600 e 1000 horas trabalhadas, sendo cada uma delas baseada em um plano de manutenção específico. Cada plano de horas menores acumula-se no programa de manutenção das horas seguintes acumuladas, sendo que após o de 1000 horas esta contagem é zerada. Isso porque, geralmente, após estas 1000 horas, a máquina entra em revisão geral. Assim, em um plano de manutenção de 100 horas, por exemplo, serão desenvolvidas também as atividades relativas ao plano de 50 horas, pois o intervalo entre a manutenção anterior (50 horas) totaliza mais 50 horas e as atividades devem ser repetidas. Abaixo está demonstrada a distribuição dos planos de manutenção segundo o horímetro das máquinas:

<u>HORAS</u>	<u>REVISÕES</u>									
50 horas	←.....	<b>R<sub>50</sub></b>								
100 horas	←.....	<b>R<sub>100</sub></b>	+	R <sub>50</sub>						
200 horas	←.....	<b>R<sub>200</sub></b>	+	R <sub>100</sub>	+	R <sub>50</sub>				
600 horas	←.....	<b>R<sub>600</sub></b>	+	R <sub>200</sub>	+	R <sub>100</sub>	+	R <sub>50</sub>		
1000 horas	←.....	<b>R<sub>1000</sub></b>	+	R <sub>600</sub>	+	R <sub>200</sub>	+	R <sub>100</sub>	+	R <sub>50</sub>

Considerando que ainda ocorrem intervenções não programadas entre as intervenções previstas, decorrentes de imprevistos diversos por falhas nos componentes dos sistemas, percebe-se que agrupar atividades de revisão em componentes com diferentes MTBF's, como é feito nos planos de manutenção atuais, não é a forma mais adequada de realizar a manutenção mecânica de equipamentos como as socadoras. Basear-se em tempo de funcionamento das máquinas como é feito é uma solução adequada, porém, para que esta seja otimizada, devem-se basear os planos de manutenção em dados reais de tempo de falha dos equipamentos. Isso porque, com os planejamentos adequados será possível impedir que existam intervenções desnecessárias e trocas de peças ainda dentro das duas vidas úteis.

Por isso a necessidade de se controlar o tempo entre as falhas e se fazer uma análise da confiabilidade dos equipamentos, como é proposto neste trabalho. Esta análise possibilitaria uma intervenção melhor planejada e uma redução nos gastos com paradas dispensáveis e evitaria o alto custo com reposição de componentes em bom estado.

### 3.2.4 Indicadores de desempenho

Considerando que a manutenção dos equipamentos não é a atividade fim da área onde eles se encontram, é ideal que os indicadores mostrem a disponibilidade deles durante o dia-a-dia das tarefas de trabalho. Atualmente a gerência responsável pelos equipamentos de correção geométrica da MRS controla o desempenho das máquinas de correção geométrica por meio dos seguintes os indicadores:

- **Utilização** – Relação entre horas trabalhadas e horas disponíveis, que demonstra o que efetivamente foi trabalhado do total das horas disponíveis:

$$U = \frac{\text{Horas trabalhadas}}{\text{Horas disponíveis}}$$

As *horas trabalhadas* são conhecidas pelo tempo em que houve produção durante o dia de trabalho da máquina, ou seja, quando a máquina efetivamente estava realizando serviço de alinhamento e nivelamento. Estas horas são consideradas não importando o tipo de serviço que a máquina faça na linha, ou seja, ainda que ela realize somente o alinhamento da mesma, sem puxamento, as horas gastas com este serviço compõem o somatório das horas



trabalhadas. As *horas disponíveis* são medidas pelo tempo total que a máquina estava no trecho. Ele engloba tanto as horas trabalhadas quanto as horas em que o equipamento estava em manutenção, estava aguardando intervalo ou estava realizando outro tipo de atividade como preenchimento da lista de verificação (*check-list*), deslocamento, manobra ou montagem da máquina.

- **Eficiência** –Relação entre as horas programadas para execução do serviço realizado e as horas efetivamente gastas para a realização do mesmo.

$$E = \frac{\text{Horas produtivas}}{\text{Horas trabalhadas}}$$

As *horas produtivas* apresentadas neste indicador podem ser descritas como as horas que deveriam ser gastas para realizar o serviço feito considerando uma taxa de rendimento (produtividade) ideal. No caso das socadoras, cuja taxa ideal é de 400 m/h, considera-se que para um serviço de 2200m, deveriam ter sido gastas 5,5 horas. Caso tivessem sido gastas 5 horas, a eficiência seria de 110%, mas se tivessem sido gastas 6 horas, a eficiência seria de 92%, inferior à ideal.

- **Produtividade** - Relação entre volume produzido e os recursos gastos. É conhecida como a eficiência da utilização dos equipamentos, ou seja:

$$P = E \times U$$

$$P = \frac{\text{Horas produtivas}}{\text{Horas disponíveis}}$$

A produtividade equaciona o que foi produzido de acordo com as expectativas de rendimento ideal e as horas disponíveis durante o trabalho.

Estes indicadores são calculados com base nos dados dos relatórios diários de produção de cada equipamento, preenchidos pelos seus operadores. A análise das fichas permite que sejam conhecidos indicadores de utilização, eficiência e produtividade das máquinas, além dos dados de disponibilidade e a produção. Deste modo é possível comparar seus desempenhos e analisar as melhorias necessárias no processo. Para o cálculo do tempo disponível das máquinas exclui-se o quanto elas estiveram paradas por revisão, manutenção corretiva ou

defeitos e avarias. O valor da produção individual é dado pelo somatório do que efetivamente cada máquina produziu em quilometragem.

Estas fichas sofreram uma reformulação em março de 2006, visando mostrar dados mais claros, principalmente de paradas das máquinas por defeitos e avarias. (ver ANEXO II). No entanto, por ser uma ficha de produção, sua eficiência é real para os dados de produção das máquinas, deixando de registrar, assim, algumas informações relevantes à manutenção das mesmas. Sendo assim, está sendo proposta uma nova reformulação a esta ficha de modo que contemple mais dados relativos à manutenção.

	PLANO	POSIÇÃO	DESCRIÇÃO	TROCA - NOVO	TROCA - USADO	REPARADO
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

**Figura 12 – Proposta de atualização no relatório de produção para contemplar dados de manutenção**

**Fonte: Gerência de Equipamentos e Trilhos – MRS**

Este controle deverá ser implantado nas máquinas para especificar com mais detalhes as falhas apontadas na ficha de produção (itens 1D a 1G e 3A a 3D da Figura 12), apontando, na falha diagnosticada, o componente com problema, seu plano e posição, de acordo com o catálogo da *Plasser & Theurer* e a atividade realizada (troca por novo, usado ou reparo). Será providenciado que cada máquina contenha um catálogo completo com todos os componentes de seus sub-sistemas. A Figura 12 mostra os códigos usados para descrever atualmente a rotina de serviço diário de uma socadora no relatório de produção. As duas primeiras colunas são utilizadas para dias normais de produção das máquinas, sendo que a primeira identifica atividades improdutivas e a segunda, serviços produtivos. A última coluna mostra as atividades decorrentes de dias improdutivos, quando não há nenhuma produção das máquinas.

