

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE APLICADA À MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA

Hellen Cristina Silva Pires, hellen_pires@hotmail.com¹
Marcelo Caethano Souza Cabeça, cabecmc@ifma.edu.br¹
Diogo Paixão Gonçalves, diogo.pgoncalves@yahoo.com.br¹
Aniele Moraes Abreu, aniele_abreu@hotmail.com¹
Keyll Carlos Ribeiro Martins, kmartins@ifma.edu.br¹
Clediston Meneses Portela, portela17@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Av. Getúlio Vargas, 4, Monte Castelo – CEP 65000-000, São Luis, MA, Brasil.

Resumo: O gerenciamento da manutenção vem proporcionando cada vez mais, controle e segurança nos processos produtivos, ocasionando um aumento da produtividade, visto que garantem uma maior disponibilidade dos equipamentos a um menor custo de manutenção. Mediante sua grande importância, o presente trabalho tem como objetivo utilizar os conceitos de engenharia de confiabilidade para identificar os sistemas e conjuntos mais críticos de uma máquina socadora de linha, que é uma máquina utilizada para melhor compactação do lastro da via permanente e para correção geométrica automatizada em ferrovias, além de propor melhorias para reduzir as falhas, a indisponibilidade e aumentar a capacidade produtiva e consequentemente, a confiabilidade do equipamento.

Palavras-chave: Manutenção Centrada na Confiabilidade, Análise de Modos e Efeitos de Falhas, Árvore de Análise de Falhas.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado tecnológico tem evoluído de forma bastante rápida e intensa e, a aplicação destas novas tecnologias exige das empresas a necessidade de lidar com grandes sistemas eletromecânicos, com numerosos componentes e interações de sistemas interdependentes. A quantidade e a complexidade destes itens físicos trazem como consequência o aumento na dificuldade de manter tais equipamentos.

O objetivo da manutenção é garantir que todos estes componentes operem de forma satisfatória, desempenhando suas funções individuais com eficiência, afim de atingir sua função em conjunto com custo, prazo, qualidade e segurança adequados, garantindo a disponibilidade dos ativos para execução de suas atividades. No caso em que o sistema não consiga realizar sua função ou opere abaixo do esperado, define-se que este se encontra em estado de falha e indisponível.

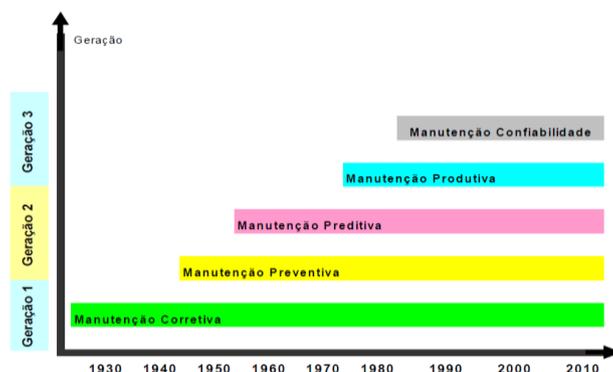
Para aumentar a disponibilidade de equipamentos, vários métodos podem ser adotados, entretanto, dentre eles destaca-se a Manutenção Centrada em Confiabilidade – MCC (do inglês Reliability Centered Maintenance - RCM), pois possui uma ampla abrangência e pode ser aplicada em diversos setores, inclusive industriais. A MCC muda o foco em relação à manutenção tradicional, pois passa a trabalhar a preservação das funções dos equipamentos e não a preservação dos equipamentos em si, além de trazer inúmeros benefícios produtivos, também permite elevar o nível de segurança e preservação do ambiente de atuação dos ativos.

Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo a implementação do método à manutenção ferroviária, especificamente a atividade de socaria de via permanente, que é realizada por uma máquina denominada socadora de via, um dos principais equipamentos de manutenção mecanizada da via permanente (linha ferroviária), a qual é usada para realizar correção geométrica da via (alinhamento / nivelamento) e socaria de via. Esta pode ser usada na manutenção corretiva, na manutenção preventiva e nas construções de linhas.

A primeira etapa deste trabalho é identificar os sistemas e componentes críticos do subsistema mecânico da socadora, denominado banca de socaria, realizado basicamente com a aplicação da Análise de Modos e Efeitos de Falhas – FMEA (do inglês *Failure Modes and Effects Analysis*), para identificar possíveis modos pelos quais os componentes falham, e construção da Árvore de Falhas – FTA (do inglês *Fault Tree Analysis*) baseada em um dos componentes, que é uma técnica dedutiva focada na falha, e determina as causas que a produzem e posteriormente analisar qualitativamente os dados obtidos e trabalhar a seleção da melhor alternativa de proposta de manutenção e/ou melhorias a serem implementadas neste processo, com a finalidade de garantir uma determinada disponibilidade do sistema produtivo por um certo período de tempo.

