UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA

MAIKON MOURA AMORIM

ESTUDO DE CASO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NO SISTEMA DE FREIOS EM UMA EMPRESA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE DE CARGAS RODOVIÁRIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA
2021

MAIKON MOURA AMORIM

ESTUDO DE CADO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NO SISTEMA DE FREIOS EM UMA EMPRESA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

Case study of preventive maintenance in the brake system in a logistics company for the transportation of road loads

Trabalho de conclusão de curso de apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Me. Pericles Secco Cancian

PONTA GROSSA

2021

4.0 Internacional

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.
Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE CASO DE MANUTENÇÃO ´PREVENTIVA NO SISTEMA DE FREIOS EM UMA EMPRESA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE DE CARGAS RODOVIÁRIAS

por

MAIKON MOURA AMORIM

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 10 de maio de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me.Péricles Secco Canciam
Orientador

Profa. Ma.Ana Maria Bueno
Membro Titular

Prof. Dr.Oscar Regis Jr
Membro Titular

Prof.Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho
Coordenador do Curso

– O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado a oportunidade de chegar até aqui e a força necessária para superar a saudade de casa e as dificuldades encontradas.

A minha família pelo apoio incondicional nesses últimos anos, por acreditar e investir em mim.

Ao meu orientador que, com paciência e sabedoria, me direcionou na construção do presente trabalho.

Aos meus amigos que estiveram sempre ao meu lado nos momentos bons e ruins.

Enfim, a todos que direta e indiretamente fizeram parte dessa etapa da minha vida.

RESUMO

MOURA AMORIM, Maikon. **Estudo de caso de manutenção preventiva no sistema de freios em uma empresa logística de transporte de cargas rodoviárias**. 2021. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

A organização da manutenção é o primeiro passo para uma estruturação sólida do setor. Com processos e códigos bem definidos, as falhas se evidenciam e podem ser estudadas, para que sejam tomadas as medidas necessárias para atingir a máxima eficiência da frota. Informações de trocas de componentes mecânicos, junto à quilometragem, são extremamente necessárias para geração de indicadores de desempenho e previsibilidade de vida útil dos componentes. Considerando essa importância, o presente trabalho tem como objetivo aumentar a disponibilidade da frota rodoviária. Para isso deve-se estruturar um tagueamento das frotas a fim de identificar com precisão componentes e peças, estruturar a coleta de dados com confiabilidade, treinar os colaboradores envolvidos no lançamento dessas informações, coletar os dados e criar um banco de dados, montar um plano de troca preventivo de lonas de freio, realizar um teste com algumas frotas definidas e por fim, realizar uma análise dos indicadores de manutenção. Com isso, o indicador de disponibilidade aumentou em 5,5% em média, o TMEF aumentou em 73% em média e como previsto o TMR aumentou em 2,3 horas, sendo que o custo entre as metodologias mostrou pouca alteração.

Palavras-chave: Organização. Manutenção. Preventivo. Tagueamento. Implementos. Freios.

ABSTRACT

MOURA AMORIM, Maikon. **Case study of preventive maintenance in the brake system in a logistics company for the transportation of road loads**. 2021. 45f. Monography (Bachelor of Mechanical Engineering) Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2021.

The maintenance organization is the first step towards a solid structuring of the sector. With well-defined processes and codes, the flaws are evident and can be studied so that the necessary measures are taken to achieve maximum fleet efficiency. Information on the replacement of mechanical components, along with mileage, is extremely necessary for the generation of performance indicators and predictability of component life. Considering this importance, this work aims to increase the availability of the road fleet. For this, it is necessary to structure a fleet tagging in order to accurately identify components and parts, structure the data collection with reliability, train the employees involved in the release of this information, collect the data and create a database, assemble a plan preventive replacement of brake linings, carry out a test with some defined fleets and finally, perform an analysis of maintenance indicators. As a result, the availabity indicator increased by 5,5% on average, the TMEF increased by 73% on average and, as predicted, the TMR increased by 2,3 hours, with the usual among the changed methodologies being changed.

Keywords: Organization. Maintenance. Preventive. Tagging. Implements. Brakes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades dos materiais utilizados nas lonas de freio.....20
Tabela 2 – Tempo de realização de manutenção em minutos.....32
Tabela 3 – Relação de preço oficinas terceira e própria 33
Tabela 4 – Dados de tempo de manutenção.....35
Tabela 5 – Trabalhos realizados em oficinas terceiras 36
Tabela 6 – Resultado do plano preventivo de freios 37
Tabela 7 - Tempo médio entre manutenções 38
Tabela 8 – Comparativo dos planos corretivo e preventivo de freios.....39
Tabela 9 – Comparação entre custos de manutenção corretiva e preventiva.....39

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gerações de manutenção 13
Figura 2 - Componentes de freio a tambor 19
Figura 3 - Esquema freio a tambor pneumático 19
Figura 4 - Manutenção centralizada 22
Figura 5 - Manutenção descentralizada 23
Figura 6 - Manutenção mista 23
Figura 7 – Fluxograma do desenvolvimento do trabalho 27
Figura 8 – Tagueamento dos itens chave 28
Figura 9 - Documento adicional de manutenção 29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentagem de gastos de manutenção de implementos ano 2019 33
Gráfico 2 - Porcentagem de serviços realizados nas oficinas em 2019 34

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS **2**

RESUMO **3**

ABSTRACT **4**

1 INTRODUÇÃO **9**

1.1 TEMA DA PESQUISA 9

1.2 PROBLEMA 10

1.3 JUSTIFICATIVA 10

1.4 OBJETIVO GERAL 11

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **12**

2.1 BREVE HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO 12

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO 13

2.2.1 Manutenção Corretiva 14

2.2.2 Manutenção Preventiva 15

2.2.3 Manutenção Preditiva 16

2.2.4 Manutenção Detectiva 17

2.2.5 Engenharia de Manutenção 18

2.3 SISTEMAS DE FREIO 18

2.3.1 Freio a tambor 18

2.3.2 Sistema de freios de implementos rodoviários 19

2.3.3 Materiais de Freios a Tambor 20

2.3.4 Mecanismos de Desgaste 21

2.4 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO 22

2.5 TAGUEAMENTO 24

2.6 INDICADORES DA MANUTENÇÃO 24

2.6.1 TMEF – Tempo Médio Entre Falhas 25

2.6.2 TMR- Tempo Médio Para Reparos 25

2.6.3 TMPF – Tempo Médio Para Falhas 26

2.6.4 Disponibilidade da Máquina 26

3 METODOLOGIA **27**

3.1 FLUXOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO 27

3.2 REALIZAÇÃO DO TAGUEAMENTO DOS ITENS E DOCUMENTO PARA A COLETA DE DADOS . 27

3.3 TREINAMENTO DOS COLABORADORES 29

3.4 ANÁLISE DE DADOS COLETADOS 30
3.5 ESTRUTURAÇÃO DO PLANO PREVENTIVO DE FREIOS 30
3.6 COLETA DE DADOS DA FROTA TESTE 31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 32
4.1 PADRÕES DA MANUTENÇÃO DE FREIOS DE SEMI REBOQUES 32
4.1.1 Tempo de Manutenção de Freios Semi Reboques 32
4.1.2 Custo de Manutenções 32
4.1.3 Manutenções Anterior Plano Preventivo 34
4.2 COMPARATIVO ENTRE AS METODOLOGIAS 37
5 CONCLUSÃO 41
5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS 41
6 BIBLIOGRAFIA 42

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA DA PESQUISA

A atividade logística é a ponte que faz a ligação entre os locais de produção e mercados separados por tempo e distâncias (BALLOU, 2006). Em 2009, segundo a CNT (Confederação Nacional de Transportes), 61,1% de toda a carga transportada no Brasil usou o sistema modal rodoviário.

No Brasil em 2017, dados da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres), existiam cerca de 71.227 empresas de transporte de cargas e cerca de 1,3 milhões de caminhões ativos. Com esses números expressivos, a competitividade no segmento é grande, fazendo com que as empresas monitorem cada setor a fim de reduzir custos e aumentar a lucratividade.

A manutenção destaca-se como peça fundamental para a eficiência do transporte de cargas. Cada vez mais as empresas têm exigido equipamentos com eficácia e eficiência condizentes com suas expectativas operacionais, quer sejam precisão, velocidade, confiabilidade, disponibilidade, segurança e custo. Assim, sob os preceitos da gestão da qualidade total, no que tange à continuidade e ao controle sobre os processos, sobre as perdas e custos produtivos, o estabelecimento de desempenhos adequados do maquinário toma-se fundamental (MATOS, 1999).

Para empresas frotistas, o custo da manutenção é cerca de 40% dos custos operacionais (CAMPOS, 1994), portanto é de extrema importância que o investimento em manutenção seja muito bem aplicado a fim de sempre ter a máxima disponibilidade de seus ativos para garantir a sobrevivência no setor (REYS, 1995).

Na manutenção industrial, usa-se, por via de regra, os fatores de periodicidade e horas trabalhadas como parâmetros para as trocas preventivas ou corretivas de seus componentes. Porém, para empresas que utilizam caminhões como seus ativos, o parâmetro tempo acaba tornando-se ineficiente para analisar a vida útil dos seus componentes mecânicos.