SERVIÇOS IMPRODUTIVOS	SERVIÇOS PRODUTIVOS	DIA IMPRODUTIVOS
1A - AGUARDANDO LICENÇA	2A - REG. DE LASTRO	3A - AVARIA ELÉTRICA/ELETRÔNICA
1B - DESLOCAMENTO	2B - SOC. E NIVEL.	3B - AVARIA HIDRÁULICA
1C - MONTAGENS	2C - SOC./NIVEL./ALINHA.	3C - AVARIA MECÂNICA
1D - DEFEITO ELÉTRICO/ELETRÔNICO	2D - ALINHAMENTO	3D - AVARIA PNEUMÁTICA
1E - DEFEITO HIDRÁULICO	2E - Nº CHAVES/ SOL.	3E - FALTA DE INTERVALO
1F - DEFEITO MECÂNICO	2F - REPERFILAR	3F - FALTA DE OPERADOR
1G - DEFEITO PNEUMÁTICO	2G - DESGUARNECER	3G - EM PERCURSO
1H - CHECK-LIST DE MÁQUINA		3H - REVISÃO PROGRAMADA ELÉT./ELETRÔNICA
1J - MANUTENÇÃO CORRETIVA		3J - REVISÃO PROGRAMADA HIDRÁULICA
1L - AGUARDANDO TOPOGRAFIA		3L - REVISÃO PROGRAMADA MECÂNICA
1M - AGUARDANDO VIA PERMANENTE		3M - REVISÃO PROGRAMADA PNEUMÁTICA
1N - AGUARDANDO VP (ACIDENTE)		3N - OUTROS
1P - AGUARDANDO REGULADORA		
1Q - MARCAÇÃO DA LINHA		
1R - FALTA DE LASTRO		
1S - MANOBRA		
1T - OUTROS		

**Figura 13 – Codificação do relatório de produção das socadoras**

**Fonte: Gerência de Equipamentos e Trilhos – MRS**



#### ***4. Metodologia MCC para os Equipamentos de correção geométrica***

Uma vez que a cultura de manutenção da MRS está embasada em conceitos preventivos, sendo necessária a intervenção corretiva em casos de falhas nos equipamentos sem detecção prévia, a implantação da metodologia MCC deverá ser feita passo-a-passo com etapas bem definidas e tarefas bem especificadas. Este trabalho seguirá a metodologia proposta por SIQUEIRA (2005) por ser bastante detalhada e adaptável à realidade de qualquer empresa. Certamente será necessário incorporar à realidade da MRS os passos propostos, considerando ainda a etapa de mudança cultural, no entanto, como é grande o benefício da mudança, é possível perceber que vale o investimento.

O processo de implantação da MCC deve iniciar-se pelo correto entendimento da sua funcionalidade, da sua capacidade de otimização dos processos de manutenção e dos seus resultados para na produção dos serviços. Neste trabalho, será apresentada uma forma didática de implantação da MCC, considerando somente uma das máquinas e seu sub-sistema mais afetado em termos de avarias encontradas. Segundo SIQUEIRA (2005) cuja proposta de implantação está sendo seguida neste trabalho, a seqüência ideal de implementação da metodologia MCC é a seguinte:

1. Seleção do(s) sub-sistema(s) e levantamento de dados;
2. Análise dos modos e efeitos de falhas;
3. Seleção das funções significantes dos sub-sistemas;
4. Listagem das atividades de manutenção aplicáveis;
5. Avaliação da efetividade das atividades de manutenção listadas;
6. Seleção das atividades de manutenção aplicáveis com base na efetividade;
7. Definição da periodicidade das atividades;
8. Proposta do planejamento da manutenção.

##### **4.1 Seleção do(s) sub-sistema(s) e levantamento de dados**

Nesta fase é definido o sistema onde será implantado o modelo MCC para planejar a manutenção. É importante que sejam definidas as características dos sistemas e as suas

fronteiras. A apresentação de um diagrama ou esquema que apresente o sistema auxilia no entendimento da sua estrutura.

Antes de propor qualquer mudança ao plano de manutenção atual das máquinas, será necessário definir qual equipamento será o pioneiro na implantação desta técnica de manutenção. Segundo a norma IEC 60300-3-11<sup>5</sup> (In SIQUEIRA, 2005, p. 28), a escolha do sistema<sup>6</sup> a ser submetido à análise da MCC, deve levar em conta sua ligação com segurança, disponibilidade e proposta de economia no processo a que está vinculado. Sendo assim, foram propostos neste trabalho os seguintes itens para escolha do equipamento-piloto para implantação da MCC:

- produção individual;
- taxa de falhas;
- idade;
- eficiência;
- produtividade;
- utilização.

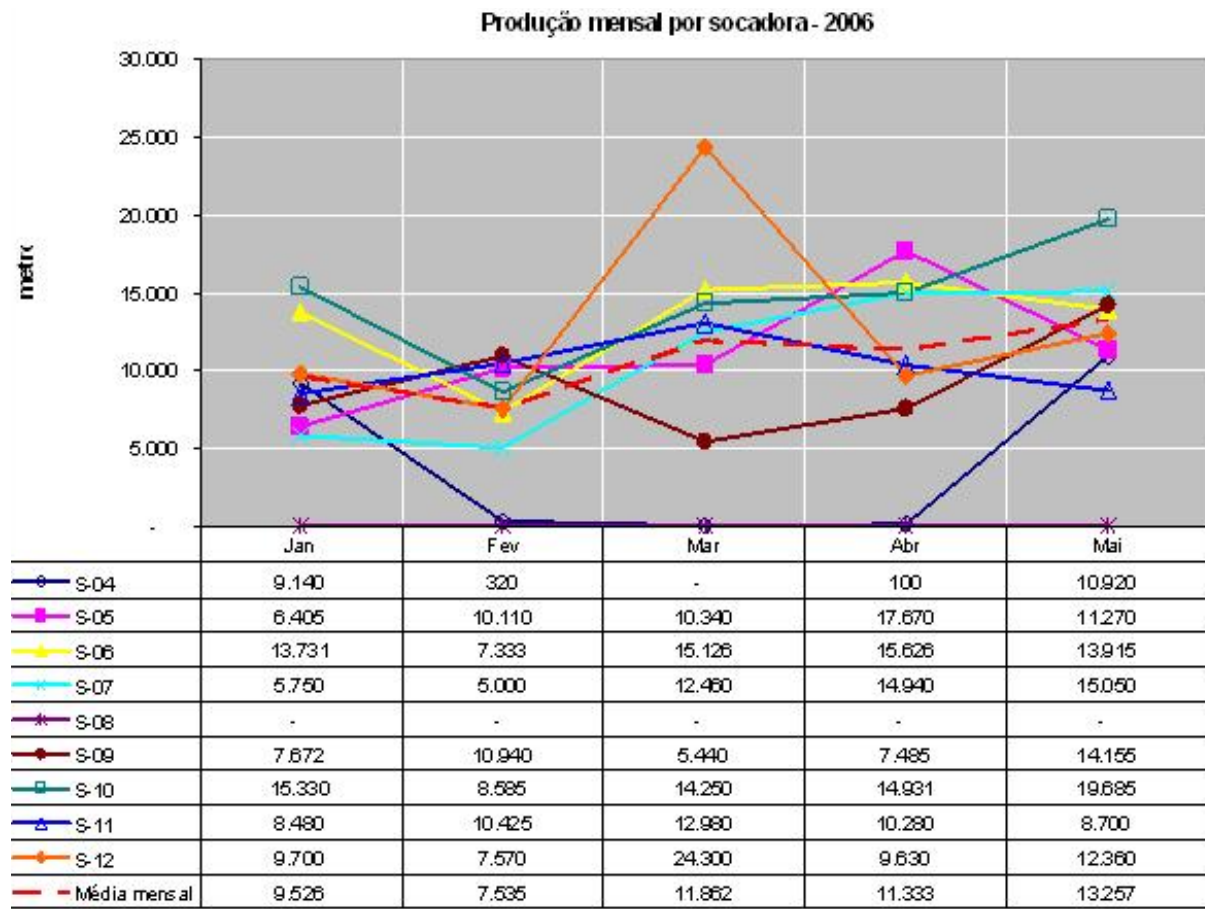
Deste modo, o equipamento escolhido como o pioneiro nos estudos de implantação da MCC foi a socadora S-12, uma máquina modelo Mainliner Doumatic 07-32 (MD 07-32), da década de 80, cuja produção média de janeiro a maio de 2006 foi de 12.712 km. Segundo o banco de dados das falhas do ano de 2006, este equipamento teve uma taxa de 10,2 falhas/mês, tendo um total de 47 falhas até maio de 2006, representando 19% do total de todas as máquinas deste tipo. É incomum que uma máquina de alta produtividade tenha uma grande quantidade de falhas como ocorreu no período de análise com este equipamento. Este teve uma disponibilidade média de 76,71% nos últimos 5 meses, o que ainda fica abaixo da meta de 80% estabelecida pela gerência. No Gráfico 1 é possível ver os dados de produção de todos os equipamentos de correção geométrica de janeiro a maio de 2006<sup>7</sup>, mostrando também a média mensal de produção. Os indicadores de utilização, produtividade e eficiência desta máquina podem ser visualizados no Gráfico 2. Interpretando estes dados, percebe-se que nos primeiros

