

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**PLÍNIO LAURO BATISTA**

**ANÁLISE DE IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA  
EM SETOR DE FABRICAÇÃO DE BORRACHA: estudo de caso em indústria do  
ramo automobilístico**

**Varginha**  
**2020**

**PLÍNIO LAURO BATISTA**

**ANÁLISE DE IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA  
EM SETOR DE FABRICAÇÃO DE BORRACHA: estudo de caso em indústria do  
ramo automobilístico**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis sob orientação do Prof. Antônio Vital Lara Junior e Coorientação do Bacharel em Engenharia Mecânica Paulo Carvalho Souza.

**Varginha  
2020**

**PLÍNIO LAURO BATISTA**

**ANÁLISE DE IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA  
EM SETOR DE FABRICAÇÃO DE BORRACHA: estudo de caso em indústria do  
ramo automobilístico**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que gostam e tem interesse de adquirir conhecimentos sobre a área de manutenção e a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para que fosse possível a elaboração deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível, a todos os meus familiares e amigos que me apoiaram e torceram pelo meu sucesso nesta empreitada, ao meu Pai que trabalhou muito para que tornasse este meu sonho possível, a minha noiva que sempre esteve ao meu lado me dando forças para continuar e aos meus amigos de curso que sempre me ajudaram nas minhas dificuldades.

“As realizações de um homem na vida são os efeitos acumulativos de sua atenção ao detalhe.”

John Foster Dulles

## RESUMO

Este trabalho visa apresentar uma comparação dos indicadores de manutenção de um setor de fabricação de borracha de uma indústria do ramo automobilístico, onde seus equipamentos são submetidos a manutenções preditivas, com a finalidade de apresentar a evolução do setor após a implantação deste tipo de manutenção. Para este objetivo o trabalho foi iniciado com pesquisas através de livros e artigos científicos com o intuito de proporcionar um conhecimento sobre a manutenção, e o que é a manutenção preditiva e sua importância na indústria, para posteriormente apresentar os dados coletados em uma empresa da cidade de Varginha-MG, onde foi feito o estudo do setor a partir do ano de 2017 que foi o ano de início da utilização deste tipo de manutenção para apresentar os dados relacionados aos indicadores de manutenção, número de manutenções corretivas submetidas aos equipamentos e apresentação de gráficos comparativos. As comparações são dos anos de 2017 até o primeiro semestre de 2020, mostrando a viabilidade da implantação deste tipo de manutenção para a indústria, segurança e meio ambiente.

**Palavras-chave:** Indicadores de Manutenção. Manutenção Preditiva. Manutenções Corretivas. Gráficos Comparativos.

## **ABSTRACT**

*This study aims to present a comparison of the maintenance indicators of a rubber manufacturing sector of an automobile industry, where its equipment is subjected to predictive maintenance, in order to present the evolution of the sector after the implementation of this type of maintenance. For this purpose the study started with research through books and scientific articles in order to provide knowledge about maintenance, and what is predictive maintenance and its importance to the industry in order to present later the data collected in a company located in Varginha, Minas Gerais, where the study of the department was carried out since 2017, the year in which the use of this type of maintenance started to present data related to maintenance indicators, number of corrective maintenance submitted to equipment and presentation of Comparative charts. The comparisons are from 2017 to the first half of 2020, showing the feasibility of implementing this type of maintenance for industry, safety and the environment.*

**Keywords:** *Maintenance Indicators. Predictive Maintenance. Corrective Maintenance. Comparative Charts.*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Dados de 2017, 2018, 2019, 2020.....	18
Tabela 02- Resultados mensais de MTBF.....	19
Tabela 03- Média semestral de MTBF.....	19
Tabela 04- Resultados mensais de MTTR.....	20
Tabela 05- Média semestral de MTTR.....	20
Tabela 06- Cálculo de disponibilidade.....	21

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Tipos de manutenção.....</b>	<b>11</b>
2.1.1 Manutenção Corretiva.....	11
2.1.2 Manutenção Preventiva.....	12
2.1.3 Manutenção Preditiva.....	12
<b>2.2 Métodos de Manutenção Preditiva utilizados na empresa.....</b>	<b>13</b>
2.2.1 Análise de vibrações.....	13
2.2.2 Análise de óleo lubrificante.....	14
2.2.3 Termografia.....	15
<b>2.3 Indicadores de manutenção utilizados.....</b>	<b>16</b>
2.3.1 MTBF – Tempo Médio Entre Falhas.....	16
2.3.2 MTTR – Tempo Médio Para Reparo.....	16
2.3.3 Disponibilidade de ativos.....	17
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Coleta de dados.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Cálculo de MTBF.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Cálculo de MTTR.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Cálculo de Disponibilidade.....</b>	<b>21</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho foi desenvolvido através de pesquisas bibliográficas e na área industrial, e foi visto que é muito importante para a indústria manter e até mesmo aumentar a produção preservando a qualidade de seus produtos, a segurança de seus funcionários e a preservação do meio ambiente. Por isso, é necessário que os equipamentos estejam em seu perfeito funcionamento para que nenhum dos fatores importantes para a indústria sejam prejudicados, e para que isso seja possível a Engenharia de Manutenção tem buscado a evolução nas suas formas de realizar os seus trabalhos. Como resultado dessa evolução as empresas tem melhorias na produção, nos equipamentos mantendo-os seguros para que os operadores possam trabalhar sem risco a sua segurança, equipamentos que não prejudicam o meio ambiente através de contaminação por óleo e fuligens e também redução de custos com suas quebras.

Devido a influência da manutenção na manufatura da indústria, sendo que uma de suas funções primordiais é manter os equipamentos em pleno funcionamento e preservando a segurança dos colaboradores, a manutenção tem por obrigação realizar reparos antes mesmo de o equipamento sofrer uma quebra por falhas inerentes à máquina, e no intuito de minimizar os custos de intervenções nos equipamentos é utilizado a Manutenção Preditiva. Este tipo de manutenção pode ser executado com a utilização de aparelhos sofisticados que possibilitam a realização de análises de vibração, termografia, análise de lubrificantes, entre outros.

