

Manutenção Centrada na Confiabilidade em ferrovias de cargas em área urbana.

Therezinha Maria da Silva Dias¹; Frederico Augusto Costa²; Sergio Cassemiro³. Danilo Martelli⁴; Bruno Machado⁵; Gabriella Vitorino Guimarães⁶;

¹Therezinha Maria da Silva Dias;

²Frederico Augusto Costa;

³Sergio Cassemiro;

⁴Danilo Martelli;

⁵Bruno Machado;

⁶Gabriela Vitorino Guimarães;

Instituto Militar de Engenharia, Mestrado em Transportes, Praça General Tibúrcio, 80 - Urca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 22290-270, (21) 2546-7080, www.ime.eb.br

RESENHA

Este estudo tem como objetivo uma análise da manutenção centrada na confiabilidade em ferrovias de cargas em área urbana. Atualmente a manutenção de um sistema pode ser considerada uma atividade estratégica, onde os resultados estão diretamente interligados ao desempenho, confiabilidade, segurança no transporte e na redução dos custos, pois mais de 70% do custo total durante o ciclo de vida da ferrovia são despendidos em manutenção dos materiais rodantes e via permanente. O transporte ferroviário de cargas tem como foco em segurança, rapidez e eficiência no transporte de mercadorias para maximizar os lucros, ou seja, aumentar a disponibilidade e a confiabilidade do sistema, sem afetar o planejamento financeiro, sem causar impactos ambientais, danos ao patrimônio público, privado e humano, principalmente em área urbana, onde a densidade populacional é maior. Uma forma de se alcançar este objetivo é a utilização de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) como uma ferramenta importante que se destina, entre outras coisas, à identificação de atividades de manutenção que possam minimizar as interrupções, aumentando-se a disponibilidade e a confiabilidade de forma contínua. Portanto, este estudo está dividido em três partes principais: uma breve revisão histórica do transporte ferroviário de cargas brasileiro; um diagnóstico dos acidentes mais comuns e um estudo de caso utilizando a MCC como ferramenta para auxiliar na minimização de acidentes e maximização da utilização de ativos ferroviários.

PALAVRAS-CHAVES

Manutenção; Confiabilidade; Ferrovia de carga; área urbana

INTRODUÇÃO

Atualmente no transporte ferroviário a manutenção de um sistema pode ser considerada uma atividade estratégica, onde os resultados estão diretamente interligados ao desempenho, confiabilidade, segurança no transporte e na redução dos custos, pois mais de 70% do custo total durante o ciclo de vida da ferrovia são despendidos em manutenção de material rodante e via permanente.

Segundo a ANTF (2013) estão previstas aquisições 15.485 vagões entre 2014 a 2016 para conseguir atingir a expectativa de crescimento da produção ferroviária de 21,9% entre 2012 a 2015 e uma projeção de aumento na movimentação de carga transportada pelas ferrovias de 24,7%, chegando ao volume transportado de 600 milhões de toneladas úteis.

Após as privatizações da malha ferroviária brasileira, os acidentes ferroviários de cargas obtiveram uma diminuição consideravelmente, porém ainda está longe de ser o ideal quando comparado a países desenvolvidos, por isto é importante o emprego de técnicas que viabilizem a melhoria nos transportes de cargas.

O conceito de sistema, segundo Bertalanffy (1950), é um conjunto de elementos dinamicamente relacionados entre si, formando uma atividade para atingir um objetivo, operando sobre entradas (informação, energia, matéria) e fornecendo saídas (informação, energia, matéria) processadas. Com base neste conceito, iremos abordar a manutenção centrada na confiabilidade (MCC) como uma ferramenta importante que se destina, entre outras coisas, à identificação de atividades de manutenção que possam minimizar as interrupções, aumentando-se a disponibilidade e a confiabilidade de forma contínua.

DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

1. Definição de Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC

MCC é definida por Seixas (2002) como método para desenvolver e selecionar projetos alternativos de manutenção, baseados em critérios econômicos, de segurança e operacionais. A manutenção centralizada em confiabilidade utiliza a perspectiva do sistema para análise das funções do sistema, das falhas das funções e da prevenção das falhas. A MCC (ou RCM - Reliability-Centred Maintenance) iniciou sua aplicação no setor aeronáutico a partir de desenvolvimentos de aviões de grande porte. Posteriormente diversas aplicações foram conduzidas em diversos setores, tais como: área marítima, conversão de energia solar, geração e distribuição de energia e em áreas ferroviárias, inclusive no Brasil.