Para melhor eficiência e controle de manutenção de veículos, o fator que as fabricantes utilizam como parâmetro é a quantidade de quilômetros rodados da frota. Assim, trocas de óleo e manutenções preventivas de componentes, são estabelecidos a partir de determinada quilometragem.

Os dados inseridos no sistema de informação da empresa devem ser bastante confiáveis devido à necessidade de informação de quilometragem ser o fator determinante na periodicidade das ações de manutenção preventivas. Por isso, atenção e cuidado devem ser empregados quando esses dados são inseridos no sistema.

Nesse cenário em que empresas de logística de transporte estão inseridas, o levantamento do histórico de manutenção e o controle e previsibilidade de falhas de equipamentos atrelados a logística são alguns dos desafios enfrentados pelo setor de manutenção. Programar e controlar esses fatores de forma eficiente é um diferencial que pode ser a sobrevivência da empresa no contexto de competitividade.

1.2 PROBLEMA

Um dos problemas enfrentados pela empresa de logística é a confiabilidade dos dados inseridos no sistema de controle da organização, no que se refere à quilometragem e especificações nas ordens de serviços (OS) lançadas. Algumas vezes informações são negligenciadas e/ou lançadas de forma incorreta.

Após um estudo de disponibilidade, verificou-se que o sistema que mais apresenta paradas emergenciais de manutenção é o sistema de freios dos semirreboques da frota rodoviária.

O sistema de informação da empresa é limitado para itens iguais que se encontram em diferentes posições do conjunto cavalo carreta, como por exemplo lonas e tambor de freio. O sistema não é preparado para separar por localização, dificultando assim a possibilidade de construção de um banco de dados bem estruturado e confiável.

A empresa ainda não utiliza manutenções preventivas para sistemas de freios de implementos rodoviários. Assim, todas as manutenções são realizadas após o motorista identificar alguma avaria na eficiência do freio.

1.3 JUSTIFICATIVA

O controle dos gastos é um fator essencial para a saúde de qualquer organização. Para o setor de manutenção não é diferente. Gerenciar os recursos e aplicá-los de forma eficiente é imprescindível para bom andamento dos processos.

Um controle de manutenção é necessário para atingir a performance esperada, acompanhando os indicadores e gerenciando as paradas de manutenções em conjunto com a logística de viagens.

É importante o levantamento e confiabilidade desses dados para conseguir gerar indicadores de desempenho dos motoristas da frota, com esses valores, podem ser criados planos preventivos de manutenções, podendo assim melhorar a disponibilidade da frota.

1.4 OBJETIVO GERAL

Este trabalho pretende aumentar a disponibilidade da frota rodoviária aplicando um plano de manutenção preventivo de lonas de freio de implementos rodoviários.

Para isso, alguns conceitos de organização da manutenção devem ser realizados para codificar os itens estudados e realizar a separação desses componentes no banco de dados da empresa.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Criar um Tagueamento para alguns componentes do sistema de freio das carretas da frota e um documento para padronizar a coleta de dados de manutenção;
- Treinar os responsáveis pela alimentação do sistema e acompanhar a coleta de dados;
- Analisar os dados coletados e estruturar um plano preventivo para o sistema de freios dos implementos rodoviários;
- Realizar análise dos indicadores de manutenção do plano preventivo de freios.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

A palavra manutenção deriva do latim *manus tere*, que significa “manter o que se tem”. Ela está presente na história humana desde o momento que se começou a utilizar ferramentas de produção (VIANA, 2002).

PINTO; NASCIF (2001) divide a história da manutenção em três gerações muito bem definidas. A primeira geração abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando os equipamentos eram mais simples e pouco mecanizados. Nessa época não existia preocupações com produtividade e a manutenção nas industrias se preocupava apenas em limpeza, lubrificação e reparo após quebra.

A segunda geração começa por volta da década de 50, as coisas mudaram drasticamente devido as pressões pela demanda de bens de todos os tipos. Esse fato elevou a mecanização e nessa altura máquinas de todos os tipos ficaram mais numerosas e complexas. Com o a indústria começou a depender desses equipamentos, o tempo de paralisação entrou em um foco estreito junco com o custo de manutenção (MOUBRAY, 1997).

Para reduzir esses tempos, a ideia de que falhas de equipamentos poderiam ser evitadas, inserindo o conceito de manutenção preventiva. Isto conduziu o crescimento dos sistema de planejamento e controle da manutenção (MOUBRAY, 1997).

Na terceira geração, a partir da década de 70, com o aumento da automação e a tendência mundial de utilizar sistemas “*just-in-time*”, significava que falhas em equipamentos poderiam ocasionar uma paralização na produção da fábrica, portanto disponibilidade e confiabilidade tornaram-se pontos chaves para o setor de manutenção da época (PINTO; NASCIF, 2001).

A partir do início dos anos 80, com a maior acessibilidade aos microcomputadores, os responsáveis pela manutenção passaram a desenvolver seus próprios programas. Assim, não necessitavam mais da disponibilidade humana e de equipamentos para o atendimento às suas prioridades de processamento das informações pelo computador central, além da dificuldade dos técnicos de sistemas não estarem familiarizados com a área de manutenção (TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005).

Durante a segunda metade dos anos 80, o comércio desses *softwares* gera a necessidade de avaliação e seleção para a melhor escolha. Assim, a “Análise e Diagnóstico da Manutenção” tem por objetivo formar um grupo de trabalho que avalia a Gestão de Manutenção atual da empresa, podendo realizar uma reestruturação da organização da manutenção para atender aos apelos da evolução tecnológica (TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005).

No final da década de 80, com a exigência da qualidade dos produtos e serviços pelos consumidores, a manutenção se torna um elemento chave para o sucesso organizacional da empresa, equivalente ao que vinha sendo praticado pela operação (TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005). Cada vez mais, as falhas provocam sérias consequências na segurança e no meio ambiente, sendo que em algumas partes do mundo as empresas eram impedidas de funcionarem caso não satisfizessem as expectativas de segurança e preservação ambiental (PINTO; NASCIF, 2001).

Na Figura 1, PEREIRA (2011) resumiu as gerações da manutenção de acordo com as técnicas aplicada em cada época.

Figura 1 - Gerações da manutenção

Fonte: PEREIRA (2011)

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A maneira como são feitas as intervenções nos equipamentos definem os vários tipos de manutenção existentes. Existe uma variedade muito grande de denominações para classificar a atuação da manutenção, portanto é importante uma

caracterização mais objetiva (PINTO; NASCIF, 2001). Em geral, os autores detalham vários tipos de manutenção possíveis, mas um consenso é observado e são destacadas as seguintes classificações:

- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva
- Manutenção Preditiva
- Manutenção Autônoma
- Manutenção Detectiva

As variações dos tipos de manutenção podem também ser considerados como políticas de manutenção, desde que sua aplicação seja resultado de uma definição gerencial pela política global da empresa, baseada em dados técnicos (PINTO; NASCIF, 2001).

2.2.1 Manutenção Corretiva

De acordo com a NBR 5462, a Manutenção Corretiva é a “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida” (VIANA, 2003). Segundo PINTO; NASCIF (2001), a Manutenção Corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado.

Existem duas condições específicas que levam a manutenção corretiva, são elas a ocorrência da falha e o desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais (PINTO; NASCIF, 2001). As paradas corretivas, são trabalhos de reparação de avarias que tenham surgido sem aviso prévio, cuja oportunidade de intervenção não possa ter sido decidida pelo gestor (CABRAL, 2006).

Qualquer trabalho que obrigue alterar o figurino de produção de uma instalação, isto é, o trabalho não planejado, deve ser considerado corretivo (CABRAL, 2006). Quando uma empresa tem a maior parte de sua manutenção sendo corretiva, seu departamento de manutenção é comandado pelos equipamentos e seu desempenho operacional não está adequado às necessidades de competitividade atuais (PINTO; NASCIF, 2001).

PINTO; NASCIF (2001) divide a manutenção corretiva em duas classes: manutenção corretiva planejada e manutenção corretiva não planejada. Quando a gerência decide realizar a manutenção quando ocorrer a falha no equipamento, esse tipo de abordagem é chamado de manutenção corretiva planejada. Mas quando a manutenção é feita com a correção da falha de maneira aleatória é chamado de corretiva não planejada.

Normalmente a manutenção corretiva implica alto custos, como não existiu a previsibilidade de parada da produção, as falhas podem comprometer a qualidade da produção. Além disso, quebras aleatórias podem gerar consequências ainda piores para os equipamentos, já que podem comprometer outros conjuntos ou partes dos equipamentos que estavam operando de maneira correta (PINTO; NASCIF, 2001).

2.2.2 Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva é uma intervenção de manutenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha (MONCHY, 1989). Manutenção preventiva é aquela que é realizada com o objetivo de evitar a ocorrência de avarias, ou seja, atua-se antes da falha ocorrer (CABRAL, 2006).