2. A EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

O conceito de manutenção e sua aplicação nas empresas tem evoluído de forma significativa nas últimas décadas, deixando de ser vista apenas como necessária para recolocar o sistema em operação após a ocorrência de uma falha. Atualmente as equipes de manutenção tem foco voltado para o planejamento de intervenções e utilização de materiais e peças que garantem o aumento da vida útil dos equipamentos, evitando assim custos associados a paradas não planejadas. Siqueira (2009) descreve que, desde 1930, a evolução da manutenção pode ser rastreada através de três gerações (Fig. 1): Primeira Geração: Mecanização, Segunda Geração: Industrialização e Terceira Geração: Automatização.



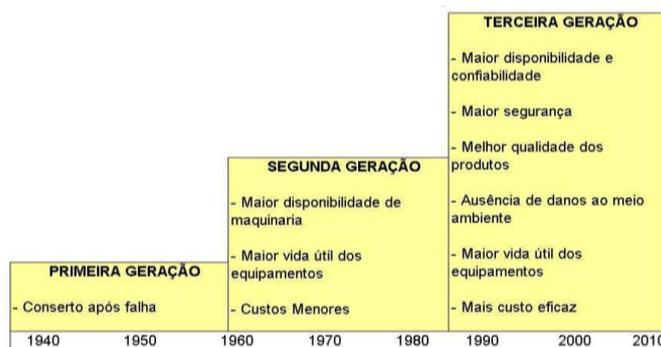
**Figura 1 – Evolução dos sistemas de manutenção
Siqueira (2009)**

Conforme a figura 1, a primeira geração dos sistemas de manutenção distingue-se pela aplicação da manutenção corretiva, onde a prevenção da falha de um equipamento não era prioridade, fazia-se apenas limpeza e lubrificação, uma vez que nessa época os sistemas produtivos não eram muito mecanizados. Tal modelo de manutenção se firmou apenas até meados da II Guerra Mundial, onde a disponibilidade de mão de obra foi restringida de maneira drástica e eventuais reparos originados por falhas súbitas e não corriqueiras dependiam de mais tempo.

Durante a II Guerra mundial e estendendo-se até o período pós guerra, deu-se a segunda geração, com o conceito de que falhas em equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, surgindo assim, a manutenção preventiva, caracterizada pelas revisões de equipamentos realizadas em intervalos predefinidos, o que ocasionou um considerável aumento no custo da manutenção, pois o número de equipamentos aumentou, fazendo com que a indústria ficasse muito dependente da disponibilidade dos equipamentos, o que motivou o desenvolvimento de técnicas de manutenção preventiva.

A terceira geração surgiu da incapacidade dessas técnicas frente às exigências da automação ocorrida na indústria a partir de 1975. O tempo de máquinas paradas afetava, cada vez mais, a capacidade produtiva, aumentando os custos operacionais e interferindo na prestação de serviço aos clientes. Nesta geração, com o surgimento do Boeing 747, aeronave que foi um marco tanto em níveis de automação, quanto em relação ao número de passageiros transportados, com a triplicação do número de assentos, o modelo de certificação até então aplicado pela FAA (Federal Aviation Authority) nos Estados Unidos, mostrou-se pouco adequado, surgindo, assim, a necessidade de se desenvolver novas metodologias capazes de reduzir a probabilidade de ocorrência de uma falha significativa. Isso motivou a criação de uma Força-Tarefa na United Airlines, em 1968, conhecida pela sigla de MSG-1 (Maintenance Steering Group), encarregada de rever a aplicabilidade dos métodos existentes a essas aeronaves. O relatório dessa comissão introduziu os conceitos de MCC, atendendo a solicitação do Departamento de Defesa americano. (SIQUEIRA, 2009)

Nesse período, o homem passou a relevar outros aspectos importantes além do aumento da disponibilidade dos ativos, como: segurança, meio ambiente e qualidade. Uma síntese dessa crescente mudança na manutenção pode ser ilustrada na Fig.2.



**Figura 2. Crescimento da manutenção
Fonte: Moubrey (1997)**

2.1. Manutenção centrada na confiabilidade

A MCC ou simplesmente RCM surgiu como um processo desenvolvido entre os anos 60 e 70, com a finalidade de determinar o que deve ser feito, para assegurar que qualquer recurso físico ou sistema continue funcionando conforme o que seus usuários necessitam.

Conforme Moubray (1997), uma definição mais ampla da MCC poderia ser “um processo que se usa para determinar o que deve fazer-se para assegurar que um elemento físico continue desempenhando as funções desejadas em seu contexto operacional presente.”

Na visão de Kardec e Nascif (2009, p. 106) “confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições definida de uso durante um intervalo de tempo estabelecido”.

