



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

FELIPE MENEZES GOMES

**PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UMA PARAFUSADEIRA EM UMA
EMPRESA DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

**Manaus - AM
2020**

FELIPE MENEZESGOMES

**PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UMA PARAFUSADEIRA EM UMA
EMPRESA DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de mecânica do instituto federal de ciência e tecnologia do amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel de Engenharia de mecânica.

Orientador: Prof. Jose Francisco de Caldas Costa

Manaus - AM

2020

FELIPE MENEZES GOMES

**PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UMA PARAFUSADEIRA EM UMA
EMPRESA DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Esp Jose Francisco de Caldas Costa

Aprovado em _____ de _____ de 2020.

BANCA EXAMINADORA:

Sidney Assis chagas

Professor

João Nery Rodrigues Filho

Professor

Cristovão Américo Ferreira de Castro

Professor

Manaus - AM

2020

Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro

G633p Gomes, Felipe Menezes.

Plano de manutenção preventiva para uma parafusadeira em uma empresa do pólo industrial de Manaus / Felipe Menezes Gomes. – Manaus, 2020.

55 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2020.

Orientador: Prof. ESp. Jose Francisco de Caldas Costa.

1. Engenharia mecânica. 2. Manutenção preventiva. 3. Manutenção corretiva. I. Costa, Jose Francisco de Caldas. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621

Tudo é uma questão de fé.

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos, Paula e Vitor que souberam compreender a importância de minha dedicação aos estudos nos finais de semana, quando ficaram privados da minha companhia, durante esses anos de estudos.

A minha esposa Kalinka, a que sou imensamente grato por ter acreditado no meu potencial e me apoiado nas horas mais difíceis.

Aos meus pais por sua compreensão pelas horas em que não pude estar junto e aproveitar os momentos prazerosos da sua companhia. Certamente este sacrifício será compensado graças à vitória alcançada com a realização deste trabalho.

.

RESUMO

Em uma empresa do pólo industrial de Manaus, Beta Ltda (nome fictício) fez-se um estudo sobre os modos de falhas em uma máquina parafusadeira do setor eletrônico a fim de diagnosticar problemas relacionados a manutenção corretiva e o tempo de manutenções. E como objetivo comparou-se um programa de manutenção corretiva (atual) com o plano de manutenção preventiva (ideal). A metodologia utilizada foi dividida em quatro etapas as quais compunham o estudo de caso, a probabilidade de falha, desenvolvimento do dispositivo contador de ciclos e por fim o plano de manutenção preventiva. Como resultados foram obtidos dados sobre frequência de falha e dos modos de falha mais recorrentes, assim como foi identificada a probabilidade de falha, o período ideal para a manutenção preventiva, o número de ciclos por operação pré-falha e o plano de manutenção preventiva baseado nos resultados anteriores. As considerações finais elucidaram a não correspondência aos resultados encontrados para probabilidade de falha real com a proposta pelo fabricante, o dispositivo contador de ciclos acusou que aproximadamente ao 20º. dia de cada mês se faz necessário realizar uma manutenção preventiva, e por fim com a implementação do modelo de manutenção preventiva há economia de mais de 300 min/mês do tempo de manutenção e redução de paradas inesperadas.

Palavras-chave: Manutenção corretiva, Manutenção preventiva, dispositivo contador de ciclos.

ABSTRACT

In the company of industrial pole in Manaus, Beta Ltda (fictitious name) made a study on the failure modes in a screwdriver in the electronic sector in order to diagnose problems related to corrective maintenance and maintenance time. And the objective is to compare a corrective maintenance program (current) with the preventive maintenance plan (ideal). The methodology used was divided into four stages, such as what are the study or case factors, with probability of failure, development of a cycle counter device and finally, or a preventive maintenance plan. As the results were given frequency of failure and the most recurrent failure modes, as well as a probability of failure was identified, the ideal period for preventive maintenance, or the number of pre-failure operation cycles and the preventive maintenance plan used previous results. As final considerations elucidated that were verified without correspondence with the results found for probability of real failure, the cycle counter device is accused of approximately 20%. the day of each month is necessary to carry out preventive maintenance and, finally, the implementation of the preventive maintenance model saves more than 300 min / month of maintenance time.