<sup>5</sup> IEC 60300-3-11 – *Gestion de la sureté de fonctionnement* – Partie 3-11: Guide d’application – Manitenance basée sur la siabilité, Comission Electrotechnique Internationale, Geneva, Switzerland

<sup>6</sup> “Sistema é um conjunto de dispositivos que operam formando uma unidade destinada a cumprir determinada missão ou executar determinado trabalho.”(NEPOMUCENO, 1989, p. 58)

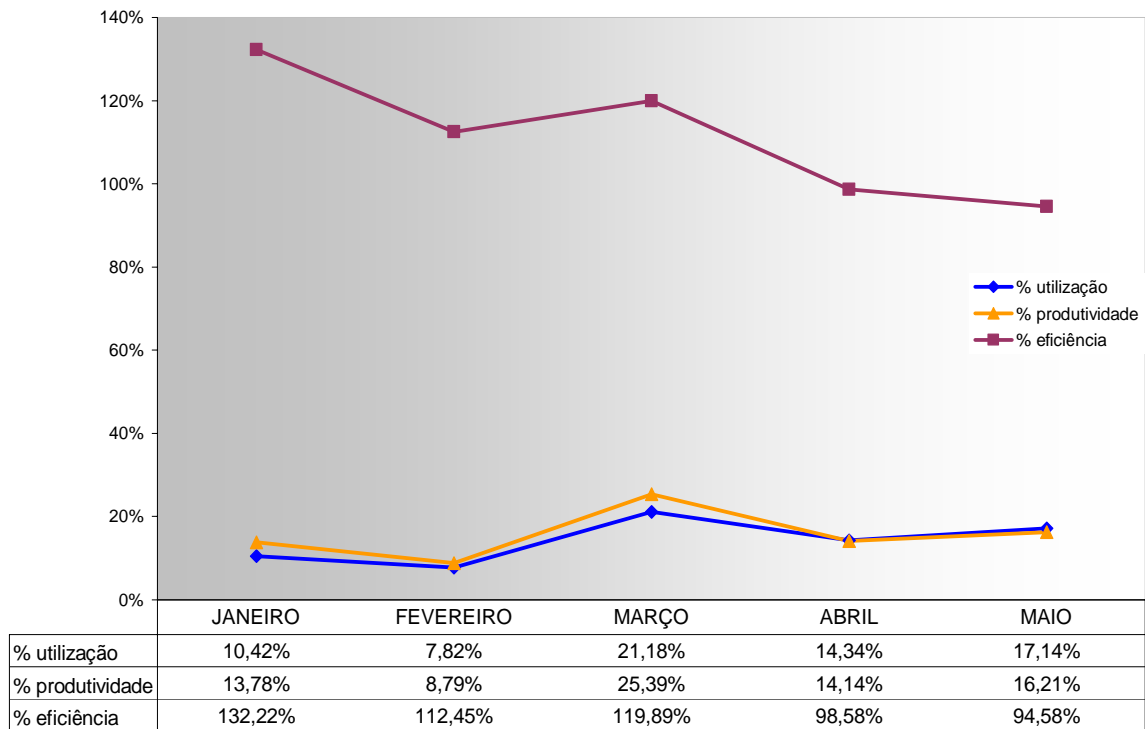
<sup>7</sup> A máquina S-08 tem os valores de produção mensal iguais a zero porque estava em Revisão geral no período de levantamento dos dados.

meses, a eficiência da S-12 foi acima de 100% e que, por consequência, sua produtividade é maior que sua utilização nestes meses.



**Gráfico 1 – Produção das máquinas socadoras de janeiro a maio de 2006**

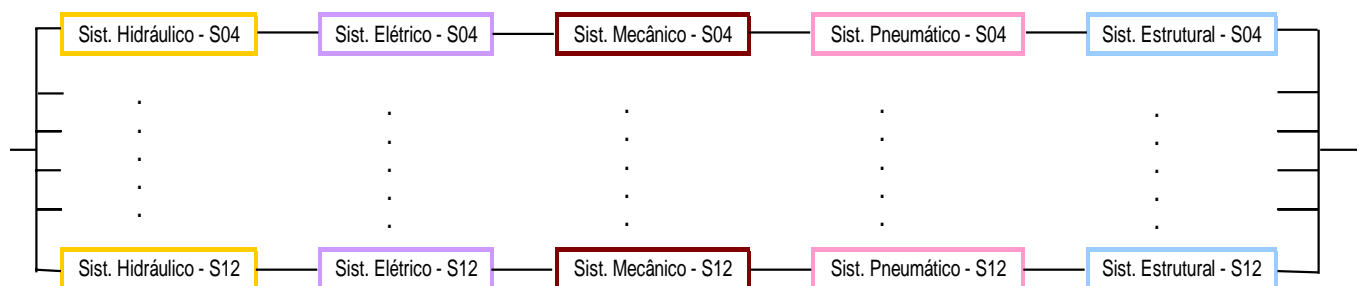
**Fonte: Gerência de Equipamentos e Trilhos – MRS**



**Gráfico 2 – Gráfico de Utilização, Produtividade e Eficiência da S-12**

**Fonte: Gerência de Equipamentos e Trilhos – MRS**

A partir da escolha dessa máquina, foi feito um estudo da quantidade de falhas de cada sistema e de seus componentes, sendo, porém, consideradas primeiramente as falhas por tipo de sistema: elétrico, hidráulico, pneumático, estrutural ou mecânico. A Figura 13 mostra, esquematicamente, o organograma funcional dos sistemas de cada socadora e do conjunto de todas as socadoras (S-04 à S-12). A partir deste esquema é possível entender que cada sistema funciona independentemente, mas que a falha de um deles compromete o funcionamento total da máquina.



**Figura 14 – Organograma funcional dos sistemas das socadoras**

**Fonte: a autora**

A seguir estão relacionadas outras informações que complementam esta primeira fase de implementação da MCC como método de manutenção de equipamentos.

A função dos equipamentos de correção geométrica é socar o lastro da via permanente e corrigir os defeitos de via permanente identificados pelo Track Star, garantindo a integridade da via permanente, evitando futuros acidentes e garantindo uma via permanente visualmente agradável.

A operação das máquinas (socaria e correção geométrica dos defeitos de via permanente), caso entre em falha, influencia na segurança operacional do operador, do usuário final (via permanente) e do meio ambiente (tanto no despejo de dejetos, quanto nos casos de falha do sistema e não cumprimento dos serviços de correção geométrica previamente estipulados, uma vez que deixa a via permanente mais vulnerável a acidentes). Além destes impactos, o não funcionamento dos equipamentos de correção geométrica influencia na passagem dos trens e na própria produção da empresa. Isso porque nos trechos onde há defeito identificado, mas que ainda não foi realizada a correção, para evitar acidentes é preciso algumas vezes limitar a velocidade dos trens, comprometendo a fluência da programação dos trens. O sistema de funcionamento das máquinas opera continuamente passando de uma a duas vezes por ano em cada residência. Estas passadas estão associadas às inspeções do Track Star que ocorrem até 3 vezes no ano.

Atualmente a empresa continua o seu funcionamento normal mesmo que os equipamentos de correção geométrica estejam parados. Os efeitos do não funcionamento destas máquinas se dão a longo prazo porque a via permanente sinaliza a falta de manutenção (aumento do desgaste dos trilhos, redução de velocidade dos trens, etc.). Sendo assim, o negócio da empresa deixa de funcionar a longo prazo, considerando o acúmulo de defeitos na via permanente.