Quando as empresas adotam a implementação deste tipo manutenção, podem obter impactos positivos com relação a redução em seus custos de manutenção, pois as técnicas que são realizadas em análises preditivas conseguem verificar o desgaste dos componentes e equipamentos. Isso é possível com base nas especificações do equipamento, históricos de manutenção e normas técnicas, maximizando a vida útil dos componentes sem prejuízo para a produção, a segurança e evitando paradas não programadas.

Com base em pesquisas e visto a importância da manutenção na área industrial, o objetivo do estudo é apresentar uma análise comparativa dos indicadores de manutenção e número de paradas para manutenções corretivas que afetaram na produção de antes e depois da implantação da manutenção preditiva, que mostre os impactos com relação ao MTBF, MTTR e Disponibilidade da sua utilização em um setor de fabricação de borracha de uma indústria do ramo automobilístico. As comparações foram feitas a partir de relatórios dos anos de 2017, 2018, 2019 e primeiro semestre de 2020, obtidos através do *software* ENGEMAN, o mesmo é utilizado na indústria para controle de manutenção.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A manutenção é um conjunto de procedimentos que tem como principal objetivo deixar os equipamentos de uma empresa em condições de funcionamento. Adaptado de (BRITISH STANDARD, 2018).

Na maioria das vezes a manutenção é vista como o setor que gera muitos custos e apenas conserta os equipamentos que se quebram, porém quando existe uma gestão harmônica os custos da manutenção são mínimos comparado aos benefícios que ela traz para a produção de uma empresa pelo fato de manter a conservação dos equipamentos evitando paradas de produção, o que gera maior lucratividade (NEPOMUCENO, 2014).

Ainda segundo o autor, atualmente na indústria a manutenção tem sido cada vez mais requisitada e é exigido que ela ocorra de forma eficaz e assertiva, pois, os equipamentos utilizados nos setores são mais desenvolvidos tecnologicamente se tornando mais complexos com sistemas mais frágeis que são exigidos materiais de reposição de maior qualidade para que seja evitado falhas prematuras no equipamento. O investimento em especialização de operadores e manutentores e a utilização de técnicas de manutenção adequadas possibilita o aumento do rendimento de um equipamento e sua vida útil, o que torna os lucros adquiridos pela empresa bem maiores que o capital investido na manutenção.

Buscando melhores resultados na produção, eficiência e custos de manutenção, a Engenharia de Manutenção levou para o mercado uma nova possibilidade de fácil acesso e eficaz de gestão de falhas em equipamentos industriais que se chama Manutenção Preditiva (OLIVEIRA, 2019).

### 2.1 Tipos de Manutenção

Com o passar do tempo a manutenção foi sendo modificada e foi criado um tipo de manutenção para cada necessidade, e os tipos de manutenção mais utilizados são: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva (ENGEMAN, 2019).

#### 2.1.1 Manutenção Corretiva

A NBR 5462 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p. 7) diz que a manutenção corretiva é a “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.”

É um tipo de manutenção que não permite nenhum tipo de controle e que exige um volume de peças de reposição estocadas para a sua realização por não existir uma forma de prever quando será necessário a sua execução, porém pode ser viável em equipamentos de baixa criticidade quando os prejuízos causados por sua parada são bem menores que o investimento necessário para que seja evitado uma avaria no equipamento (MARCORIN; LIMA, 2003).

### 2.1.2 Manutenção Preventiva

A NBR 5462 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p. 7) diz que a manutenção preventiva é a “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.”

Este tipo de manutenção consiste em definir planos periódicos de inspeção, lubrificação e realização de correções a fim de prevenir que o equipamento sofra uma falha inesperada que possa prejudicar outros componentes do sistema além do que já estava apresentando sinais de que irá falhar (BORLIDO, 2017).

### 2.1.3 Manutenção Preditiva

Manutenção Preditiva que pode ser também chamada de Manutenção sob Condição que consiste em analisar os parâmetros dos equipamentos podendo prevenir uma falha que atrapalhe a continuidade da produção. Para que ocorra a realização desta manutenção é preciso que o equipamento esteja em funcionamento, já que o seu objetivo é manter a produtividade do mesmo por um longo período, porém não são todos os equipamentos que são passíveis de Manutenção Preditiva, pois, deve ser levado em consideração o custo benefício, condições de monitoramento e tipos de falha provenientes dos mecanismos (KARDEC; NASCIF, 2009).

A redução de incidentes por falhas “catastróficas” em equipamentos é significativa. Também a ocorrência de falhas não esperadas fica extremamente reduzida, o que proporciona, além do aumento de segurança pessoa e da instalação, redução de paradas inesperadas da produção que, dependendo do tipo de planta, implicam consideráveis prejuízos (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 46).

Existem vários métodos de Manutenção Preditiva que podem ser aplicadas na indústria, algumas destas técnicas são: análise de vibrações, termografia e análise de lubrificantes (SOUZA, 2019).

## 2.2 Métodos de Manutenção Preditiva utilizados na empresa

Para cada tipo de equipamento e suas necessidades de acompanhamento preditivo são necessários diferentes tipos de análises, cabe aos setores de manutenção das empresas decidirem quais os métodos que melhor atende aos parâmetros a serem acompanhados (XENUS, 2004).

### 2.2.1 Análise de vibrações

A análise de vibração é um método de diagnóstico que permite a identificação de um problema no equipamento antes mesmo que ocorra a falha total do mesmo, evitando deste modo que outros componentes daquele mesmo sistema sejam prejudicados. Este método consiste na leitura do nível de amplitude dos sinais de vibração coletados a partir de um medidor de frequência e através de suas características são gerados padrões para o acompanhamento da evolução da degradação do sistema (SILVA, 2012).