A manutenção preventiva é executada em duas condições distintas. A primeira delas atua antes de completar um período estimado de vida útil de determinado componente (PINTO; NASCIF, 2001). Essa intervenção de Preventiva Sistemática, onde os trabalhos são planejados com periodicidade, tais que vários constituintes se mantem a funcionar na parte inferior de sua vida útil CABRAL (2006).

O segundo tipo de manutenção preventiva realiza a abertura prematura de determinado componente para a reposição (PINTO; NASCIF, 2001). Recorre a meios de vigilância sistemáticos para determinar qual é a oportunidade certa para intervir em determinado componente para evitar que ele falhe (CABRAL, 2006).

A manutenção preventiva é benéfica quando não é possível a realização de uma manutenção preditiva, quando há aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tornam mandatória a intervenção, por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional, quando há riscos de agressão ao meio ambiente ou quando houverem sistemas complexos ou de operação contínua (PINTO; NASCIF, 2001).

Esse tipo de manutenção planejada oferece uma série de vantagens em comparação a manutenção corretiva para o organismo fabril. Com uma manutenção bem planejada temos uma ideia bem clara de quando devemos usar determinadas peças e equipamentos em determinado tempo. Assim, o almoxarifado da empresa se torna mais enxuto e com melhor eficiência (VIANA, 2002).

Outro ponto a se destacar é a previsibilidade de paradas. Dessa forma o Planejamento e Controle da Produção (PCP) consegue trabalhar sob o calendário de paradas, não comprometendo a produção (VIANA, 2002).

Já pensando pelo lado de custos, o uso desse método acaba sendo mais custoso pelo fato de peças ou componentes são trocados ou reformados antes que os seus limites de vida sejam alcançados. Por outro lado, a manutenção preventiva acaba sendo mais vantajosa financeiramente que a corretiva pelo fato de as incidências de falhas diminuírem, caindo assim a quantidade de paradas da linha de produção, aumentado a disponibilidade do equipamento (XENOS, 2004).

2.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva se preocupa com as alterações que ocorrem no comportamento normal do equipamento. Para chegar às informações que traduzem a instabilidade do equipamento, há necessidade de estabelecer um diagnóstico sobre o equipamento, que consiste em monitorar parâmetros (MORO, 2007).

Quando os parâmetros chegam ao nível crítico, é tomada a decisão de intervenção. Como esse serviço pode prever a falha do equipamento, uma preparação é feita para a execução do serviço. De forma mais direta, podemos dizer que manutenção preditiva prediz as condições dos equipamentos (PINTO; NASCIF, 2001).

Para que essa manutenção seja de possível realização o equipamento deve permitir algum tipo de monitoramento ou medição. Em função dos custos dessa aplicação, um estudo deve ser feito a fim de analisar se é economicamente viável a instalação do monitoramento, diagnóstico e programa de acompanhamentos (PINTO; NASCIF, 2001).

Para a elaboração de um diagnóstico, os envolvidos no sistema precisam saber qual o mecanismo de deterioração que leva a geração de falhas e como uma falha exerce ação nos componentes associados. A operação de um equipamento ou

mesmo componente, em perfeitas condições, fornece alguns dados que são denominados parâmetros (MORO, 2007).

Entre as técnicas mais usadas na indústria para o monitoramento dos parâmetros dos componentes se destacam os ensaios de Ultrassom; análise de vibrações mecânicas; análise de óleos lubrificantes e termografia (VIANA, 2002).

A vibração mecânica consiste em um processo destrutivo, ocasionando falhas nos elementos de máquinas por fadiga. A vibração de uma máquina é o resultado das forças dinâmicas que a excitam. Essa vibração se propaga afetando todo o sistema. Colocando acelerômetros em pontos estratégicos dos equipamentos, uma análise pode ser feita e consegue determinar o estado funcional de determinado componente (VIANA, 2002).

No caso comum, basta verificar uma alteração nesses parâmetros que o problema pode ser resolvido efetuando a manutenção nesse componente. Entretanto quando se trata de um processo racional, a substituição não é simplesmente executada, mas sim, são estudados os efeitos das alterações e as causas dos desgastes, visando eliminar tais causas (MORO, 2007).

2.2.4 Manutenção Detectiva

Segundo PINTO; NASCIF (2001), a Manutenção Detectiva “é a atuação efetuada e sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de manutenção e operação”. A identificação de falhas ocultas é fundamental para assegurar a confiabilidade (SOUZA, 2008).

A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Nos equipamentos complexos, essa tarefa só pode ser executada por profissionais de manutenção com treinamento e habilitação para tal (PINTO; NASCIF, 2001).

FERREIRA (2008) cita um exemplo de um circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se o circuito tiver alguma falha, seja por falta de energia ou outro motivo, o gerador não é acionado, e por esse motivo esse circuito deve ser testado de tempos em tempos para detectar sua funcionalidade.

2.2.5 Engenharia de Manutenção

Com a aplicação da manutenção preditiva, a engenharia de manutenção pode ser considerada como uma quebra de paradigma, principalmente com a mudança de rotina das abordagens de manutenção e a consolidação da política de melhoria contínua no setor de manutenção (COSTA, 2013).

A principal meta da Engenharia de Manutenção é deixar de ficar consertando continuamente, deixar de conviver com problemas crônicos, desenvolver a manutenibilidade e dar feedback ao projeto. Engenharia de Manutenção significa perseguir e aplicar técnicas modernas, ou seja, estar nivelado com a manutenção de primeiro mundo (PINTO; NASCIF, 2001).

A empresa que pratica engenharia de manutenção não está apenas monitorando seus equipamentos e máquinas, ela está alimentando uma estrutura de informações que servirá como base de dados para realizar análises e melhorias futuras (COSTA, 2013).

2.3 SISTEMAS DE FREIO

Uma operação segura de um veículo motorizado requer um ajuste contínuo da sua velocidade para mudanças nas condições de tráfego (LIMPERT, 2011). O sistema de freios é um componente imprescindível para a manutenção do deslocamento de veículos. Segundo HALDERMAN (2012), os freios de um veículo médio são acionados 50.000 vezes em um ano. Devido a essa grande importância para a segurança nas rodovias e equipamentos os sistema de freios de veículos passaram, durante todos esses anos, por um processo de aperfeiçoamento, utilizando tecnologias de materiais e dispositivos eletrônicos visando aumentar a eficiência de parada do veículo.

Freios são essencialmente dispositivos de dissipação de energia, portanto geram uma grande quantidade de calor durante sua operação. Assim, eles devem ser projetados para absorver e transferir esse calor sem causar danos a si ou ao seu entorno (NORTON, 2013).

2.3.1 Freio a tambor

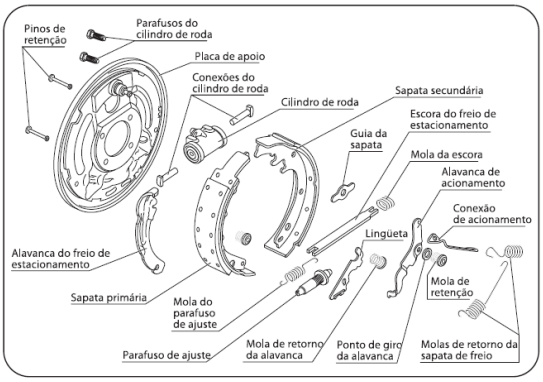
Segundo PUHN (1985), freios a tambor foram o primeiro tipo de freios utilizados em veículos motorizados. Ainda hoje, mais de 100 anos após os primeiros

automotores, freios a tambor são utilizados na parte traseira de muitos veículos pequenos como freios auxiliares. Devido a sua construção e menor custo de manutenção, os freios a tambor são utilizados em equipamentos pesados como caminhões e implementos rodoviários.

Os freios a tambor utilizam as sapatas primárias (lonas de freio) contra o tambor de freio para dissipar energia. As lonas de freio são fixadas nas sapatas secundárias que são impulsionadas pelo cilindro através da força exercida pelo usuário no pedal de freio do veículo.

A Figura 2 mostra os componentes de freios a tambor.

Figura 2 - Componentes de freio a tambor

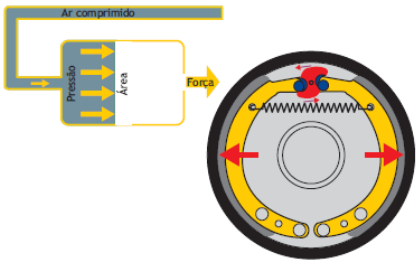


Fonte: Manual de freios (NAKATA)

2.3.2 Sistema de freios de implementos rodoviários

Normalmente, implementos rodoviários utilizam o sistema de freio pneumático, que é objeto de estudo deste trabalho. Nesse sistema, o acionamento nas rodas é feito através de uma câmara de freio, comumente chamada de cuíca de freio. O diafragma dentro da câmara de freio se expande, acionando as catracas de freio, que por sua vez rotacionam o eixo S, deslocando a sapata primária contra o tambor de freio, representado na Figura 3.

Figura 3 - Esquema de freio a tambor pneumático



Fonte: Manual Frasle

2.3.3 Materiais de Freios a Tambor

Segundo SHIGLEY; MISCHKE; BUDYNAS (2004), os materiais de freios devem conter como características: coeficiente de fricção alto, habilidade de suportar altas temperaturas juntamente com boa condutividade térmica e difusividade, boa resiliência, alta resistência a desgastes, marcas e escoriações, compatibilidade com o ambiente e flexibilidade.