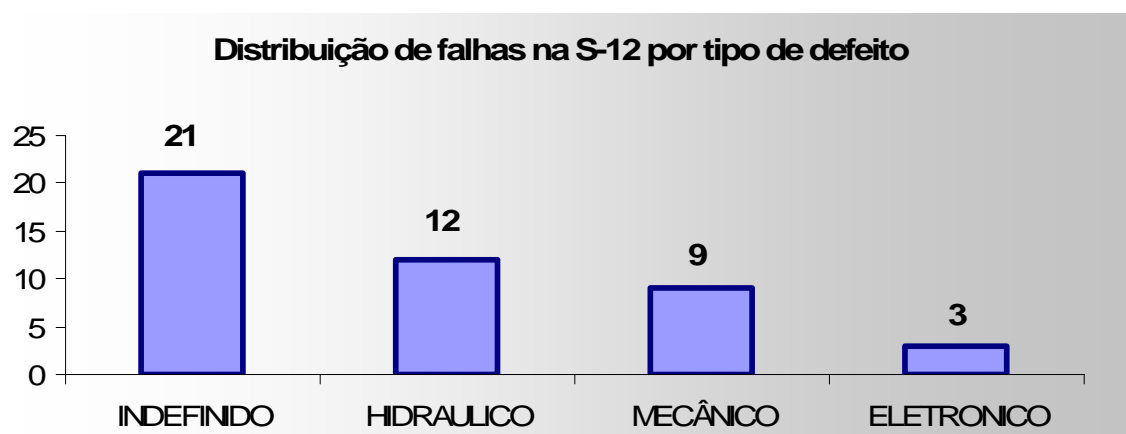
Como cada grupo de socadora atua com suas três máquinas em uma área delimitada, nota-se que não há sistema sobressalente para suprir a necessidade caso todas as máquinas de um grupo estejam avariadas. Dentro do mesmo grupo o que ocorre é uma perda de eficiência do grupo como um todo e um acúmulo de função para as máquinas que continuam em funcionamento, já que não é possível aumentar a produtividade individual de cada máquina. É

por isso que, quando uma máquina entra em falha, o procedimento de correção dos defeitos deve ser o mais rápido possível.

#### 4.2 Análise dos modos e efeitos de falhas

Nesta fase são identificados todas as funções do sistema, seus modos de falhas (ver item 2.1.2) e seus efeitos. No item 4.1 foram mostradas as falhas encontradas no Sistema da Socadora S-12 no ano de 2006 até maio. Mas, com estes dados, como saber a quantidade encontrada está de acordo com os índices esperados? Na classificação de falhas por MCC sabe-se que algumas falhas devem ocorrer para evitar outras mais graves e com danos de maior proporção, sendo possível, através da hierarquização das falhas, traçar o plano de ação para tratamento e/ou combate às mesmas. A partir da descrição das funções da máquina, o próximo passo consta em descrever a(s) falha(s) relacionada(s) a cada uma delas e relacionar o sistema afetado e tentar identificar o(s) componente(s) relacionado(s).

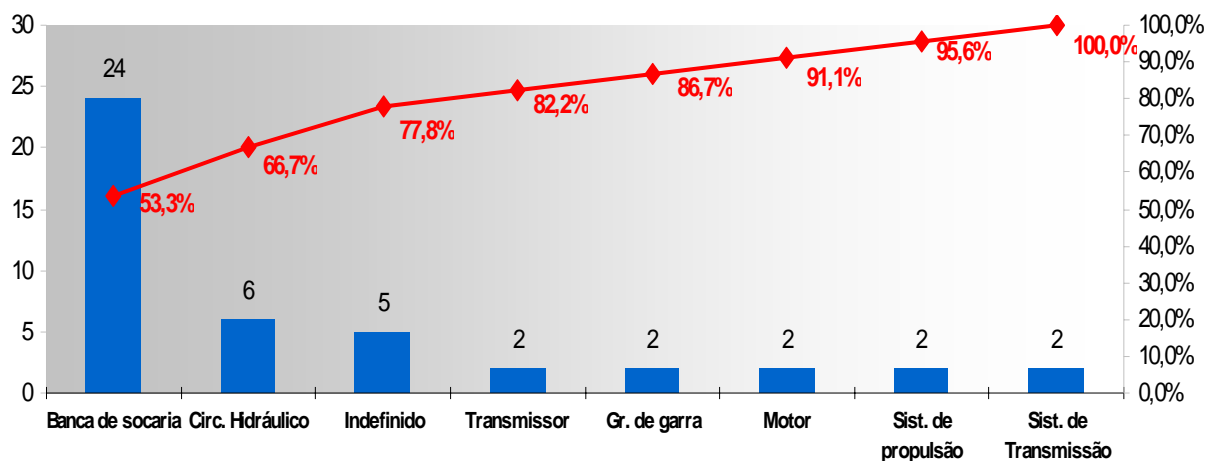
Nos equipamentos de correção geométrica, porém, por não haver um banco de dados consistente (por vezes não houve identificação do tipo de defeito ocorrido) foi difícil avaliar quais falhas podem ou não ocorrer. Sendo assim, foi feita uma análise das falhas ocorridas e dentro dos seus tipos (eletrônico, hidráulico, pneumático, mecânico e estrutural) foi diagnosticada o sub-sistema de maior incidência e avaliada sua relevância para a operação da máquina. O resultado pode ser visto no Gráfico 3.



**Gráfico 3 – Distribuição de falhas na máquina S-12 por tipo de defeito**

**Fonte: Gerência de Equipamentos e Trilhos – MRS**

A figura anterior justifica mais ainda a necessidade de melhorar o processo de diagnóstico de falhas existente no campo, uma vez que a maior parte dos defeitos foi avaliada como indefinido (não havia especificação na descrição do defeito suficiente para diagnosticar o seu tipo). No entanto, para seguir a metodologia de implantação da MCC, pôde-se identificar o sub-sistema com maior quantidade de falhas diagnosticadas. O Gráfico 4 mostra que o sub-sistema da Banca de socaria é o que acumula maior número de falhas (24) no total apresentado na S-12 em 2006, tendo assim uma representação de 53,5% das falhas. Vale ainda dizer que este sub-sistema representa o de maior ocorrência de falhas nos sistemas apresentados no gráfico 3, excetuando-se os sistemas eletrônico e estrutural.



**Gráfico 4 - Avaliação dos sub-sistemas por quantidade de defeito identificado**

**Fonte: Gerência de Equipamentos e Trilhos – MRS**

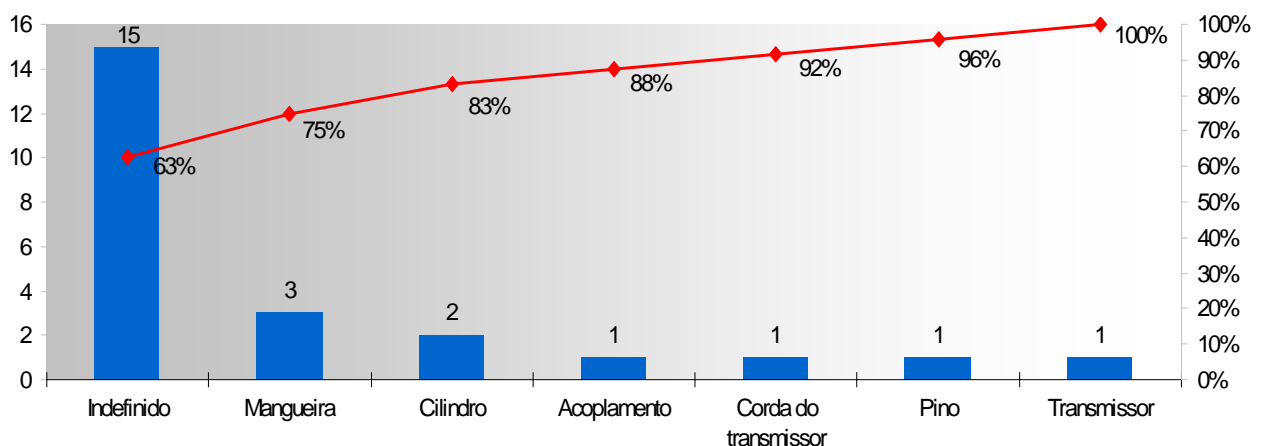
Deste modo e prosseguindo à implantação da metodologia MCC, serão identificadas a função, as falhas funcionais mais evidentes, os modos, causas e efeitos das falhas. Como informação complementar, vale dizer que o tempo médio entre falhas do sub-sistema Banca de Socaria, considerando todos os tipos de falhas e sub-sistemas é de *68 horas*.

