



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Curso de Engenharia Mecânica

ÉRIKA VANESSA SOUZA SCHALCHER

**ESTUDO COMPARATIVO DE LUBRIFICANTES
LÍQUIDOS E SEMISSÓLIDOS PARA BANCAS
DE SOCARIA**

SÃO LUÍS/MA

2017

ÉRIKA VANESSA SOUZA SCHALCHER

ESTUDO COMPARATIVO DE LUBRIFICANTES LÍQUIDOS E SEMISSÓLIDOS PARA BANCAS DE SOCARIA

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Paulo R. C. Flexa R. Filho.

Coorientador: Eng. Jailson Silva Melo

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELA ALUNA ÉRIKA VANESA SOUZA SCHALCHER, ORIENTADA PELO PROF PAULO ROBERTO C. FLEXA RIBEIRO FILHO ECOORIENTADA PELO ENGENHEIRO JAILSON SILVA MELO.

.....
ASSINATURA DO ORIENTADOR

.....
ASSINATURA DO COORIENTADOR

SÃO LUÍS/MA

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESTUDO COMPARATIVO DE LUBRIFICANTES
LÍQUIDOS E SEMISSÓLIDOS PARA BANCAS
DE SOCARIA

Autor: Érika Vanessa Souza Schalcher

Orientador: Prof. Paulo R. C. Flexa R. Filho

Coorientador: Eng. Jailson Silva Melo

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

Prof. Prof. Paulo R. C. Flexa R. Filho, Presidente

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Lourival Matos de Sousa Filho

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Adilto Pereira Andrade Cunha

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

São Luís/MA, 01 de dezembro de 2017.

Dedico este estudo à minha falecida avó, Carmelita Gomes de Souza, e aproveito para agradecer a Deus pela oportunidade que tive em conhecê-la. Desejo que ela ao lado do nosso bom Deus e que Nossa Senhora estenda sobre ela seu manto sagrado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo, que me acompanha em todos os momentos.

A Nossa Senhora, por meu guardar e proteger.

Aos meus pais, Eduardo e Simone, e ao meu irmão Eduardo pelo carinho, paciência, compreensão e ensinamentos.

Ao meu orientador, Prof. Paulo R. C. Flexa R. Filho pela contribuição e apoio na concretização deste trabalho.

Ao meu coorientador e amigo, Eng. Jailson Silva Melo pelo empenho e disponibilidade durante o meu período de estágio (VALE), promovendo auxílio para o meu crescimento profissional.

Ao meu amigo, Eng. Carlos Cesar Gomes, por toda ajuda profissional e pessoal durante o estágio (VALE) e fora dele.

Aos meus amigos da Oficina de Máquinas de Via: Oliveira, Edimilson e Eleodoro, pelo apoio nos trabalhos relacionados à Socadora de Lastro, pela grande ajuda neste TCC e conselhos para vida, não tenho palavras para agradecer por todo ensinamento.

Ao meu amigo, Eng. Gustavo Máximo, pela ajuda, conselhos e incentivo. Obrigada pela amizade que construímos dentro e fora da empresa.

A todos os amigos e companheiros de serviço (VALE), em especial à supervisão de Assistência Técnica de Materiais Rodantes, pelos ensinamentos, trocas de experiência e convivência saudável.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica, que compartilharam seus conhecimentos, contribuindo significativamente para minha formação profissional.

A minha amiga Francília, por acreditar no meu potencial, por me incentivar e aconselhar visando sempre o meu crescimento.

A minha amiga Carolina, pela amizade verdadeira nos últimos 12 anos, por ajudar na concretização deste trabalho e de tantos outros.

A minha amiga Thâmera, pela amizade saudável que construímos dia após dia.

Aos meus amigos da Engenharia Mecânica, Gabriel e Josué, por tudo o que enfrentamos nos últimos anos de graduação, pela amizade sincera.

Ao meu amigo Eng. Ribamar, por compartilharmos o amor pela mesma profissão, te agradeço pelo auxílio fornecido em prol da defesa deste trabalho.

Agradeço a todos que contribuíram de maneira direta e indireta para concretização deste estudo.

Deus investiu tanto em você, por que só Ele sabe realmente o valor que você tem. Ele planejou você para um propósito especial, que só você poderá realizar.

(Padre Fábio de Melo)

RESUMO

Este estudo tem o objetivo de comparar os dois lubrificantes utilizados na Banca de Socaria das Socadoras de modelo 09-3X, Plasser&Theurer, operadas ao longo da Estrada de Ferro Carajás. Banca de Socaria é um componente instalado em uma Socadora. Essa máquina realiza uma das manutenções mais importantes na via férrea, garantindo maior segurança operacional no transporte ferroviário e diminuindo possíveis restrições que podem ocorrer devido à falta de manutenção. Essa manutenção é chamada de correção geométrica que é a compactação do lastro, levantamento, alinhamento e nivelamento da Via. A lubrificação da Banca de Socaria é realizada em algumas máquinas com óleo hidráulico **Shell Tellus-100**, seguindo as recomendações do fabricante, porém, na Socadora ocorreram 31 eventos ao longo de dois anos, devido às características específicas da ferrovia, particularmente neste caso, o severo grau de colmatação da via. Isto causa um elevado número de intervenções realizadas em campo, como substituições de mangueiras e conexões. Essas interferências geram prejuízos imensuráveis tanto na produtividade dos equipamentos quanto no custo de manutenção. A graxa **Shell Gadus s3 v220c** tem características similares e mesmo desempenho quando comparada com óleo, entretanto a graxa tem algumas propriedades que ajudam a eliminar alguns eventos. Com a utilização da graxa em algumas Socadoras observou-se que se deixou de realizar algumas intervenções em campo, mas se a lubrificação não for eficaz, os eventos podem levar a problemas graves como superaquecimento (que é a principal consequência) e travamento de partes da Banca, devido o contato metal-metal dos braços e buchas do componente. Esse problema pode ocorrer devido alguns fatores como a força de injeção da graxa inferior ao necessário, entupimento das mangueiras e/ou conexões ou ainda o intervalo entre os ciclos de lubrificação ineficiente. Ao final do estudo, a graxa é definida como o lubrificante ideal para lubrificação dos braços e cilindros da banca de socaria. Porém, uma bomba pneumática manual deve ser instalada para garantir a eficiência do sistema.

Palavras-chave: lubrificação, manutenção, banca de socaria.

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the two lubricants used in the Tamping Unit of a Tamping Machine, Plasser&Theurer, model 09-3X, that is operated along Carajás Railroad. The Tamping Unit is a component installed in a Tamping Machine. This machine performs one of the most important maintenances on the railroad, guaranteeing greater operational safety in the railroad transportation and diminishing possible restrictions that can occur due to the lack of maintenance. That maintenance is called geometric correction which is the ballast compaction, lifting, alignment and leveling of the railroad. In some machines, the lubrication of the Tamping Unit is made through the use of hydraulic oil **Shell Tellus-100**, following the manufacturer's recommendation. However, the Taping Machine had 31 events along 2 years, due to the specific characteristics of the railroad, particularly in that case, the severe degree of compaction in the railway as the prior influence factor of those events. This raises the necessity of interventions performed in the working field, such as the replacement of hoses and connections. These interferences generate immeasurable losses in both equipment productivity and maintenance costs. The grease **Shell Gadus s3 v220c** has similar characteristics and same performance when compared to oil, however it has some properties that help to eliminate some events. By using the grease in some Tamping Machines it was noted that some interventions in the working field were no more needed, but if the lubrication with the grease is not effective, the events can lead to serious problems such as overheating (which represents the main consequence) and locking of parts of the Tamping Unit due to the metal-metal contact of the arms and bushings of the component. This problem can occur due to some factors such as the injection force of the grease being used less than the necessary, clogging of the hoses and / or connections or due to the interval between the inefficient lubrication cycles. At the end of the study, the grease is defined as the ideal lubricant for lubrication of the arms and cylinders of the Taping Unit. However, a manual pneumatic pump must be installed to ensure system efficiency.

Keywords: lubrication, maintenance, tamping unit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 -	Partes do Trilho	31
Figura 02 -	Esquema da via.....	32
Figura 03 -	Aparelho de Mudança de Via	32
Figura 04 -	Carro Controle	37
Figura 05 -	Veículo de Inspeção por Ultrassom.....	38
Figura 06 -	Desguarnecedora de Lastro	39
Figura 07 -	Renovadora de Linha.....	39
Figura 08 -	Trem Esmerilhador	40
Figura 09 -	Esmerilhadora de AMV	42
Figura 10 -	Guindaste Rodoferroviário.....	42
Figura 11 -	Guindaste SOS Ferroviário.....	43
Figura 12 -	Socadora de AMV	44
Figura 13 -	Socadora de Lastro 09-3X.....	45
Figura 14 -	Reguladora de Lastro.....	45
Figura 15 -	Socadora 09-3X	56
Figura 16 -	Banca de Socaria	57
Figura 17 -	Itens do Braço da Banca de Socaria	58
Figura 18 -	Vazamento no Braço da Banca de Socaria.....	59
Figura 19 -	Pontos de Lubrificação	70
Figura 20 -	Inspeção termográfica no pino da banca esquerda dianteira	70
Figura 21 -	Inspeção termográfica no pino da banca esquerda dianteira	71
Figura 22 -	Inspeção termográfica no pino da banca esquerda traseira hidráulico danificado.....	72
Figura 23 -	Inspeção termográfica no cilindro HY de fechamento da banca esquerda.....	72
Figura 24 -	Inspeção termográfica no cilindro de fechamento interno da banca esquerda traseira.....	73

Figura 25 - Inspeção termográfica no cilindro HY de fechamento interno da banca esquerda dianteira	74
Figura 26 - Inspeção termográfica nos motores de acionamento das bancas.....	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Modal de Transporte no Brasil	21
Gráfico 02 - Falhas e Defeitos nas socadoras SL041, SL043 e SL044 (2011 a 2013)	62
Gráfico 02 - Falhas nas socadoras SL041, SL043 e SL044 (2014 a 2016)	63
Gráfico 04 - Defeitos nas socadora SL051, SL052 e SL053 (2017).....	64
Gráfico 05 – Diagrama de pareto.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Características típicas Shell Tellus-100.....	66
Tabela 02 – Características típicas Shell Gadus S3 V220C 2	67
Tabela 03 – Valores de K	67

LISTA DE SIGLAS

EFC: Estrada de Ferro Carajás

ANTT: Agência Nacional de Transporte Terrestre

CCO: Centro de Controle Operacional

AMV: Aparelho de Mudança de Via

MTBF: Mean Time Between Failures / Tempo Médio entre Falhas

SOS Ferroviário: Socorro Ferroviário

CsT: Centístokes

SL021: Socadora de Linha 021

SL024: Socadora de Linha 024

SL026: Socadora de Linha 026

SL031: Socadora de Linha 031

SL041: Socadora de Linha 041

SL042: Socadora de Linha 042

SL043: Socadora de Linha 043

SL044: Socadora de Linha 044

SL051: Socadora de Linha 051

SL052: Socadora de Linha 052

SL053: Socadora de Linha 053

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	17
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1	MODAIS DE TRANSPORTE.....	18
3.1.1	Os modais de transporte no Brasil	19
3.1.2	Sistema Ferroviário	28
3.1.3	Lubrificantes	46
3.1.3.	Tipos de Lubrificantes	46
4	METODOLOGIA.....	53
4.1	LEVANTAR HISTÓRICO DE FALHAS IDENTIFICANDO O PERCENTUAL RELACIONADO AO LUBRIFICANTE LÍQUIDO E SEMISSÓLIDO.	53
4.2	IDENTIFICAR OS MODOS DE FALHAS RELACIONADOS COM OS PLANOS DE MANUTENÇÃO	54
4.3	DEFINIR UTILIZAÇÃO DO LUBRIFICANTE IDEAL PARA O MODUS OPERANDI DAS SOCADORAS 09-3X NA ESTRADA DE FERRO CARAJÁS (EFC).....	55
5	ESTUDO DE CASO	56
5.1	HISTÓRICO.....	60
5.2	IDENTIFICANDO A MÁQUINA COM MAIOR IMPACTO OPERACIONAL	61
5.3	SISTEMA TRIBOLÓGICO	64
5.3.1	Tipo de movimento	65
5.3.2	Velocidade.....	67
5.3.3	Temperatura	68
5.3.4	Carga	74
5.3.5	Ambiente Operacional	75

5.4 ANÁLISE DE FALHAS PELO DIAGRAMA DE PARETO.....	75
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO A – Checklist Lubrificação Central da Banca de Socaria 09-3X.....	81
ANEXO B – Checklist Acionamento de Bomba Pneumática da Banca de Socaria	82

1 INTRODUÇÃO

A ferrovia é um dos modais de transporte mais importantes para o desenvolvimento industrial do Brasil. Como todo sistema mecânico, os trilhos por onde percorrem as locomotivas precisam de manutenção periódica para garantir sua disponibilidade. A banca de socaria é um componente instalado em uma Socadora que realiza uma das manutenções mais importantes na via férrea, garantindo maior segurança operacional no transporte ferroviário com diminuição das restrições. Essa manutenção é chamada de correção geométrica que é a compactação do lastro, levantamento, alinhamento e nivelamento da via.

De acordo com o fabricante, a lubrificação da banca de socaria é realizada em algumas máquinas com óleo hidráulico **Shell Tellus-100** de acordo com o fabricante, porém na Estrada de Ferro Carajás (EFC), existem incidência de 31 eventos em dois anos, devido às características específicas de cada ferrovia, particularmente neste caso, o severo grau de colmatação da via. Isto causa um elevado número de intervenções realizadas em campo, como substituições de mangueiras e conexões. Essas interferências geram prejuízos imensuráveis tanto na produtividade dos equipamentos quanto no custo de manutenção. Por esse motivo, a graxa **Shell Gadus s3 v220c**, que tem características similares e o mesmo desempenho do óleo, com o benefício extra de eliminação dos eventos devido às propriedades desta, tem sido utilizado na substituição do lubrificante líquido.

Com a utilização da graxa em algumas Socadoras se observou a diminuição dos eventos de falhas nestes equipamentos, porém quando as falhas acontecem geram sequelas mais graves se a lubrificação não for eficaz, sendo o principal efeito o superaquecimento de partes da banca de socaria, devido o contato metal-metal dos braços e buchas do componente. Esse problema pode ocorrer devido alguns fatores como a força de injeção da graxa inferior ao necessário, entupimento das mangueiras e/ou conexões ou ainda o intervalo entre os ciclos de lubrificação ineficiente.

Desta forma, este estudo por propósito avaliar através da reengenharia do sistema a forma mais eficaz de lubrificação para este equipamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Comparar lubrificantes líquidos e semissólidos utilizados na lubrificação das bancas de socaria das Socadoras de modelo 09-3X, Plasser&Theurer, operadas ao longo da Estrada de Ferro Carajás, analisando falhas e atribuindo soluções para eliminá-las.

2.2 Objetivo Específico

- I. Levantar histórico de falhas identificando o percentual relacionado ao lubrificante líquido e semissólido;
- II. Identificar os modos de falhas relacionados com os planos de manutenção;
- III. Definir utilização do lubrificante ideal para o modus operandi das Socadoras 09-3X na Estrada de Ferro Carajás (EFC).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Modais de transporte

Segundo PENA (2012), os transportes fazem parte da necessidade humana para cumprir suas atividades do dia a dia. Eles obedecem a um conjunto de materiais e instrumentos técnicos que são empregados no deslocamento de pessoas e cargas de um lugar para outro. Para o desenvolvimento de países e suas sociedades, os meios de transporte englobam um dos elementos que garantem a infraestrutura, ou seja, para que a sociedade cresça é necessário esse suporte material.

Pena ainda ressalta que o crescimento econômico está presente em países com grande quantidade de indústrias, atividades de comerciais e agrárias, necessitando de uma demanda suficiente de meios de transporte para atender à sociedade, que de alguma forma se beneficia, ou matérias-primas. Ou seja, quanto maior for o crescimento econômico de um determinado lugar, maior será a necessidade de meios de transporte. Porém, a necessidade humana exige que esses meios apresentem uma estrutura adequada para suporte da carga a ser conduzida, caso contrário, o desenvolvimento desse lugar será afetado. Mais do que nunca, os fluxos de mercadorias e pessoas dependem de um sistema de transportes ágil, prático e seguro.