Os materiais de partes estruturais de freios a tambor são geralmente feitos de ferro fundido cinzento ou aço (NORTON, 2013).

As lonas de freios podem ser moldadas, tecidas, sintetizadas ou de materiais sólidos (NORTON, 2013). Mais comumente, as lonas de freios utilizam fibras naturais ou sintéticas para resistirem a altas temperaturas, resinas e catalisadores como elementos aglutinantes, elementos metálicos como alumínio e latão para distribuição de calor na superfície e elementos de cargas para evitar oxidação. São geralmente compostas por 40 a 50% de Kevlar, resinas de 15 a 20%, barita de 15 a 20%, lubrificantes de 4 a 6% e atritantes de 2 a 6% (HODEL, 2010).

A tabela 1 mostra algumas propriedades friccionais, térmicas e mecânicas de materiais utilizados em lonas de freio.

Tabela 1 – Propriedades dos materiais utilizados nas lonas de freio

Material de atrito contra aço	Coeficiente de atrito dinâmico		Pressão máxima	Temperatura máxima
	Seco	Em óleo	kPa	C
Moldado	0,25 - 0,45	0,06 - 0,09	1030 - 2070	204 – 20
Tecido	0,25 - 0,45	0,08 - 0,10	345 - 690	204 – 260

Material sintetizado	0,15 - 0,45	0,05 - 0,08	1030 - 2070	232 – 677
Ferro fundido ou aço endurecido	0,15 - 0,25	0,03 - 0,06	690 - 720	260

Fonte: Adaptado NORTON (2013)

2.3.4 Mecanismos de Desgaste

A norma DIN 50320 define desgaste como sendo a perda progressiva de material da superfície de um corpo sólido devido à ação mecânica, isto é, como consequência do contato e do movimento relativo contra um outro corpo sólido, um meio liquido ou gasoso".

NORTON (2013) menciona que os mecanismos de desgaste que atuam nos materiais de fricção são:

- **Desgaste abrasivo:** NORTON (2013) classificou o desgaste abrasivo em dois ou três corpos. Desgaste abrasivo em dois corpos se refere a um material duro e rugoso deslizando sobre um material mais mole. A superfície mais dura penetra na superfície mais mole tirando dela material. A abrasão em três corpos se refere à introdução de partículas duras entre duas superfícies deslizantes. As partículas duras causam abrasão em uma das superfícies ou em ambas. Abrasão é então um processo de remoção de material, no qual superfícies afetadas perdem massa a uma taxa controlada ou não;
- **Desgaste térmico e oxidantes:** HUTCHINGS (1992) menciona que a camada de óxido que superfícies metálicas formam em contato com a ar criam um filme, o qual é removido pelo escorregamento das superfícies do sistema. Os produtos removidos podem acelerar outros desgastes, como por exemplo o desgaste abrasivo. Nos materiais de fricção esses desgastes ocorrem em altas temperaturas;
- **Desgaste adesivo:** RABINOWICZ (1995) menciona que o desgaste adesivo ocorre quando duas superfícies em contato são separadas normalmente ou tangencialmente e as forças de atração atuam de forma a puxar material de uma superfície sobre a outra;
- **Fadiga superficial:** caracteriza-se quando partículas são extraídas por variações de tensões cíclicas. Essas tensões cíclicas dão origem a trincas que

se propagam podendo até lascar o material (STACHOWIAK; BATCHELOR, 2005).

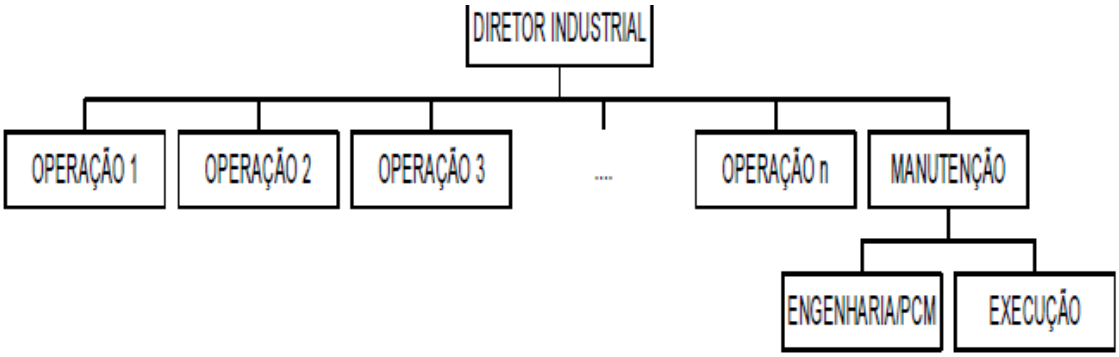
2.4 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

A atividade manutenção é encontrada em todos os lugares e situações. Por ser tão abrangente, a atuação da manutenção pode ter variações dependendo do seu porte, estruturação da subordinação e a diversificação das atividades exercidas (PINTO; NASCIF, 2001).

Pode-se encontrar três tipos de atuação da organização da manutenção: centralizada, descentralizada e mista.

Na manutenção centralizada existe um único órgão de manutenção, com o mesmo nível dos órgãos operativos, que presta atendimento às necessidades de intervenção em todos os níveis do processo (TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005). A Figura 4 mostra um fluxograma de exemplificação da manutenção centralizada.

Figura 4 - Manutenção centralizada

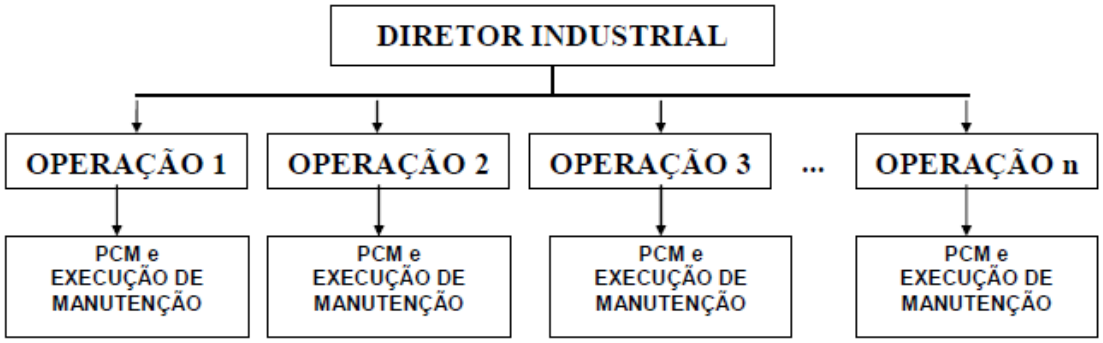


Fonte: TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005.

Na manutenção centralizada a eficiência global é maior, o efetivo de manutenção tende a ser menor e a estrutura de supervisão é muito mais enxuta. Entretanto, a supervisão costuma ser mais difícil, os custos maiores e com facilidades como transporte em plantas e menor cooperação entre operação e manutenção (PINTO; NASCIF, 2001).

Na manutenção descentralizada, cada área do processo tem sua equipe própria de manutenção, que é responsável pelo planejamento, execução e controle (TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005), como é representado na Figura 5.

Figura 5 - Manutenção descentralizada



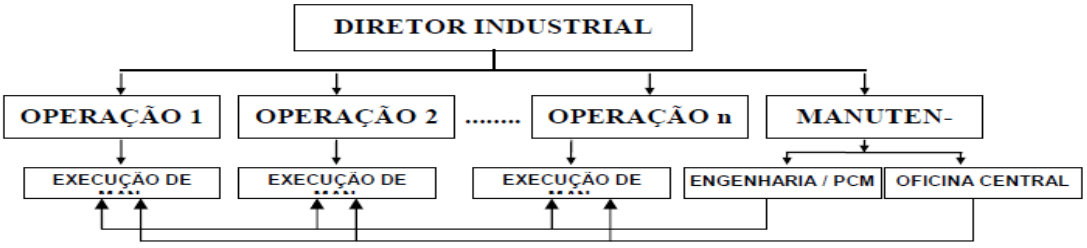
Fonte: TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005

As vantagens da descentralização são: melhor delegação de responsabilidades, melhor relacionamento com a produção, constituição de equipes polivalentes e maior motivação do pessoal envolvido (FILIPE, 2006). Entretanto TAVARES; CALIXTO; POYDO (2005) alerta que nesse tipo de manutenção é possível que as diferentes áreas tenham métodos, critérios e procedimentos diferentes, assim a comparação entre resultados é dificultada.

Na estrutura da manutenção mista são agrupadas as duas estruturas anteriores, uma vez que oferece a cada área de processo, a autonomia para a realização das intervenções, através de um único grupo com a padronização dos métodos (SOUZA, 2008).

A Figura 6 mostra um fluxograma exemplificando a manutenção mista.

Figura 6 - Manutenção mista



Fonte: TAVARES; CALIXTO; POYDO, 2005.