Os aparelhos de medição fazem coleta de vibrações mecânicas através de um acelerômetro que faz a emissão dos sinais elétricos obtidos através do seu contato com a carcaça do equipamento e para que sejam visualizadas as ondas coletadas pelo acelerômetro ele deve estar conectado em um aparelho que faz a análise das vibrações (FERREIRA, 2012).

Figura 01- Análise de vibrações mecânicas.



Fonte: (VIKON, 2017).

Com relação a este procedimento a sua maior utilidade são em sistemas que trabalham em regime rotacional como motores elétricos, bombas hidráulicas, compressores, redutores, entre outros. (CYRINO, 2015).

### 2.2.2 Análise de lubrificantes

A análise de lubrificantes consiste na remoção de amostras de óleo lubrificante de equipamentos para fazer o acompanhamento de suas propriedades e do desgaste interno dos mesmos, os métodos mais utilizados é a análise físico-química em laboratório que tem a função de diagnosticar características fundamentais do óleo (cor, viscosidade, índice de viscosidade, ponto de fulgor, etc.) e também a ferrografia que é o diagnóstico de micropartículas provenientes de desgaste (KARDEC; NASCIF, 2009).

Com a implantação deste método de análise é possível que os gastos com troca de óleo sejam reduzidos, pois, será aproveitado o máximo possível do óleo lubrificante no equipamento evitando que trocas de óleo desnecessárias sejam realizadas (INOVAÇÃO INDUSTRIAL, 2018).

Ela também pode ser benéfica com a redução de problemas por falta de lubrificação, previne que ocorra excesso de desgaste provocado pelo atrito dos componentes do equipamento e permite a detecção de possíveis falhas, assim possibilitando que seja programada uma intervenção sem prejuízos a produção de uma empresa, com isso a vida útil do equipamento é prolongada (CYRINO, 2018).

Figura 02- Análise de óleo.



Fonte: (MP SERVICE, 2016).

Esta técnica de manutenção preditiva é aplicável em redutores industriais, unidades hidráulicas, motoredutores, motores de combustão interna, caixas de transmissão de veículos, entre outros. (CLARILUB, 2013).

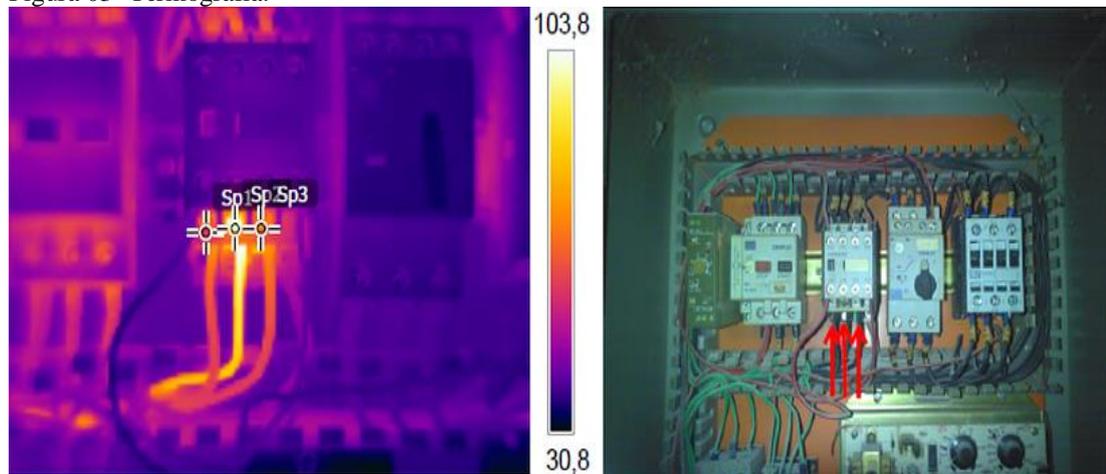
### 2.2.3 Termografia

A termografia é um método de manutenção preditiva que possibilita a análise da variação de temperatura de componentes elétricos e mecânicos dos equipamentos com a utilização de aparelhos específicos, devido a sua praticidade este tipo de análise permite o diagnóstico de vários equipamentos em um curto período de tempo (CYRINO, 2015).

Os aparelhos utilizados para sua realização possuem luminescência, quando os mesmos são direcionados a qualquer tipo de sistema elétrico ou mecânicos que geram calor são formadas as imagens destes sistemas com cores que representam sua temperatura e estas imagens são vistas no próprio aparelho ou por fotografia (NEPOMUCENO, 2014).

Nesta técnica não é necessário o contato do aparelho de medição com os equipamentos a serem medidos, os dados são obtidos através da detecção de ondas de radiação emitidas pela presença de energia térmica nos componentes do mesmo (OLIVEIRA, 2012).

Figura 03- Termografia.



Fonte: (VIBRAMEC. 2019).

A análise termográfica pode ser aplicada em vários tipos de sistemas onde se faz necessário a realização do monitoramento da sua temperatura para manter a conservação e o bom funcionamento (OLIVEIRA, 2012).

## 2.3 Indicadores de manutenção utilizados

Os indicadores de manutenção proporcionam ao gestor da manutenção o acesso a dados que lhe permite uma análise crítica dos resultados de sua metodologia e desempenho de manutenção, através destes resultados o mesmo pode promover ações em cima dos pontos a serem melhorados (TELES, 2016).

Cabe a engenharia de manutenção definir qual será a melhor estratégia de acompanhamento da manutenção para melhor visualizar os resultados obtidos através da gestão da manutenção dos equipamentos de uma empresa (ZEN, 2003).

### 2.3.1 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)

O MTBF que em inglês significa *Mean Time Between Failure*, é uma ferramenta que mostra quanto tempo o equipamento pode operar sem apresentar nenhuma falha que prejudique a produção, por meio desta pode-se observar se o modo de gestão da manutenção está sendo eficaz ou não. Quando esta ferramenta é aplicada de forma individual nos equipamentos é possível trabalhar em cada caso de modo isolado (TELES, 2016).