Segundo Seixas (2002), a manutenção tradicional é desempenhada em um sistema, ou conjunto de componentes, do mesmo modo, sem considerar as diferenças das funções entre componentes dentro de um mesmo sistema. A manutenção tradicional foi desenvolvida com pouca ou nenhuma consideração em relação “como cada item do equipamento contribui para o sucesso global”. Para Panzini (2008), na MCC a frequência e as atividades de manutenção são desenvolvidas observando “como cada item contribui para manter a função do sistema”. Este método não é a cura de todos os males ou uma bola mágica para desenvolver todos os problemas industriais. O sucesso de cada aplicação depende, sobretudo, de apoio gerencial, da criatividade da equipe na utilização do método e do grau de cooperação do pessoal da instalação envolvidos com os sistemas.

2. Conhecimento do Sistema

Inicialmente, iremos elencar e definir os componentes mais relevantes de um vagão (como exemplo), pois é importante visualizarmos sobre o que estamos tratando, e após concluirmos esta etapa, iremos analisá-los utilizando a MCC como ferramenta.

2.1 Vagão: é um veículo em um sistema de transporte ferroviário (trem ou comboio) que é usado para o transporte de carga, puxados por uma ou mais locomotivas, podendo ser de vários tipos: fechados, plataformas, gôndolas, tanques ou/e Hoppers.

3. Decomposição do Sistema

Um vagão é constituído basicamente pelos seguintes componentes:

3.1 Estrutura: é a parte do vagão que engloba a superestrutura (caixa ou plataforma, escada, travessa e montantes) e a infraestrutura (longarina central, prato pião superior e travessa).

3.1.1 Superestrutura: é a caixa ou plataforma do vagão que é responsável pelo acondicionamento da carga transportada. Deve ter sua construção adaptada para o tipo de carregamento/descarga a ser utilizado. Os materiais usados na construção da superestrutura devem ter alta resistência mecânica e proteção contra corrosão atmosférica. Em caso de utilização no transporte de cargas mais agressivas ou transporte de alimentos sensíveis à contaminação, é recomendável a pintura da região de contato com o produto. As tolerâncias dimensionais e os aspectos ligados à montagem dos conjuntos e o adequado fechamento das caixas, qualidade das uniões soldadas, no Brasil, devem seguir os padrões indicados pela AAR (Association of American Railroads).

A superestrutura é tem alguns componentes principais que podem ser listados como: Escada, Caixa, Travessas e Montantes.

3.1.2 Infraestrutura: é a estrutura sobre a qual se assenta a caixa ou plataforma do veículo. Tem a função de transmitir o peso destas cargas ao truque e as forças de um veículo ao outro através do sistema de choque e tração. Também é conhecida como estrado e seus principais componentes básicos são a Longarina Central, o Prato Pião Superior e as travessas.

3.2 Acoplamento: é conjunto de componentes instalados nas cabeceiras dos estrados, com a finalidade de acoplar os vagões entre si e com a locomotiva. Esse sistema transmite forças de tração e de compressão existentes entre vagões numa composição, sendo também responsável pela absorção de choques.

3.2.1 Engate: é composto fisicamente de um corpo fundido, mandíbula e diversos componentes que operam no travamento ou destravamento da mandíbula, fazendo com que os vagões acoplem e permaneçam acoplados, bem como se desacoplem um do outro.

Principais tipos de engates são os do tipo F e E. Os do tipo F são engates usualmente utilizados para operar em trens longos e com altas cargas por eixo, gerando situações com restrições de movimento vertical e sistema de descarga rotativo. Já os engates do tipo E são usualmente utilizados em operações de vagões de pequena distância entre truques, capacidade por eixo limitada à até 25 Toneladas / eixo e sistemas com movimentos verticais entre engates.

Os Componentes mais conhecidos dos engates são: a mandíbula, a castanha, o pino da mandíbula, o acionador, o rotor, a haste de manobra e a chaveta.

3.2.2 Aparelho de choque e tração (ACT): a função do Aparelho de Choque é amortecer os impactos que a tração sofre no momento de compressão e tração dos vagões. Cada componente interno do Aparelho de Choque tem sua função e particularidade. Pode-se destacar os componentes do ACT mais conhecidos como: molas, cunha central, placas móveis e as placas internas estacionárias.