O processo de globalização para evoluir e consolidar-se, no final do século XX precisou passar por um processo de transformação no setor de transportes, assim como aprimorar o sistema. Isso tornou-se possível devido às técnicas das diferentes épocas, como exemplo da Revolução Industrial, do surgimento do trem a vapor e mais tarde dos grandes navios, invenção do carro e do transporte aéreo, que deram uma nova dimensão à forma como as pessoas, matérias-primas e mercadorias deslocavam-se.

Não podemos descartar às novas descobertas para os meios de transportes que permitiram a modernização dos já existentes e a criação de novas formas de conduções ao longo do espaço geográfico. Se antes viagens em curtas distâncias demoravam dias, atualmente os voos mais longos do mundo levam algumas horas.

Para compreender como funciona os meios de transporte e suas propriedades é necessário também entender o processo de evolução que as sociedades continuam passando

constantemente, pois todo lugar precisa de um sistema de transporte que seja eficiente e apropriado às condições de seu ambiente para que o mesmo consiga desenvolver-se. Assim, a construção de grandes rodovias, ferrovias ou hidrovias é devido a necessidade de crescimento com objetivo geração mais riquezas para o governo, assim como surgimento de empregos e investimentos.

É importante citar que os diferentes sistemas de deslocamento são articulados em modais de transportes. Como todo modal, os meios de transportes são interligados entre si, gerando um fluxo de ligações, como exemplo de vários nós ligados por linhas. Isso acontece com os transportes rodoviário, ferroviário, hidroviário, marítimo, dutoviário e aéreo que serão explicados posteriormente. Podemos citar o transporte de minério de ferro realizado na Estrada de Ferro Carajás (EFC), onde o mesmo inicia-se por ferrovia e para chegar ao seu cliente final precisa ser posteriormente transportado pelo mar.

3.1.1 Os modais de transporte no Brasil

Segundo site “Toda Matéria”, os meios de transportes no Brasil tiveram início em meados do século XIX, devido a construção e inauguração de ferrovias e, logo após, a ampliação da malha rodoviária. Essa época foi marcada pela conhecida “Era das Ferrovias” que diz respeito à expansão da malha ferroviária, com a primeira ferrovia do país, Estrada de Ferro Mauá.

No século seguinte, durante o processo de industrialização, os governos democratas buscavam um crescimento político, econômico e social do Brasil, eles focaram na construção de estradas, fazendo com que o sistema ferroviário ficasse lado, pois foi considerado lento e com elevado preço de implantação e manutenção, em relação ao transporte rodoviário.

Essa escolha reflete nos dias atuais, pois no Brasil existem poucas estradas de ferro para transporte tanto de carga quanto de pessoas, enquanto o sistema rodoviário possui elevado fluxo diariamente, mas com uma infraestrutura problemática que é oferecida à população, onde as estradas apresentam péssimas condições para transporte, além da falta de pavimentação e fiscalização escassa, dentre outros.

Assim, os transportes no Brasil sofrem de muitas deficiências. Quando falamos em transporte, lembramos da precariedade do sistema de transporte público no país,

especialmente o transporte rodoviário, que apresentam problemas como a superlotação, falta de segurança e preços bem elevados para o piso salarial do trabalhador brasileiro, onde esse último ponto vai de encontro com as condições do transporte oferecido à população usuária.

Outro ponto importante a ser destacado é a falta de fiscalização, onde caminhões que transportam carga superior àquela suportada, o que acontecem inúmeros acidentes já conhecidos pela população. Por sua vez, importante destacar que o sistema ferroviário permite o transporte mais seguro de cargas pesadas em relação aos outros transportes terrestres, entretanto, JULIANELLI (2016) ressalta que o transporte ferroviário é utilizado cerca de 22% em todo o país, em detrimento dos 63% do sistema rodoviário.

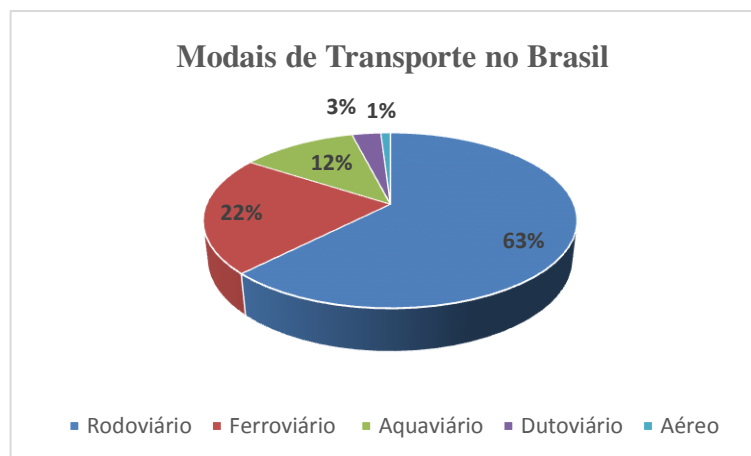
Outro ponto importante é que o Brasil apresenta grandes quantidades de rios, lagos, lagoas e conta com uma enorme costa marítima; porém, os transportes aquaviários tem pouca utilização no país, com um total de 12%.

Dentre os transportes aquáticos (fluvial, lacustre e marítimo), o transporte fluvial é o mais frequente no país, que conta com 16 hidrovias e 20 portos fluviais, sendo mais usado na região norte para o transporte de mercadorias e de pessoas, pois em alguns lugares é o único meio de transporte que liga pontos comunidades isoladas até mercados mais próximos. Nesse contexto, vale lembrar que existem muitos rios trafegáveis no país, porém, nos últimos anos as secas vêm impedindo a trajetória das grandes ou médias embarcações.

Apesar do crescimento do setor de transportes no Brasil nas últimas décadas, são necessárias melhorias das condições de transportes, com ponto de atenção para aquaviários e ferroviários, que apesar de seu crescimento nas grandes cidades como São Paulo, são praticamente inutilizáveis ou inexistente em outras.

É necessário investimento e diversificação dos sistemas de transporte para melhorar a qualidade de vida da população brasileira, bem como por em destaque a economia do país no mercado mundial, para que exportações e importações sejam ampliadas. Porém, a melhoria na infraestrutura das rodovias, hidrovias e a restauração das ferrovias, já se torna um bom início para desenvolver dos sistemas de transportes no país.

O gráfico 1 mostra o modal de transporte brasileiro dividido em percentual para conhecimento da atual utilização dos mesmos e em seguida, será estudado cada meio de transporte separadamente, mostrando as vantagens e desvantagens nas suas utilizações tanto para carga quando pessoas.

Gráfico 1 – Modal de Transporte no Brasil

Fonte: ILOS, 2010.

3.1.1.1 Transporte Rodoviário

Segundo PENA (2012), o transporte rodoviário no Brasil é grande responsável pela maior circulação de fluxos de bens e de pessoas no país, pois a construção desse tipo de transporte foi priorizada, devido à falta de investimentos para construção de ferrovias, que era o principal tipo de transporte. Mais tarde, as rodovias foram ampliadas para que empresas do setor automobilístico fossem beneficiadas e entrassem no Brasil sem maiores contratempos. O objetivo até então era estruturar as rodovias para surgir construção de indústrias automobilísticas no Brasil e ampliação a geração de empregos, embora a realidade hoje nos mostra que esse setor emprega cada vez menos pessoas, devido a robotização e automatização dos serviços de montagens e reparos de carros.

Porém, existe uma grande crítica quando empresas optam por rodovias, pois não é muito recomendado circulação de mercadorias para países com larga extensão territorial, como o Brasil. Em geral, as estradas possuem custo de manutenção mais elevado se comparado aos outros meios de transporte, como o ferroviário e o hidroviário, além de um maior gasto com combustíveis e veículos. Em virtude dos elevados custos, iniciou-se uma campanha de privatização das rodovias em 1990 que se estende até hoje.

Mesmo assim, a qualidade das rodovias no Brasil é bastante ruim, além da grande quantidade de estradas não pavimentadas. Elas consomem uma boa parte do dinheiro público que poderia ser aplicado em outras áreas.

Assim, vamos conhecer as vantagens e desvantagens da utilização do meio de transporte terrestre rodoviário. FREITAS (2004), detalha as vantagens e desvantagens do meio de transporte rodoviário:

3.1.1.1.1 Vantagens

- I. Agilidade e rapidez na entrega da mercadoria em curtos espaços a percorrer;
- II. A unidade de carga chega até a mercadoria, enquanto nos outros modais a mercadoria deve ir ao encontro da unidade de carga;
- III. Vendas que possibilitam a entrega na porta do comprador;
- IV. Exigência de embalagens a um custo bem menor;
- V. A mercadoria pode ser entregue diretamente ao cliente sem que este tenha que ir buscá-la;
- VI. Uma movimentação menor da mercadoria, reduzindo assim, os riscos de avarias.

3.1.1.1.2 Desvantagens

- I. Seu custo de frete é mais expressivo que os demais concorrentes com próximas características;
- II. Sua capacidade de tração de carga é bastante reduzida;
- III. Os veículos utilizados para tração possuem um elevado grau de poluição ao meio ambiente;
- IV. A malha rodoviária deve estar constantemente em manutenção ou em construção, gerando custos ao erário ou a contribuinte, visto que, existem estradas privatizadas que cobram pedágio.

3.1.1.2 Transporte Ferroviário

Segundo PENA (2012), o transporte ferroviário predominante no Brasil até o final do século XIX, quando estruturava os deslocamentos de café, sendo, por esse motivo, bastante utilizado na região Sudeste, na época. As ferrovias possuem um elevado custo para construção, trazendo retorno para seus investidores a longo prazo, mas em contrapartida possuem baixos gastos com manutenção, o que não impediu que, no passar do tempo, o sucateamento e até desativação de várias delas.

Hoje, até existem ferrovias no Brasil em construção, mas que as obras se encontram inacabadas, sendo a principal ferrovia no Brasil em construção é a Ferrovia Norte-Sul, que já possui algumas áreas concluídas e em operação.

Assim, vamos conhecer as vantagens e desvantagens da utilização do meio de transporte ferroviário no Brasil. FREITAS (2004), detalha as vantagens e desvantagens do meio de transporte ferroviário:

3.1.1.2.1 Vantagens

- I. Menor custo de transporte para grandes distancias;
- II. Sem problemas de congestionamento;
- III. Terminais de carga próximos das fontes de produção;
- IV. Adequado para produto de baixo valor agregado e alta densidade;
- V. Adequado para grandes volumes;
- VI. Transporte de vários tipos de produtos;
- VII. Independe das condições atmosféricas;
- VIII. Eficaz em termos energéticos.

3.1.1.2.2 Desvantagens

- I. Não possui flexibilidade de percurso;
- II. Necessidade maior de transbordo;
- III. Elevada dependência de outros transportes;
- IV. Pouco competitivo para pequenas distancias;
- V. Horários pouco flexíveis;
- VI. Elevado custo de manuseio e manutenção.

3.1.1.3 Transporte Aquaviário

Segundo MASSUD (2014), o transporte marítimo é um dos mais importantes para a indústria e logística do Brasil, porém ainda não é usufruído como deveria na sua extensão litoral de aproximadamente 9 mil km. Sua importância está na intermodalidade (como no caso do minério de ferro da Vale que vem por trem e é transportado por correias transportadoras para dentro do navio, com objetivo de chegar ao cliente final), geração de empregos, aumento do fluxo de cargas pelo Brasil. Apesar de todo potencial, o transporte aquaviário é segundo com menor representatividade dentro do país, mas é preciso recordar que a utilização do transporte por água não demanda grandes investimentos e instalação de equipamentos.

Assim, vamos conhecer as vantagens e desvantagens da utilização do meio de transporte aquaviário no Brasil. FREITAS (2004), detalha as vantagens e desvantagens do meio de transporte aquaviário:

3.1.1.3.1 Vantagens

- I. Permite deslocar cargas de maior tamanho;
- II. Cargas em maior quantidade;

- III. Custos menores em comparação com o transporte aéreo ou terrestre para deslocamentos intercontinentais;
- IV. Custo de frete menor.

3.1.1.3.2 Desvantagens

- I. Pouca flexibilidade da carga
- II. Baixa velocidade do transporte;
- III. Os produtos necessitam transitar nos portos/ alfandega, isso implica um maior tempo de descarga;
- IV. Distância dos portos aos centros de produção;
- V. Chances de danos as cargas.

3.1.1.4 Transporte Dutoviário

O Transporte Dutoviário é aquele realizado por meio de tubulações que servem para transportar óleos, gases e produtos químicos através da pressão ou até mesmo por gravidade.

No Brasil, o transporte dutoviário é pouco conhecido pela população, mas surgiu na década de 50. Segundo a Agência Nacional de Transporte Terrestres (ANTT) no país, cerca de 63% dos transportes é realizado por rodovias, 22% por ferrovias, 13% por hidrovias e 2% por dutovias.

A maioria dos produtos transportados pelos dutos são realizados pela Petrobrás. No mundo, os Estados Unidos da América e a Europa têm as dutovias como um dos meios de transportes mais importantes, porém esse tipo de maturidade só é alcançado com investimento e políticas públicas que visam o crescimento do país. FREITAS (2004), detalha as vantagens e desvantagens do meio de transporte dutoviário:

3.1.1.4.1 **Vantagens**

- I. Alta confiabilidade, pois possui poucas interrupções;
- II. Pouco influenciado por fatores meteorológicos;
- III. Reduzida possibilidade de perda de produto;
- IV. Reduzida possibilidade de avaria;
- V. Economia de transmissão em larga escala e longas;
- VI. Não há necessidade de se usar embalagens;
- VII. Indicada para o transporte de produtos perigosos;
- VIII. Demanda pouca mão-de-obra.

3.1.1.4.2 **Desvantagens**

- I. Número limitado de serviços e capacidade;
- II. Não é indicado para pequenos volumes e distâncias curtas;
- III. Baixa flexibilidade quanto à rota de distribuição, sua posição não é fácil de alterar e por este motivo é adequado a produtos que mantenham sua demanda restrita a pontos fixos;
- IV. Necessidade de grande investimento em capital;
- V. Seu uso só pode ser estendido a certos grupos de mercadorias dentro de um mesmo duto, embora seja tecnicamente possível separar um produto de outro sem que eles se misturem durante o transporte, não é aconselhável usar um mesmo duto para carregar parafina e depois leite, por exemplo;
- VI. Caso haja alguma avaria nos dutos submersos pode causar uma grande catástrofe ambiental.

3.1.1.5 Transporte Aéreo

O transporte aéreo é um dos meios mais rápidos e tornou-se essencial para transportar cargas, envio de encomendas urgentes ou de alto valor e para o transporte de passageiros. Esse de transporte não contempla apenas avião, mas também helicópteros, balões, transportes teleférico, drones, planador, etc.

O transporte aéreo foi desenvolvido rapidamente. A Segunda Guerra Mundial exigiu que o transporte de mantimentos para soldados da guerra fosse realizado pelo ar. Também, o fluxo de pessoas deslocadas de um lugar para o outro tornou-se mais rápido; não demorava meses como as viagens de navio, como no caso de viagens entre continentes.

Outro ponto a ser ressaltado, é a facilidade na utilização do comercio internacional, onde mercadorias de países como a china entram no Brasil com rapidez. FREITAS (2004), detalha as vantagens e desvantagens do meio de transporte aéreo:

3.1.1.5.1 Vantagens

- I. É o mais rápido para transportar passageiros a médias e grandes distâncias;
- II. É dos mais seguros e cômodos;
- III. É o mais adequado para o transporte de mercadorias de alto valor e de mercadorias perecíveis.