Ainda de acordo com o autor, o cálculo de MTBF é feito utilizando a equação 01.

$$MTBF = \frac{SOMATÓRIO DAS HORAS DE TRABALHO EM BOM FUNCIONAMENTO}{NÚMERO DE PARADAS PARA MANUTENÇÃO CORRETIVA} \quad (01)$$

Com o resultado da utilização da equação é possível obter o tempo que o equipamento produziu até que ocorresse a falha, assim permite que a administração da manutenção atente aos baixos valores e crie planos periódicos para prolongar o tempo de produção dos equipamentos até que ocorra uma próxima falha (ENGEMAN, 2019).

### 2.3.2 Tempo Médio Para Reparo (MTTR)

O MTTR que em inglês significa *Mean Time To Repair*, é uma ferramenta que indica quanto tempo a equipe de manutenção levou para a realização de suas intervenções corretivas, neste indicador quanto menor é o tempo, melhor é para a empresa, porém deve-se tomar muito cuidado com a utilização deste recurso, a forma de cobrança e cada empresa tem uma meta de MTTR, pois, deve ser levado em consideração os equipamentos da empresa, o treinamento dos

funcionários e se for cobrado dos mantenedores de forma incorreta, poderá trazer resultados negativos, como o aumento de retrabalho e serviços de má qualidade (TELES, 2016).

Ainda de acordo com o autor, o cálculo de MTBF é feito utilizando a equação 02.

$$MTTR = \frac{SOMATÓRIO\ DOS\ TEMPOS\ DE\ REPARO}{NUMERO\ DE\ INTERVENÇÕES} \quad (02)$$

A partir dos resultados obtidos através do cálculo de MTTR é possível que a produção possa se programar com relação ao tempo de espera quando houver uma falha no equipamento e ao setor de manutenção procurar uma melhora no sentido de manter algumas peças em estoque, atentar-se para o número de funcionários necessários para a execução do trabalho e buscar o treinamento de mantenedores para aumentar a eficiência destes reparos (ENGEMAN, 2019).

### 2.3.3 Disponibilidade dos ativos

Disponibilidade é o quanto um elemento é capaz de realizar as suas tarefas com base em dados coletados durante a sua utilização (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

A Disponibilidade inerente dos ativos é uma forma de analisar se os equipamentos que são passíveis de reparo estão se desempenhando da melhor forma possível, quanto maior a disponibilidade de um equipamento melhor é para a produção da empresa, cabe ao planejador de manutenção fazer o estudo dos equipamentos de forma individual na busca de melhorar este indicador e verificar quais equipamentos necessitam de atenção para que sua disponibilidade seja aumentada (TELES, 2017).

Ainda de acordo com o autor, o cálculo de Disponibilidade é feito utilizando a equação 03.

$$\% \text{ DISPONIBILIDADE} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \quad (03)$$

Através dos resultados é visto o quão é provável um equipamento estar apto a realizar as suas atividades a qualquer momento em que for solicitado e permite ao planejador de manutenção analisar se sua programação está contribuindo de forma positiva neste indicador (ENGEMAN, 2019).

### 3 METODOLOGIA

Na busca pela qualidade na produção, segurança, meio ambiente e no bom funcionamento dos equipamentos, a engenharia de manutenção da empresa implantou no setor a manutenção preditiva, e através desta iniciativa foi possível a realização da coleta de dados e cálculos para o estudo dos resultados obtidos no setor após a implantação deste tipo de manutenção.

#### 3.1 Coleta de dados

Através do *software* ENGEMAN que é utilizado pela manutenção foi feita uma coleta de dados relacionadas às horas de trabalho, horas de parada para manutenção corretiva e o número de falhas que ocorreram ao longo dos meses de cada ano pesquisado.

Tabela 01- Dados de 2017, 2018, 2019, 2020.

Ano	Mês	Horas de bom funcionamento	Tempos de reparo	Nº de falha	Ano	Mês	Horas de bom funcionamento	Tempos de reparo	Nº de falha
2017	Jan	274,87	10,75	4	2018	Jan	263,55	14,92	9
2017	Fev	285,83	4,33	2	2018	Fev	235,15	12,92	8
2017	Mar	324,07	27,92	12	2018	Mar	319,67	28,33	10
2017	Abr	300,65	6,58	3	2018	Abr	336,00	17,67	11
2017	Mai	324,35	19,42	8	2018	Mai	295,52	17,17	14
2017	Jun	287,25	20,92	7	2018	Jun	268,60	14,33	5
2017	Jul	323,00	8,17	4	2018	Jul	300,78	20,42	15
2017	Ago	346,62	26,42	13	2018	Ago	365,65	22,32	18
2017	Set	305,50	20,25	15	2018	Set	301,03	8,58	13
2017	Out	307,38	23,67	13	2018	Out	310,70	33,92	14
2017	Nov	328,97	22,42	10	2018	Nov	286,10	11,58	5
2017	Dez	292,42	28,25	17	2018	Dez	203,85	19,67	4
Ano	Mês	Horas de bom funcionamento	Tempos de reparo	Nº de falha	Ano	Mês	Horas de bom funcionamento	Tempos de reparo	Nº de falha
2019	Jan	309,78	21,58	16	2020	Jan	343,95	33,25	15
2019	Fev	301,45	24,83	12	2020	Fev	280,72	2,03	3
2019	Mar	293,90	13,83	9	2020	Mar	270,98	4,17	4
2019	Abr	315,03	16,78	13	2020	Abr	0,00	0,00	0
2019	Mai	372,70	19,67	12	2020	Mai	75,25	3,50	1
2019	Jun	326,68	19,17	15	2020	Jun	119,03	0,33	1
2019	Jul	326,40	18,93	6	2020	Jul	0,00	0,00	0
2019	Ago	334,70	5,67	7	2020	Ago	0,00	0,00	0
2019	Set	319,18	3,50	5	2020	Set	0,00	0,00	0
2019	Out	327,50	3,83	3	2020	Out	0,00	0,00	0
2019	Nov	274,63	25,25	6	2020	Nov	0,00	0,00	0
2019	Dez	122,47	0,33	1	2020	Dez	0,00	0,00	0

Fonte: O autor.