3.2.3 Braçadeira: é o elemento que liga o engate ao ACT, e varia de acordo com o tipo de engate para o qual é projetado. É do tipo E ou F, podendo acomodar engates do tipo fixo e rotativo.

3.3 Freio: a finalidade básica de um sistema de freios é controlar, com segurança, a velocidade do trem nas várias condições de rampa ascendente e descendente e em nível nos limites de bloqueio estabelecidos pelos sinais ou nas situações de paradas/estacionamento. O sistema de freio se divide basicamente em sistema pneumático (aqueles que necessitam de componentes AR para poder cumprir com sua funcionalidade), e mecânico. No sistema pneumático podemos destacar a Válvula (componente responsável pela aplicação e alívio dos freios dos vagões, a qual atua pela diferença de pressão entre o encanamento geral e o reservatório de ar do vagão). Normalmente existe uma válvula para

cada vagão e estas válvulas tem diversos componentes como os pistões, as gavetas, os filtros, as juntas e as buchas.

Uma válvula específica pode ser enfatizada devido a sua importância no sistema, a Válvula Vazio/Carregado. Esta válvula é responsável por regular a relação de alavanca quando o vagão está vazio (relação diminui) ou carregado (relação aumenta).

Além destes componentes, diversas outras partes podem ser citadas quando fala-se de freio de vagões ferroviários, ou seja, existem ainda os Reservatório, Cilindro de freio, Retentor de alívio, Coletor de pó, Encanamento (Encanamento geral, Torneira Angular e Encanamento auxiliar). A parte do sistema Mecânico é responsável pela função de reagir ao funcionamento do sistema de ar com seus componentes como a timoneria, a sapata, o ajustador e o freio manual.

3.4 Truque: parte do vagão responsável por transmitir a massa do mesmo para a via, através do contato roda trilho. Além disso, o truque tem a função de amenizar as imperfeições da via ao transmitir para a estrutura. Isso evita acidentes como tombamentos e descarrilamentos. Os truques dotam-se basicamente da aranha do truque, suspensão e rodeiros.

- A aranha do truque é composta por travessa lateral, travessa central, prato pião inferior e ampara balanço. Esta tem como função principal de apoiar a caixa do vagão e fazer a ligação com os rodeiros e assentar a suspensão com vagão.
- Já a suspensão do vagão é o sistema de absorção de imperfeições da via, que auxilia a evitar descarrilamentos e tombamentos. A suspensão de um vagão é bem mais rústica que a de um carro de passageiros ou um automotor, contudo é composta por molas, cunha e molas de cunha.
- Os Rodeiros é um conjunto formado por duas rodas, um eixo e dois mancais de rolamento. Uma de suas principais características é a bitola que expressa a distância entre as rodas.

4. Determinação dos pesos referentes à severidade e às probabilidades de ocorrência e detecção de falhas dos componentes inferiores definidos anteriormente (métodos Ad Hoc ou Delphi).

Para realizar essa etapa, fez-se uso de três tabelas que trazem índices de 0 a 10 para PSF (Peso a respeito da Severidade da Falha), para PPOF (Peso a respeito da Probabilidade de Ocorrência da Falha) e para PPDF (Peso a respeito da Probabilidade de Detecção da Falha). Dessa forma, a tabela 1, mostra os resultados encontrados:

É importante salientar que estes pesos foram atribuídos pelos autores devido a experiência vivenciada na manutenção de vagões em concessionárias ferroviárias do Brasil. Estes valores poderão sofrer alterações de acordo com cada ferrovia, ou seja, isto está diretamente ligado ao fator de carga, contato roda trilhos da ferrovia e idade dos ativos.

Tabela 1 - Pesos atribuídos aos componentes dos sistemas.