Desse modo, Kardec e Nascif (2009) afirmam que a confiabilidade de um equipamento ou produto pode ser expressa pela seguinte expressão, segundo a distribuição exponencial (taxa de falhas constante):

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Onde:

- $R(t)$ = confiabilidade a qualquer tempo t ;
- e = base dos logaritmos neperianos ($e = 2,718$)
- λ = taxa de falhas (numero total de falhas por período de operação);
- t = tempo previsto de operação.

Deste modo, a MCC consiste na aplicação de um método estruturado para constituir a melhor estratégia de manutenção para um determinado sistema ou equipamento, onde começa identificando a funcionalidade ou desempenho requerido pelo equipamento no seu contexto operacional, depois identifica os modos de falha e as causas prováveis e então detalha os efeitos e conseqüências da falha. Isto permite avaliar a criticidade das falhas e onde podemos identificar conseqüências significantes que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. A metodologia permite selecionar as tarefas adequadas de manutenção integrada direcionadas para os modos de falha identificados.

O objetivo principal do RCM é reduzir custo de manutenção, focando-se nas funções mais importantes do sistema e evitando ações de manutenção que não são estritamente necessárias. O RCM realiza uma série de perguntas acerca de cada um dos elementos selecionados que compõem um sistema (RAUSAND, 1998):

- Quais são as funções e os níveis de desempenho do sistema no contexto de operação atual?
- De que modo ele falha e para de atender suas funções?
- O que causa cada falha funcional?
- O que acontece quando cada falha ocorre?
- De que modo cada falha tem importância?
- O que pode ser feito para antecipar ou prevenir cada uma das falhas?
- O que deve ser feito, caso não seja encontrada uma tarefa de manutenção adequada?

O processo da MCC e a utilização das ferramentas de apoio exigem inicialmente um perfeito entendimento de uma série de definições associadas a falhas e desempenhos dos itens físicos. Deste modo, algumas definições e informações fundamentais para o desenvolvimento da MCC.

- a. Funções: Propósito pretendido para um processo ou produto. O principal objetivo da manutenção é assegurar o desempenho mínimo das funções principais de um equipamento.
- b. Desempenho: Os equipamentos são projetados e desenvolvidos para assegurar um padrão mínimo de desempenho. Porém, em virtude do trabalho executado pelas máquinas, seus componentes acabam deteriorando-se.
- c. Falhas funcionais: Incapacidade de qualquer item físico cumprir uma função para um padrão de desempenho aceitável pelo usuário.
- d. Modo de falha: Qualquer evento que causa uma falha funcional. Ou seja, modos de falha são eventos que levam, associados a eles, uma diminuição parcial ou total da função do produto e de suas metas de desempenho.
- e. Causa da falha: Eventos que geram (provocam, induzem) o aparecimento do modo de falha, e pode ser detalhada em diferentes níveis para diferentes situações. Pode ser associada a: falha de projeto; defeitos do material, dentre outros.
- f. Efeitos da falha: Como os modos de falha afetam o desempenho do sistema do ponto de vista do cliente
- g. Conseqüências da falha: Como a empresa é afetada com a ocorrência da falha, em termos de produção, qualidade, dentre outros.

2.1.1 Falhas

Todo equipamento é projetado segundo uma especificação, ou seja, segundo a função básica que irá desempenhar. Quando um equipamento não apresenta o desempenho previsto, usa-se o termo falha para identificar essa situação

Kardec e Nascif (2009) afirmam ainda que, a falha pode representar: interrupção da produção; operação em regime instável; queda na quantidade produzida; deterioração ou perda da qualidade do produto; perda da função de comando ou proteção. Quanto maior o número de falhas, menor a confiabilidade de um item para as condições estabelecidas a priori.

A taxa de falhas é definida como o número de falhas por unidade de tempo. Usualmente é expressa em unidade de falha por milhão de horas (10^6 horas). (KARDEC e NASCIF, 2009)

A taxa de falhas (λ) é representada pela equação:

$$\lambda = \frac{\text{número de falhas}}{\text{número de horas de operação}} \quad (2)$$

A figura 3, apresenta uma curva característica típica da vida de um produto, equipamento ou sistema. Ela expressa a taxa de falhas em função do tempo (vida). A curva é conhecida também como “curva da banheira” devido ao seu formato e é válida para uma série de componentes elétricos, mecânicos e sistemas, sendo determinada a partir de estudos estatísticos.