Com estes dados foram calculadas as médias semestrais e criadas tabelas contendo fórmulas para a obtenção dos resultados relacionados ao MTBF, MTTR e Disponibilidade.

### 3.2 Cálculo de MTBF

Para o cálculo de MTBF de cada mês dos anos, onde a fórmula é mostrada no capítulo 2.3.2, utilizou-se os dados relacionados as horas de bom funcionamento (*Runtime*) e o número de falhas, e posteriormente calculado a média semestral do MTBF conforme apresentado nas tabelas abaixo.

Tabela 02- Resultados mensais de MTBF.

ANO	MÊS	RUNTIME	Nº DE FALHAS	MTBF	ANO	MÊS	RUNTIME	Nº DE FALHAS	MTBF
2017	Jan	274,87	4	68,72	2018	Jan	263,55	9	29,28
2017	Feb	285,83	2	142,92	2018	Feb	235,15	8	29,39
2017	Mar	324,07	12	27,01	2018	Mar	319,67	10	31,97
2017	Apr	300,65	3	100,22	2018	Apr	336,00	11	30,55
2017	May	324,35	8	40,54	2018	May	295,52	14	21,11
2017	Jun	287,25	7	41,04	2018	Jun	268,60	5	53,72
2017	Jul	323,00	4	80,75	2018	Jul	300,78	15	20,05
2017	Aug	346,62	13	26,66	2018	Aug	365,65	18	20,31
2017	Sep	305,50	15	20,37	2018	Sep	301,03	13	23,16
2017	Oct	307,38	13	23,64	2018	Oct	310,70	14	22,19
2017	Nov	328,97	10	32,90	2018	Nov	286,10	5	57,22
2017	Dec	292,42	17	17,20	2018	Dec	203,85	4	50,96
ANO	MÊS	RUNTIME	Nº DE FALHAS	MTBF	ANO	MÊS	RUNTIME	Nº DE FALHAS	MTBF
2019	Jan	309,78	16	19,36	2020	Jan	343,95	15	22,93
2019	Feb	301,45	12	25,12	2020	Feb	280,72	3	93,57
2019	Mar	293,90	9	32,66	2020	Mar	270,98	4	67,75
2019	Apr	315,03	13	24,23	2020	Abr	0,00	0	0,00
2019	May	372,70	12	31,06	2020	May	75,25	1	75,25
2019	Jun	326,68	15	21,78	2020	Jun	119,03	1	119,03
2019	Jul	326,40	6	54,40	2020	Jul	0,00	0	0,00
2019	Aug	334,70	7	47,81	2020	Ago	0,00	0	0,00
2019	Sep	319,18	5	63,84	2020	Set	0,00	0	0,00
2019	Oct	327,50	3	109,17	2020	Out	0,00	0	0,00
2019	Nov	274,63	6	45,77	2020	Nov	0,00	0	0,00
2019	Dec	122,47	1	122,47	2020	Dez	0,00	0	0,00

Fonte: O autor.

Tabela 03- Média semestral de MTBF.

ANO	MÉDIA DE MTBF
1º Sem 2017	70,1
2º Sem 2017	33,6
1º Sem 2018	32,7
2º Sem 2018	32,3
1º Sem 2019	25,7
2º Sem 2019	73,9
1º Sem 2020	63,1

Fonte: O autor.

Isso possibilitou a visualização dos resultados do tempo médio em que o setor manteve seus equipamentos em funcionamento sem que houvesse uma parada para manutenção não planejada nos anos de estudo.

### 3.3 Cálculo de MTTR

Para este cálculo foram utilizados os dados relacionados ao tempo de parada do setor para reparo (*Breackdown time*) e ao número de falhas, estes dados foram inseridos na tabela que continha a fórmula de MTTR conforme está apresentada no capítulo 2.3.2 e posteriormente calculado a média semestral do MTTR conforme apresentado nas tabelas abaixo.

Tabela 04- Resultados mensais de MTTR.

ANO	MÊS	BREACKDOWN TIME	Nº DE FALHAS	MTTR	ANO	MÊS	BREACKDOWN TIME	Nº DE FALHAS	MTTR
2017	Jan	10,75	4	2,69	2018	Jan	14,92	9	1,66
2017	Feb	4,33	2	2,17	2018	Feb	12,92	8	1,61
2017	Mar	27,92	12	2,33	2018	Mar	28,33	10	2,83
2017	Apr	6,58	3	2,19	2018	Apr	17,67	11	1,61
2017	May	19,42	8	2,43	2018	May	17,17	14	1,23
2017	Jun	20,92	7	2,99	2018	Jun	14,33	5	2,87
2017	Jul	8,17	4	2,04	2018	Jul	20,42	15	1,36
2017	Aug	26,42	13	2,03	2018	Aug	22,32	18	1,24
2017	Sep	20,25	15	1,35	2018	Sep	8,58	13	0,66
2017	Oct	23,67	13	1,82	2018	Oct	33,92	14	2,42
2017	Nov	22,42	10	2,24	2018	Nov	11,58	5	2,32
2017	Dec	28,25	17	1,66	2018	Dec	19,67	4	4,92
ANO	MÊS	BREACKDOWN TIME	Nº DE FALHAS	MTTR	ANO	MÊS	BREACKDOWN TIME	Nº DE FALHAS	MTTR
2019	Jan	21,58	16	1,35	2020	Jan	33,25	15	2,22
2019	Feb	24,83	12	2,07	2020	Feb	2,03	3	0,68
2019	Mar	13,83	9	1,54	2020	Mar	4,17	4	1,04
2019	Apr	16,78	13	1,29	2020	Abr	0,00	0	0,00
2019	May	19,67	12	1,64	2020	May	3,50	1	3,50
2019	Jun	19,17	15	1,28	2020	Jun	0,33	1	0,33
2019	Jul	18,93	6	3,16	2020	Jul	0,00	0	0,00
2019	Aug	5,67	7	0,81	2020	Ago	0,00	0	0,00
2019	Sep	3,50	5	0,70	2020	Set	0,00	0	0,00
2019	Oct	3,83	3	1,28	2020	Out	0,00	0	0,00
2019	Nov	25,25	6	4,21	2020	Nov	0,00	0	0,00
2019	Dec	0,33	1	0,33	2020	Dez	0,00	0	0,00

Fonte: O autor.