NÍVEL 2	NÍVEL 3	NÍVEL 4	NÍVEL 5	VAGÃO	PSF	PPOF	PPDF
X				1. ESTRUTURA	8	6	8
	X			1.1 SUPERESTRUTURA	4	3	1
		X		1.1.1 ESCADA	1	1	1
		X		1.1.2 CAIXA	3	3	1
		X		1.1.3 TRAVESSAS	4	3	1
		X		1.1.4 MONTANTES	4	3	1
	X			1.2 INFRAESTRUTURA	8	6	8
		X		1.2.1 LONGARINA CENTRAL	8	3	5
		X		1.2.2 PRATO PIÃO SUPERIOR	8	6	8
		X		1.2.3 TRAVESSAS	4	2	3
X				2. ACOPLAMENTO	8	8	10
	X			2.1 ENGATE	8	8	7
		X		2.1.1 MANDÍBULA	5	8	1
		X		2.1.2 CASTANHA	3	6	3
		X		2.1.3 PINO DA MANDÍBULA	1	6	2
		X		2.1.4 ACIONADOR	3	5	3
		X		2.1.5 ROTOR	3	6	2
		X		2.1.6 HASTE DE MANOBRA	2	7	1
		X		2.1.7 CHAVETA	8	7	7
	X			2.2 ACT	7	6	10
		X		2.2.1 MOLAS	7	6	10
		X		2.2.2 CUNHA CENTRAL	7	5	10
				2.2.3 PLACAS MÓVEIS	7	5	10
				2.2.4 PLACAS INTERNAS ESTACIONÁRIAS	7	5	10
	X			2.3 BRAÇADEIRA	7	3	10
X				3. FREIO	7	10	10
	X			3.1 PNEUMÁTICO	7	10	10
		X		3.1.1 VÁLVULA	7	10	10
			X	3.1.1.1 PISTÃO	7	7	9
			X	3.1.1.2 GAVETA	7	6	10
			X	3.1.1.3 FILTRO	4	1	10
			X	3.1.1.4 JUNTAS	7	5	8
			X	3.1.1.5 BUCHA	7	10	10
		X		3.1.2 VÁLVULA VAZIO/CARREGADO	3	2	10
		X		3.1.3 RESERVATÓRIO	3	1	7
		X		3.1.4 CILINDRO DE FREIO	3	4	9
		X		3.1.5 RETENTOR DE ALÍVIO	4	6	9
		X		3.1.6 COLETOR DE PÓ	3	6	9
		X		3.1.7 ENCANAMENTO	7	5	5
			X	3.1.7.1 ENCANAMENTO GERAL	7	3	5
			X	3.1.7.2 TORNEIRA ANGULAR	5	5	4
			X	3.1.7.3 ENCANAMENTO AUXILIAR	6	2	3
	X			3.2 MECÂNICO	5	8	8
		X		3.2.1 TIMONERIA	5	5	3
		X		3.2.2 SAPATA	5	8	2
		X		3.2.3 AJUSTADOR	5	7	8
		X		3.2.4 FREIO MANUAL	5	7	2
X				4. TRUQUE	10	8	10
	X			4.1 ARANHA DO TRUQUE	8	6	8
		X		4.1.1 TRAVESSA LATERAL	4	1	1
		X		4.1.2 TRAVESSA CENTRAL	8	6	8
			X	4.1.2.1 PRATO PIÃO INFERIOR	8	6	8
			X	4.1.2.2 AMPARA BALAÇO	8	6	1
	X			4.2 SUSPENSÃO	7	8	10
		X		4.2.1 MOLA	5	8	3
		X		4.2.2 CUNHA	7	7	1
		X		4.2.3 MOLA DA CUNHA	7	4	10
	X			4.3 RODEIRO	10	7	10
		X		4.3.1 EIXO	10	2	1
		X		4.3.2 RODA	9	7	1
		X		4.3.3 ADAPTADOR	6	7	5
		X		4.3.4 ROLAMENTO	10	7	10
			X	4.3.4.1 RETENTOR	10	7	7
			X	4.3.4.2 GRADE	8	4	10
			X	4.3.4.3 ROLETES	10	5	10
			X	4.3.4.4 ESPAÇADOR	7	1	10

Fonte: Autores

5. Cálculo dos IR's correspondentes e alocação do IR máximo ao nível imediatamente superior.

O IR é calculado através da multiplicação dos três pesos atribuídos anteriormente. Depois de feito isso, aloca-se o IR máximo ao nível imediatamente superior, para que seja possível chegar ao sistema mais crítico do vagão, ver tabela 2.