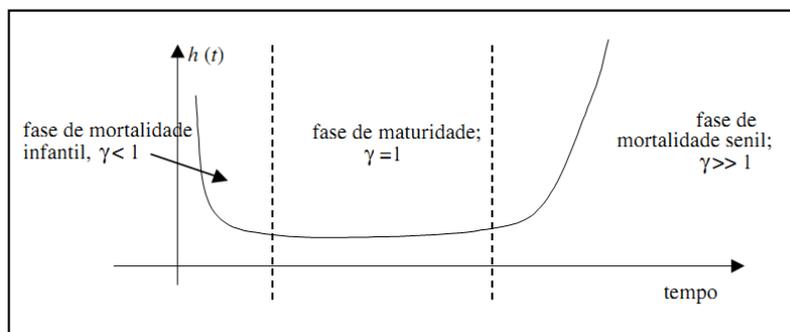


Figura 3. Curva Característica da Vida de Equipamentos (Curva da Banheira)

Fonte: Wuttke e Sellitto (2008, p. 7)

- Mortalidade Infantil: Há grande incidência de falhas causadas por componentes com defeitos de fabricação ou deficiências de projeto. Essas falhas também podem ser oriundas de problemas de instalação. A taxa de falhas diminui com o tempo, conforme os reparos de defeitos eliminam componentes frágeis ou à medida que são detectados e reparados erros de projeto ou de instalação.
- Fase de Maturidade ou Vida Útil: A taxa de falhas é sensivelmente menor e relativamente constante ao longo do tempo. A ocorrência de falhas decorre de fatores menos controláveis, como fadiga ou corrosão acelerada, fruto de interações dos materiais com o meio. Assim, sua previsão é mais difícil.
- Mortalidade Senil ou Envelhecimento: Há um aumento na taxa de falhas decorrente do desgaste natural, que será tanto maior quanto mais passar o tempo.

2.1.2 Análise dos modos e efeitos de falha

A ferramenta FMEA foi desenvolvida em 1949 por militares americanos. Ela possibilita a antecipação ou identificação de falhas ou possíveis falhas, tanto no produto como no processo. O FMEA é um método qualitativo que estuda os possíveis modos de falha dos componentes, sistemas, projetos e processos e os respectivos efeitos gerados por esses modos de falha.

O objetivo desta ferramenta é determinar o efeito da ocorrência de falha em sistemas e em equipamentos. Essa técnica é utilizada para encontrar falhas potenciais durante a etapa de projeto, reduzindo os custos de correções futuras.

Para Capaldo *et al.* (1999, p. 1), a FMEA “é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e de propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo”. O objetivo básico desta técnica é detectar possível falha antes que se produza uma peça e/ou produto, (voltando-se para a área de produção) e, com sua utilização, diminuir as chances do processo ou produto falhar, ou seja, busca aumentar sua confiabilidade.

Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA de Produto)																			
FMEA:			Responsável:				Contato:												
Data do FMEA (original):			Data Chave:				Última Revisão:												
Equipe:																			
Função	Modo de Falha	Efeito da Falha	S E V	C R I T	Causa	O C O	S	Controles Preventivos	Controles Detectivos	D E T	N P R	Ações recomendadas	Responsável	Data	Resultados das Ações				
															Ações Tomadas	S E V	O C O	D N P R	

Figura 4. Exemplo de aplicação de FMEA
Fonte: Helman e Andery (1995)

2.1.3 Árvore de falhas

A árvore de falhas é um modelo gráfico de combinações paralelas e sequenciais de falhas que podem resultar na ocorrência do efeito (cabeça da árvore). As falhas podem ser eventos associados com falhas de componentes, erro humano, falhas do sistema, assim como erros nos requisitos, erros de design e bugs em programas. E FTA utiliza lógica booleana (lógicas E e OU) para representar as combinações de falhas individuais que podem conduzir ao efeito. FTA é um método de análise qualitativa, entretanto, se as probabilidades individuais são conhecidas para todos os eventos básicos, a probabilidade do caminho crítico pode ser quantificada (AMBERKAR et. al., 2001).

Segundo Elliot (1998), o principal enfoque das árvores de falhas é a análise de falhas em sistemas complexos, particularmente onde há a oportunidade de interação de múltiplas causas potenciais. Dessa forma, é um método poderoso para descobrir e entender interações complexas que causaram (ou podem causar) a falha. FTA é provavelmente mais utilizada como uma ferramenta de análise depois de ocorrida a falha no intuito de se aplicar ações corretivas. Por essa razão é mais valiosa durante uma verificação de design e validação de processo em fases de desenvolvimento, e para análises de pós produção em problemas de campo.

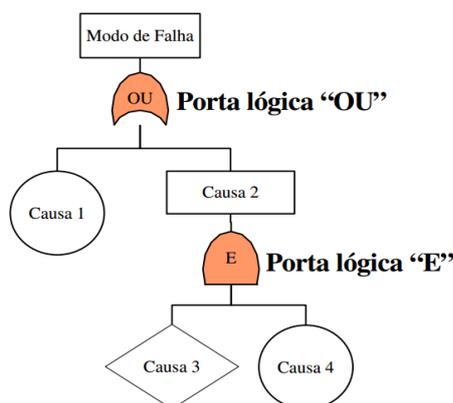


Figura 5. Sintaxe para construção da FTA

3. ATIVIDADE DE SOCARIA DE VIA PERMANENTE

A atividade de socaria de via permanente pode ser considerada como uma das mais importantes atividades de manutenção ferroviária, pois através dela é possível eliminar erros de geometria para assegurar o cumprimento de todas as exigências necessárias à disponibilidade operacional da via.