2.5 TAGUEAMENTO

Para melhor controle na manutenção, os equipamentos devem estar devidamente codificados. Com esses códigos, os indicadores ficam mais precisos e fáceis para fazer o gerenciamento da manutenção. Na indústria, esses códigos de equipamentos são chamados de TAG.

A palavra TAG significa etiqueta de identificação, e tagueamento significa identificação da localização física e seus equipamentos. Quando temos um tagueamento estruturado, conseguimos identificar melhor as áreas de atuação, e as informações como disponibilidade, custos e quantidades de falhas são geradas com facilidade e confiabilidade (VIANA, 2002)

O tagueamento é a base da organização da manutenção. Ele será o mapeamento da unidade, orientando a localização dos processos. Podemos dizer que é uma analogia ao endereço de residências, informando estado, cidade, bairro, rua e casa (VIANA, 2002).

2.6 INDICADORES DA MANUTENÇÃO

Índices servem para dar indicação sobre determinada característica ou acontecimento. Na manutenção esses indicadores dão informações úteis para saber como se passa o setor naquele momento ou em determinado período do ano. Informações como: ritmo com que ocorrem avarias, tempos de reparação, disponibilidade dos equipamentos, esforço da manutenção na empresa, são importantes para a gerência tomar as devidas estratégias (CABRAL, 2006).

Existem seis indicadores chamados “Índices de Classe Mundial”. Para esse trabalho iremos utilizar apenas quatro, sendo eles:

- TMEF -Tempo Médio Entre Falhas;
- TMR – Tempo Médio de Reparos;
- TMPF – Tempo Médio para a Falha;
- Disponibilidade da Máquina.

2.6.1 TMEF – Tempo Médio Entre Falhas

Num determinado equipamento, exprime-se o tempo médio de bom funcionamento, ou seja, o tempo de funcionamento entre duas avarias consecutivas ou o tempo médio entre duas manutenções corretivas (CABRAL, 2006).

A serventia desse índice é a de observar o comportamento da maquinaria, diante das ações mantedoras. Se o TMEF for aumentando em relação ao tempo, significa que as ações executadas pela manutenção estão gerando efeitos e os equipamentos estão falhando menos (VIANA, 2002).

O tempo médio entre falhas é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento (HD), pelo número de intervenções corretivas no equipamento (NC) (VIANA, 2002).

Eq. 01 – Tempo Médio Entre Falhas

$$TMEF = \frac{HD}{NC}$$

2.6.2 TMR- Tempo Médio Para Reparos

Exprime o tempo médio necessário para reparar uma avaria ou a média dos tempos utilizados nas reparações no período em análise (CABRAL, 2005).

Podem ser considerados vários valores para tempo utilizados nas reparações: tempo de manutenção corretiva, tempo de reparação ou período de intervenção (CABRAL, 2005).

O tempo médio de reparo é dado como sendo a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido a manutenção (HIM) pelo número de intervenções corretivas no período (NC) (VIANA, 2002).

Eq. 02 – Tempo Médio Para Reparos

$$TMR = \frac{HIM}{NC}$$

2.6.3 TMPF – Tempo Médio Para Falhas

Existem determinados componentes que não sofrem reparos, ou seja, após falharem são descartados e substituídos por novos, tendo então um TMR igual a zero. O tempo médio para a falha tem como enfoque esse tipo de componente, considerando o total de horas disponíveis do equipamento para a operação (HD) divididos pelo número de falha em componentes não reparáveis (VIANA, 2002).

Eq. 03 – Tempo Médio Para Falhas

$$TMR = \frac{HD}{n° \; de \; falha \; em \; componetes}$$

2.6.4 Disponibilidade da Máquina

A disponibilidade, para determinado período de tempo, mede a porcentagem de tempo de funcionamento em relação ao tempo total, adaptando a base de tempo de calendário (CABRAL, 2005).

Podemos dizer que a disponibilidade é uma relação entre horas trabalhadas (HT) e as horas totais no período (HG) (VIANA, 2002).

Eq. 04 – Disponibilidade de Máquina

$$DIS = \frac{HT}{HG}$$

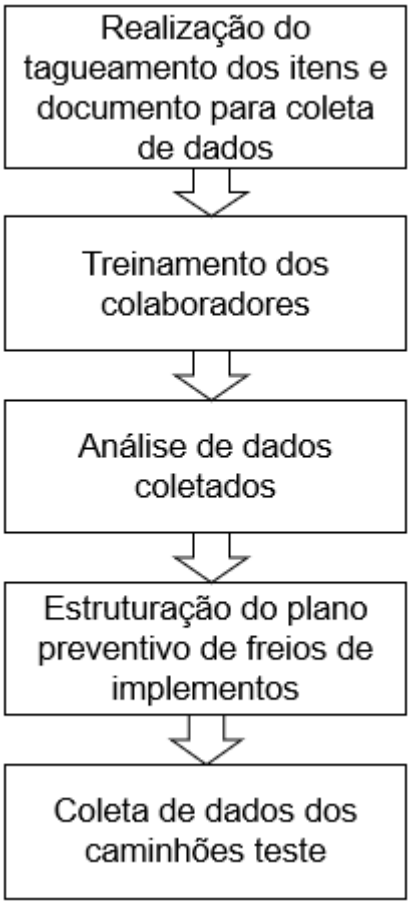
Esse índice é de extrema importância para a manutenção, pois o nosso principal produto é a disponibilidade, ou seja, deixar operando o maior número de horas possíveis os equipamentos de produção (VIANA, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 FLUXOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Este trabalho será desenvolvido de acordo com as seguintes etapas apresentadas na figura 7:

Figura 7 - Fluxograma do desenvolvimento do trabalho



Fonte: O Autor.

3.2 REALIZAÇÃO DO TAGUEAMENTO DOS ITENS E DOCUMENTO PARA A COLETA DE DADOS

O primeiro passo na organização da manutenção é a codificação dos equipamentos e peças para uma melhor rastreabilidade, assim pode-se obter um banco de dados confiável.

As informações de troca de itens são inseridas no ERP da empresa. Nele contém todas as informações de cadastro de equipamentos da frota rodoviária, dados e histórico de manutenções.

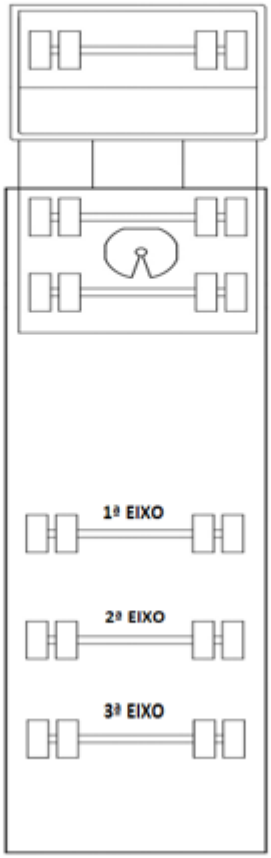
Verificou-se que não existia informação a respeito de qual posição do implemento rodoviário estava realizando as trocas de itens. Portanto, viu-se a necessidade de identificação desses itens através de um código TAG. Para isso foi realizado um tagueamento dos itens chave conforme a Figura 8:

Figura 8 – Tagueamento dos itens chave

	Gerenciamento de Manutenção	Versão 2.0	Folha 1/1
Ficha de Códigos Freios 6 EIXOS			

Códigos Lado Esquerdo	
CAVALO	
EIXO FRONTAL	
Item	Código
Lonas	FE0
Tambor	FE1
TRAÇÃO	
Item	Código
Lonas	TE0
Tambor	TE1
TRUCK	
Item	Código
Lonas	SE0
Tambor	SE1

CARRETA	
1º EIXO	
Item	Código
Lonas	1E0
Tambor	1E1
2º EIXO	
Item	Código
Lonas	2E0
Tambor	2E1
3º EIXO	
Item	Código
Lonas	3E0
Tambor	3E1



Códigos Lado Direito	
CAVALO	
EIXO FRONTAL	
Item	Código
Lonas	FD0
Tambor	FD1
TRAÇÃO	
Item	Código
Lonas	TE0
Tambor	TE1
TRUCK	
Item	Código
Lonas	SE0
Tambor	SE1

CARRETA	
1º EIXO	
Item	Código
Lonas	1D0
Tambor	1D1
2º EIXO	
Item	Código
Lonas	2D0
Tambor	2D1
3º EIXO	
Item	Código
Lonas	3D0
Tambor	3D1

FONTE: O Autor

Em parceria com o setor de almoxarifado, foi desenvolvida uma sequência lógica para facilitar o entendimento dos códigos. Portanto, um código de três dígitos foi criado, sendo o primeiro dígito identificando o eixo do caminhão ou do implemento, o segundo dígito especificando o lado do caminhão como direito e esquerdo e o terceiro

dígito identificando a peça a ser trocada, sendo “0” para lonas de freio e “1” para tambor de freio.