Tabela 05- Média semestral de MTTR.

ANO	MÉDIA DE MTTR
1º Sem 2017	2,47
2º Sem 2017	1,86
1º Sem 2018	1,97
2º Sem 2018	2,15
1º Sem 2019	1,53
2º Sem 2019	1,75
1º Sem 2020	1,29

Fonte: O autor.

Através dos resultados dos cálculos foi possível visualizar a média semestral do tempo em que o setor ficou parado para manutenção não planejada.

### 3.4 Cálculo da disponibilidade

Com a realização dos cálculos de MTBF e MTTR foi possível calcular a disponibilidade geral do setor no período utilizando a fórmula que está apresentada no capítulo 2.3.3.

Tabela 06- Cálculo de disponibilidade.

<b>ANO</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTTR</b>	<b>DISPINIBILIDADE (%)</b>
1º Sem 2017	70,1	2,47	96,59
2º Sem 2017	33,6	1,86	94,75
1º Sem 2018	32,7	1,97	94,31
2º Sem 2018	32,3	2,15	93,76
1º Sem 2019	25,7	1,53	94,38
2º Sem 2019	73,9	1,75	97,69
1º Sem 2020	63,1	1,29	98,00

Fonte: O autor.

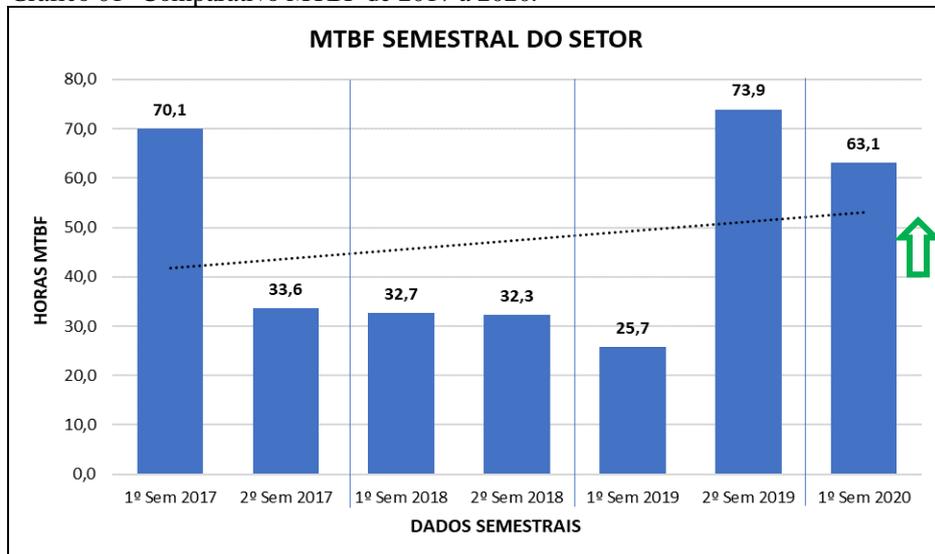
Através da tabela é possível visualizar em porcentagem se os equipamentos do setor estarão aptos a realizar seus trabalhos a qualquer momento que lhes for solicitado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizadas as etapas do capítulo anterior, os resultados obtidos através dos cálculos de MTBF, MTTR e Disponibilidade, possibilitou a criação de gráficos para a comparação dos indicadores de manutenção desde o início da implantação da manutenção preditiva até o final do primeiro semestre do ano de 2020, que foi o período final do estudo.

Os gráficos comparativos dos indicadores de manutenção semestrais do setor que aderiu a utilização da manutenção preditiva no ano de 2017, apresentam uma linha de tendência para melhor compreensão da evolução do setor.

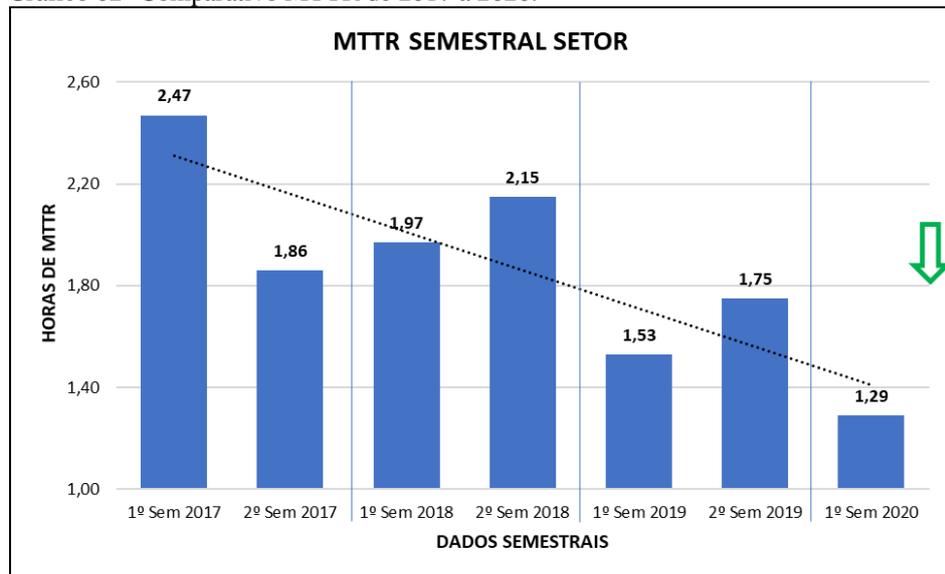
Gráfico 01- Comparativo MTBF de 2017 a 2020.