Tabela 2 - Cálculo do IR

NÍVEL 2	NÍVEL 3	NÍVEL 4	NÍVEL 5	VAGÃO	PSF	PPOF	PPDF	IR
X				1. ESTRUTURA	8	6	8	384
	X			1.1 SUPERESTRUTURA	4	3	1	12
		X		1.1.1 ESCADA	1	1	1	1
		X		1.1.2 CAIXA	3	3	1	9
		X		1.1.3 TRAVESSAS	4	3	1	12
		X		1.1.4 MONTANTES	4	3	1	12
	X			1.2 INFRAESTRUTURA	8	6	8	384
		X		1.2.1 LONGARINA CENTRAL	8	3	5	120
		X		1.2.2 PRATO PIÃO SUPERIOR	8	6	8	384
		X		1.2.3 TRAVESSAS	4	2	3	24
X				2. ACOPLAMENTO	8	8	10	420
	X			2.1 ENGATE	8	8	7	392
		X		2.1.1 MANDÍBULA	5	8	1	40
		X		2.1.2 CASTANHA	3	6	3	54
		X		2.1.3 PINO DA MANDÍBULA	1	6	2	12
		X		2.1.4 AÇIONADOR	3	5	3	45
		X		2.1.5 ROTOR	3	6	2	36
		X		2.1.6 HASTE DE MANOBRA	2	7	1	14
		X		2.1.7 CHAVETA	8	7	7	392
	X			2.2 ACT	7	6	10	420
		X		2.2.1 MOLAS	7	6	10	420
		X		2.2.2 CUNHA CENTRAL	7	5	10	350
				2.2.3 PLACAS MÓVEIS	7	5	10	350
				2.2.4 PLACAS INTERNAS ESTACIONÁRIAS	7	5	10	350
	X			2.3 BRAÇADEIRA	7	3	10	210
X				3. FREIO	7	10	10	700
	X			3.1 PNEUMÁTICO	7	10	10	700
		X		3.1.1 VÁLVULA	7	10	10	700
			X	3.1.1.1 PISTÃO	7	7	9	441
			X	3.1.1.2 GAVETA	7	6	10	420
			X	3.1.1.3 FILTRO	4	1	10	40
			X	3.1.1.4 JUNTAS	7	5	8	280
			X	3.1.1.5 BUCHA	7	10	10	700
		X		3.1.2 VÁLVULA VAZIO/CARREGADO	3	2	10	60
		X		3.1.3 RESERVATÓRIO	3	1	7	21
		X		3.1.4 CILINDRO DE FREIO	3	4	9	108
		X		3.1.5 RETENTOR DE ALÍVIO	4	6	9	216
		X		3.1.6 COLETOR DE PÓ	3	6	9	162
		X		3.1.7 ENCANAMENTO	7	5	5	105
			X	3.1.7.1 ENCANAMENTO GERAL	7	3	5	105
			X	3.1.7.2 TORNEIRA ANGULAR	5	5	4	100
			X	3.1.7.3 ENCANAMENTO AUXILIAR	6	2	3	36
	X			3.2 MECÂNICO	5	8	8	280
		X		3.2.1 TIMONERIA	5	5	3	75
		X		3.2.2 SAPATA	5	8	2	80
		X		3.2.3 AJUSTADOR	5	7	8	280
		X		3.2.4 FREIO MANUAL	5	7	2	70
X				4. TRUQUE	10	8	10	500
	X			4.1 ARANHA DO TRUQUE	8	6	8	384
		X		4.1.1 TRAVESSA LATERAL	4	1	1	4
		X		4.1.2 TRAVESSA CENTRAL	8	6	8	384
			X	4.1.2.1 PRATO PIÃO INFERIOR	8	6	8	384
			X	4.1.2.2 AMPARA BALAÇO	8	6	1	48
	X			4.2 SUSPENSÃO	7	8	10	280
		X		4.2.1 MOLA	5	8	3	120
		X		4.2.2 CUNHA	7	7	1	49
		X		4.2.3 MOLA DA CUNHA	7	4	10	280
	X			4.3 RODEIRO	10	7	10	500
		X		4.3.1 EIXO	10	2	1	20
		X		4.3.2 RODA	9	7	1	63
		X		4.3.3 ADAPTADOR	6	7	5	210
		X		4.3.4 ROLAMENTO	10	7	10	500
			X	4.3.4.1 RETENTOR	10	7	7	490
			X	4.3.4.2 GRADE	8	4	10	320
			X	4.3.4.3 ROLETES	10	5	10	500
			X	4.3.4.4 ESPAÇADOR	7	1	10	70

Fonte: Autores

Após analisar os IR's é possível concluir que o sistema crítico é o freio e o componente crítico do freio é a válvula. Especificando ainda mais, é possível chegar no componente da válvula mais crítico, que é a bucha.

6. Aplicando a metodologia do MCC no componente crítico (válvula)

6.1 Conhecer o sistema

O sistema de freio é o responsável por controlar a velocidade do trem, através da aplicação ou alívio do manípulo de freio, realizado pelo maquinista. O sistema de freio se divide em duas partes: pneumático e mecânico.