3.1.1.5.2 Desvantagens

- I. Elevada poluição atmosférica, devido à emissão de dióxido de carbono;
- II. Poluição sonora nas áreas circundantes aos aeroportos;
- III. Forte consumidor de espaço, devido à construção das infraestruturas;
- IV. Elevado consumo de combustível;
- V. É muito dispendioso;

- VI. Muita dependência das condições atmosféricas.
- VII. Reduzida capacidade de carga, em relação a transportes marítimo e ferroviário.

3.1.2 Sistema Ferroviário

Segundo HENRIQUES (2006), ferrovia é um sistema complexo com um conjunto de vários elementos interligados com um único objetivo, transporte de carga e/ou pessoas e é composto por diversas áreas que interagem visando a circulação de trens. Áreas administrativas que incluem a gestão, manutenção e operação são componentes que englobam esse sistema e possuem características bem distintas umas das outras.

A circulação de trens envolve o Centro de Controle Operacional (CCO), unidade que faz planejamento operacional. Ou seja, o Centro de Controle atua sempre buscando melhores alternativas para a utilização das rotas, a alocação adequada de equipamentos de manutenção, além da concessão de intervalos diários de manutenção. Além das características citadas, dentro do sistema de operação de trens, encontram-se também os maquinistas e auxiliares, que são os que efetivamente conduzem os veículos ferroviários (trem e máquinas de manutenção de via permanente).

O apoio administrativo não está ligado diretamente à atividade ferroviária, mas todo seu trabalho está voltado no auxílio das atividades que possam melhorar o processo de circulação de trens, como por exemplo, recursos humanos, treinamentos, suprimentos de materiais, contratação de serviços, engenharia e assistência técnica e contabilidade.

A manutenção de um sistema ferroviário pode ser dividida em 4 grupos: via permanente, sinalização, locomotivas e vagões.

A manutenção de locomotivas e vagões apresentam características bem distintas, pois a manutenção de vagões está relacionada à estabilidade dinâmica dos vagões e a manutenção de locomotivas possui diversos componentes mecânicos e eletrônicos ausentes no outro.

A manutenção de sinalização e via permanente cuidam da estrada de ferro, mas possuem responsabilidades diferentes. A área de sinalização precisa garantir que os comandos dados pelo centro de controle cheguem até maquinista para que a operação do trem seja realizada com sucesso, através de sinalização luminosa, a comunicação via rádio e a execução

das chaves de entrada e saída de pátios. A manutenção de via permanente visa manter a infraestrutura da estrada de ferro em perfeitas condições para que a circulação de trem seja realizada com segurança, ou seja, trilhos, dormentes, lastro e fixações precisam estar dentro de padrões, garantindo a segurança.

3.1.2.1 Via Permanente Ferroviária

Segunda HENRIQUES (2006), a via permanente ferroviária pode ser definida com um sistema de sustentação e rolamento dos trens em circulação. Ela é separada em duas partes que são a superestrutura e a infraestrutura.

3.1.2.1.1 Infraestrutura

De acordo com BORGES NETO (2012), A infraestrutura é um o conjunto de lastro (superfície de assentamento formada por terra, areia, cascalho ou pedra britada), dormentes e trilhos, inseridas em um terreno, destinadas à formação da estrada de ferro e proteção do caminho do rolamento da via. Segundo HENRIQUES (2008), a infraestrutura é o fator principal para manter a estabilidade da via, pois ela é a base da via e toda a superestrutura a utiliza como apoio e logo, qualquer alteração na infraestrutura terá reflexo na superestrutura.

A infraestrutura é composta por:

- I. **Sistema de drenagem:** É um conjunto de equipamentos que promovem o escoamento satisfatório da água das chuvas. A água acelera a degradação da via permanente, principalmente do lastro e dormentes, por esse motivo que toda infraestrutura necessita de um sistema de drenagem eficiente. Uma via permanente alagada afeta outros pontos, como a operação dos trens, pois a água diminui o atrito e prejudica o contato da roda com o trilho. O alagamento pode também gerar ocupação na circulação de via, impedindo que o centro de controle operacional não consiga ter a

visualização correta da posição dos trens que estão circulando. O sistema de drenagem protege também os cortes e aterros, pois o mau escoamento das chuvas pode levar a deslizamentos, erosões, etc. Os principais elementos de um sistema de drenagem são drenos, bueiros, canaletas e valas de crista.

- II. **Seções de terraplanagem:** São compostas pelos cortes, aterros e as seções mistas. Os cortes são as seções onde é retirado material para compor a plataforma ferroviária. Nos aterros são colocados materiais para compor esta plataforma. Nas seções mistas há uma associação de corte e aterro compondo a plataforma.
- III. **Obras de arte especiais:** Quando existem no caminho da estrada de ferro, rios, grandes desníveis, montanhas, etc., são obras executadas de grande porte que se prestam auxílio na transposição de desses obstáculos. As principais obras são pontes, viadutos e túneis.
- IV. **Obras de contenção:** São responsáveis por proteger a plataforma ferroviária. São exemplo deste tipo de obra os muros de arrimo, as cortinas atirantadas e os muros de peso.

3.1.2.1.2 Superestrutura

“A superestrutura de uma ferrovia consiste no conjunto de elementos que formam a via permanente e que constitui a superfície de apoio e de rolamento para os veículos ferroviários.” (FERNANDES, 2014).

Henriques relata que ela é composta por:

- I. **Trilho:** “São vigas contínuas de aço que tem como funções principais guiar as rodas dos veículos ferroviários, receber os carregamentos verticais, laterais e longitudinais aplicados pelos rodeiros, fornece uma superfície de rolamento, conduzir energia para circuitos de sinalização e comportar-se como terra para circuitos elétricos de tração das locomotivas” (MUNIZ; SPADA, 2006). A junção de trilho com trilho se dá através de

talas ou soldados, método mais comum na Estrada de Ferro Carajás (EFC), pois ela não gera a descontinuidade que acontece quando as talas são utilizadas. O trilho é composto por boleto, alma e patim como mostra a figura 1:

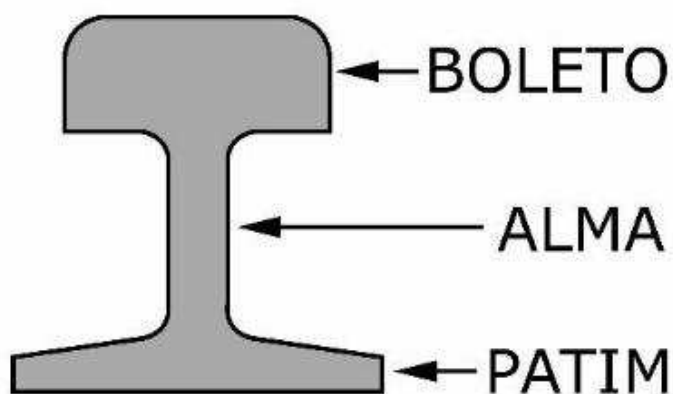


Figura 1 – Partes do Trilho

Fonte: Portal do trem, 2012.

II. **Dormentes:** Os dormentes são vigas distribuídas transversalmente em relação ao trilho que tem como funções fundamentais a transferência da carga recebida pelos veículos ferroviários ao lastro, manter a bitola (no caso da EFC, 1,60 m), impedir ou restringir a movimentação do trilho e amortecer as vibrações. Os materiais empregados para confecção dos dormentes são madeira, concreto, aço e polímeros. A madeira é a mais usual pois é de fácil manuseio, e atende a todas as funções para qual este componente se propõe, porém hoje as estradas de ferro no Brasil estão adotando a medida para modificação de toda sua extensão para dormentes de concreto. O tamanho dos dormentes varia de acordo com a dimensão da bitola.

III. **Lastro:** É um material granula com espessura ideal de 15 a 45 cm, que fica logo acima do solo ou infraestrutura. Suas funções principais são: distribuição de esforços, oferecer elasticidade à via na passagem dos veículos, ajustar as irregularidades da infraestrutura formando uma superfície uniforme para colocação dos dormentes, impedir o deslocamento dos dormentes e manter a superestrutura drenada. O material mais utilizado como lastro ferroviário é a pedra britada.

IV. **Fixação:** É o componente da via permanente responsável pela fixação os trilhos aos dormentes e também permite que a bitola mantenha suas dimensões adequadas. Elas podem ser rígidas ou elásticas. A fixação elástica oferece além da fixação outra função que é a de amortecer as vibrações causadas pela passagem dos trens. Os materiais que compõe a fixação da via são grampos, placas de apoio, tirefonds, pregos e etc. A figura 2 mostra uma representação de trilho, dormente, fixações e lastro esquematizados na via.



Figura 2 – Esquema da via

Fonte: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2014.

V. **AMV:** Aparelho de mudança de via é um componente de aço da via permanente, ele é responsável por guiar o trem em movimento quando o mesmo precisa realizar passagens entre linhas, impedindo possíveis acidentes. Hoje esses aparelhos também são controlados pelo Centro de Controle Operacional, porém ainda existem em alguns trechos de ferrovias ou até mesmo em estradas de ferros com pouca utilidade, que essa mudança é realizada manualmente por homens sinalizadores. A figura 3 nos mostra um esquema de AMV:



Figura 3 – Aparelho de Mudança de Via

Fonte: Railroad-Gyula, 2014.

3.1.2.2 Manutenção da Via Permanente

Segundo GOMES e WILDAUER (2017), a manutenção da via permanente tem como objetivo conservar a linha e mantê-la sem defeitos que possam vir a prejudicar o tráfego. É necessário conservar a plataforma (infraestrutura + superestrutura) e torna-la estável e bem drenada, com lastro limpo, um alinhamento e nivelamento perfeitos com curvas bem puxadas e superelevação adequada para que seja possível realizar circulação de trens com confiabilidade. Isto se dá através da execução de uma série de serviços que se originam do uso da ferrovia e da ação do tempo, pois quando se trata de via permanente, a manutenção apresenta características bastante particulares, são necessários tipos de máquinas exclusivas para manutenção da ferrovia.

Diferentemente de uma oficina de veículo automotores ou indústria, a manutenção da via permanente acontece ao longo de toda ferrovia, onde é necessária sempre uma estratégia para deslocamento do pessoal capacitado para realizar esse serviço, mas esse tempo gasto podem gerar impactos quando tratamos de intervenções emergenciais, como no caso grandes acidentes ao longo da estrada de ferro. Outra mazela está no fato da ferrovia muitas vezes estar localizada em lugares isolados, de difícil acesso. É comum equipes de manutenção terem que percorrer longos trechos em veículos ferroviários por não haver acesso rodoviário até o ponto que se quer atingir. Na impossibilidade de disponibilização de tal veículo ferroviário, as

equipes são obrigadas a percorrer estes trechos a pé, o que significa um gasto de tempo e energia.

Lugares isolados apresentam inúmeros problemas comuns às ferrovias, mas exemplo da dificuldade de comunicação. Existem lugares onde sinais de rádio e telefonia não funcionam, então as equipes de manutenção mantêm-se isoladas do restante do sistema enquanto realizam suas atividades nestas áreas. Isso é um grande problema para o centro de controle operacional, pois o mesmo precisa acompanhar o tempo de trabalho da equipe da manutenção, essa falta de controle pode acarretar em acidentes na via.

Esse tipo de manutenção realizado com controle de tempo traz desconforto aos mantenedores. A primeira é presar pela saúde e segurança, não deixando que a pressão pelo término do serviço retire a atenção dos executantes quando manejo de ferramentas e até riscos de mesmo nível e níveis diferentes, etc. Outro desconforto tem relação à variação de temperatura sob os materiais da via permanente. Serviços como execução de solda e substituição de trilho somente podem ser executados com uma margem de temperatura, então quando a mesma cai ou ultrapassa essa margem, o serviço não deve ser realizado, porém o não atendimento serviço pode comprometer a qualidade da manutenção daquele trecho. Sendo o trilho o componente mais atingido nesse tipo de problema, devido a dilatação do aço quando submetido a uma temperatura elevada.

Outro grande problema para a equipe de manutenção de trecho deve-se ao fato da circulação, para casos como a Estrada de Ferro Carajás que transporta carga, ser ininterrupta. Ou seja, é necessário sempre haver equipes disponíveis para realizar manutenções corretivas na via caso ocorra algum alarmante.

Na via permanente ferroviária é possível encontrar quatro tipos de manutenções: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção detectiva. Cada um deve ser aplicada na sua necessidade e tipo de monitoramento que se faz ou não. Conheceremos cada uma dessas manutenções a seguir:

Manutenção Corretiva – Segundo KARDEC e NASCIF (2009), esse tipo de manutenção se dá quando a falha ou o defeito já ocorreu. Ela é realizada sem um planejamento prévio, visando apenas a correção da mazela que já compromete o desempenho do sistema. A manutenção corretiva se explica como processo padrão de intervenção, quando:

- I. Os gastos indiretos de falhas e problemas de segurança são mínimos;
- II. A empresa adota uma política de renovação frequente de material;
- III. Parque é constituído de máquinas muito diferentes umas das outras e as eventuais falhas não são críticas para a produção.

Nenhum dos casos citados acima se aplica à via permanente, por que uma falha pode ter causado um acidente ferroviário e parada na produção, e dependendo do caso têm consequências graves para a empresa. Ainda, os materiais de via permanente não têm renovação frequente, pois a vida útil dos mesmos é longa. Como no caso dos trilhos e dormentes, que podem permanecer na linha ferroviária por mais de 20 anos dependendo do quão utilizada é essa ferrovia, ou seja, a frequência de circulação dos trens.

Podemos citar algumas anomalias frequentes na via permanente, que são independentes do acompanhamento. É o caso da fratura de trilho, deslizamento de barreiras e flambagem de trilhos, os mesmos interrompem o tráfego de trens ou restringem a circulação. Quando esse tipo de falhas ocorre, não há mais nada a ser feito, a não ser reparar a falha, caracterizando uma manutenção corretiva.

Manutenção Preventiva – Segundo KARDEC e NASCIF (2009), nesse tipo de manutenção é determinado estatisticamente o tempo em que a falha poderá ocorrer e este dado é usado na execução do serviço. Lembrando que devido todos os fatores que possam degradar uma via permanente, o tempo não é um fator determinante para demandar uma manutenção, por esse motivo é comum encontrar contagem de vida útil de equipamentos em MTBF (Milhões de toneladas brutas transportadas). Esta unidade representa bem o nível de solicitação de uma ferrovia, pois permite ver o total de carga que passou por aquele lugar. Este conceito é principalmente utilizado para o caso de trilho e AMVs. No caso da vida útil de dormentes é comum ainda se encontrar a medição em anos, como falado anteriormente.

Manutenção Preditiva – Segundo KARDEC e NASCIF (2009), neste caso usa-se dados coletados ao longo do tempo, que tornam possível o conhecimento do estado de degradação do equipamento, e com base nisto pode-se inferir sobre o seu desempenho futuro. Ou seja, de acordo com os valores obtidos na medição de alguns parâmetros, planeja-se ou posterga-se a manutenção. Existem algumas ferramentas utilizadas na ferrovia que auxiliam no monitoramento de alguns parâmetros pertinentes à manutenção preditiva. Segundo HENRIQUES (2006), neste tipo de manutenção usa-se dados coletados ao longo do tempo,

que permite o conhecimento do estado de deterioração do equipamento, e com base nisto será permitido inferir sobre a sua performance no futuro. Ou seja, de acordo com os valores obtidos na avaliação de alguns parâmetros, será consentido planejar ou postergar a manutenção. Hoje, existem alguns métodos utilizados na ferrovia que ajudam no monitoramento de alguns parâmetros recorrentes na manutenção preditiva. Esse tipo de manutenção é realizado de acordo com um planejamento prévio, que é baseado em tempo e tem como objetivo diminuir e/ou evitar falhas ou quedas de desempenho e produção.

Manutenção Detectiva – Segundo KARDEC e NASCIF (2009), nesse tipo de manutenção, busca-se detectar falhas não perceptíveis aos mantenedores e operadores. Este tipo de detecção é realizado em ferrovias através aparelhos de ultrassom ou veículos ultrassônicos, que será conhecido no próximo subitem, na detecção de trincas em trilhos, soldas e AMVs. Eles acusam através do seu sistema a presença de trincas e através de critérios de criticidade determinam o tempo de vida útil do equipamento de via e a solicitação, em caso extremos, de manutenção.