Fonte: O autor.

Como pode ser visto no gráfico 01 de MTBF, a linha de tendência se encontra na crescente e quanto maior é o MTBF melhor é para o setor, pois quer dizer que os equipamentos funcionam por um longo período sem que ocorra alguma falha que ocasione a parada do setor, isso mostra o quanto tem sido eficaz a utilização das manutenções preditivas para que ocorram somente paradas programadas que não prejudiquem a produção, o resultado do primeiro semestre de 2020 ficou mais baixo devido a pandemia de COVID-19, onde houve a necessidade do fechamento das empresas com a finalidade de manter a saúde de seus colaboradores, porém mesmo menor que o semestre anterior que é o segundo semestre de 2019, o setor tende a melhorar cada vez mais seu MTBF conforme mostra a linha de tendência.

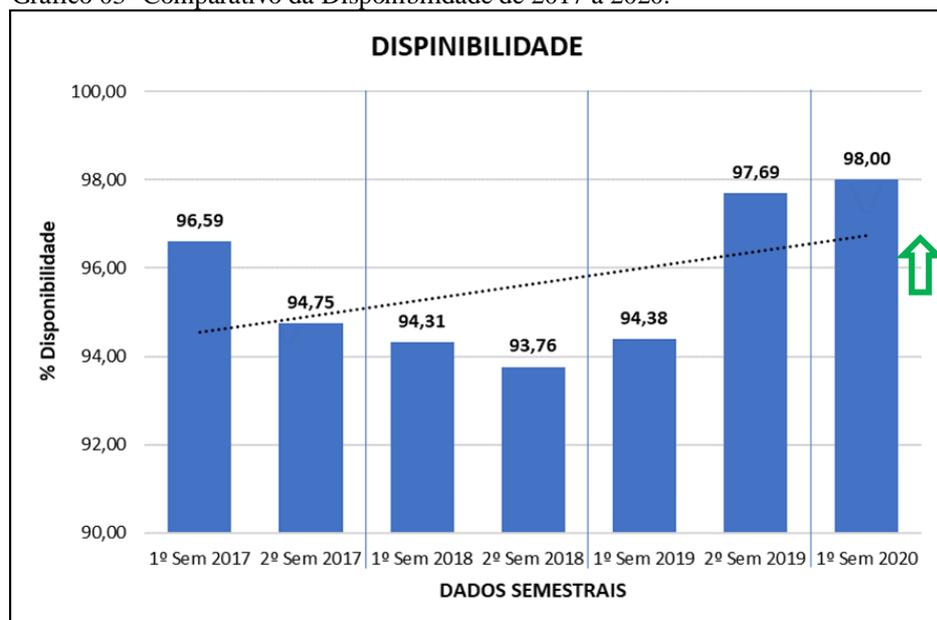
Gráfico 02- Comparativo MTTR de 2017 a 2020.



Fonte: O autor

No gráfico 02 de MTTR, os resultados são ainda melhores, onde reflete que o investimento em treinamento e melhores condições de trabalho aos manutenedores proporciona bons resultados, como pode ser visto através da linha de tendência, o tempo para que os equipamentos que sofreram alguma parada para manutenção corretiva retornarem ao trabalho tem sido reduzidos, o que mostra a capacidade dos manutenedores solucionarem os problemas do setor.

Gráfico 03- Comparativo da Disponibilidade de 2017 a 2020.



Fonte: O autor.

Através da comparação dos resultados de disponibilidade conforme o gráfico 03, pode ser visto que o setor está tendo resultados na crescente conforme a linha de tendência, que mostra em forma de porcentagem a aptidão dos equipamentos do setor a realizarem as suas atividades a qualquer momento sem apresentar problemas, com este resultado é possível ver a evolução obtida após a Engenharia de Manutenção visar manter seus equipamentos realizando análises preditivas, que acarreta em menores quantidades de paradas para realização de manutenção corretiva e maior confiança nos equipamentos.

Em todos os gráficos apresentados ocorreu de seus resultados de indicadores nos períodos iniciais da implantação da manutenção preditiva não estarem bons, até mesmo reduziram, isto porque no período de implantação é onde há a necessidade de adequação de todos os equipamentos, e para que ocorra esta adequação é necessário tempo, porém após este período de baixa, os indicadores do setor começaram a evoluir, trazendo melhores resultados relacionados a seus indicadores e conseqüentemente a saúde e segurança dos colaboradores, meio ambiente e produtividade.

## 5 CONCLUSÃO

A implantação da manutenção preditiva pela Engenharia de Manutenção de um setor de fabricação de borracha de uma indústria do ramo automobilístico, tem como finalidade de prevenir vazamentos de produtos utilizados em máquinas que prejudiquem o meio ambiente, manter os equipamentos seguros a fim de zelar pela saúde e segurança de operadores e manutentores e manter seus equipamentos em pleno funcionamento aproveitando o máximo de seus componentes e evitando paradas não planejadas da produção, que neste caso funciona como uma linha de produção, se um equipamento parar, todo o setor deve parar por não ter equipamento reserva para suprir a falta do mesmo.