A socadora é um equipamento automotivo que por meio de rolos abraçam o boleto do trilho é capaz de erguer a via e conduzi-la para um alinhamento e/ou nivelamento mais adequado.



Figura 6. Socadora de via permanente modelo 09-3X
Fonte: Manual de Operação Plasser & Theurer

O lastro é compactado sob os dormentes por meio de vibração e de força de pressão dirigida, sendo que não é o percurso das ferramentas, mas sim suas forças ativas é que são de igual proporção. Isto significa que cada um dos braços de ataque, com sua respectiva ferramenta de soca, atua independente dos outros até atingir a pressão ajustada e assim obter o grau de compactação correspondente.

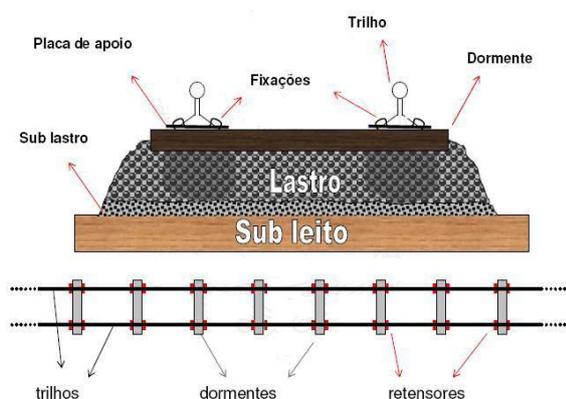


Figura 7. Elementos de via permanente

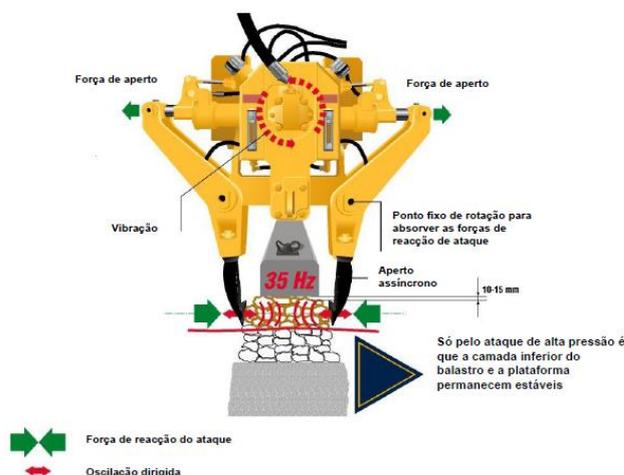


Figura 8. Socaria por pressão uniforme

O movimento de oscilação das ferramentas ocorre na frequência ótima de 35Hz, e é gerado por um eixo de vibração (eixo excêntrico) apoiado no centro de cada unidade de soca. O acionamento é realizado por um motor hidráulico. No eixo estão apoiados bielas que transmitem o movimento excêntrico às ferramentas, de forma fazê-las vibrar. As bielas são concebidas sob forma de cilindros hidráulicos. (MANUAL DE OPERAÇÃO PLASSER & THEURER)

3.1 Banca de socaria

A socadora 09-3X possui duas bancas de socaria tripartidas em relação transversal ao eixo da via, com ao todo 48 ferramentas de soca, para a socaria simultânea de três dormentes. As ferramentas de soca estão dispostas em pares, opostamente umas às outras, em ambos os lados de cada trilho. Na sua extremidade frontal, a estrutura externa das bancas de socaria está ligada ao chassi principal por meio de roletes de guia, movimentando-se em sentido longitudinal. A sua extremidade traseira se apóia na via por meio de um truque. Durante o trabalho, a máquina avança continuamente, enquanto que o quadro das bancas de socaria avança de forma cíclica, movida pela tração hidráulica de trabalho do truque da estrutura. (MANUAL DE OPERAÇÃO PLASSER & THEURER)