A função principal dos sub-sistemas de Banca de Socaria é permitir a socaria do lastro no local onde esta sendo feita a correção geométrica do trilho. A falha funcional deste sistema costuma ocorrer de forma *repentina* em sua primeira manifestação e pode permanecer *intermitentemente* enquanto não for dada solução necessária. Na maior parte das vezes tem extensão *completa*, uma vez que resulta em parada da máquina e perda de produção e, devido à ineficiência da identificação da causa da falha, muitas vezes não se sabe sua *origem* nem se

há ligação com a *vida útil* do componente que falhou.

Na metodologia MCC, as falhas funcionais, que são definidas pela incapacidade do sistema de desempenhar sua função dentro de limites desejáveis de desempenho, podem ser *evidentes, ocultas ou múltiplas*. O primeiro tipo são aquelas falhas detectadas durante a operação normal das máquinas e que aparecem sem um prévio diagnóstico das condições do componente. As falhas ocultas são aquelas não identificadas e as múltiplas são aquelas que se manifestam a partir do acúmulo de falhas ocultas e falhas evidentes. Nos equipamentos de correção geométrica, quando é identificada uma falha, geralmente o componente já está no fim da sua vida útil ou com elevada taxa de desgaste. A idéia do plano de manutenção é justamente antecipar a identificação das falhas evidentes na operação e encontrar mais as falhas ocultas. Assim, associando o Plano de Manutenção ao histórico das falhas e à metodologia MCC, o prazo de atuação da vistoria das máquinas seria muito mais eficiente e estaria mais de acordo com o histórico de identificação das falhas levantado.

Os modos e as causas das falhas serão avaliados juntos porque estão muito ligados dentro do processo de análise de falhas por MCC. Dentre os componentes levantados, é possível identificar o que falhou em cada um deles e porque, no entanto, como pode ser visto na figura 13, na maior parte dos defeitos de Banca de Socaria não houve identificação do componente relacionado. Sendo assim, serão analisados os demais componentes e o que ocorreu em cada falha.



**Gráfico 5 - Avaliação dos defeitos de Banca de Socaria da S-12 por componente**

**Fonte: Gerência de Equipamentos e Trilhos – MRS**



No caso das mangueiras, o modo de falha identificado em todas as ocorrências foi o *rompimento* devido à causa *desgaste*. O mesmo diagnóstico foi feito para a corda do transmissor e para o pino, já para o acoplamento foi registrada a *quebra* (modo) e não houve diagnóstico para a causa. No caso do cilindro e do transmissor não foi possível identificar o modo nem a causa devido à falta de detalhamento na descrição da avaria. O tempo médio entre falhas de cada um dos componentes está registrado na Tabela 1 e poderá servir de base para o novo planejamento de manutenção a ser proposto.

**Tabela 1 - MTBF dos componentes que apresentaram falhas na S-12**

Componente <sup>8</sup>	MTBF
Mangueira	120 h
Mangueira do cilindro	96 h
Cilindro	84 h
Acoplamento*	96 h
Corda do Transmissor*	120 h
Pino*	144 h
Transmissor*	72 h

O efeito mais impactante na produção identificado quando há falha em algum sub-sistema das máquinas é a parada total desta e a perda de volume de produção. Nos casos de não identificação de algum componente com falha eminente ocorrerá a perda da produtividade da máquina e posteriormente esta irá parar por falha evidente. Através de entrevista com o líder do grupo ao qual pertence a S-12 foi identificado que, quando não há falha evidente e somente percebe-se uma perda de produtividade da máquina, há uma análise de alguns componentes e troca de peças que provavelmente estariam causando o problema. Ainda segundo o líder, em 13 dos 15 casos apresentados de não identificação do componente com problema, a perda de produtividade persistiu e a falha persistiu resultando em contínua baixa da produtividade da máquina. Em todas as vezes houve uma tentativa de reparo, mas por não ser possível a identificação do componente, não houve troca ou reparo. Em um dos casos de registro intermitente de falha oculta, somente após 264 horas, ou seja, 11 dias produtivos, de operação de máquina com baixa produtividade é que foi trocado o componente correto e eliminado o

<sup>8</sup> Para os componentes marcados com \*, que tem somente 1 ocorrência, o tempo registrado foi o tempo até falhar (MTTF).

defeito. Na segunda vez em que a falha continuou oculta, a máquina permaneceu 150 horas operando com baixa produtividade antes da troca do componente correto. Sendo assim, percebe-se que em mais da metade de um mês, a máquina operou com baixa produtividade por não haver identificação da falha. Estes resultados apontam para uma necessidade de maior treinamento, também para os operadores, sobre identificação dos efeitos das falhas ocorrentes e dos componentes associados.

Como mencionado, as falhas ocorridas nas máquinas representam baixa produtividade e paradas que impactam em perda de volume de produção. Este índice, além de representar uma das metas da gerência responsável por estes equipamentos, influencia diretamente na quantidade de defeitos corrigidos dentre os identificados pelo Track Star e na vulnerabilidade da via permanente quando ao número de defeitos identificados. Deste modo, desde a baixa de produtividade até a parada da máquina há alto índice de criticidade em relação às falhas encontradas nos equipamentos de correção geométrica.

#### **4.3 Seleção de funções significantes do sub-sistema selecionado**

Após a identificação do sub-sistema selecionado, levantamento dos dados e identificação das falhas com seus modos e efeitos, segue-se a identificação das funções cujas falhas tem efeito mais significativo sobre os aspectos de segurança, meio ambiente, operação e economia do processo. Estes parâmetros, segundo SIQUEIRA (2005) são os pilares que justificam a implantação da metodologia MCC. Deste modo, prossegue-se com a análise da(s) função (ões) considerada(s) significante(s).

Segundo SIQUEIRA (2005, p. 109) uma função será considerada significante “se uma falha funcional vier a provocar efeito adverso no sistema principal, com consequência sobre segurança, meio ambiente, operação e economia”. Após o levantamento de modo, causa e efeitos, foi possível perceber que o sub-sistema da Banca de Socaria tem uma função extremamente significante no processo de correção geométrica realizado pelas socadoras. Sendo assim, este sub-sistema deve seguir no processo de MCC de decisão das atividades de manutenção a serem realizadas. Futuramente as máquinas terão uma análise completa de todos os seus componentes baseada em MCC para decidir sobre o melhor processo de manutenção individual.

Baseando-se nos diagnósticos de modo, causa e efeito de falha apontados no item 4.2, percebeu-se que, para os casos de desgaste do componente, era evidente a sua identificação. Entretanto, nos outros casos, em que não havia identificação da causa, a falha pode ser identificada como *oculta*. Em alguns casos, os componentes poderia ter por desgaste, final de vida útil, sujeira, mal posicionamento ou até efeito de outra falha. Estes dados foram retirados dos relatórios de produção diária das máquinas e de entrevista com o líder do grupo da S-12, porém ainda são dados muito inconsistentes e que não podem ser extrapolados para análise das outras máquinas ou para a própria S-12 em um período de tempo maior. É para auxiliar nestes dados que a proposta de reformulação do relatório diário de produção, mencionado em 3.2.4 está sendo justificada.

#### **4.4 Listagem das atividades de manutenção aplicáveis**

Nesta etapa são analisadas as tarefas de manutenção preventiva aplicáveis na correção ou prevenção de cada modo de falha, ou ainda na redução de suas conseqüências. Caso não seja identificada nenhuma ação preventiva, pode ser proposta uma ação *default*, devendo posteriormente ser revisadas as ações de manutenção preventiva já existente.

Para as máquinas em questão, os serviços de manutenção, excetuando-se as revisões gerais, costumam ser feitos pelos próprios operadores das máquinas. Os planos de manutenção existentes vêm sendo divulgados no campo e os operadores, recém contratados e há mais tempo no trabalho, estão sendo treinados para aplicar de forma eficaz as atividades estabelecidas pelos planos. Grande parte das atividades são simples e repetitivas, não necessitando de serviço muito especializado. São atividades de alta frequência e baixa complexidade que traz bons resultados, tais como identificação de componentes com falhas eminentes. Entre elas incluem-se atividades de limpeza, ressuprimento de material consumível, abastecimento e lubrificação dos equipamentos. Além das inspeções operacionais, pode ser necessário fazer inspeções funcionais que consistem em analisar o funcionamento de determinado equipamento em uma atividade que não seja evidente à equipe dentro das atividades normais. Pode ser definido como um ensaio programado, como por exemplo, inspecionar a vedação da mangueira do extintor de incêndio.