Tendo em vista os aspectos observados ao longo do trabalho, conclui-se que através da análise dos indicadores de manutenção do setor em estudo, pode ser visto que a implantação da manutenção preditiva pode levar um tempo para obtenção de resultados por ser um tipo de manutenção que exige um alto investimento no seu início e é demorado até que ocorra a adequação de todos os equipamentos, porém após a sua implantação e preparação dos seus manutentores, o setor só tem a ganhar com este tipo de manutenção como pode ser visto no gráfico 03 do capítulo 4, onde a disponibilidade no primeiro semestre de 2020 teve resultados melhores do que de todos os anos anteriores e a tendência é melhorar ainda mais, isso é reflexo da capacitação e empenho de todos envolvidos na manutenção.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 30 dez. 1994. Passei Direto: Manutenção Industrial. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/44766177/nbr-5462>>. Acesso em: 03 jun. 2020.
- BORILDO, D. J. A. **Indústria 4.0: Aplicação a sistemas de manutenção**. 2017. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102740/2/181981.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2020.
- BRITISH STANDARD. **Maintenance: maintenance terminology**. Brussels, 16 jul. 2016. BSI Standards Limited. Disponível em: <<http://hadidavari.com/wp-content/uploads/2018/12/BS-EN-13306-2017.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2020.
- CLARILUB. **Análise de óleo lubrificante**. 2013. Disponível em: <<http://www.clarilub.com.br/noticia/analise-do-oleo-lubrificante.html>>. Acesso em: 01 jun. 2020.
- CYRINO, L. **Análise de óleo: um passo à frente das falhas**. 2018. Manutenção em Foco. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/analise-de-oleo-um-passo-a-frente-da-falha/>>. Acesso em: 01 jun. 2020.
- CYRINO, L. **Análise de Vibração: método de Preditiva**. 2015. Manutenção em Foco. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/analise-de-vibracao/>>. Acesso em: 31 mai. 2020.
- CYRINO, L. **Termografia: conceitos e aplicações**. 2015. Manutenção em Foco. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/termografia-conceitos-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 01 jun. 2020.
- ENGEMAN. **Indicadores de manutenção**. 2019. Disponível em: <<https://blog.engeman.com.br/indicadores-de-manutencao/>>. Acesso em: 05 jun. 2020.
- ENGEMAN. **Tipos de manutenção**. 2019. Disponível em: <<https://blog.engeman.com.br/tipos-de-manutencao/>>. Acesso em: 04 jun. 2020.
- FERREIRA, S. J. D. S. **Diagnóstico de máquinas elétricas pela análise de vibração**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2012. Disponível em: <[file:///C:/Users/Perfil/Downloads/DM\\_SilvestreFerreira\\_2012\\_MEESE.pdf](file:///C:/Users/Perfil/Downloads/DM_SilvestreFerreira_2012_MEESE.pdf)>. Acesso em: 02 jun. 2020.
- INOVAÇÃO INDUSTRIAL. **Especialista indica as etapas de análise de óleo lubrificante**. 2018. Disponível em: <<https://inovacaoindustrial.com.br/etapas-de-analise-de-oleo-lubrificante/>>. Acesso em: 31 jun. 2020.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. Petrópolis: Vozes, 2009.
- MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. Análise dos custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Piracicaba, v. 11,

n. 22, p. 38, 08 dezembro 2003. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/profile/Carlos\\_Roberto\\_Lima/publication/237733545\\_Analise\\_dos\\_Custos\\_de\\_Manutencao\\_e\\_de\\_Nao-manutencao\\_de\\_Equipamentos\\_Produtivos\\_Cost\\_Analysis\\_of\\_Maintenance\\_and\\_Non-Maintenance\\_Policies\\_for\\_Productive\\_Equipments/links/5411aeac0cf29e4a23297cc1.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Roberto_Lima/publication/237733545_Analise_dos_Custos_de_Manutencao_e_de_Nao-manutencao_de_Equipamentos_Produtivos_Cost_Analysis_of_Maintenance_and_Non-Maintenance_Policies_for_Productive_Equipments/links/5411aeac0cf29e4a23297cc1.pdf) >. Acesso em: 04 jun. 2020.

MP SERVICE. **Análise de óleo**. Disponível em: < <https://www.mpservice.com.br/analise-de-oleo> >. Acesso em: 04 jun. 2020.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. São Paulo: Blucher, 2014.

OLIVEIRA, T. M. D. **Análise de sistemas de energia e máquinas elétricas com recurso a termografia**. 2012. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012. Disponível em: < <https://paginas.fe.up.pt/~ee01125/files/dissertacao%20versao%20provisoria%20tiago%20oliveira.pdf> >. Acesso em: 01 jun. 2020.

SANTOS, F. M.C. **Manutenção Preditiva e Pró-Activa. Filosofias Alternativas ou Complementares. Estudo de Caso**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: < <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/3077/1/Dissertação.pdf> >. Acesso em: 30 mai. 2020.

SILVA, B. T. V. D. **Bancada para análise de vibração: Análise de falhas em máquinas rotativas**. 2012. Dissertação (Mestrado Profissionalizante de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2012. Disponível em: < <http://repositorio.unitau.br:8080/jspui/bitstream/20.500.11874/492/1/Bruna%20Tavares%20Vieira%20da%20Silva.pdf> >. Acesso em: 30 mai. 2020.

SOUZA, A. **Manutenção Preditiva**. 2019. Somática Educar. Disponível em: < <http://www.somaticaeducar.com.br/manutencao-preditiva/> > Acesso em: 29 mai. 2020.

TELES, J. **Como calcular disponibilidade de equipamentos industriais?**. 2017. ENGETELES. Disponível em: < <https://engeteles.com.br/como-calcular-disponibilidade/> >. Acesso em: 05 jun. 2020.

TELES, J. **Indicadores de manutenção: conheça os principais KPI's para gestão da manutenção**. 2016. ENGETELES. Disponível em: < <https://engeteles.com.br/indicadores-de-manutencao/> >. Acesso em: 05 jun. 2020.

VIBRAMEC. **Termografia**. Disponível em: < <https://www.vibramec.com.br/serv-termografia> >. Acesso em: 04 jun. 2020.

VIKON. **Análise de vibrações mecânicas**. Disponível em: < <https://vikon.com.br/analise-de-vibracoes-mecanicas/> >. Acesso em: 04 jun. 2020.

XENUS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Belo Horizonte: EDG, 2004.

ZEN, M. A. G. Indicadores de manutenção. **Info Magzen**. São Paulo, a. 02, n. 10, p. 1, 25

novembro 2003. Disponível em: < <http://magzen.eng.br/infomagzen/infomagzen10.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2020.