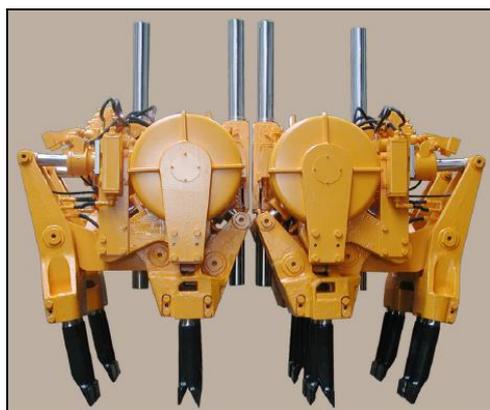


Figura 9. Banca de Socaria 09-3X

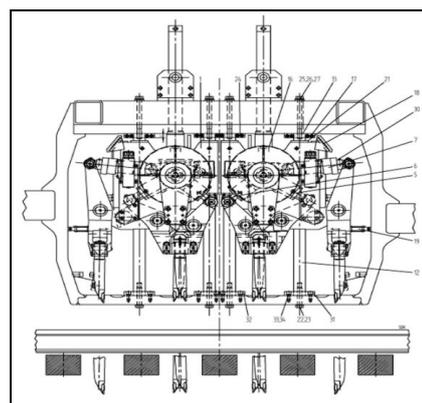


Figura 10. Desenho da Banca de Socaria

4. METODOLOGIA

O sistema de socaria foi escolhido para análise neste trabalho por ser considerada de elevada criticidade, uma vez que a atividade de socaria é responsável pela produtividade da máquina. Foram estabelecidas as fronteiras do sistema e definido o sistema mecânico como o objeto de estudo.



Figura 11. Definição das fronteiras do sistema de socaria

A criticidade dos equipamentos pode variar de acordo com uma escala de 1 a 3. A figura 11 mostra em detalhes cada classe de criticidade e seus critérios de avaliação.

CRITÉRIOS	GRADAÇÃO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
QUALIDADE Efeito da falha sobre a qualidade dos produtos	Crítico para a qualidade	Afeta indiretamente a qualidade do produto	Não causa impacto na qualidade do produto
ATENDIMENTO Efeito da falha sobre o processo produtivo	Interrompe totalmente a produção	Interrompe parcialmente a produção	Não interrompe a produção
SEGURANÇA Riscos potenciais para as pessoas e o meio ambiente	Envolve riscos de proporções graves	Envolve riscos de proporções moderadas	Envolve riscos de proporções mínimas
CUSTOS Valores envolvidos nos reparos	Elevados	Moderados	Baixos
COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA Efeitos sobre o tempo de reparo, especialização e instrumentação	Tempo de reparo elevado, requer alta especialização	Tempo de reparo aceitável, especialização regular	Não representa riscos

Figura 12. Classe de criticidade dos equipamentos de via permanente. Fonte DOC TEC 2100

As Socadoras de via permanente são consideradas de criticidade 1. O subsistema mecânico foi escolhido baseado nas análises dos perfis de perdas das Socadoras durante o ano de 2011, que relaciona os itens que mais falharam no período levantado.

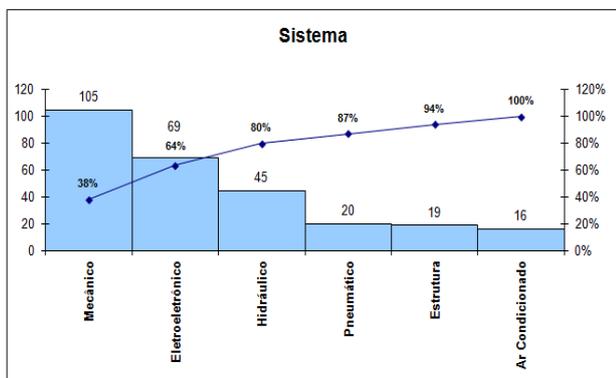


Figura 13. Pareto dos sistemas das Socadoras

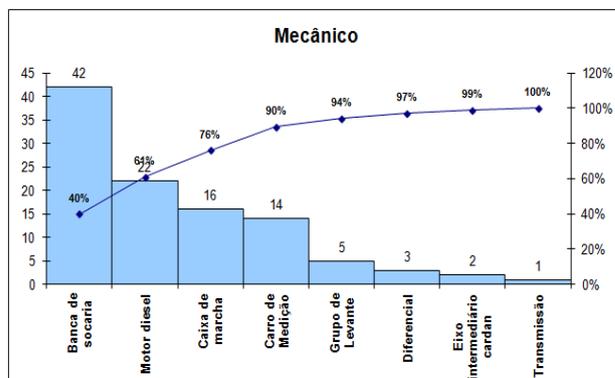


Figura 14. Pareto do subsistema mecânico

Deste modo, com base nos diagramas de Pareto podemos quantificar a banca de socaria como item crítico do sistema.

5. RESULTADOS

Primeiramente foi feita a representação por diagramas de blocos, que tem como principal vantagem a simplificação da análise do sistema.