Com esses códigos foi possível realizar a rastreabilidade dos itens trocados e, para facilitar a coleta desses dados, um documento adicional foi criado para que o setor de manutenção especificasse de quais localidades as peças foram trocadas, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Documento adicional de manutenção

FROTA -	EQUIPES ( ) Equipe 1 ( ) Equipe 2 ( ) Equipe 3 ( ) Equipe 4				
	DATA -	INICIO- _____:_____		FIM - _____:_____	
QTDE	PRODUTO	CODIGO	QTDE	PRODUTO	CODIGO

FONTE: O Autor

Com esse documento foi possível identificar a equipe que realizou os serviços de manutenção, identificando o caminhão e implemento rodoviário através do número de frota, data de realização, início e fim do serviço e especificar os itens trocados junto com os códigos TAG relacionados aos itens.

3.3 TREINAMENTO DOS COLABORADORES

Para que os dados sejam alimentados com confiabilidade no sistema, foi necessário que os colaboradores se sensibilizassem das responsabilidades e

importância dos dados que eles adicionam no sistema de informação da empresa. Essa disponibilizou um horário para realização de um treinamento a respeito da importância que esses dados tem para uma correta gestão da manutenção.

Um treinamento com duração de 40 minutos foi realizado com o supervisor e o auxiliar de almoxarifado. Nele, foi apresentado o campo no sistema ERP da empresa onde os mesmos iriam inserir o código da troca de lonas de freios. Após, foi aberto à troca de ideias e debates para sensibilizar os colaboradores a inserir as informações com precisão.

3.4 ANÁLISE DE DADOS COLETADOS

Para obtenção de um histórico de trocas de lonas de freios, os dados estruturados devem ser coletados no decorrer de um ano. Assim é possível traçar as informações de realizações de manutenções dos implementos rodoviários.

Informações de troca de peças de oficinas terceiras, que são oficinas credenciadas pela empresa, e oficina interna, que é a oficina própria da empresa, foram coletadas para analisar se existem retrabalhos de alguma parte e o custo de manutenção dessas oficinas, atrelado ao tempo de manutenção.

Os dados foram coletados entre março de 2019 e março de 2020. Nesse período as manutenções seguiram o padrão estipulado pela empresa.

3.5 ESTRUTURAÇÃO DO PLANO PREVENTIVO DE FREIOS

Após um ano de coletas de dados, foi possível definir os indicadores de manutenção de freios de implementos da frota rodoviária. Com esses dados junto à gerência de manutenção da frota, foi definida a troca preventiva de itens chaves e inspeção periódica dos freios em uma data pré-definida.

Foi definido que quando um implemento for para a oficina, deve ser realizada a desmontagem dos seis cubos dos implementos rodoviários e a realização de uma inspeção visual de todo o conjunto de freios. Inicialmente baseado no conhecimento e experiência do supervisor de oficina. Caso seja identificado que algum item do sistema de freio tenha estimativa de vida útil restante menor que 50.000 km, esse item deve ser trocado, tendo como princípio planejar paradas dos implementos para inspeção e, se necessária, realização da manutenção na frota a cada 50.000 km.

Para esse projeto a empresa disponibilizou 15 implementos rodoviários, chamados nesse trabalho de frota teste.

3.6 COLETA DE DADOS DA FROTA TESTE

Definiu-se, por um período de um ano, a aplicação da metodologia de manutenções preventivas na frota teste. Esses testes foram aplicados durante o período de março de 2020 a março de 2021.

A frota disponibilizada pela empresa foi estudada durante um período de 2 anos. No primeiro ano foi realizada uma investigação das manutenções corretivas seguindo o processo da empresa, e no segundo ano foi realizado um estudo aplicando a metodologia apresentada nesse trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PADRÕES DA MANUTENÇÃO DE FREIOS DE SEMI REBOQUES

4.1.1 Tempo de Manutenção de Freios Semi Reboques

Foi realizada a contagem do tempo de chegada do caminhão do pátio até a finalização do serviço de troca de lonas de freio dos implementos. A Tabela 2 apresenta os dados coletados.

Tabela 2 - Tempo de realização de manutenção em minutos

Tarefa	Tempo
Realização Check-list	30
Deslocamento até oficina	25
Inspeção Chefe de Oficina	30
Troca de um cubo de freio	45
Retorno da Oficina	25
Total	155

FONTE: O Autor

Para realização de qualquer manutenção, o caminhão precisa passar no pátio da empresa e realizar um *checklist* de inspeção com o supervisor de manutenção. Caso esse caminhão necessite de manutenção da parte estrutural da carreta, o caminhão é direcionado a oficina interna, onde o supervisor da oficina realiza uma avaliação mais criteriosa de suspensão e freios, e então a equipe de mecânicos começa a realizar os serviços necessários. Para passar por todos esses procedimentos, o tempo gasto pelo caminhão entre inspeções e deslocamentos é de 110 minutos, e para a troca de cada kit de lonas de freio são necessários 45 minutos.

4.1.2 Custo de Manutenções

Foi realizado um levantamento de custo de peças para as oficinas terceiras e o custo para a oficina interna da empresa. Os dados desse levantamento são citados na Tabela 3.

Tabela 3 - Relação de preço oficinas terceira e própria

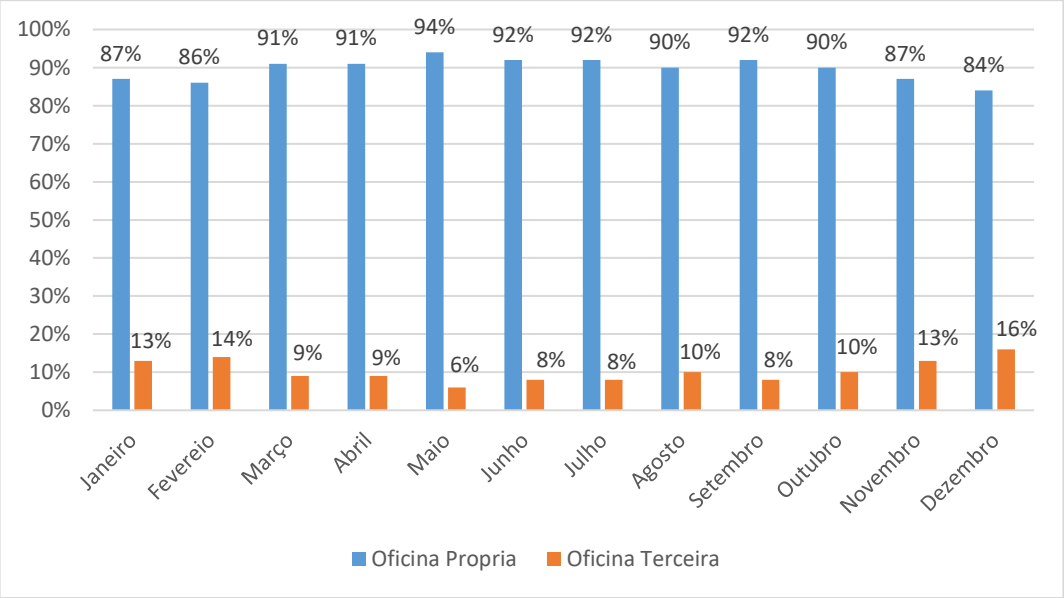
Item	Oficinas Terceiras	Oficina Própria	Diferença entre valores	Porcentagem de custo
Arruela Trava Cubo Carreta	R$12,59	R$3,31	R$ 9,28	280,65 %
Retentor Roda Carreta	R$19,27	R$6,69	R$ 12,58	187,88 %
Junta Cubo	R$4,51	R$1,96	R$ 2,55	130,00 %
Meio Kit Lona Freio Carreta	R$65,00	R$39,38	R$ 25,62	65,06 %
Graxa	R$29,93	R$11,35	R$ 18,58	163,70 %
Total	R$131,30	R$62,69	R$ 68,61	109,44 %

Fonte: O Autor

Percebe-se a diferença de valores entre as peças da oficina interna e oficinas externas. Itens como arruela trava cubo da carreta podem custar até 3,8 vezes o valor pago pela oficina interna.

O Gráfico 1 mostra a porcentagem de gastos de manutenção de implementos rodoviários realizados no ano de 2019. Percebe-se que cerca de 10% dos gastos de manutenção referentes ao sistema de freios são gastos em oficinas terceiras.