O objetivo dessa manutenção é gerenciar via férrea e diminuir a ocorrência de manutenção corretiva. Com isso, é necessário o emprego de manutenção preventiva, preditiva e detectiva na via.

3.1.2.2.1 Equipamentos Utilizados para Manutenção/Conservação da Via Permanente

Para aumentar a produtividade e mesmo a qualidade dos serviços de conservação e modelação da Estrada de Ferro Carajás, são utilizados equipamentos para manter a via permanente. As utilizações destas máquinas são necessárias para manter a estrada de ferro em perfeitas condições para circulação do trem sem restrições. A seguir, será relatado a importância de cada e suas funções na ferrovia:

3.1.2.2.1.1 Carro Controle

O Carro Controle, conforme figura 4, é uma máquina de serviço pesado para medição sem contato, registro e monitoramento das condições de via permanente.

De acordo com DÂNGELO (2013), a análise dos dados e os relatórios gerados pelos carros-controle permite ao administrador colocar em prática uma série de iniciativas com o objetivo de melhorar ou manter o estado da via ferroviária, de modo a causar sempre o menor impacto à circulação dos trens. Análises de relatórios de índice de qualidade da via permitem mapear os trechos críticos e direcionar as prioridades de manutenção, pois neles são indicados os locais com as maiores variações dos parâmetros medidos. Por meio dos dados, comparando os valores medidos com os limites estabelecidos, pode-se também avaliar a qualidade dos serviços de implantação e manutenção. A engenharia pode utilizar ainda as informações obtidas pela inspeção para verificar a condição atual da ferrovia, como dados e curva, localização física de pontes, passagem de nível etc. E, além disso, os dados analisados permitem à companhia planejar seus investimentos, visando à renovação da via, além de definir um cronograma de execução dos serviços a serem realizados de forma ordenada e com prioridades definidas.



Figura 4 – Carro Controle

Fonte: O autor, 2017.

3.1.2.2.1.2 Veículo de Inspeção por Ultrassom

De acordo com FERRARI (2016), o veículo de inspeção por ultrassom, segundo figura 5, tem um aparelho de maior precisão operacional, ele mapeia toda a via através de ondas com uma frequência superior àquelas que o ouvido humano pode captar.

O equipamento é embarcado em um carro-controle para identificar falhas internas nos trilhos, geralmente causados por desgaste natural ou impurezas introduzidas durante o processo de fabricação.

A máquina atua na prevenção de acidentes, eleva a segurança operacional que a companhia oferece aos seus colaboradores, clientes e à comunidade.



Figura 5 – Veículo de Inspeção por Ultrassom

Fonte: O autor, 2017.

3.1.2.2.1.3 Desguarnecedora de Lastro

De acordo com FERNANDES (2017), desguarnecedoras de lastro, conforme figura 6, são escavadeiras adaptadas para deslocamento sobre trilhos especializadas na remoção de lastro sujo, pó e outros materiais.

Nessa ação, elas recompõem o lastro, usando brita nova ou recuperada, pois essa máquina faz a seleção do lastro, para recompor a geometria da via.



Figura 6 – Desguarnecedora de Lastro

Fonte: O autor, 2017.

3.1.2.2.1.4 Renovadora de Linha

De acordo com FERNANDES (2017), a renovadora de linha, segundo figura 7, é uma máquina especializada em troca de dormentes, trilhos e fixações de forma automatizada e contínua.



Figura 7 – Renovadora de Linha

Fonte: O autor, 2017.

3.1.2.2.1.5 Trem Esmerilhador

De acordo com site da MRS, o trem esmerilhador, conforme figura 8, é um equipamento utilizado pela empresa para regularizar a superfície de rolamento dos trilhos por remoção de metal. O objetivo da máquina é retirar defeitos superficiais dos trilhos para melhorar o contato roda-trilho. Em resumo, trata-se de polir os trilhos para evitar, por exemplo, que um possível defeito superficial se torne um problema maior, evitando assim acidentes e melhorando a segurança da linha férrea.

É por conta do esmerilhamento dos trilhos que há a possibilidade de fazer o monitoramento de possíveis falhas. Com isso, o equipamento colabora para evitar que defeitos virem fraturas de trilhos elevando o padrão de segurança da companhia a níveis internacionais. Outro benefício é a redução da necessidade de substituição dos trilhos.



Figura 8 – Trem Esmerilhador

Fonte: O autor, 2017.

3.1.2.2.1.6 Esmerilhadora de AMV

De acordo com site da MRS, a esmerilhadora de AMV, conforme figura 8, é um equipamento utilizado pela empresa para regularizar a superfície de rolamento dos trilhos por remoção de metal. O objetivo da máquina é retirar defeitos superficiais dos trilhos para melhorar o contato roda-trilho assim como o trem esmerilhador, porém para AMV. A grande diferença entre os dois equipamentos está na potência do motor, pois o primeiro é desenvolvido para realizar maior produção.



Figura 9 – Esmerilhadora de AMV

Fonte: Manual de Manutenção da Esmerilhadora LORAM, 2010.

3.1.2.2.1.7 Guindaste Rodoferroviário

De acordo com site da MRS, guindaste rodoferroviário, conforme figura 10, é um equipamento destinado ao atendimento de manutenções ao longo da via permanente que pode executar várias atividades, como o setup de implementos (ferramentas de substituição de trilhos, substituição de dormentes, roçadeira, garras, coleta de materiais ao longo via, etc.)



Figura 10 - Guindaste Rodoferroviário

Fonte: O autor, 2017.

3.1.2.2.1.8 Guindaste para SOS Ferroviário

De acordo com site da MRS, guindaste para SOS ferroviário, conforme figura 11, é um equipamento destinado ao atendimento de grandes acidentes ferroviários (como tombamento de locomotivas), construção e substituição de obra de artes especiais (pontes, viadutos, etc.).



Figura 11 – Guindaste SOS Ferroviário

Fonte: O autor, 2017.

3.1.2.3 Socadora de AMV

Segundo ALBUQUERQUE (2011), socadora de AMV, conforme figura 12, é um equipamento ferroviário, que por meios de pinças que agarram o boleto do trilho é capaz de levantar a linha para propiciar o alinhamento longitudinal, transversal e superelevação da via, além da compactação do lastro sob os dormentes, porém esse serviço é realizado nos AMVs da ferrovia. Essa máquina tem um sistema de deslocamento tanto vertical quanto horizontal, para que a mesma seja capaz de penetrar nos níveis desse tipo de trecho. Uma socadora de

AMV consegue trabalhar em via normal, porém seu motor não tem a mesma potência de uma socadora de via, não produzindo a demanda de uma estrada de ferro.



Figura 12 – Socadora de AMV

Fonte: Manual de Manutenção da Socadora MATISA, 2009.

3.1.2.4 Socadora de Linha

Segundo ALBUQUERQUE (2011), socadora de Via, conforme figura 13, é um equipamento ferroviário, que por meios de pinças que agarram o boleto do trilho é capaz de levantar a linha para propiciar o alinhamento longitudinal, transversal e superelevação da via, além da compactação do lastro sob os dormentes. Assim, como a socadora de AMV, porém essa máquina não tem a capacidade de trabalhar em um trecho com AMV, pois a mesma não foi fabricada para tal.



Figura 13 – Socadora de Lastro 09-3X

Fonte: O autor, 2017.

3.1.2.5 Reguladora de Lastro

Segundo site da MRS, reguladora de lastro, conforme figura 14, é uma máquina equipada com arados central e laterais que fazem a regulagem do lastro e ajustam o perfil do lastro para o formato original de trapézio e vassouras que fazem a varredura da via, retirando o excesso de pedra britada, dando à via o perfil projetado para o lastro.



Figura 14 – Reguladora de Lastro

Fonte: O autor, 2017.

3.1.3 Lubrificantes

Segundo BELINELLI (2011), os lubrificantes são aplicados e selecionados através dos desempenhos que os mesmos exercem nos elementos das máquinas e pelo ambiente de trabalho que são submetidos. Na maioria dos casos, o objetivo principal é controlar o atrito e fazer com que esta máquina ou elemento trabalhe sob condições ideais de temperatura.

Ou seja, os lubrificantes são fluídos compostos de misturas complexas usados principalmente para o controle do atrito e desgaste.

Os lubrificantes são encontrados em estado físico gasoso, sólido, semissólido ou líquido, que ainda é o estado mais utilizado dentro os citados.

Estudaremos a seguir somente os lubrificantes líquidos e semissólidos, por serem os lubrificantes mais utilizados no mercado brasileiro e por ser a base do nosso estudo de caso.

3.1.3.1 Tipos de Lubrificantes

3.1.3.1.1 Lubrificantes Semissólidos - Graxas

De acordo com BELINELLI (2011), as graxas são lubrificantes que podem ser encontradas na forma semissólida ou sólida, que geralmente se difere pela quantidade de sabão metálico utilizado na formula, este material é dispensado na formula do lubrificante líquido, o qual funciona como retentor do lubrificante. As graxas podem conter em sua composição aditivos químicos como inibidores de oxidação, antidesgaste, inibidores de ferrugem e corrosão, entre outros, melhorando sua propriedade física.

Na indústria, o uso preferencial pela graxa deve-se à sua forma gelatinosa para lubrificantes semissólidos, o que permite os seguintes benefícios:

- I. Evitar a relubrificação em locais de difícil acesso e condições inseguras;
- II. Reduzir o tempo e a frequência de lubrificação;

- III. Reduzir os ruídos;
- IV. Atue melhor que o óleo em condições extremas de altas temperaturas, altas pressões, cargas de choque e baixas velocidades com cargas elevadas.

Alguns tipos de lubrificantes semissólidos são muito mais estáveis quimicamente que os líquidos podendo ser usados em ambientes com acidez elevada, muitos solventes ou que contenham gases liquefeitos.

Lubrificantes semissólidos são, em geral, aplicados em locais extremamente limpos e podem ser usados, desde que de origem atóxica, em maquinário para processamento de alimentos. Em alguns casos, as graxas são usadas para garantir lubrificação permanente em partes de equipamento inacessíveis e ainda servir como ação vedante.

3.1.3.1.2 Óleos Sintéticos

Segundo BELINELLI (2011), as máquinas industriais, comumente, trabalham sob ambientes agressivos, tais como, alta umidade, calor, concentração de pó, entre outros. Isto faz com que os lubrificantes minerais não sejam eficazes, tornando sua aplicação inadequada nestes ambientes. Assim, para que o maquinário suporte essas condições adversas, foram desenvolvidos os lubrificantes sintéticos que são definidos como óleos oriundos de uma sinterização química.

Apesar do seu alto valor no mercado, o consumo desse tipo de óleo lubrificante cresceu significativamente no Brasil nas últimas décadas, pois a necessidade e de trabalho das máquinas em ambientes onde a temperatura e pressão aumentou. Seus principais benefícios são:

- I. Maior vida útil do óleo em relação aos óleos minerais;
- II. Diminuição de depósitos de resíduos em reservatórios de óleo;
- III. Economia no consumo de energia e consumo de óleo;
- IV. Melhor refrigeração do equipamento;

V. Menos ruído e vibrações.

Também existem disponível no mercado óleos sintéticos biodegradáveis que são uma alternativa para o óleo mineral que é utilizado como óleo hidráulico, em engrenagens, barramento e corte, etc.

A vantagem do óleo sintético é por ele ser um aditivo antioxidante, ou seja, possui em sua formula propriedades anticorrosivas, além de suportam elevadas pressões e temperaturas, como já citado antes, são características comum nos maquinários atuais. Além disso, esses óleos são biodegradáveis e eficientes. Seu desempenho é comparado às graxas, pois são resistentes às altas temperaturas contra decomposição do material e oxidação. E também são encontradas em várias viscosidades, desde as mais fluídas até as mais espessas.

A variedade de aplicação e a versatilidade acatam às normas do mercado internacional, que cada vez mais atribui importância e valor econômico à produtos que respeitam o meio ambiente.

3.1.3.2 Principais Propriedades dos Lubrificantes

Os fluídos hidráulicos têm como objetivo principal transmitir e controlar a potência, além de impedir o contato entre materiais. Para que vamos compreender as principais propriedades que os lubrificantes devem apresentar em suas características:

- I. O fluido deve ter suficiente viscosidade para proporcionar adequada vedação, evitando assim, excessivo vazamento devido aos gradientes de pressão no interior de bombas e válvulas;
- II. Deve possuir adequada resistência de película para reduzir o atrito e minimizar o desgaste entre as partes móveis;
- III. O fluído deve permitir rápida decantação e separação dos contaminantes insolúveis.
- IV. Deve ser estável, no que se refere à oxidação, e proteger os componentes contra a ferrugem e corrosão.

Um fluido inadequado pode trazer inúmeras consequências negativas operacionais para o equipamento e para o próprio fluido. Um fluido poluído muda as propriedades físicas do mesmo, fazendo com que o equipamento trabalhe de forma inadequada e mude totalmente seu desempenho, além das consequências mais severas, como quebra e desgaste do material lubrificado.

Para isso, o lubrificante deve apresentar características adequadas para o equipamento, esta performance está diretamente ligada à sua composição química exigida. Esta junção componentes dá características aos lubrificantes, permitindo controlar a sua eficácia e qualidade, além de permitir o direcionamento do seu uso. As temperaturas operacionais excessivas e componentes como a água, poeira e resíduos de metais ou qualquer outro material de fabricação, são os principais fatores que influenciam na vida útil de um óleo hidráulico e do desgaste do equipamento.

3.1.3.2.1 Características dos Óleos

As propriedades dos lubrificantes são determinadas por ensaios realizados em laboratórios para determinação das propriedades químicas e físicas. A seguir conheceremos itens como índice de viscosidade, ponto de fluidez, ponto de fulgor e resistência à corrosão que correspondem aos óleos.

3.1.3.2.1.1 Índice de viscosidade

Belinelli relata que a viscosidade é uma das mais importantes propriedades e caracteriza a resistência ao escoamento dos lubrificantes. O índice de viscosidade é determinado de acordo com a temperatura e pressão que esse lubrificante suporta, além de outras propriedades como resistência ao movimento que o óleo lubrificante enfrenta a uma certa temperatura. A unidade de medida aplicada é cSt (centistokes).

3.1.3.2.1.2 Ponto de fluidez

O ponto de fluidez também é determinado por testes em laboratório e faz referência à temperatura, na qual o óleo lubrificante deixa de escoar. Esta temperatura é determinada por meio de resfriamento sucessivo da amostra de óleo em um frasco em intervalos de 3°C. Nestes intervalos nota-se se o lubrificante é capaz de fluir.

3.1.3.2.1.3 Ponto de fulgor

Esse tipo de característica também é verificado por testes em laboratório e para determinar o ponto de fulgor, uma quantidade definida de amostra é aquecida sob uma faixa de temperatura até o material apresentar uma pequena chama (lampejo ou flash). O ponto de fulgor é determinado pela menor temperatura, na qual esta chama se iniciou. Esta característica, através de ensaios, permite identificar a máxima temperatura de utilização de um produto, evitando riscos de incêndio e/ou explosão.

3.1.3.2.1.4 Resistência à corrosão

Esse tipo de teste, assim como os outros, também é realizado em laboratório e tem como objetivo verificar a resistência a corrosão. Comumente é efetuado pela exposição de uma tira de cobre sob a ação do óleo lubrificante por um tempo médio de três horas submetido a uma temperatura de 150°C. Ao final do teste, essa tira de cobre é retirada e verificado a variação de cor por uma escala padrão de oxidação. A seguir, a será representada como é definida a corrosão:

1 = Mancha moderada;

2 = Mancha escura;

3 e 4 = Mancha preta (severa corrosão).

3.1.3.2.2 Características das Graxas

A graxa é descrita de acordo com os componentes químicos da sua composição e as propriedades físicas que elas apresentam. Este conjunto de fatores caracterizam as graxas e o que possibilita seu uso. A seguir conheceremos itens como consistência ou solidez, viscosidade aparente, ponto de gota e estabilidade à oxidação que correspondem às graxas.