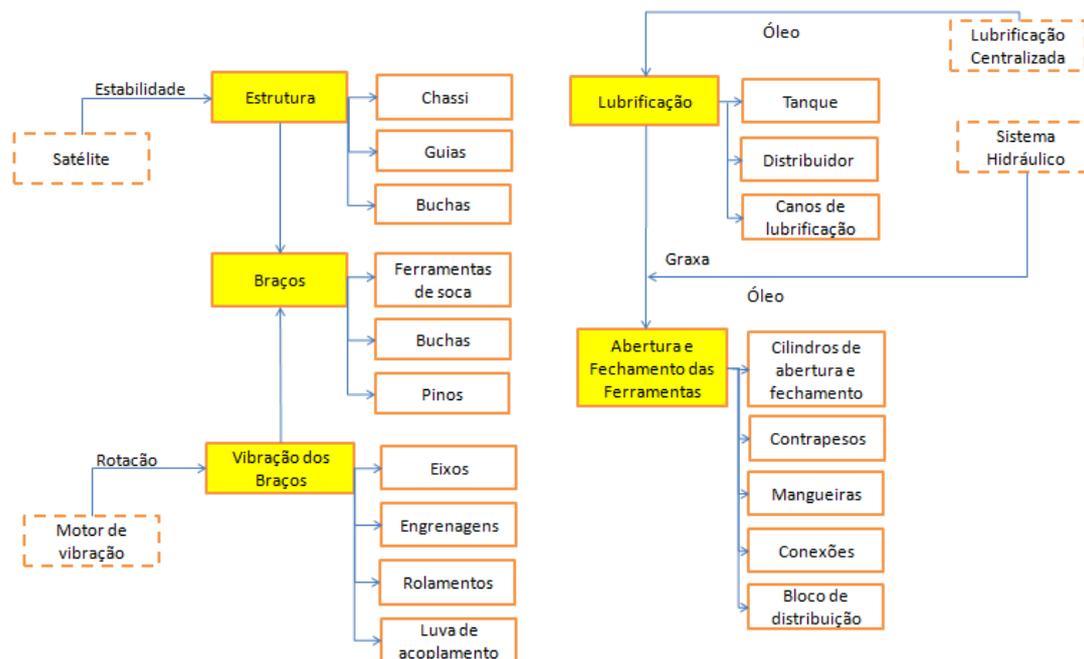


Figura 15. Diagrama de bloco funcional da banca de socaria

Prevenir e corrigir falhas constituem os objetivos primários da manutenção. Para isto é necessário conhecer as formas como os sistemas falham. Nesta etapa foram identificadas e documentadas todas as funções e seus modos de falha, assim como os efeitos adversos produzidos por elas, utilizando a metodologia FMEA, com o propósito de avaliar, documentar, e priorizar o impacto potencial de cada modo de falha associado ao item em estudo, visando definir formas de prevenção ou correção.

A seguir, está descrito o FMEA referente a um dos itens da banca de socaria, que tem por objetivo aumentar a operacionalidade da socadora, melhorar a segurança e reduzir os custos de manutenção.

ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA

Produto: Socadora de Via Permanente

Modelo: 09-3X

Sistema: Socaria

Subsistema: Mecânico

Definição do Subsistema: Banca de Socaria

Descrição do Item	Função	Modos de Falha	Efeitos	Classificação	Causas	Controles Atuais	Si	Oi	Di	RPN
Chassi	Suportar os esforços de carga produzidos pelos movimentos dos componentes da banca, bem como o peso da carga em estado estático.	1. Corroído/Desgastado	1.1 Folga na fixação dos componentes	Significante	1.1 Pintura desgastada	Inspeção visual, sensível e preditiva	5	1	3	15
			1.2 Aumento de vibração nos componentes		1.2 Falta de lubrificação nas fixações					
			1.3 Manutenção postergada		1.3 Manutenção postergada					
		2. Trincado	2.1 Aumento de vibração nos	Intermediário	2.1 Esforço excessivo	Inspeção visual e ensaios não destrutivos	6	1	3	18
			2.2 Quebra no chassi		2.2 Manutenção postergada					
		3. Fraturado	3.1 Perda na fixação dos componentes e parada da banca	Crítico	3.1 Esforço excessivo	Inspeção visual e sensível	7	3	1	21
					3.2 Erro de operação					
3.3 Falta de inspeção	3.3 Falta de inspeção									
			3.4 Colisão							

Legenda:

NPR = S x O x D, em que:

S: severidade

O: ocorrência

D: detecção

Posteriormente o FMEA será expandido para todos os itens da banca, pois isto ajudará a selecionar de forma muito clara os pontos críticos do subsistema e estabelecer novos planos de manutenção centrada em confiabilidade.

Realizamos ainda a construção da FTA centrada em um evento particular denominado de evento topo, e os demais eventos determinam as causas que o produzem.