O componente crítico encontrado foi à válvula, como dito anteriormente. A válvula atua quando o maquinista inicia uma aplicação de freio gerando uma diferença de pressão a no

encanamento geral com relação à pressão do reservatório de ar, comprimindo assim as sapatas contra os rodeiros a partir de envio de ar comprimido do reservatório a fim de tentar reequilibrar a pressão. No momento que o maquinista posiciona o manipulador na posição de alívio, a pressão do encanamento geral começa a se elevar, fazendo com que a válvula assuma uma nova posição liberando o ar do cilindro de freio para a atmosfera. Este efeito é desempenhado pelos Pistões, Gaveta, Filtro, Juntas e Bucha.

Conforme numeração adotada nas tabelas anterior, pode-se diagramar o sistema de freio conforme figura 1.

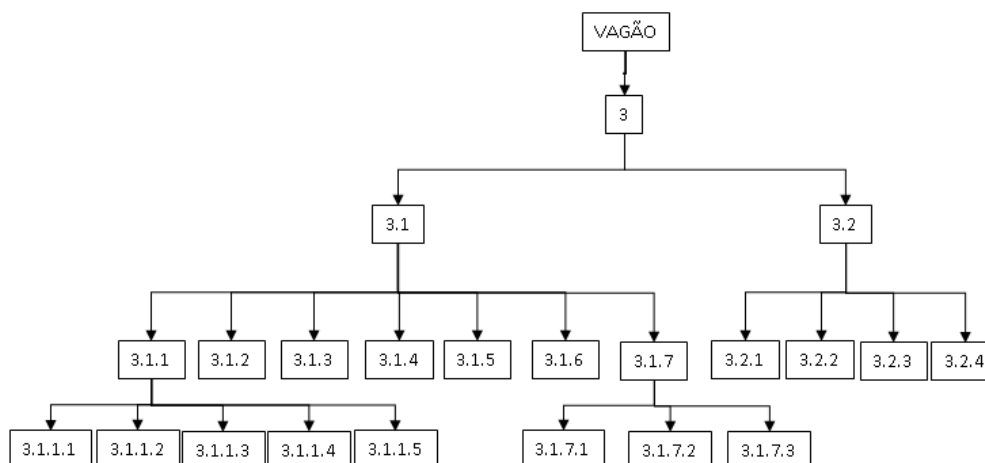


Figura 1: Diagrama Hierarquizado – sistema de freio.

Fonte: Autores

A partir deste diagrama, pode-se determinar os pesos atribuídos e seus respectivos IR's calculados conforme tabela 3.

Tabela 3 - Pesos e cálculo de IR's – sistema de freio.

NÍVEL 2	NÍVEL 3	NÍVEL 4	NÍVEL 5	VAGÃO	PSF	POF	PPDF	IR
X				1. ESTRUTURA	8	6	8	384
X				3 FREIO	7	10	10	700
	X			3.1 PNEUMÁTICO	7	10	10	700
		X		3.1.1 VÁLVULA	7	10	10	700
			X	3.1.1.1 PISTÃO	7	7	9	441
			X	3.1.1.2 GAVETA	7	6	10	420
			X	3.1.1.3 FILTRO	4	1	10	40
			X	3.1.1.4 JUNTAS	7	5	8	280
			X	3.1.1.5 BUCHA	7	10	10	700
		X		3.1.2 VÁLVULA VAZIO/CARREGADO	3	2	10	60
		X		3.1.3 RESERVATÓRIO	3	1	7	21
		X		3.1.4 CILINDRO DE FREIO	3	4	9	108
		X		3.1.5 RETENTOR DE ALÍVIO	4	6	9	216
		X		3.1.6 COLETOR DE PÓ	3	6	9	162
		X		3.1.7 ENCANAMENTO	7	5	5	105
			X	3.1.7.1 ENCANAMENTO GERAL	7	3	5	105
			X	3.1.7.2 TORNEIRA ANGULAR	5	5	4	100
			X	3.1.7.3 ENCANAMENTO AUXILIAR	6	2	3	36
	X			3.2 MECÂNICO	5	8	8	280
		X		3.2.1 TIMONERIA	5	5	3	75
		X		3.2.2 SAPATA	5	8	2	80
		X		3.2.3 AJUSTADOR	5	7	8	280
		X		3.2.4 FREIO MANUAL	5	7	2	70

Fonte: Autores

O mau funcionamento no sistema de freio pode ocasionar grandes riscos, para o maquinista, para a comunidade e para a empresa responsável pelo transporte, como os acidentes frutos de pequenos descarrilamentos, vagões tombados ou até mesmo com perdas humanas.