3.1.3.2.2.1 Consistência ou solidez

Consistência ou solidez é a medida de resistência a força ou dureza de penetração desse lubrificante. De acordo com BELINELLI (2011), esse parâmetro consiste em medir a penetração, em décimos de milímetros, exercida por um cone (penemômetro) sobre uma amostra de graxa, sob ação de uma carga determinada durante um intervalo de cinco segundos e submetida a uma temperatura de 25°C.

Com a conclusão do processo, a consistência formada serve como base para classificação das graxas, sendo 475 para uma graxa muito macia e 85 para uma graxa muito dura (espessa).

3.1.3.2.2.2 Viscosidade aparente

De acordo com BELINELLI (2011), a viscosidade aparente definida como sendo a razão entre a tensão de cisalhamento ou pressão e a taxa de escoamento (gradiente de velocidade) submetida a uma determinada temperatura. A viscosidade aparente altera conforme a temperatura e taxa de escoamento. Quanto maior for o fluxo, menor é a viscosidade aparente.

3.1.3.2.2.3 Ponto de Gota

Segundo BELINELLI (2011), o ponto de gota de uma graxa é determinado pela temperatura em que esse lubrificante se torna fluido, ou seja, possui a capacidade de gotejamento, dentro das condições exigidas. As graxas apresentam pontos de gotas distintos porque dependem diretamente do agente engrossador (espessante).

3.1.3.2.2.4 Estabilidade à oxidação

Esse item é uma das propriedades mais importantes para as graxas lubrificante. Para adquirir esta resistência à oxidação, comumente são acrescentados aditivos inibidores de oxidação durante a fabricação das graxas.

A rapidez com que as graxas oxidam está diretamente relacionada com a temperatura ambiente onde elas foram aplicadas. Com isso, para analisar a estabilidade à oxidação, é necessário realizar um teste baseado na injeção de ar no lubrificante, oxidando-o artificialmente e mergulhando em óleo a 100°C por 100 horas. Com isso, o grau de oxidação é avaliado pela queda de pressão.

4 METODOLOGIA

O trabalho possui caráter:

- I. Exploratório, porque visa ampliar o conhecimento sobre os processos de manutenção e a importância de um lubrificante adequado.
- II. Descritivo, pois apresenta observações e relatos de falhas ocorridas na Socadora, não havendo manipulação de informações;
- III. Explicativo, por propor soluções às falhas identificadas e descritas ao longo do estudo, além de esclarecer os motivos pelos quais ocorreram.

O trabalho foi elaborado pelos meios de pesquisa bibliográfica, para fundamentação teórica, utilizando livros, apostilas, artigos e sites de internet com o intento de prover base para o estudo desenvolvido, e a pesquisa de campo, caracterizada pela coleta de dados na empresa, para dispor de informações suficientes a serem analisadas a fim de obter respostas/soluções para o problema de manutenção. A pesquisa de campo tornou-se um estudo de caso.

O estudo desenvolvido se concentra nas socaria de via, máquinas que realizam manutenção da Estrada de Ferro Carajás. O mesmo foi elaborado para o conjunto de máquinas do tipo 09-3X que apresentou, com a utilização de óleo hidráulico vazamentos constantes e com uso de graxa quebra dos braços e cilindros, falhas representativas em relação à população de equipamentos de outros modelos que já sofreram alterações semelhantes, sendo o trabalho delimitado por dados referentes ao ano de 2010 a 2016.

4.1 **Levantar histórico de falhas identificando o percentual relacionado ao lubrificante líquido e semissólido.**

O levantamento das falhas foi realizado atrás de planilhas disponíveis na rede da companhia. Com isso, foram separadas as falhas ocorridas nas bancas de socaria das Socadoras 09-3X relacionadas à utilização dos lubrificantes líquidos e semissólidos e, a partir dos dados coletados foram elaboradas tabelas e gráficos para facilitar a visualização.

4.2 Identificar os modos de falhas relacionados com os planos de manutenção

A identificação do componente da máquina estudada foi apontada pelo histórico de falhas dos conjuntos de equipamentos, obtendo, também, as principais falhas com as quais foram efetuadas correlação com a qualidade dos planos de manutenção existentes para a eliminação das falhas, falhas estas que foram levantadas a partir do banco de dados do Help Desk¹. ¹A Eficiência e/ou ineficiência dos planos foram mensuradas através da sua capacidade teórica de eliminação das falhas no levantamento histórico. Para isso, foi utilizado o método do Diagrama de Pareto.

Diagrama de Pareto é um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Mostra ainda a curva de porcentagens acumuladas. Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos.

Dessa maneira, fundamentado nas informações coletadas - junto ao setor de confiabilidade da organização e visitas ao longo da ferrovia (EFC), para compreensão do processo de manutenção do equipamento - e das ações selecionadas, a partir do Diagrama de Pareto e todo estudo, foi elaborado um novo processo antes do início do trabalho das máquinas, para serem aplicados nos processos de execução. A partir disso, foram elaborados dois *checklists*² para realização da manutenção e controle do processo. Estes documentos seguirão o mesmo padrão da organização, ou seja, tal como o modelo adotado para os *checklists* da empresa.

¹ Help Desk: Help Desk é um termo da língua inglesa que designa o serviço de apoio a usuários para suporte e resolução de problemas técnicos nas máquinas ou informar defeito, falhas, acidentes ao longo da via.

² *CheckList*: Um checklist é um instrumento de controle, composto por um conjunto de condutas, nomes, itens ou tarefas que devem ser seguidas.

4.3 Definir utilização do lubrificante ideal para o modus operandi das Socadoras 09-3X na Estrada de Ferro Carajás (EFC)

Ao final do estudo de caso, será definido o lubrificante ideal que deve ser utilizado nas Bancas de Socarias, fazendo a relação do tempo entre falhas que surgirão e comparando com o passado. Com isso, são mostrados os desperdícios que a organização poderia ter evitado durante os anos de 2010 a 2016 e futuros gastos que podem ser descartados.

5 ESTUDO DE CASO

A Socadora de Via, conforme figura 15, é um equipamento ferroviário, que por meios de pinças que agarram o boleto do trilho é capaz de levantar a linha para propiciar o alinhamento longitudinal, transversal e superelevação da via, além da compactação do lastro sob os dormentes.

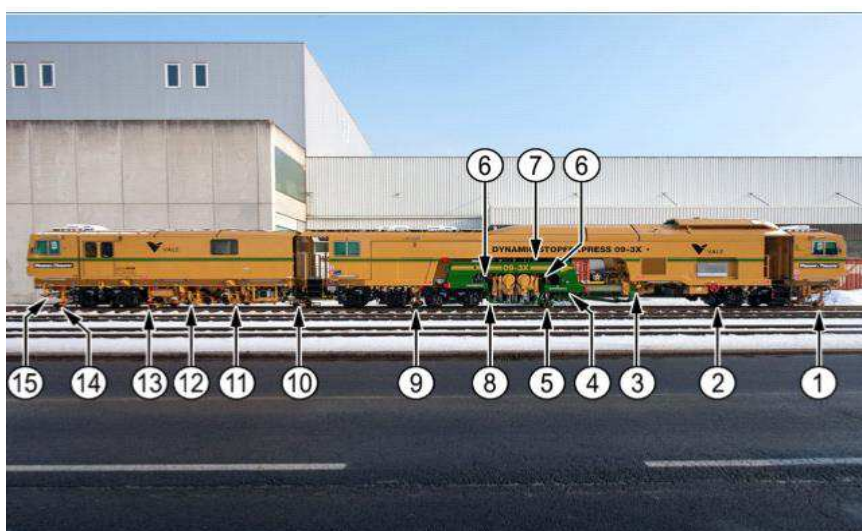


Figura 15 – Socadora 09-3X

Fonte: Manual Socadora 09-3X Plasser, 2016.

- 1 = Carro de tensionamento frontal
- 2 = Arados
- 3 = Satélite
- 4 = Grupo combinado de levantamento e puxamento
- 5 = Carro de puxamento
- 6 = Bancas de socaria
- 7 = Apalpador de nivelamento central
- 8 = Limpa-trilhos acionados pneumaticamente na frente do eixo motriz
- 9 = Carro de tensionamento traseiro
- 10 = Carro de registro do tensionamento frontal

- 11 = Estabilizador dinâmico de via
- 12 = Estabilizador dinâmico de via
- 13 = Carro de registro da medição central
- 14 = Carro de registro do tensionamento traseiro
- 15 = Carro laser

O item 6 da figura 15 representa as Bancas de Socaria localizadas na parte central do equipamento, que podem ser observadas na figura 16, e são capazes de penetrar no lastro entre os dormentes compactando-o de tal maneira a dar maior conformidade e rearranjo ao material granular elevando a camada de lastro quando necessário.

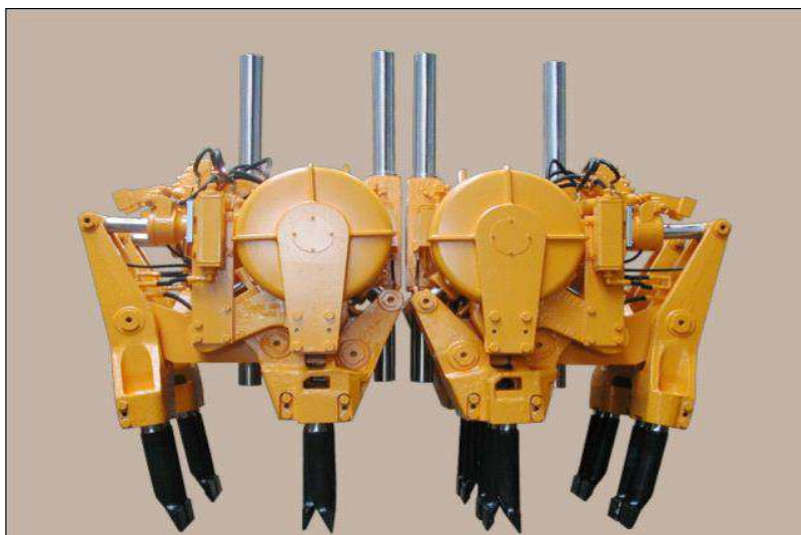


Figura 16 – Banca de Socaria

Fonte: Manual Socadora 09-3X Plasser, 2016.

Além da socaria, estas máquinas realizam serviços de nivelamento e alinhamento, executados pelos conjuntos de levantamento e puxamento, componentes presentes nas máquinas. Estes têm a capacidade de garantir a máxima precisão no processo de correção da via.

Cada Socadora possui quatro Bancas de Socaria e cada banca contém seis braços, onde cada braço é composto por duas buchas de bronze, uma bucha de aço, dois anéis de

vedação, dois discos de ajuste e um pino de aço, representado figura 16 e 17. O problema estudado encontra-se na lubrificação dos itens citados, pois anterior ao ano de 2014, onde o lubrificante utilizado nas socadoras 09-3X era óleo Tellus-100, a equipe de manutenção realizava visitas quinzenais ao longo da Estrada de Ferro Carajás para reparo dos braços devido vazamento dos mesmos.



Figura 17 – Itens do Braço da Banca de Socaria

Fonte: Manual Socadora 09-3X Plasser, 2016.

Os mancais dos braços da Banca de Socaria, identificados na figura 17, devem estar adequadamente lubrificados para operar de maneira confiável e evitar o contato direto de metal com metal entre os corpos rolantes. O lubrificante também reduz o desgaste e protege as superfícies do mancal contra a corrosão. A escolha de um lubrificante adequado e do método de lubrificação é importante, assim como a manutenção correta depende das condições operacionais, como velocidade necessária ou temperatura operacional permitida. Porém, outros fatores, como vibração e cargas, também podem influenciar o processo de seleção.

A identificação do problema em campo é visível ao operador através do nível do tanque de óleo. Quando o nível do óleo abaixa de forma irregular, o operador interrompe sua atividade dirigindo-se até à banca para inspeção visual do componente e, se necessário, realização de trocas de mangueiras e/ou conexões rompidas, que é o processo comum quando ocorre vazamento de óleo nos braços. Este tipo de parada crítica na ferrovia impacta a produção diária da máquina.

No equipamento estudado existe o problema relacionado às falhas operacionais e lubrificação devido ao prejuízo causado por vazamentos nos braços inferiores das Bancas de

Socarias quando se utiliza óleo e superaquecimento, travamento e quebra de braços, em menor quantidade, quando lubrificado a graxa.

Com análises realizadas, foi constatado que o problema pode ocorrer devido vibração da Banca de Socaria (35 Hz) que pode ocasionar folga excessiva, temperatura do sistema ou contaminação com pó do ambiente que atacam os anéis de vedação. O local do vazamento está identificado na figura 3 e representado na figura 4, pois é nesse ponto que existe os maiores esforços de rotação para que os braços abracem os dormentes e a ferramenta de soca penetre o lastro da ferrovia.



Figura 18 – Vazamento no Braço da Banca de Socaria

Fonte: O autor, 2017.

O estudo tem como objetivo definição do lubrificante apropriado para Banca de Socaria, reduzindo o desgaste, controlando o atrito presente na rotação existente no braço do componente, aumentando a vida útil e confiabilidade do sistema. A seguir, mostraremos o histórico das máquinas escolhidas para estudo e posteriormente início da seleção do lubrificante ideal.

5.1 Histórico

A Estrada de Ferro Carajás conta com a presença de 11 socadoras disponíveis para manter a via permanente, sendo 04 socadoras de modelos antigos e 07 socadoras 09-3X, distribuídas da seguinte maneira:

- I. SL021: Modelo 08-16 (1980) – Lubrificada a graxa
- II. SL024: Modelo 08-16 (1980) – Lubrificada a graxa
- III. SL026: Modelo 08-16 (1980) – Lubrificada a graxa
- IV. SL031: Modelo 09-32 (1990) – Lubrificada a graxa
- V. **SL041: Modelo 09-3X (2003) – Lubrificada a graxa**
- VI. SL042: Modelo 09-3X (2003) – Lubrificada a óleo
- VII. **SL043: Modelo 09-3X (2003) – Lubrificada a graxa**
- VIII. **SL044: Modelo 09-3X (2003) – Lubrificada a graxa**
- IX. SL051: Modelo 09-3X (2016) – Lubrificada a óleo
- X. SL052: Modelo 09-3X (2016) – Lubrificada a óleo
- XI. SL053: Modelo 09-3X (2016) – Lubrificada a óleo

Com essas informações, selecionaremos a princípio as socadoras SL041, SL043 e SL044, pois essas socadoras tiveram experiência trabalhando a óleo e há 03 anos operam lubrificadas a graxa.