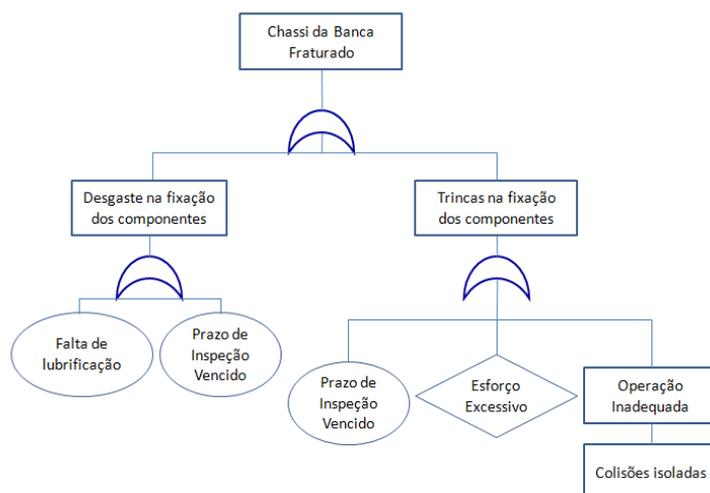


Figura 16. FTA do chassi da banca

Conforme pode ser observado, a árvore de falhas facilita a evidência de pontos críticos do sistema (conjunto de falhas), onde através dessa análise, podem ser melhorados os sistemas que operam dentro da banca de socaria ou instalados novos componentes que visam a redução de ocorrências de falhas severas e aumentando a segurança do sistema de socaria.

6. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho espera-se ter contribuído para o desenvolvimento e aplicação da MCC em equipamentos de manutenção de via permanente e de ter mostrado a importância que a confiabilidade exerce no contexto atual, definindo uma metodologia de análise de modos de falhas e efeitos no sistema principal.

A combinação de uma ou mais falhas de um equipamento e/ou erros humanos causa a perda da função do sistema, portanto a RCM foca o diagnóstico na redução de falhas resultantes de manutenção inadequada, bem como auxilia na identificação de falhas prematuras dos equipamentos introduzidas pelos erros de manutenção. A análise da RCM pode recomendar mudanças ou modificações de projeto e/ou melhoramentos operacionais quando a confiabilidade do equipamento não pode ser assegurada através da manutenção.

Assim, com a evolução da discussão sobre o assunto no meio ferroviário e com maior engajamento das pessoas, surgirão grandes oportunidades de complementação e implantação de melhorias deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- Capaldo, D.; Guerrero, V. E Rozenfeld, H. 1999. FMEA (Failure Model and Effect Analysis). Disponível em http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEAv2.html, acesso em 13/02/2012.
- Helman, H.; Andery, P. R. P. Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte:Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1 ed., 1995.
- Marques, F.T.M et al. Sistemas de Controle de Manutenção. Itajubá: UNIFEI, 2003.
- Moubray, J. Reliability centered maintenance. Industrial Press, 2000, 426p.
- Plasser & Theurer. Socadora de via 09-3X Dynamic Express. Manual de Operação, 2005, págs. A1 a C44
- Rausand, M. Reliability centered maintenance. Reliability Engineering and System Safety 60, p. 121-132. 1998.
- Reliasoft Brasil. Manutenção Centrada em Confiabilidade. São Paulo, 2006. 142 p.
- Siqueira, Iony Patriota de. Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação.1. Reimpressão. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 408 p.
- Wuttke, R. A.; Sellitto, M. A. Cálculo E Disponibilidade Da Posição Na Curva Da Banheira De Uma Válvula E Processo Petroquímico. Revista Produção online. Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO, 2008. Disponível em <http://www.producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/download/134>. Acesso em 01 de fevereiro de 2012.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

MAINTENANCE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE APPLIED TO RAILWAY

Hellen Cristina Silva Pires, hellen_pires@hotmail.com¹
Marcelo Caethano Souza Cabeça, cabecmc@ifma.edu.br¹
Diogo Paixão Gonçalves, diogo.pgoncalves@yahoo.com.br¹
Aniele Moraes Abreu, aniele_abreu@hotmail.com¹
Keyll Carlos Ribeiro Martins, kmartins@ifma.edu.br¹
Clediston Meneses Portela, portela17@gmail.com¹

¹Federal Institute of Education, Science and Technology of Maranhao, Av. Getúlio Vargas, 4, Monte Castelo – CEP 65000-000, São Luis, MA, Brasil.

Abstract: *The maintenance management has been providing more and more security and control in manufacturing processes, resulting in increased productivity, since they ensure a greater availability of equipment at a lower cost of maintenance. Through its great importance, this study aims to use the concepts of reliability engineering and systems to identify the most critical sets of a machine socadora line, which is a machine used for better compression of the ballast of the permanent way and geometric correction automated railroads, and propose improvements to reduce failures, downtime and increase productive capacity and thus the reliability of the equipment.*

Keywords: *Reliability Centered Maintenance Analysis, Failure Modes and Effects, Fault Tree Analysis.*

COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the content of the printed material included in this work.