Pelos dados levantados e passados a um responsável pelo controle das falhas encontradas, é possível fazer um controle mais apurado de um sub-sistema e analisar quantitativamente o

desenvolvimento do equipamento. Deste modo, funcionários com mais experiência poderão realizar inspeções programadas para encontrar indícios específicos de falhas potenciais, principalmente em componentes críticos. Após a avaliação, caso seja diagnosticada uma falha potencial, uma ação corretiva, de troca ou reparo do componente deve ser tomada. Esta ação deve envolver comparações de custo, tempo de parada da máquina e logística de estoque.

Ainda considerando os dados levantados na análise de falhas do sub-sistema, será possível determinar a recuperação ou substituição de um componente antes de uma determinada idade limite, prevenindo uma falha funcional. Depende de uma análise prévia do histórico de vida útil do componente.

#### **4.5 Avaliação da efetividade das atividades de manutenção listadas**

Nesta etapa, são analisadas se as ações de manutenção propostas são realmente efetivas na redução ou extinção dos modos de falhas, considerando parâmetros econômicos e operacionais. Sendo assim, uma ação considerada aplicável pode não ser efetiva, o que impede a sua utilização no processo.

Segundo SIQUEIRA (2005, p. 153), para que uma atividade seja considerada efetiva ela deve atender aos seguintes critérios simultaneamente:

- Ser aplicável tecnicamente;
- Ser viável com os recursos disponíveis;
- Produzir os resultados esperados;
- Ser executável a um intervalo razoável.

Somando-se a estes critérios, vale identificar que a atividade deve ainda ser viável economicamente quando comparada a uma outra atividade realizável para combater o mesmo modo de falha. Assim, para as atividades relacionadas no item anterior, deve haver um critério de efetividade que justifique sua aplicação.

A MRS opta por não ter um estoque grande de peças de reposição nas máquinas, fazendo com que algumas vezes seja necessária compra de novas peças com curto prazo para entrega. Em casos de itens consumíveis, tais como combustível, óleo, baterias e filtros, a troca já está

prevista nos Planos de Manutenção, no entanto nos demais casos, a troca depende de identificação da falha durante a operação do equipamento. A análise do histórico de falhas dos equipamentos permitirá que seja feito o levantamento dos prováveis períodos de vida útil dos equipamentos em operação, garantindo, assim, que as equipes de campo e a gerência responsável pela aprovação da compra de material estejam preparadas para a substituição dos componentes. Além deste efeito, a previsão dos períodos de troca dos componentes poderá garantir maior disponibilidade das máquinas e continuidade de seus índices de produtividade.

Resumindo os conceitos, para as atividades de serviço operacional, a efetividade de seus serviços de manutenção se justifica caso a frequência seja suficiente para limitar os impactos de falhas e sua aplicação não esteja fora dos padrões de higiene, saúde, segurança e conservação ambiental. Para as atividades de inspeção, a sua efetividade depende de dois requisitos básicos: que os intervalos entre inspeções possibilitem a eliminação da falha; e que a frequência das inspeções seja necessária para prevenir a falha. Além disso, e principalmente para as inspeções funcionais, a efetividade depende que a atividade não gere falhas múltiplas que impactem na segurança e na operação e ainda que não gerem mais custos que a substituição do componente/equipamento por outro que esteja em estoque. Para as atividades de restauração e substituição o importante é que elas ocorram antes do período de desgaste do componente. Além disso, tanto com a restauração quanto com a substituição, a condição de operação do equipamento não deve ser comprometida.

#### **4.6 Seleção das atividades de manutenção aplicáveis com base da efetividade**

Esta etapa depende claramente das duas anteriores. As tarefas identificadas como aplicáveis e efetivas são assim descritas considerando os resultados no processo; seus impactos operacionais; a segurança física do sistema, seus sub-sistemas e sistemas parceiros; e os impactos ambientais provocados por estas ações. Em seguida é possível gerar o Plano de Manutenção contendo as atividades identificadas para cada modo de falha. O resultado final desta etapa deve ser avaliado, além do ponto de vista técnico da manutenção, pelo ponto de vista econômico definido pela empresa.

Segundo os dados levantados de janeiro a maio de 2006 e considerando os momentos onde houve intervenção para eliminação de falha identificada, em 83% dos casos foi necessária a

troca do componente e em 17% foi possível reparar ou somente regular a máquina. Os componentes que evidenciaram falha por desgaste ou fim da vida útil devem ser inspecionados com uma frequência pré-estabelecida e mais adequada ao tempo ou à condição de utilização. A Tabela 1 (p. 44) auxilia nos tempos a serem estabelecidos para estas atividades, apesar de serem incipientes para elaboração de um Plano de Manutenção. Considerando que estes dados representam somente 5 meses e que a maior parte das falhas não foi identificada (ver Gráfico 3, p.41), não é prudente considerar exatamente estes percentuais para análise. No entanto, após a efetiva aplicação da metodologia MCC nos equipamentos de correção geométrica, será possível reformular este cenário ou garantir a sua efetividade com justificativas de custo-benefício. A vantagem maior deste tipo de análise é ter maior embasamento para garantir a escolha por determinado tipo de atividade dentro do Plano de Manutenção.

#### **4.7 Definição da periodicidade das atividades**

Nesta etapa, após definidas as atividades de manutenção aplicáveis e efetivas, são definidos alguns métodos para definição da periodicidade e frequência destas ações. Segundo SIQUEIRA (2005), é possível analisar a decisão tomada pela otimização do Plano de Manutenção, retomando assim o objetivo deste trabalho.

Segundo LAFRAIA (2001,p.35), para sistemas complexos com mais de 200 componentes, sujeitos a mais de 3 manutenções corretivas ou preventivas e para sistemas complexos com taxa de falhas independentes com causas heterogêneas a análise o modelo estatístico é o exponencial. No entanto, quando se pretende ter uma análise mais precisa dos modos de falhas dos equipamentos, o modelo é o de Weibull do qual se pode derivar o exponencial.

Os dados que foram levantados de janeiro a maio de 2006 e que foram apresentados neste trabalho são inconsistentes para servir de base para determinar a periodicidade das atividades aplicáveis e efetivas. O que é factível de ser determinado é que, dependendo das informações sobre falhas dos componentes, a troca ou recuperação de cada peça poderá ser definida individualmente, além de ser possível identificar os períodos mais prováveis de ocorrência das falhas.

#### **4.8 Proposta do planejamento da manutenção**

Após a identificação do sub-sistema, levantamento dos dados de falha, escolha das atividades de manutenção aplicáveis e efetivas, o Plano de Manutenção poderá ser reformulado. Os Planos de Manutenção existente auxiliam no programa de manutenção dos equipamentos, no entanto, considerando uma análise com mais dados sobre falhas dos componentes, será possível otimizar as intervenções e atividades propostas pelos planos.

##### **4.8.1 Modelo Geral do Plano de Manutenção**

Considerando os tempos que foram extraídos dos relatórios de produção diária (Tabela 1, p. 44) nota-se que a partir de 95 horas, aproximadamente, as mangueiras começam a apresentar condições de falha. Deste modo, o ideal seria que os Planos de Manutenção contemplassem, com menos de 95 horas atividades de inspeção funcional das mangueiras das máquinas, evitando falhas nas Bancas de Socaria. Considerando todos os componentes, propõe-se que haja esta mesma análise para os demais componentes e sub-sistemas e ainda que seja utilizado um banco de dados mais completo.

Os planos de manutenção das socadoras (ver ANEXO I) não diferenciam componentes críticos e agrupa sub-sistemas com tempo médio entre falhas diferentes, causando assim, intervenções desnecessárias e excluindo algumas que devem ocorrer com maior frequência. Através de um estudo mais aprofundado com maior quantidade de dados de falhas dos equipamentos, as atividades de manutenção poderão ocorrer em função dos períodos de vida útil dos equipamentos calculado através das informações existentes.