Gráfico 1 - Porcentagem de gastos de manutenção de implementos ano 2019

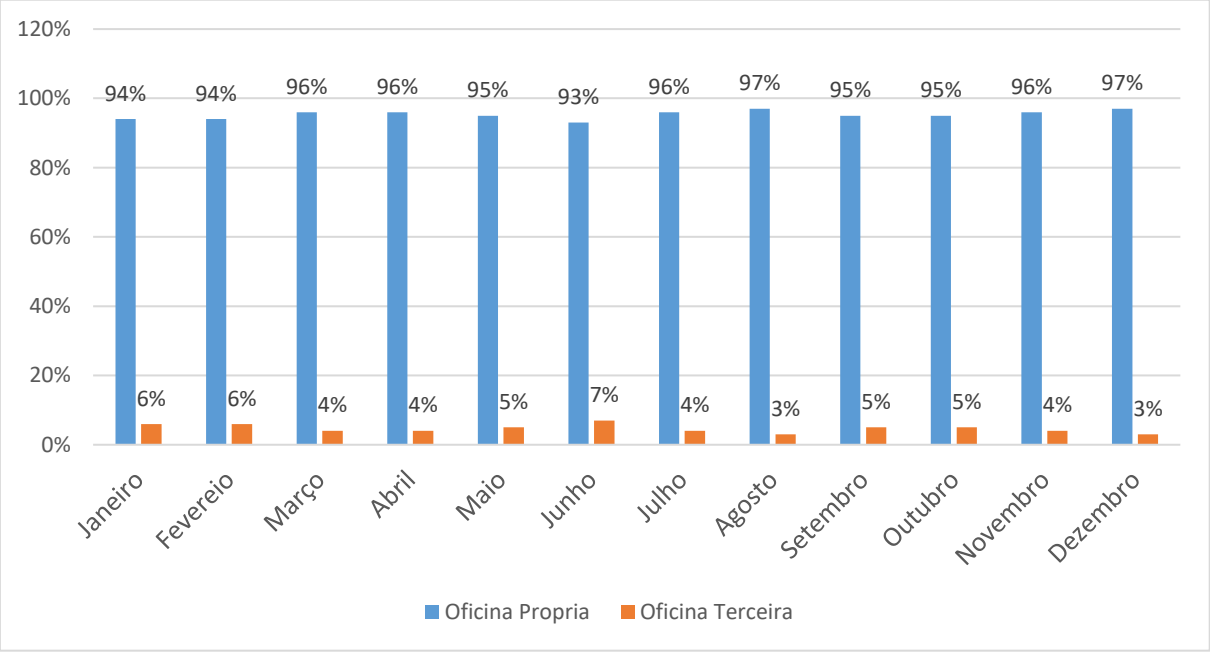


Fonte: O Autor

Cerca de 10% dos custos de manutenção de implementos rodoviários são realizados em oficinas terceiras. Isso gera grande aumento do custo de manutenção do sistema de freios. Conforme a tabela 4, o custo de peças nas oficinas terceiras pode chegar até 3,8 vezes mais caras se comparadas com o valor de compra da oficina interna. Para realizar a troca em uma oficina não credenciada o custo de peças para a realização da troca simples de lonas de freio de um cubo ficam 110% mais caras se comparadas com o custo da oficina própria.

O Gráfico 2 mostra a porcentagem de serviços executados na oficina credenciada da empresa e em oficinas terceiras.

Gráfico 2 - Porcentagem de serviços realizados nas oficinas em 2019



Fonte: O Autor

Em média, 13% das ordens de serviços realizadas no sistema de freios dos implementos são realizados em oficinas terceiras.

4.1.3 Manutenções Anterior Plano Preventivo

Outro dado é o tempo médio entre manutenções de freio (TMEF Freio (Dias)), a média da frota teste é de 56,3 dias, com a frota 02, realizando manutenções de freios com um intervalo de 31 dias em média.

O tempo médio de reparo da frota teste (TMR Freio) é de 5 horas de conserto com o custo mensal de manutenção de freios na média de R$3.384,55 durante o ano de 2019.

A Tabela 4 apresenta os dados colhidos no ano de 2019 seguindo o cronograma de manutenções da empresa. Percebe-se que em média a frota teste estudada parou cerca de 6,7 vezes durante o ano estudado.

Tabela 4 – Dados de tempos de manutenção

FROTA	Número de intervenções Corretivas	TMEF Freio (Dias)	TMR Freio (Horas)	Custo Anual
Frota 01	7	48	4,98	R$ 5.874,25
Frota 02	11	31	4,78	R$ 8.135,48
Frota 03	8	53	4,59	R$ 5.948,94
Frota 04	6	55	4,87	R$ 4.785,28
Frota 05	7	57	4,96	R$ 5.705,32
Frota 06	5	71	5,25	R$ 4.154,38
Frota 07	5	74	5,21	R$ 4.354,28
Frota 08	7	53	5,26	R$ 5.787,98
Frota 09	5	73	5,27	R$ 3.874,28
Frota 10	5	69	5,1	R$ 4.387,58
Frota 11	8	43	5,69	R$ 6.247,85
Frota 12	8	42	4,99	R$ 6.741,98
Frota 13	5	74	5,32	R$ 3.432,01
Frota 14	7	52	4,58	R$ 5.752,27
Frota 15	7	50	5,25	R$ 5.586,32

Fonte: O Autor

Graças ao tagueamento realizado no sistema de freios, pode-se perceber a quantidade de retrabalhos no ano de 2019. Todos os retrabalhos realizados nos sistemas de freios foram causados pelos serviços realizados em oficinas terceiras.

A Tabela 5 apresenta a quantidade de serviços realizados em oficinas terceiras. Cerca de 9% das manutenções de freios foram realizadas em oficinas terceiras.

Tabela 5 – Trabalhos realizados em oficinas terceiras

FROTA	Oficinas Terceiras	Retrabalhos
Frota 01	1	0
Frota 02	1	1
Frota 03	2	1
Frota 04	0	0
Frota 05	1	0
Frota 06	0	0
Frota 07	0	0
Frota 08	0	0
Frota 09	0	0
Frota 10	0	0
Frota 11	1	1
Frota 12	1	0
Frota 13	0	0
Frota 14	1	1
Frota 15	0	0

FONTE: O Autor

4.1.4 MANUTENÇÕES PREVENTIVAS

O tempo médio entre manutenções de freios (TMEF Freios) ficou com uma média de 97,5 dias e o tempo médio de reparos (TMR Freios) ficou com uma média de 5,5 horas.

Percebe-se o valor média anual de reparos com o plano preventivo ficou na faixa esperada do período, com uma média da frota teste de R$ 5.214,35.

A Tabela 6 mostra esses dados e mostra também o resultado do plano preventivo de freios aplicado na frota teste. Pode-se perceber a padronização das paradas preventivas, sendo que, no ano aplicado, todos os 15 veículos seguiram o cronograma parando apenas 3 ou 4 vezes por ano.

Tabela 6 – Resultado do plano preventivo de freios

FROTA	Número de intervenções Preventivas	TMEF Freio (Dias)	TMR Freio (Horas)	Custo Anual
Frota 01	3	118	5,7	R$ 4.798,54
Frota 02	4	91	5,45	R$ 5.421,23
Frota 03	4	87	5,35	R$ 5.325,65
Frota 04	4	83	5,87	R$ 5.412,32
Frota 05	3	113	4,96	R$ 4.685,25
Frota 06	3	117	5,74	R$ 4.785,37
Frota 07	3	118	5,85	R$ 4.987,40
Frota 08	3	118	5,86	R$ 4.234,67
Frota 09	4	87	5,24	R$ 5.478,56
Frota 10	4	96	5,45	R$ 5.386,98
Frota 11	4	89	5,55	R$ 5.478,56
Frota 12	4	82	5,5	R$ 5.587,29
Frota 13	4	93	5,25	R$ 5.564,20
Frota 14	4	87	5,35	R$ 5.478,98
Frota 15	4	84	5,45	R$ 5.590,23

Fonte: O Autor

Outro dado a se observar é que nenhum serviço foi realizado em oficinas terceiras durante o período estudado e nenhum retrabalho foi registrado nesse período com a frota teste.

4.2 COMPARATIVO ENTRE AS METODOLOGIAS

A Tabela 7 mostra a relação entre o tempo médio entre manutenções e disponibilidade do caminhão do procedimento que a empresa utilizava em comparação com o plano de manutenção preventiva. Podemos perceber que o indicador entre manutenções aumentou cerca de 73,1%, indo de 56,33 dias para 97,53 dias em média e a disponibilidade aumentou de 87% para 92,3%.

Tabela 7 – Tempo médio entre manutenções e disponibilidade

FROTA	TMEF Freio Corretivo (Dias)	TMEF Freio Preventivo (Dias)	Disponibilidade Corretivo	Disponibilidade preventivo
Frota 01	48	118	86,7%	93,4%
Frota 02	31	91	79,9%	91,6%
Frota 03	53	87	85,9%	91,8%
Frota 04	55	83	88,8%	91,0%
Frota 05	57	113	86,7%	94,3%
Frota 06	71	117	89,9%	93,4%
Frota 07	74	118	90,0%	93,3%
Frota 08	53	118	85,9%	93,2%
Frota 09	73	87	89,9%	92,0%
Frota 10	69	96	90,2%	91,6%
Frota 11	43	89	82,6%	91,5%
Frota 12	42	82	84,7%	91,6%
Frota 13	74	93	89,8%	91,9%
Frota 14	52	87	87,7%	91,8%
Frota 15	50	84	85,9%	91,6%
Média	56,33	97,53	87,0%	92,3%

FONTE: O Autor

A Tabela 8 mostra o resultado do plano preventivo de freios aplicado na frota teste. Pode-se perceber a padronização das paradas preventivas, sendo que no ano aplicado, todos os 15 veículos seguiram o cronograma parando apenas 3 ou 4 vezes por ano.

Na Tabela 8 é apresentada o tempo médio de reparo da frota teste comparando as manutenções corretivas com as manutenções preventivas. Percebe-se que as manutenções preventivas acumulam um aumento de 45% em relação com as manutenções corretivas. Isso apresenta um aumento médio de 2,3 horas por manutenção.