Baseado em dados de Socadoras de outros modelos (08-16 e 09-32) que já utilizavam lubrificação dos braços a graxa desde 1992 na Estrada de Ferro Carajás, foi proposto uma mudança no tipo de lubrificação da Banca de Socaria de modelo 09-3X, acreditando-se na redução das estatísticas dos vazamentos apresentados. Esses prejuízos causados pelos vazamentos nos braços da 09-3X e dificuldade de manutenção ao longo da ferrovia motivaram a análise e início da substituição do sistema de lubrificação de óleo **Shell Tellus-100** para **Shell Gadus s3 v220c 2** no ano de 2014 nas socadoras SL041, SL043 e SL044, onde constatou-se que os eventos relacionados a vazamento de lubrificante deixou de existir, porém a consequência que a utilização da graxa trouxe foi mais graves, sendo travamento da Banca

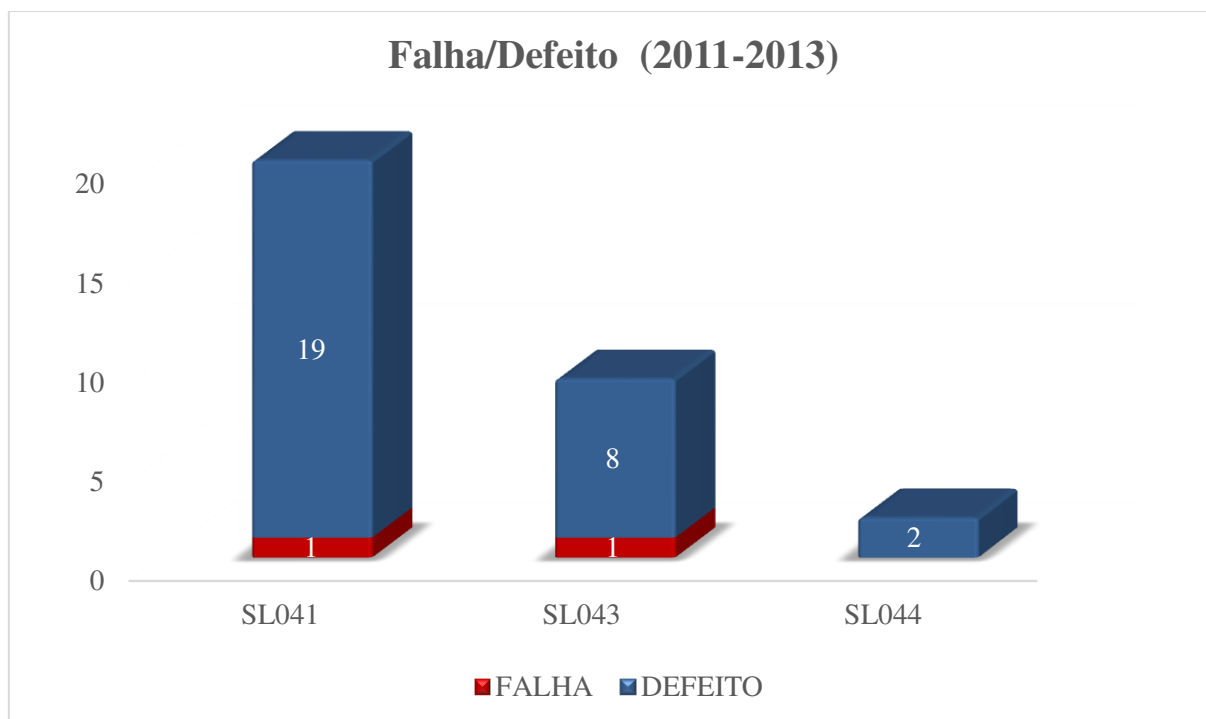
de Socaria que resulta no superaquecimento dos braços, devido ausência de lubrificação no mancal, pois a bucha de bronze aquecida sem a presença de lubrificante tende a travar e posteriormente quebra, gerando impactos na produção da máquina e prejuízos na troca de todos os itens presentes no braços da Banca.

O objetivo do presente estudo é definir o lubrificante ideal para as socadoras 09-3X, onde o mesmo não tenha como consequência vazamentos nos braços quando lubrificados a óleo ou superaquecimento, travamento e quebra do conjunto de peças presentes nos mancais quando lubrificados a graxa, buscando alternativas para otimizar a utilização do lubrificante.

5.2 Identificando a máquina com maior impacto operacional

A fim de obter a máquina com maior impacto operacional, utilizaremos as socadoras SL41, SL043 e SL044 do ano de 2011 a 2013 quando a lubrificação das mesmas era a óleo e compará-las do ano de 2014 a 2016 quando o sistema de lubrificação foi modificado para graxa, e assim obter um resultado direto com o impacto na demanda operacional. Não será analisado a Socadora SL042, pois a mesma passou 14 meses parada devido acidente ocorrido no ano de 2013, onde impossibilitou a mudança no sistema de lubrificação desta.

Foi extraído do banco de dados disponibilizado na rede da Vale qualquer falha e defeito relacionado a vazamento de óleo hidráulico e superaquecimento, travamento e quebra dos braços. O levantamento deste dado resultou no gráfico 02.

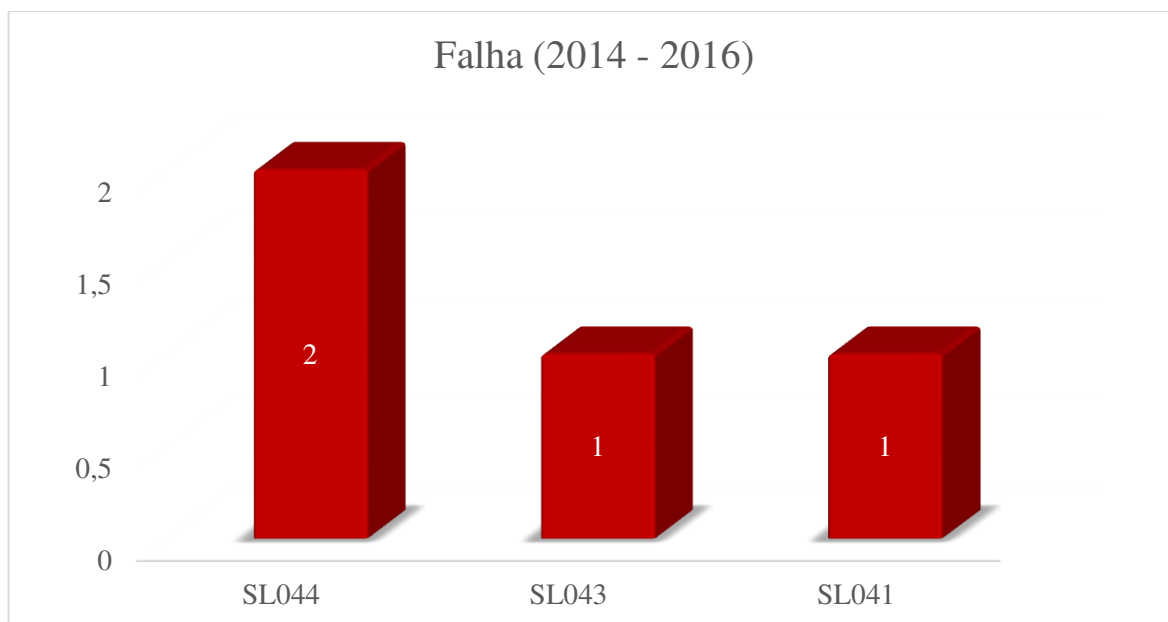
Gráfico 2: Falha e defeito nas socadoras SL041, SL043 e SL044 do ano de 2011 a 2013

Fonte: O autor, 2017.

Houveram 31 eventos relacionados a vazamento nos braços nas máquinas no período de dois anos, a principal diferença para falha e defeito é devido à gravidade do evento, pois nas falhas houve uma grande quantidade de mangueiras rompidas e consequentemente o reservatório de óleo hidráulico secou totalmente, impedindo assim a continuação da produção da máquina.

A máquina que causou maior impacto operacional para empresa quando lubrificada a óleo foi a SL041 no período de 2011 a 2013, mas devido experiências passadas com as socadoras de modelos diferentes, a equipe da engenharia resolveu modificar o sistema das três máquinas identificadas no gráfico 2.

Agora analisaremos as mesmas máquinas após a modificação do sistema de lubrificação de óleo para graxa no período de 2014 a 2016. O levantamento deste dado resultou no gráfico 3.

Gráfico 3: Falha nas socadoras SL041, SL043 e SL044 do ano de 2014 a 2016

Fonte: O autor, 2017.

O tipo de evento que ocorre nas socadoras quando a mesma é lubrificada graxa é crítica, por esse motivo definimos como falha, pois a máquina deixa de operar totalmente. No gráfico 3 observa-se que tivemos 04 falhas no intervalo de dois anos, essas falhas foram:

- I. Superaquecimento da Banca de Socaria
- II. Quebra do braço
- III. Folga excessiva do mancal da Banca de Socaria

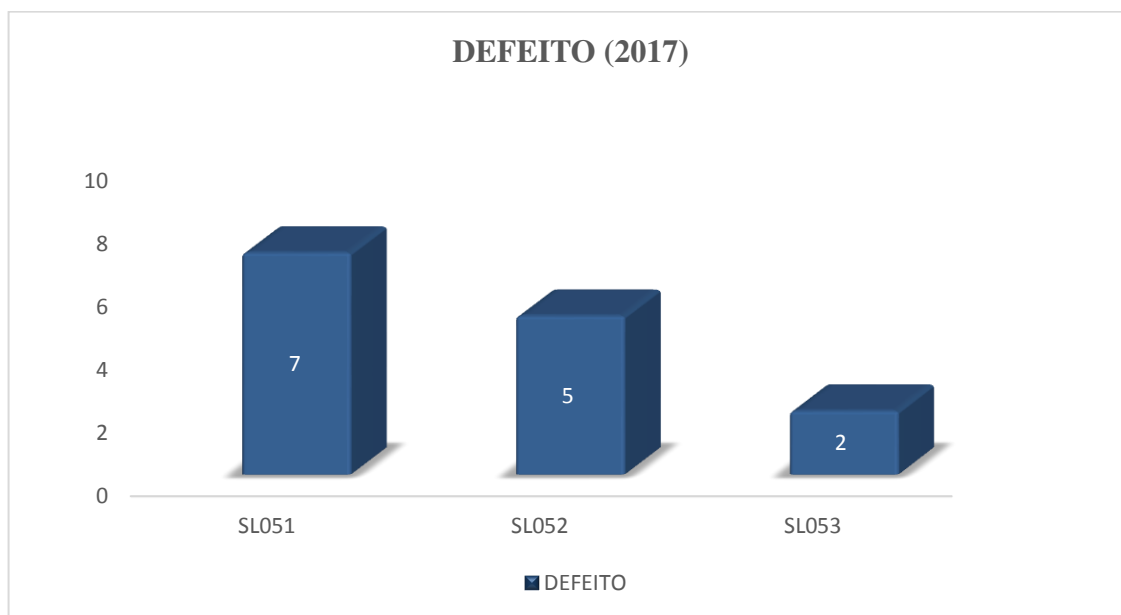
A máquina que causou maior impacto operacional para empresa quando lubrificada a graxa foi a SL041 no período de 2014 a 2016, de acordo com informação contida no gráfico 3.

De acordo com a descrição das falhas, observamos que as consequências dessas falhas são mais críticas que os eventos que acontecem com a máquina quando lubrificadas a óleo.

Observamos que o problema com lubrificação a óleo é recorrente, pois as socadoras adquiridas no ano de 2016 com início de operação em janeiro de 2017 apresentam

vazamentos constantes. Por esse motivo, buscamos o Help Desk disponível na rede da empresa e filtramos um intervalo de 06 meses de operação. O levantamento deste dado resultou no gráfico 4.

Gráfico 4: Defeito nas socadoras SL051, SL052 e SL053 no ano de 2017



Fonte: O autor, 2017.

A máquina que causou maior impacto operacional para empresa quando lubrificada a óleo foi a SL051 no ano de 2017, de acordo com informação contida no gráfico 4.

Diante dessas informações, percebemos que as socadoras quando operadas com lubrificação a óleo gera uma quantidade de intervenções maiores que quando as mesmas lubrificadas a graxa. Por esse motivo, analisaremos como os dois lubrificantes trabalham na máquina para que o ideal seja escolhido no final do estudo.

5.3 Sistema Tribológico

Para definição do lubrificante ideal será verificado os cinco parâmetros do sistema tribológico (tipo de movimento, velocidade trabalhada, temperatura, carga suportada e o ambiente operacional) e análise das falhas recorrentes com uso de ambos lubrificantes através do Diagrama de Pareto.

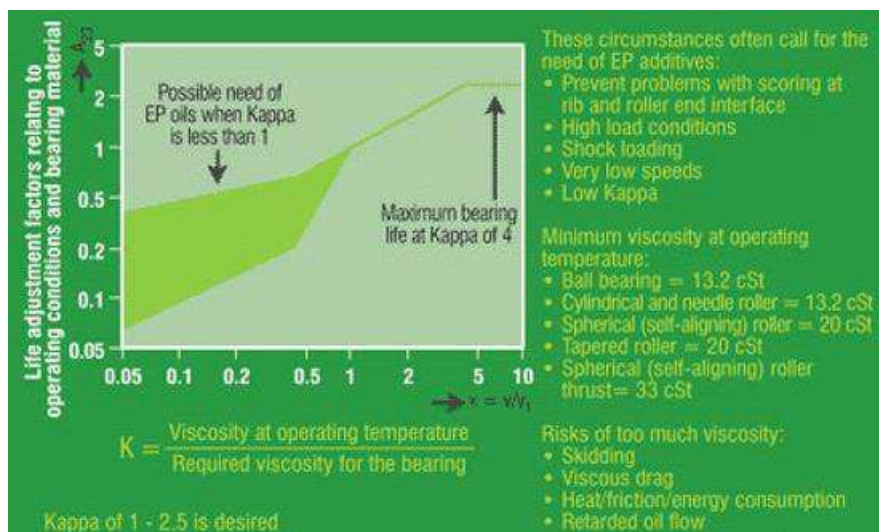
O fabricante da máquina indica a utilização de óleo hidráulico Shell Tellus-100, mas devido elevado histórico, já citados neste estudo, no número de vazamento nos braços inferiores (31 eventos entre 2011 e 2013, nas socadoras SL041, SL043 e SL044) a Assistência Técnica a partir de alguns estudos no ano de 2014 realizou melhorias nas máquinas e definiu-se o uso da Graxa Shell Gadus s3 v220c 2 que na sua especificação técnica por vantagens:

- I. Excelente estabilidade mecânica mesmo sob condições de vibração
- II. Mantém a consistência em longos períodos, mesmo em condições de vibração severa.
- III. Propriedades de extrema pressão reforçadas
- IV. Excelente performance de suporte de carga.
- V. Boa resistência à contaminação por água.
- VI. Assegura proteção duradoura mesmo em presença de grandes quantidades de água.
- VII. Elevado ponto de gota.
- VIII. Vida útil operacional prolongada em altas temperaturas.
- IX. Proteção efetiva contra a corrosão
- X. Assegura que os componentes/mancais não falhem devido à corrosão. (Shell, 2014)

De acordo com Dennis Lauer, antes que o lubrificante possa ser selecionado, o sistema tribológico deve ser identificado. Esse sistema inclui o tipo de movimento, velocidade trabalhada, temperatura, carga suportada e o ambiente operacional.

5.3.1 Tipo de movimento

Deslizar as áreas de contato necessitam da proteção de lubrificantes, com isso substâncias químicas específicas podem otimizar esse processo. Mas necessitaremos de alguns parâmetros para estudos, como podemos ver na figura 19.



Equação 1 - Valores de K

Fonte: Tribologia, a chave para a seleção adequada de lubrificantes, 2017.

De acordo com a equação 1, é necessário trabalhar com viscosidade mínima na temperatura de operação para rolo cilíndrico de 13,2 cSt ou mm²/s. A equação 1 mostra que:

$$k = \frac{\text{viscosidade à temperatura de operação}}{\text{viscosidade necessária}}$$

As tabelas 01 e 02, mostram especificações do óleo e da graxa que são utilizados.

Características Típicas

Properties	Method	Shell Tellus S2 V
Viscosidade ISO	ISO 3448	100
Tipo ISO do Fluido		HV
Viscosidade Cinemática @-20°C	cSt	ASTM D 445
Viscosidade Cinemática @40°C	cSt	ASTM D 445
Viscosidade Cinemática @100°C	cSt	ASTM D 445
Índice de Viscosidade	ISO 2909	142
Densidade @15°C	kg/l	ISO 12185
Ponto de Fulgor (COC)	°C	ISO 2592
Ponto de Fluidez	°C	ISO 3016

Tabela 01 - Características típicas Shell Tellus-100

Fonte: Especificação técnica Shell Tellus100, 2014.

Características Típicas

Properties	Method	Shell Gadus S3 V220C 2
Consistência NLGI		2
Cor		Vermelha
Tipo de Sabão		Complexo de Lítio
Tipo de Óleo Básico		Mineral
Viscosidade do Óleo Básico @40°C cSt	IP 71 / ASTM D445	220
Viscosidade do Óleo Básico @100°C cSt	IP 71 / ASTM D445	19
Penetração Trabalhada @25°C 0.1mm	IP 50 / ASTM D217	265-295
Ponto de Gota °C	IP 396	240
Bombeabilidade em Longas Distâncias		Razoável

Tabela 02 - Características típicas Shell Gadus S3 V220C 2

Fonte: Especificação técnica Shell Gadus S3 V220C 2, 2014.