##### **4.8.2 Dificuldades encontradas e proposta de solução**

Este trabalho pretendia traçar períodos fixos de atividades de manutenção, no entanto com os dados de falhas dos componentes encontrados não é prudente fixar um plano de manutenção para todas as máquinas com base nestes dados. As informações foram levantadas por 5 meses e houve componente que, neste período, apresentou somente uma ocorrência de falha, não sendo possível dizer estatisticamente que há uma falha a cada 5 meses. Logo, por haver um horizonte de pesquisa reduzido, o trabalho limitou-se a analisar os dados encontrados e indicar as dificuldades existentes e que precisam ser contornadas para que o processo de implantação da metodologia MCC tenha sucesso.

Foi possível, porém, traçar metas de melhoria dos recursos de captação de informações sobre as falhas ocorridas durante a operação das máquinas, tais como a reformulação do relatório diário de produção (ver item 3.2.4). Além disso, houve a definição do caminho que se deve seguir no tratamento dos dados, iniciando-se pela identificação do sistema com maior quantidade de falhas, análise do sub-sistema crítico, cálculo do seu MTBF, busca dos componentes originários de falha e de suas causas e identificação das atividades de manutenção adequadas. Este trabalho terá continuidade na MRS propondo que esta metodologia seja realmente implantada no planejamento da manutenção dos equipamentos de correção geométrica.



## 5. Conclusão e Sugestões

O trabalho desenvolvido mostrou o processo de manutenção usados na MRS Logística e os conceitos de manutenção centrada em confiabilidade que vem sendo utilizados pelas empresas que buscam aumentar a disponibilidade e a confiabilidade dos seus equipamentos. A MRS ainda está em um estágio anterior no planejamento de sua manutenção e deve, para se tornar uma empresa de ponta também na área de manutenção, reformular os conceitos adotados atualmente.

A base de dados usada neste trabalho não demonstra completamente a realidade dos equipamentos pois busca informações de somente 5 meses do ano de 2006, no entanto, é o primeiro passo para ver os problemas e para prever o que deve acontecer com os planos de manutenção atuais. Primeiramente será preciso melhorar a captação dos dados do campo, o que já vem sendo feito através de nova reformulação da ficha de produção e da proposta de treinamentos tanto dos líderes dos grupos quanto dos demais operadores sobre a metodologia MCC e a importância dos dados de campo para a otimização dos planos de manutenção das máquinas. Com dados mais consistentes será possível definir os parâmetros de tempo, causa e efeito de falha, estabelecendo uma estimativa de vida útil de cada componente.

Seguindo a proposta de metodologia do capítulo 4, serão identificados os modos de falhas e seus efeitos, anteriormente à identificação das atividades aplicáveis e efetivas. Estas atividades deverão levar em consideração itens como custo, logística de deslocamento, capacidade de estoque (para o caso de peças substituídas) e a comparação entre troca ou reparo. O Diagrama de Decisão (Figura 4, p. 21) e os itens propostos no capítulo 4 (p.....) auxiliam nas tomadas de decisão quanto às atividades aplicáveis e efetivas, bem como a periodicidade das atividades, permitindo assim a adequada reformulação do planejamento da manutenção dos equipamentos.

É importante frisar que estas propostas podem ser adaptadas a quaisquer equipamentos da MRS Logísticas, como locomotivas, vagões e até mesmo a via permanente. A proposta é que os conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) sejam difundidos em toda a MRS, através da criação de grupos de estudo, treinamentos e cursos para as equipes de




manutenção, de modo que a empresa adote esta metodologia para realizar a manutenção em todos os seus equipamentos, aumentando, assim, a sua confiabilidade. Com a adoção dos conceitos de MCC por toda a empresa, a MRS Logística poderá ser conhecida também como empresa de ponta na área de manutenção dos seus equipamentos, aumentando assim a disponibilidade das máquinas e reduzindo os custos com manutenção. Desta forma a empresa estará preparada para atender a maiores demandas de transporte realizadas com qualidade, confiabilidade e segurança.


## ***Bibliografia***


- ARAÚJO, S. – *Procedimentos para homologação de equipamentos ferroviários* – Tese de Mestrado, IME, 1991.
- CHAGAS, J. – *Metodologia de Análise de Confiabilidade: Uma aplicação ao foguete de chaff* – Tese de Mestrado, IME, 1995.
- IRESON, W., COOMBS Jr, C., MOSS, R. – *Handbook of reliability engineering and management*. 2 ed.. Mc Graw Hill. Nova Iorque, 1995.
- LAFRAIA, J. - *Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*. Ed. Qualitymark. R. Janeiro, 2001.
- LEWIS, E.E. – *Introduciton to reliability engineering* – 2 ed., John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1996. 435p.
- LIMA, H. A. D. – *Procedimento para seleção de método para manutenção da geometria da superestrutura ferroviária* – Tese de Mestrado, IME, 1998.
- LUCATELLI, M. V. – *Proposta de aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em equipamentos médico-hospitalares* – UFSC, Florianópolis, 2002. 285p.
- MOUBRAY, J. – *Manutenção centrada em confiabilidade*; traduzido por Kleber Siqueira. 2. ed. Lutterworth, Inglaterra, 2000.426 p.
- NASSAR, Wilson Roberto – *Manutenção de Máquinas e Equipamentos* – Unisanta, Santos, 2004.
- NEPOMUCENO, L. X. – *Técnicas de Manutenção Preditiva* – 1989 Vol 1 e 2 – Edgard Blucher.
- SIQUEIRA, I. P. – *Manutenção centrada em confiabilidade*. Ed. Qualitymark. R. Janeiro, 2005. 408 p.
- TORRESCANO, F. - *Metodologia para utilização do descobrimento da função qualidade (QFD) na Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM)* – tese de Mestrado, IME, 1999.
- PLASSER E THEURER- *Catálogo dos equipamentos*
- SUCENA M. – *Apostila do curso de Manutenção da Especialização em Engenharia Ferroviária* – MRS/IME, 2006
- VASCONCELOS, V.M.A.S. – *Aplicações de RCM no metrô de São Paulo* – VII Seminário de Confiabilidade na Manutenção, 2005.

## ANEXOS

### I - Planos de manutenção das máquinas

	<b>SISTEMA DE GESTÃO DE MEIO AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO</b>	FOR-PCM-0004/00.00
ÁREA : CENTRAL DE EQUIPAMENTOS DE VIA		DATA – 23/11/05
CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE 50 HORAS PARA SOCADORA ( S - ___ )		HORIMETRO
<p>Preencher o campo "realizado" com:          "I" para inspecionado          "R" para inspecionado com realização de serviço          "F" para inspecionado não sendo possível a realização do serviço</p>		
<b>O QUE FAZER</b>		<b>REALIZADO</b>
Apertar todos os parafusos e porcas frouxos		
Inspecionar e lubrificar sistema de trava da banca de socaria		
Inspecionar vazamentos no circuito e nos cilindros hidráulicos		
Inspecionar vazamentos no circuito e nos cilindros pneumáticos		
Inspecionar bomba de lubrificação forçada da caixa de reversão ( WV-80 )		
Inspecionar as condições das correias ( tensão e desgaste )		
Inspecionar condições das baterias ( nível da água, terminais e cabos )		
Inspecionar nível de óleo dos eixos de tração ( diferenciais )		
Inspecionar nível da graxa do sistema de lubrificação forçada das bancas		
Inspecionar cones de borracha da haste guia do deslocamento lateral das bancas		
Inspecionar sistema de transmissão ( vazamentos e ruídos )		
Lubrificar articulações dos cilindros ( geral )		
Lubrificar articulações das travas dos carros de medição, puxamento e traseiro		
Engraxar mesas de referência dos carros de medição, puxamento e traseiro		
Engraxar grupos de garras		
Engraxar colar de embreagem		
Drenar água do filtro racor		
<b>SERVIÇOS EXECUTADOS EXTRA CONTROLE</b>		<b>DATA</b>
<b>QUANTIDADE</b>	<b>MATERIAL APLICADO</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>COMUNICAÇÃO DE IRREGULARIDADES</b>		<b>DATA</b>