Tabela 8 - Comparativo dos planos corretivo e preventivo de freios

FROTA	TMR Corretivo Freio	TMR Freio Preventivo (Horas)	Porcentagem de aumento
Frota 01	4,98	7,45	49,5%
Frota 02	4,78	7,69	60,8%
Frota 03	4,59	7,24	57,7%
Frota 04	4,87	7,36	51,1%
Frota 05	4,96	6,87	38,5%
Frota 06	5,25	7,54	43,6%
Frota 07	5,21	7,29	39,9%
Frota 08	5,26	7,46	41,8%
Frota 09	5,27	7,38	40,0%
Frota 10	5,1	7,48	46,6%
Frota 11	5,69	7,15	25,6%
Frota 12	4,99	7,32	46,6%
Frota 13	5,32	7,48	40,6%
Frota 14	4,58	7,28	58,9%
Frota 15	5,25	7,49	42,6%
Média	5,07	7,37	45,3%

FONTE: O Autor

A Tabela 9 apresenta uma comparação entre custo de manutenção corretiva e o custo de manutenção preventiva. Podemos perceber que o custo médio de manutenções preventivas ficou praticamente igual ao custo de manutenção corretiva, reduzindo apenas 3,2% do custo.

Tabela 9 - Comparação entre custo de manutenção corretiva e preventiva

FROTA	Custo Anual Corretivo	Custo Anual Preventivo	Diferença corretivo e preventivo	Porcentagem entre corretiva e preventiva
Frota 01	R$ 5.874,25	R$ 4.798,54	R$ 1.075,71	18,3%
Frota 02	R$ 8.135,48	R$ 5.421,23	R$ 2.714,25	33,4%
Frota 03	R$ 5.948,94	R$ 5.325,65	R$ 623,29	10,5%
Frota 04	R$ 4.785,28	R$ 5.412,32	-R$ 627,04	-13,1%
Frota 05	R$ 5.705,32	R$ 4.685,25	R$ 1.020,07	17,9%

FROTA	Custo Anual Corretivo	Custo Anual Preventivo	Diferença corretivo e preventivo	Porcentagem entre corretiva e preventiva
Frota 06	R$ 4.154,38	R$ 4.785,37	- R$ 630,99	-15,2%
Frota 07	R$ 4.354,28	R$ 4.987,40	- R$633,12	-14,5%
Frota 08	R$ 5.787,98	R$ 4.234,67	R$1.553,31	26,8%
Frota 09	R$ 3.874,28	R$ 5.478,56	-R$ 1.604,28	-41,4%
Frota 10	R$ 4.387,58	R$ 5.386,98	- R$ 999,40	-22,8%
Frota 11	R$ 6.247,85	R$ 5.478,56	R$769,29	12,3%
Frota 12	R$ 6.741,98	R$ 5.587,29	R$ 1154,69	17,1%
Frota 13	R$ 3.432,01	R$ 5.564,20	- R$ 2.132,19	-62,1%
Frota 14	R$ 5.752,27	R$ 5.478,98	R$273,29	4,8%
Frota 15	R$ 5.586,32	R$ 5.590,23	- R$ 3,91	-0,1%
Média	R$ 5.384,55	R$ 5.214,35	R$ 170,20	3,2%

FONTE: O Autor

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o tempo médio entre manutenções acumulou um aumento de 73,1% em relação ao plano corretivo aplicado na empresa. Atrelado a esse indicador, o tempo de reparo subiu em média 2,3 horas se comparado com o plano corretivo e a disponibilidade do caminhão aumentou 5,5% em média, indo de 87% para 92,3%.

O custo de manutenção anual dos dois tipos de manutenção se mostrou praticamente o mesmo. A vantagem do plano preventivo é que mais peças novas são trocadas com as autonomias estipuladas pelos fabricantes.

Outro ponto a se observar é a redução a zero do número de manutenções realizadas em fornecedores terceiros, com isso os retrabalhos para o sistema de freios também reduziram a zero.

O plano preventivo teve um aumento do indicador de tempo médio de reparo (TMR), mas em comparação com os valores de tempo médio entre reparos, aumentado em 73% com a redução a zero de uso de oficinas terceiras e zero de retrabalhos com o custo variando pouco, e redução na quantidade de paradas para manutenção. Esse plano se mostrou benéfico para a frota por se considerar a distância entre manutenção, padronização das trocas de itens do sistema de freios e maior confiabilidade de um item de segurança dos implementos rodoviários.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Pode ser realizado estudo de rastreabilidade de quais eixos o sistema de freios é mais consumido, para realizar um plano de manutenções preventivas mais precisa e eficiente.

Dar mais atenção aos veículos que estão fora das médias gerais da empresa, podendo dar enfoque ao treinamento dos motoristas, e quantificar a relação de treinamento dos motoristas com a vida útil das lonas de freios dos implementos.

6 BIBLIOGRAFIA

BALLOU, R. H. (2006). Gerenciamento da cadeia de suprimentos logística empresarial. Bookman.

CABRAL, J. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção.* LIDEL - Edições Técnicas LTDA.

CAMPOS, F. C., & BELHOT, R. V. (1994). *Gestão de manutenção de frotas de veículos: uma revisão.* São Carlos: Artigo de Revisão - USP.

COSTA, M. A. (2013). *Gestão da estratégia da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional.* Juiz de Fora: Trabalho de Conclusão de Curso UFJF.

FABRO, E. (2003). *Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo.* Florianópolis: Dissertação (Mestrado).

FERREIRA, L. L. (2009). *Implementação da central de ativos para o melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais.* Juiz de Fora: Dissertação (Mestrado) - UFJF.

FILIPE, F. M. (2006). *Gestão e organização da manutenção de equipamento de conservaçãoe manutenção de infra-estruturas ferroviárias.* Porto: Tese (Mestrado) - FEUP.

FRASLE. (s.d.). Manual Técnico Linha Pesada.

FUENTES, F. F. (2006). *Metodolodia para inovação da gestão de manutenção industrial.* Florianópolis: Tese (Pós-Graduação) - UFSC.

HALDERMAN, J. D. (2012). *Automotive technology: principles, diagnosis, and service.* New Jersey: Pearson.

HODEL, M. N. (2010). *Análise comparativa entre ensaios controlados e aplicações reais de pastilhas de freios de caminhões.* Campinas.

HUTCHINGS, I. M. (1992). *Tribology: Friction and wear of engineering materials.*

LIMPERT, R. (2011). *Break design and safety* (3ª ed.). Warrendale, PA, USA: Sae International.

MATOS, F. F. (1999). *Metodologia para planejamento e estruturação de sistemas de manutenção de frota automotiva.* Florianópolis: Dissertação (Mestrado) - UFSC.

MELGAR, O. B. (2008). *Modelo de diagnóstico para sistemas de manutenção de frotas.* Florianópolis: Dissertação (Mestrado) - UFSC.

MONCHY, F. (1989). *A funcção da Manutenção - Formação para a Gerência da Manutenção Industriual.* São Paulo: Editora Durban Ltda.

MOUBRAY, R. (1997). *MAnutenção Centrada em Confiabilidade.* New York: Industrial Press Inc.

NAKATA. (s.d.). Manual nakata de freios. Fonte: http://www.nakata.com.br

NEVES, P. T. (2011). *Manutenção produtiva total (total productive maintenance): estudo de caso na colheita mecanizada de cana-de-açucar (SACCHARUM SPP.).* Piracicaba: Dissertação (Mestrado) - UNESP.

NORMA DIN 50320, 1. (s.d.).

NORTON, R. L. (2013). *Projeto de máquinas: uma abordagem integrada.* São Paulo: Bookman.

NUNES, E. L. (2001). *Manutenção centrada em confiabilidade (MCC).* Florianópolis: Dissertação (Mestrado) - UFSC.

PINTO, A. K., & NASCIF, J. (2001). *Manutenção: função estratégica.* Rio de Janeiro: Qualitymark.

PUHN, F. (1985). *Brake handbook.* Tucson: Hobooks.

RABINOWICZ, E. (1995). *Friction and wear os materials.* INC: John Wiley & Sons.

REYS, M. A. (1995). *Determinação de critérios para a escolha de metodologias de manutenção.* Campinas: Dissertação (Mestrado) - UNICAMP.

SHIGLEY, J. E., MISCHKE, C. R., & BUDYNAS, R. G. (2004). *Projeto de engenharia mecânica* (7ª ed.). (J. B. AGUIAR, & J. M. AGUIAR, Trads.) New York, N: Bookman.

SOUZA, J. B. (2008). *Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica.* Ponta Grossa: Dissertação (Mestrado) - UTFPR.

STACHOWIAK, G. W., & BATCHELOR, A. W. (2005). *Engineering tribology.* Third Edition: Elsevier.

TAVARES, L., CALIXTO, M., & POYDO, P. R. (2005). *Manutenção centrada no negócio.* Rio de Janeiro: Novo Polo.

VIANA, H. R. (2002). *PCM, Planejamento e controle da manutenção.* Rio de Janeiro: Qualitymark.

XENOS, H. G. (2004). *Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falha nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade.* IDNG Tecnologia e Serviços LTDA.