Utiliza-se a maior temperatura no cálculo para obter um valor próximo do esforço extremo da graxa, por tanto, a viscosidade a temperatura de operação é 19 cSt ou mm²/s para graxa e 14 cSt ou mm²/s. Com isso, obtivemos:

Tabela 03 – Valores de K real

LUBRIFICANTE	ÓLEO	GRAXA
RESULTADO DE K	1,05	1,43

Fonte: O autor, 2017.

O resultado obtido tanto do óleo quando da graxa estão dentro dos padrões necessários (Kappa de 1 a 2,5 é favorável). Assim, o fator movimento não será determinante na escolha do lubrificante ideal.

5.3.2 Velocidade

A Banca de Socaria presente na Socadora 09-3X trabalha independente da máquina. Os intervalos específicos para cada uma dessas categorias de velocidade são definidos usando o fator de velocidade que no caso da máquina, de acordo com manual da socadora 09-3X, Plasser&Theurer (2016), trabalha a 5 km/h, pois o processo de socaria exige essa velocidade. Em visitas realizadas a campo, foi constatado que a operação da máquina cumpre a velocidade correta de trabalho do equipamento.

É valido relatar que a máquina é programada para trabalhar a essa velocidade máxima. Por tanto, o item velocidade do sistema tribológico não será crítico para definição de lubrificante ideal para bancas de socoria 09-3X.

5.3.3 Temperatura

Todos os lubrificantes possuem faixas de temperatura específicas para um ótimo desempenho. Muitos lubrificantes possuem uma ampla faixa de temperatura operacional, no entanto, alguns lubrificantes são mais adequados para temperatura mais baixas e mais altas. (Lauer, 2016)

O óleo Shell Tellus-100 trabalha entre -30°C e 225°C e a graxa Shell Gadus S3 V220C 2 entre -20°C e 140°C atendendo os requisitos de operação das máquinas, que em condições de trabalho normal devem atingir nos pontos críticos de rotação, no máximo 60°C .

Em geral, as temperaturas operacionais mais favoráveis podem ser obtidas quando for fornecida a quantidade mínima de lubrificante necessária para uma lubrificação confiável do conjunto estudado. O óleo Shell Tellus-100 e a graxa Shell Gadus S3 V220C 2 tem funções adicionais, como vedação ou dissipação do calor, por esse motivo são exigidas quantidades adicionais de lubrificante. Para compensar o envelhecimento prematuro da graxa com o aumento de temperatura, recomenda-se dividir pela metade os intervalos de lubrificação para cada aumento de 15°C (27°F) na temperatura operacional acima de 70°C (160°F). O limite de desempenho em alta temperatura para a graxa não deve ser ultrapassado. O lubrificante em intervalos de trabalho perde gradualmente suas propriedades de lubrificação como resultado de trabalho mecânico, envelhecimento e acúmulo de contaminação. Portanto, é necessário que a graxa seja recarregada ou renovada e que o óleo seja filtrado e trocado em intervalos regulares.

Não existem eventos relacionados a superaquecimento da Banca de Socaria relacionada a óleo, mas desde a modificação do sistema em algumas máquinas para graxa, o problema iniciou-se, sendo prejudicial para operação do componente. Para comprovação do problema foi realizada uma inspeção termográfica nas Bancas de Socaria SL044 na oficina de componentes, com análise nos pinos, bucha, cilindros e motores nos pontos identificados na figura 22.

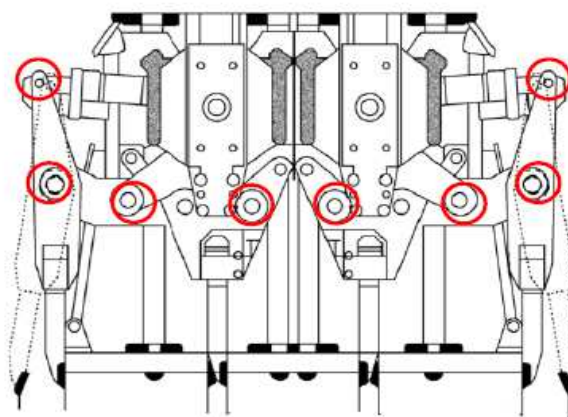


Figura 19 – Pontos de Lubrificação

Fonte: Manual Socadora 09-3X, 2016.

5.3.3.1 Inspeção Termográfica nos Pinos e Buchas SL044

Essa inspeção teve como objetivo demonstrar através da inspeção preditiva (Termográfica) possíveis pontos quentes indicativos de lubrificação inadequada, folgas ou desgastes dos pinos/buchas e avaria em rolamento na socadora SL044 lubrificada a graxa. Ela foi realizada com a máquina em funcionamento, das 09 às 12 horas, para que observar a temperatura máquina nos pontos rotacionais da banca.

Além disso, foram realizadas três inspeções no mesmo dia. As figuras a seguir mostram a maior temperatura encontrada em cada ponto.

- I. Temperatura apresentada nos pinos da banca esquerda Dianteira conforme figura 23.

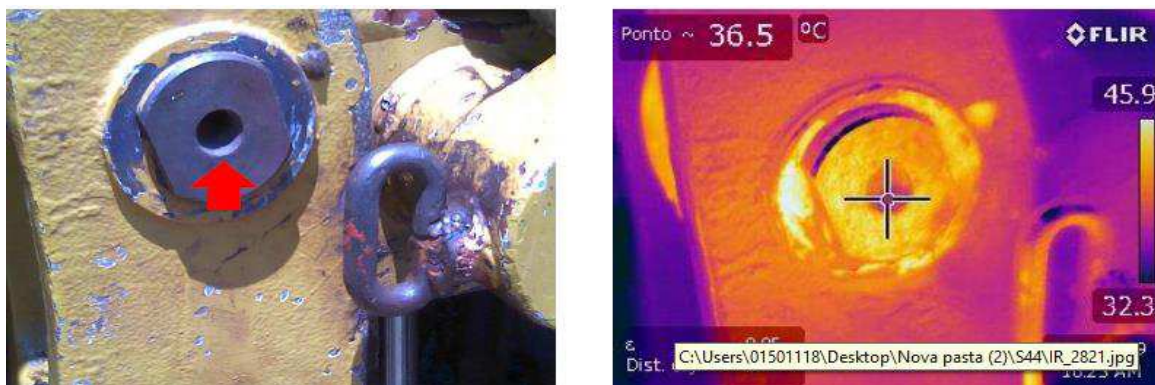


Figura 20 – Inspeção termográfica no pino da banca esquerda dianteira

Fonte: VALE, 2016.

Neste ponto, a temperatura encontrada está dentro do limite de 60°C suportada pela banca de socaria, de acordo com manual da máquina.

II. Temperatura apresentada nos pinos da biela esquerda Dianteira conforme figura 24.

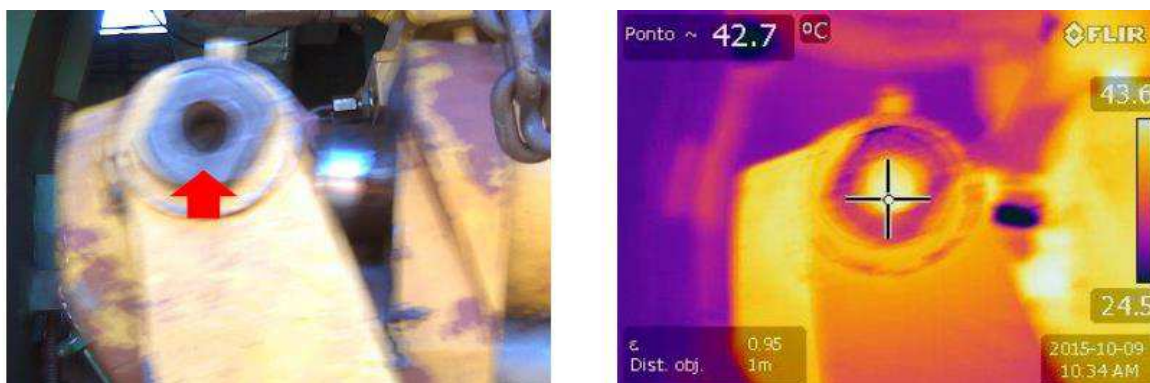


Figura 21 – Inspeção termográfica no pino da banca esquerda dianteira

Fonte: VALE, 2016.

Neste ponto, a temperatura encontrada está dentro do limite de 60°C suportada pela banca de socaria, de acordo com manual da máquina.

- III. Temperatura apresentada nos pinos da biela esquerda traseira conforme figura 25.

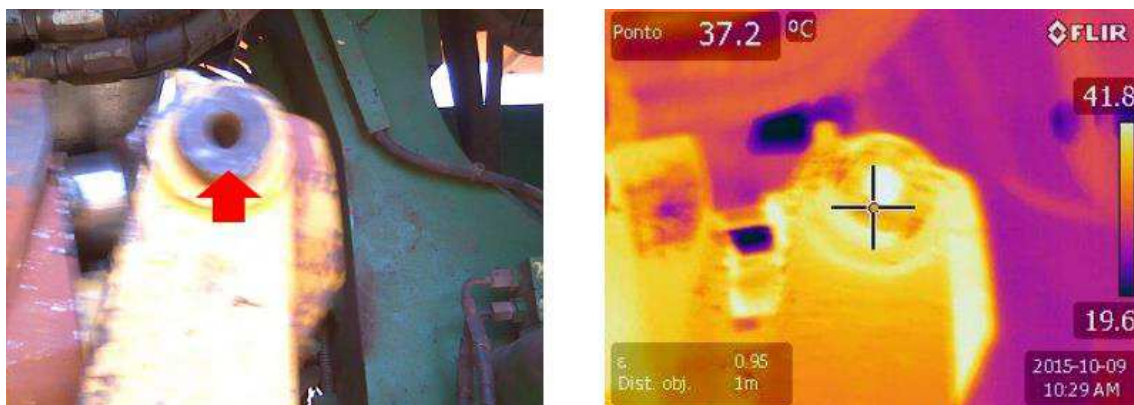


Figura 22 – Inspeção termográfica no pino da banca esquerda traseira

Fonte: VALE, 2016.

Neste ponto, a temperatura encontrada está dentro do limite de 60°C suportada pela banca de socaria, de acordo com manual da máquina.

- IV. Temperatura apresentada no corpo do cilindro HY de fechamento da banca esquerda conforme figura 26.

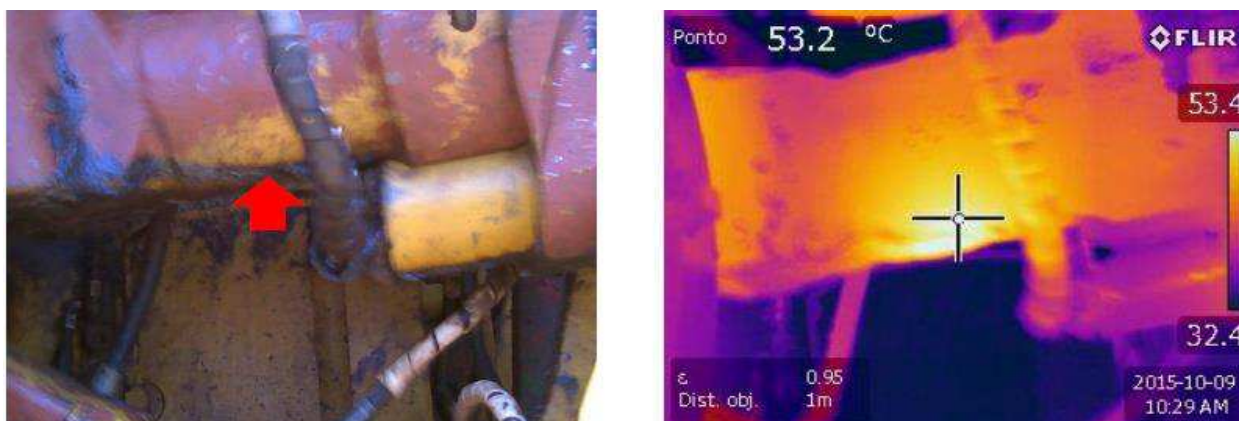


Figura 23 – Inspeção termográfica no cilindro HY de fechamento da banca esquerda

Fonte: VALE, 2016.

Neste ponto, a temperatura encontrada está dentro do limite de 60°C suportada pela banca de socaria, de acordo com manual da máquina. Porém, é notório que a temperatura apresentada na inspeção está perto da máxima suportada, tornando este ponto um item preocupante para equipe da engenharia e manutenção.

V. Temperatura apresentada no cilindro de fechamento interno da banca esquerda traseira conforme figura 27.

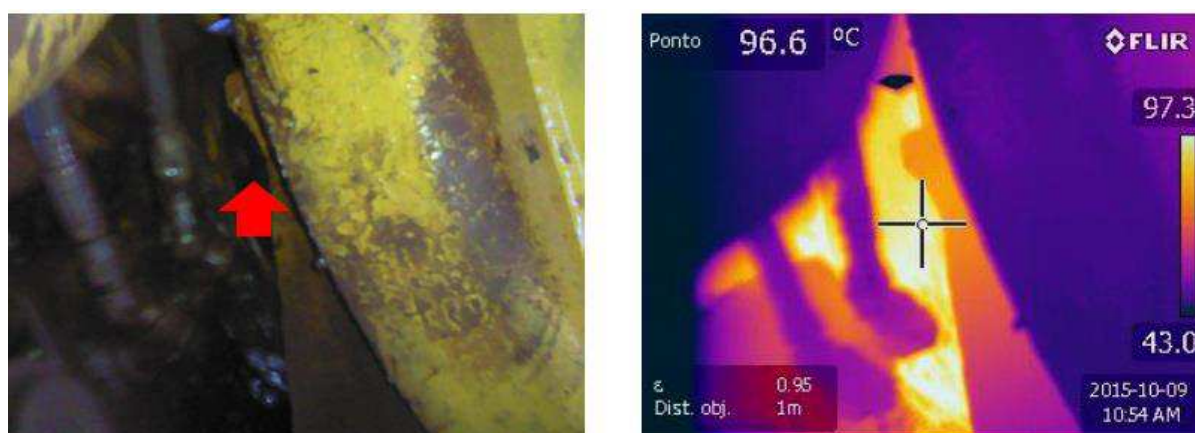


Figura 24 – Inspeção termográfica no cilindro de fechamento interno da banca esq. traseira

Fonte: VALE, 2016.

No cilindro de fechamento interno da banca esquerda traseira foi encontrado um ponto quente que pode estar relacionado a pouca lubrificação, excesso de folgas e/ou avaria de rolamento.

VI. Temperatura apresentada no cilindro HY de fechamento interno da banca esquerda dianteira, conforme figura 28.

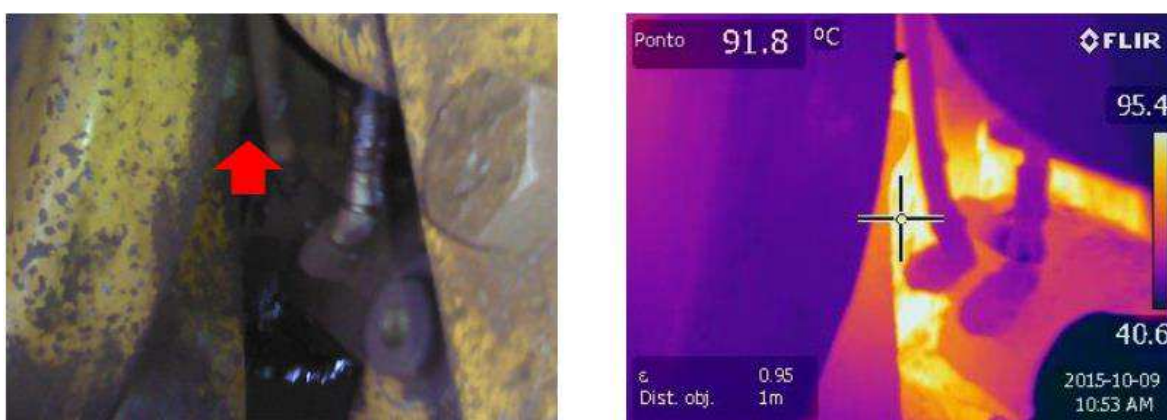


Figura 25 – Inspeção termográfica no cilindro HY de fechamento interno da banca esquerda dianteira.