6.2 Funções do sistema:

A principal função do sistema de freio é parar ou diminuir a velocidade do trem, mas tem como função secundária manter a composição parada quando o trem estiver estacionado e função auxiliar de levar ar até o EOT (end of train), aparelho que verifica a pressão do ar na cauda do trem, e em caso de problema, aplica emergência no trem a partir da cauda.

6.3 Relacionar as possíveis falhas

As possíveis falhas geradas por um mal funcionamento do sistema de freio são:

- Emergência Indesejada (acontece quando o trem aplica freio, e para, sem o maquinista ter “solicitado”);
- Flutuação do fluxo de ar (acontece quando há diferença de pressão entre o manômetro da locomotiva e o EOT – isso pode gerar um mau funcionamento do freio, ou pode progredir para uma Emergência Indesejada);
- Freio Agarrado (acontece quando há algum vagão com o freio aplicado, mas o maquinista não está aplicando freio no trem);
- Roda Fria (acontece quando um vagão não aplica freio quando o maquinista faz uso do mesmo – a consequência disso é a roda estar fria);
- Vazamento na Válvula de Freio (acontece quando há algum vazamento dentro da válvula que impede o funcionamento correto da mesma).

Os efeitos destas falhas no sistema, como causa e consequências, podem ser observados na tabela 4 abaixo.

Tabela 4 - Falha, modo de falha, causa e consequência

FALHA	MODO DE FALHA	CAUSA	CONSEQÜÊNCIA
Emergência Indesejada	Freio do trem aplica sem solicitação do maquinista	- bucha solta - gaveta da válvula com vazamento - sujeira dentro da válvula - pistão empenado	- parada indesejada do trem - descarrilamento
Flutuação do fluxo de ar	Diferença entre a pressão indicada pelo manômetro da locomotiva e o EOT	- bucha solta - torneira entreaberta - vazamento interno na válvula de freio	- parada indesejada do trem - falta de freio - acidente
Freio Agarrado	Freio aplicado em vagões localizados quando não há solicitação do maquinista	- bucha solta - gaveta da válvula com vazamento - sujeira dentro da válvula - pistão empenado	- aquecimento excessivo de rodas e rolamentos - acidente por quebra de roda - acidente por travamento de rolamento
Roda Fria - não aplica freio	Freio não aplicado em vagões localizados quando há solicitação do maquinista	- bucha solta - gaveta da válvula com vazamento - sujeira dentro da válvula - pistão empenado - copo gaxeta empenado	- acidente por falta de frenagem (rampa)
Vazamento na Válvula de Freio	Válvula apresenta vazamento de ar audível	- bucha solta - junta ressecada - parafusos soltos	- parada indesejada do trem - falta de freio - acidente

Fonte: Autores

CONCLUSÕES

Os resultados aqui obtidos demonstram que a manutenção de um sistema ferroviário, não é estática e nem isolada. Atualmente pode ser considerada estratégica e impacta principalmente a questão econômica. Na análise proposta da utilização desta ferramenta em

um vagão verifica-se que esta ferramenta pode ser utilizada para vários sistemas e seus resultados tendem a serem positivos e importantes para o gerenciamento de acidentes, inclusive fatais a pequenos e grandes transtornos ao longo da via férrea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTALANFFY, L. V. **Teoria dos Sistemas**, 1950. Disponível em <http://www.profdamasco.site.br.com/TeoriaSistemas.pdf>. Acesso em 06.out. 2014.

ANTF... Transporte ferroviário de cargas no Brasil, **ANTF**, Brasília, 31 jul. 2013. Disponível em http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1375733867.pdf. Acesso em 06 out. 2014.

SEIXAS, E. S. **Confiabilidade Aplicada na Manutenção**, Rio de Janeiro, 2002.

SUCENA, M. P. **Engenharia de Manutenção. Curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Cargas**. Curso de Especialização Ferroviária, Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2008.

PAZINI, F. A. **Proposta para implementação da manutenção centrada na confiabilidade em ferrovias de carga**. Monografia apresentada no curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Carga, Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2008.