	<b>SISTEMA DE GESTÃO DE MEIO AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO</b>	FOR-PCM-0005/00.00
ÁREA : CENTRAL DE EQUIPAMENTOS DE VIA		DATA – 23/11/05
CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE 100 HORAS PARA SOCADORA ( S - _____ )		HORIMETRO
Preencher o campo "realizado" com: "I" para inspecionado "R" para inspecionado com realização de serviço "F" para inspecionado não sendo possível a realização do serviço		
<b>O QUE FAZER</b>		<b>REALIZADO</b>
Repetir os procedimentos apresentados no controle de manutenção de 50 H		
Limpar e engraxar sistema de freio ( viagem e estacionamento )		
Limpar filtro da bomba de transferência do diesel		
Inspeccionar regulagem da embreagem		
Inspeccionar e lubrificar o sistema do acelerador		
Inspeccionar caixa desconectadora da tração hidráulica		
Inspeccionar funcionamento dos discos das tenazes		
Inspeccionar unidade de conservação pneumática de trabalho ( lubrífil )		
Inspeccionar filtro de retorno hidráulico		
Inspeccionar e engraxar as polias das bombas hidráulicas		
Inspeccionar e engraxar braço de torque e pino do tirante dos eixos de tração		
Engraxar tampas laterais da carcaça dos eixos de tração ( diferencial )		
Engraxar os eixos cardan ( geral )		
Substituir óleo lubrificante do motor		
Lubrificar sistema de alavanca e cabos de marcha		
Conferir aperto dos parafusos dos eixos cardan		
<b>SERVIÇOS EXECUTADOS EXTRA CONTROLE</b>		<b>DATA</b>
<b>QUANTIDADE</b>	<b>MATERIAL APLICADO</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>COMUNICAÇÃO DE IRREGULARIDADES</b>		<b>DATA</b>

	<b>SISTEMA DE GESTÃO DE MEIO AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO</b>	FOR-PCM-0006/00.00
ÁREA : CENTRAL DE EQUIPAMENTOS DE VIA		DATA – 23/11/05
CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE 200 HORAS PARA SOCADORA ( S - _____ )		HORÍMETRO
Preencher o campo "realizado" com: "I" para inspecionado "R" para inspecionado com realização de serviço "F" para inspecionado não sendo possível a realização do serviço		
<b>O QUE FAZER</b>		<b>REALIZADO</b>
Repetir os procedimentos apresentados no controle de manutenção de 50 e 100 H		
Substituir óleo da caixa de marcha ( AK6-80 e WV-80 )		
Substituir óleo da caixa principal		
Substituir óleo da caixa distribuidora dos diferenciais		
Substituir óleo do mancal de rolamentos intermediário do eixo cardam		
Substituir filtro de óleo lubrificante da turbina do motor		
Substituir filtro primário de ar		
Substituir filtro combustível		
Substituir filtro racor		
Substituir filtro de retorno hidráulico		
Substituir óleo dos eixos de tração ( diferenciais )		
Inspeccionar alternador e motor de partida		
Inspeccionar circuitos ativos e relês		
Inspeccionar densidade da bateria		
Limpar filtro centrífugo do óleo do motor		
Limpar externamente os radiadores		
Limpar ou trocar o respiro dos gases do cárter do motor		
<b>SERVIÇOS EXECUTADOS EXTRA CONTROLE</b>		<b>DATA</b>
<b>QUANTIDADE</b>	<b>MATERIAL APLICADO</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>COMUNICAÇÃO DE IRREGULARIDADES</b>		<b>DATA</b>



**SISTEMA DE GESTÃO DE MEIO AMBIENTE, SAÚDE E  
SEGURANÇA DO TRABALHO**

FOR-PCM-0007/00.00

ÁREA : CENTRAL DE EQUIPAMENTOS DE VIA

DATA – 23/11/05

CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE 600 HORAS PARA SOCADORA ( S - HORÍMETRO  
— )


Preencher o campo "realizado" com:

"I" para inspecionado

"R" para inspecionado com realização de serviço

"F" para inspecionado não sendo possível a realização do serviço

O QUE FAZER		REALIZADO	
Repetir os procedimentos apresentados no controle de manutenção de 50,100 e 200 H			
Inspeccionar transmissores longitudinais			
Inspeccionar transmissor do alinhamento			
Inspeccionar transmissores transversais ( pêndulos )			
Inspeccionar painéis, fixações de chaves, cabos, placas e conectores			
Inspeccionar pressão no acumulador de nitrogênio			
Inspeccionar folga dos braços e pinos das bancas			
Inspeccionar desgaste dos frisos das rodas			
Inspeccionar acoplamento dos motores de vibração			
Inspeccionar mangueiras de alimentação de combustível			
Inspeccionar filtros de sucção			
Aferir sistema de nivelamento			
Aferir sistema de alinhamento			
Substituir água do radiador ( colocar aditivo )			
SERVIÇOS EXECUTADOS EXTRA CONTROLE		DATA	HORÍMETRO
QUANTIDADE	MATERIAL APLICADO	CÓDIGO	VALOR
COMUNICAÇÃO DE IRREGULARIDADES		DATA	HORÍMETRO

	<b>SISTEMA DE GESTÃO DE MEIO AMBIENTE, SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO</b>	FOR-PCM-0008/00.00
ÁREA : CENTRAL DE EQUIPAMENTOS DE VIA		DATA – 23/11/05
CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE 1000 HORAS PARA SOCADORA ( S - _____ )		HORÍMETRO
Preencher o campo "realizado" com: "I" para inspecionado "R" para inspecionado com realização de serviço "F" para inspecionado não sendo possível a realização do serviço		
<b>O QUE FAZER</b>		<b>REALIZADO</b>
Repetir os procedimentos apresentados no controle de manutenção de 50,100,200,600		
Inspeccionar o rolamento principal do eixo de vibração da banca de socaria		
Inspeccionar as colunas guias e os apoios das ferramentas de socaria ( cone )		
Inspeccionar hélice, polia e bomba d'água		
Inspeccionar caixa principal ( geral )		
Inspeccionar compressor ( geral )		
Inspeccionar eixos de tração ( geral )		
Inspeccionar bombas hidráulicas ( geral )		
Inspeccionar motores de vibração ( geral )		
Substituir as baterias		
Substituir óleo hidráulico		
Substituir alternadores e motor de partida ( revisão )		
Ajustar válvulas e os injetores do motor térmico		
Reapertar parafusos do coletor de descarga e escapamentos		
Desmontar, limpar, inspeccionar e relubrificar os mancais de rolamentos dos eixos		
<b>SERVIÇOS EXECUTADOS EXTRA CONTROLE</b>		<b>DATA</b>
<b>QUANTIDADE</b>	<b>MATERIAL APLICADO</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>COMUNICAÇÃO DE IRREGULARIDADES</b>		<b>DATA</b>





## II – Relatório diário de produção



### RELATÓRIO DIÁRIO DE PRODUÇÃO

FOR-GET-0001/00.00  
DATA:

#### I - DADOS GERAIS DA MÁQUINA

MÁQUINA:  HORÍMETRO FINAL:  DATA:  RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_

EQUIPAGEM:

VISTO DO TÉCNICO

NÚCLEO DE VIA: \_\_\_\_\_

GERÊNCIA DE VIA: \_\_\_\_\_

ORDEM DE SERVIÇO: \_\_\_\_\_

#### II - DADOS DE PRODUÇÃO

##### 1. INTERVALOS

1º INTERVALO		2º INTERVALO		3º INTERVALO	
HORA INÍCIO	HORA FIM	HORA INÍCIO	HORA FIM	HORA INÍCIO	HORA FIM
4º INTERVALO		5º INTERVALO		6º INTERVALO	
HORA INÍCIO	HORA FIM	HORA INÍCIO	HORA FIM	HORA INÍCIO	HORA FIM

##### 2. PRODUÇÃO

	HORA INÍCIO	HORA FIM	CÓDIGO DO SERVIÇO	KM INÍCIO	KM FIM	Nº PASSES	PRODUÇÃO	LINHA
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
11.								
12.								
13.								
14.								
15.								
16.								
17.								
18.								
19.								
20.								
21.								
22.								
23.								
24.								
25.								

##### 3. JUSTIFICATIVA

---



---



---



---



---



---