Fonte: VALE, 2016.

No cilindro HY de fechamento interno da banca esquerda dianteira foi encontrado um ponto quente que pode estar relacionado a pouca lubrificação, excesso de folgas e/ou avaria de rolamento.

VII. Temperatura apresentada nos motores de acionamento das bancas, conforme figura 29.

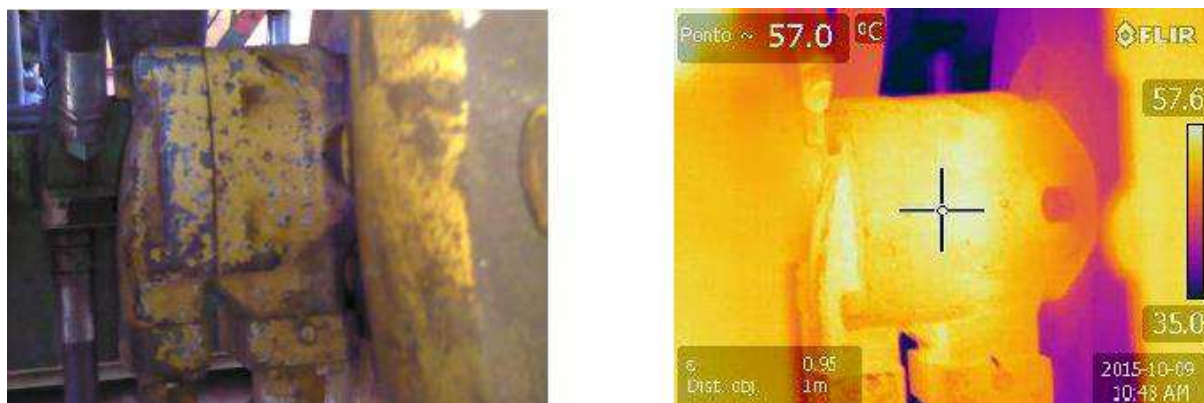


Figura 26 – Inspeção termográfica nos motores de acionamento das bancas

Fonte: VALE, 2016.

Neste ponto, a temperatura encontrada está dentro do limite de 60°C suportada pela banca de socaria, de acordo com manual da máquina. Porém, é notório que a temperatura apresentada na inspeção está bem próxima da máxima suportada, tornando este ponto um item preocupante para equipe da engenharia e manutenção.

Com isso, o resultado da inspeção mostrou que a temperatura foi um problema encontrado na análise da lubrificação à graxa, pois devido as ocorrências de superaquecimento, o desvio encontrado é causado por ausência de lubrificação nos pontos inspecionados, folgas ou desgastes dos pinos/buchas e avaria.

5.3.4 Carga

A aplicação de uma carga elevada exige aditivos específicos para ajudar a proteger contra corrosão, irritação e desgaste extremo. Ambos lubrificantes são a base de complexo de lítio, pois suportam carga elevada, pressão extrema e ampla faixa de temperaturas aplicadas nos braços da banca, por esse motivo os lubrificantes são eficientes no processo de socaria.

5.3.5 Ambiente Operacional

De acordo com Dennis Lauer (2017), o último parâmetro do sistema tribológico é o ambiente operacional da aplicação. Se o ambiente incluir umidade ou água, o lubrificante deve fornecer boas propriedades de anticorrosão, bem como resistência à lavagem ou contaminação da água. A socadora de modelo 09-3X apresenta em sua estrutura física proteção contra contaminação do lubrificante com água, poeira e outros agentes.

Outro item dentro de ambiente operacional é o meio ambiente. Quando a banca de socaria é lubrificada a óleo hidráulico Shell Tellus-100, ocorre derramamento de óleo no meio, o que é considerado acidente ambiental gravíssimo, resultando em altas multas para a empresa.

Por isso, meio ambiente é um fator que impactará na definição de lubrificante ideal para banca de socaria.

5.4 Análise de falhas pelo Diagrama de Pareto

Utilizaremos também uma das sete ferramentas da qualidade criada por Joseph Juran, em 1950. O diagrama de pareto apresenta o conceito de que na maioria das situações, 80% das consequências vem de 20% das causas. Isso pode ser útil para tratar não conformidades apresentadas no equipamento, identificar pontos de melhoria e definir que planos de ação devem ser atacados primeiro no que diz respeito a prioridade.

Estabelece que os problemas referentes a qualidade de produtos e processos, que resultam em perdas, podem ser classificados da seguinte maneira:

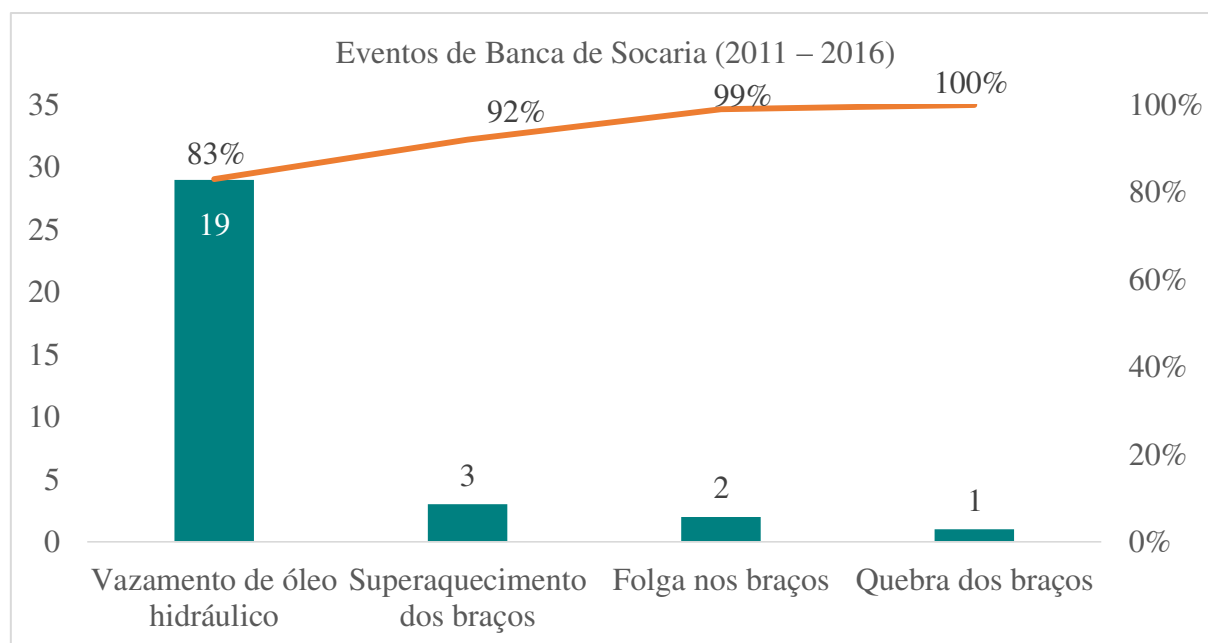
- I. Poucos vitais: representam poucos problemas que resultam em grandes perdas.
(Lubrificação a graxa)
- II. Muitos triviais: representam muitos problemas que resultam em poucas perdas.
(Lubrificação a óleo)

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta que apresenta um gráfico de barras que permite determinar, por exemplo, as prioridades dos problemas a serem resolvidos, através das frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas, pois na maioria das vezes há muitos problemas menores diante de outros mais graves.

Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos. Por esse motivo, aplicaremos a metodologia de Juran separadamente para graxa e óleo.

Do ano de 2011 ao ano de 2016, 146 eventos foram cadastrados no Banco de Dados da companhia relacionados a Banca de Socaria, desses eventos, 89 foram identificados como problemas nos braços e cilindros do componente e 35 diretamente ligados à vazamento ou superaquecimento nos braços. Verifica-se nos gráficos 5.

Gráfico 5: Diagrama de Pareto



Fonte: O autor, 2017.

Os gráficos 02 e 03 do item 5.2 e gráfico 05 do diagrama de pareto, mostra que a lubrificação a óleo traz uma quantidade de eventos superior quando lubrificadas a graxa.

Analizando todos os itens estudados acima, encontramos problemas no ambiente operacional devido derramamento de óleo que é considerado acidente ambiental gravíssimo, gerando altíssimas multas para empresa, na temperatura na inspeção termográfica realizada nos pinos e buchas da socadora SL044 (lubrificada a graxa) e na quantidade de eventos quando a banca de socaria é lubrificada com óleo hidráulico Shell Tellus-100, o que impacta na produção da máquina e da empresa. Essas consequências são primordiais para escolha da lubrificação a graxa, por esse motivo definimos que o lubrificante ideal para a banca de socaria da socadora 09-3X é a **Shell Gadus s3 v220c**, porém não podemos deixar de analisar a inspeção termográfica, ela nos mostra que a máquina trabalha com temperaturas elevadas devido à ausência de lubrificação. Isto acontece por que a graxa pode ressecar e entupir as mangueiras, impendo que o ciclo de lubrificação trabalhe normalmente.

Por todos motivos citados, algumas medidas foram tomadas em outubro de 2016 na socadora SL044, onde a mesma apresentou maior quantidade de falhas relacionadas a graxa, para evitar que o equipamento trabalhe sem a presença de lubrificação e posteriormente venha apresentar falhas irreversíveis. A instalação de uma bomba pneumática manual (Anexo A) ao lado do equipamento foi a solução encontrada, onde o operador deve acioná-la antes de iniciar seu trabalho diário e a cada uma hora e meia de operação da máquina.

Essa medida é controlada por um *checklist* assinado pelo operador da máquina e seu supervisor para que a confiabilidade/engenharia consiga controlar e garantir o perfeito uso da máquina. Além desse *checklist*, o operador também deve preencher outro *checklist*, mas da banca de socaria (Anexo B), o que garante o perfeito estado das mangueiras de lubrificação, das ferramentas de socaria, dos cilindros e braços.

A SL044 está operando em perfeito estado a 12 meses e deixou de apresentar qualquer falha ou defeito relacionados a lubrificação, conforme banco de dados disponível na rede.

Será instalado nas socadoras SL041 e SL043 o mesmo dispositivo, e, devido os vazamentos constantes de óleo hidráulico, as socadoras SL042, SL051, SL052 e SL053 adotarão o sistema de lubrificação a graxa juntamente com a bomba pneumática manual.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso, desenvolvido na Vale S.A., ao longo da Estrada de Ferro Carajás (EFC), teve como objetivo definir o lubrificante ideal para as socadoras de via 09-3X para sanar os prejuízos materiais e operacionais ocasionados pelo vazamento de lubrificação a óleo pelos braços e cilindros da banca de socaria quando a mesma é lubrificada com óleo Shell Tellus-100 e quebra dos braços, folga, superaquecimento e travamento quando lubrificada com graxa Shell Gadus s3 v220c. Para realização do trabalho, todas as máquinas de socaria foram utilizadas para determinação do lubrificante e elaboração de estratégia para que os impactos causados pelos eventos deixassem de existir.

Por meio do sistema tribológico onde verifica tipo de movimento, carga, temperatura, velocidade e ambiente operacional, foi encontrado problema na temperatura dos braços e cilindros da máquina, quando lubrificada a graxa e ambiente operacional quando lubrificadas a óleo, devido vazamentos constantes do lubrificante no meio ambiente.

Foram reconhecidas as máquinas que causam maiores impactos operacionais para empresa, sendo a SL041 quando lubrificada a óleo com 20 eventos e a socadora SL041 quando lubrificada a graxa com 02 eventos críticos.

No diagrama de pareto, verificamos que a maior porcentagem de eventos está quando a máquina é lubrificada a óleo.

De acordo com todo o estudo, foi definido que a graxa Shell Gadus s3 v220c é o lubrificante ideal para lubrificação dos braços e cilindros da Socadora 09-3X, por esse motivo as socadoras SL042, SL051, SL052 e SL053 serão programadas para que o sistema de lubrificação das mesmas seja modificado e além desse passo, faz necessário a presença de uma bomba pneumática manual para garantir a perfeita lubrificação das mangueiras graxeiras e dois *checklist* antes do início do trabalho para acompanhamento do estado das máquinas e suas melhorias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Samuel. **Ferrovias: Aspectos técnicos de projeto**. Monografia (Engenharia Civil), ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São Paulo, 2011.

BELINELLI, Marjorie. **Desenvolvimento de um sistema informatizado aplicado à gestão de planos preventivos de lubrificação industrial**. Dissertação (Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

DÂNGELO, Bruno. **Carro controle faz vistoria completa das condições de vias férreas**, 2013. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/29/inspecao-de-vias-ferreas-concessionarias-adquirem-carros-controle-com-sistemas-292644-1.aspx>> Acesso em: 14 nov. 2017.

FERNANDES, Gilberto. **Obras de infraestrutura e superestrutura ferroviária**, 2014. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~gilbertofernandes/11aula%205.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2017

FERRARI, Gustavo. **MRS reduz transit time e risco de acidentes com inovações tecnológicas**, 2016. Disponível em: < <http://www.estacaoferroviaria.com.br/mrs-reduz-transit-time-e-risco-de-acidentes-com-inovacoes-tecnologicas/>> Acesso em: 20 nov. 2017.

FREITAS, Maxsoel. **Transporte rodoviário de cargas e sua respectiva responsabilidade civil**. Revista Jus Navigandi, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 9, n. 314, 2004.

GOMES, Tiago; WILDAUER, Egon. **Análise do Projeto de Expansão do Trecho da Malha Ferroviária de Morretes a Saquarema**. Artigo (Engenharia de Produção), UFPA – Universidade Estadual do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

HENRIQUES, César. **Manutenção de via permanente com foco na produção**. Monografia (Engenharia Ferroviária), IME – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2008.

LAUER, Dennis. **Tribologia, a chave para seleção adequada de lubrificantes**. Kluber Lubrication North America LP. Estados Unidos, 2017.

JULIANELLI, Leonardo. **Por que as empresas não usam mais ferrovias no Brasil?**, 2016.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção – Função Estratégica**. São Paulo, 2009.

MASSUD, Danilo. **Panorama geral do transporte hidroviário no Brasil**, 2014.

MUNIZ, Luiz; SPADA, George. **Apostila de Manutenção de Via Permanente Ferroviária**. IME - Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2006.

NETO, Camilo. **Manual didático de ferrovias**. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Transportes. Paraná, 2012.

PLASSER&THEURER. **Manual Socadora de Linha 09-3X**. Áustria, 2016.

PENA, Rodolfo. **Modais de transporte de carga no Brasil – Conheça os 5 principais**, 2012. Disponível em: <<https://www.prestex.com.br/blog/modais-de-transporte-de-carga-no-brasil-conheca-os-5-principais/>>. Acesso em: 14 out. 2017

PENA, Rodolfo. **Transportes no Brasil**, 2012. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/transportes-no-brasil.htm>>. Acesso em: 22 out. 2017

SHELL. **Shell Gadus S3 V220C 2**, 2014.

SHELL. **Shell Tellus S2 V 100**, 2014.

Disponível em: <http://www.revistaferroviaria.com.br/nt2007/palestras/V_Premio_Amsted_Maxion_24-Out-2007/Regis%20Mendes%20-%20MRS.pdf> Acesso em: 20 nov. 2017.

Disponível em: <<https://www.mrs.com.br/post-blog-inovacao/esmerilhadora-de-trilhos/>> Acesso em: 20 nov. 2017.

Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/transportes-no-brasil/>> Acesso em: 01 nov. 2017

ANEXO A – *CheckList* Lubrificação Central da Banca de Socaria 09-3X

[illegible]

ANEXO B – *CheckList* Acionamento de Bomba Pneumática da Banca de Socaria

[illegible]