Keywords: Corrective maintenance, Preventive maintenance, cycle counter device.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Cronologia da manutenção e suas gerações. Erro!	Indicador	não
definido.		
Figura 2 –Organograma dos tipos de manutenção.....		21
Figura 3 –Processo de manutenção preditiva.....		25
Figura 4 – Metodologia proposta		29
Figura 5 - Fluxograma de falhas recorrentes.		31
Figura 6 - Representação externa e interna da parafusadeira FEEDMATT, FM503		32
Figura 7 – Vista lateral em corte dos componentes da parafusadeira. Ajuste horizontal: ajuste adequado (a), ajuste inadequado (b). Ajuste vertical: ajuste adequado (c) e ajuste inadequado (d).....		34
Figura 8 – Esquema elétrico do dispositivo contador de batidas.		36
Figura 9 – Dispositivo de contagem de ciclos (Vista interna).....		37
Figura 10 - Dispositivo de contagem de ciclos (Vista externa).....		37
Figura 11 – Plano de manutenção preventiva mensal.		50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronologia da manutenção e suas gerações.	20
Tabela 2 – Plano de Inspeção Diário da Produção	31
Tabela 3 – Ferramenta 5W2H utilizada no plano de manutenção preventiva.	38
Tabela 4 – Comparação entre a manutenção corretiva e a preventiva após implementação do dispositivo contador de batidas.	48
Tabela 5 – Ciclos Acumulados por Dia e Dia Ideal de Realização de Manutenção Preventiva.	49
Tabela 6 – Check List de Ações de Manutenção Preventiva Mensal, Semestral e Anual.....	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Probabilidade de falha em função do numero de ciclos.	23
Gráfico 2 – Gráfico doEfeito dos custos na periodicidade de preventiva	26
Gráfico 3 – Curva da taxa de falha.	28
Gráfico 4 – Ocorrência mensal de paradas.	40
Gráfico 5 –Tempo de paradas mensais.....	41
Gráfico 6 – Média por dia de paradas para a manutenção da máquina.	42
Gráfico 7 – Frequência de falha em dias e pareto (porcentagem acumulada) por tipo de falhas.	43
Gráfico 8 –Tempo de manutenção por falhas.....	44
Gráfico 9 – Probabilidade de falhas determinada pelo fabricante.....	46
Gráfico 10 – Probabilidade de falhas real.....	47
Gráfico 11 – Tempo de paradas da máquina e tempo esperado para manutenções preventivas.....	48

LISTA DE SÍMBOLOS

λ	Taxa de falhas
N	Número de falhas

LISTA DE ABREVIATURAS

Ltda	Limitada
Min	Minutos
H	Horas
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
min/mês	Minutos por mês
Jan	Janeiro
Fev	Fevereiro
Mar	Março
Abr	Abril
Mai	Mai
Jun	Junho
Jul	Julho
Ago	Agosto
Set	Setembro
Out	Outubro
Nov	Novembro
Dez	Dezembro

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	16
1.1.OBJETIVOS	18
1.1.1. Objetivo Geral	18
1.1. 2. Objetivos Específicos	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 A história da manutenção.....	19
2.2 Tipos de manutenções	21
2.2.1 Manutenção Corretiva	21
2.2.2 Manutenção Preventiva.....	22
2.2.3 Manutenção Preditiva.....	24
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 Estudo de caso	30
3.1.1 Abordagem de manutenção atual (Corretiva)	30
3.1.2 Periodicidade e frequência das manutenções	32
3.2 Probabilidade de falha.....	34
3.3 Desenvolvimento do dispositivo	35
3.3.1 Desenvolvimento do dispositivo	36
3.4 Proposta de manutenção preventiva	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.1 Periodicidade e ocorrência das manutenções	40
4.2 Modos de falhas.....	43
4.3 Probabilidade de falhas	46
4.4 Dispositivo contador de batidas: manutenção corretiva para um modelo de manutenção preventiva.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53

1. INTRODUÇÃO

A indústria no mundo globalizado atual opera com necessidade constante de otimização de custo e de recursos, por este motivo uma grande variedades de ferramentas de qualidade, capazes de aperfeiçoar o processo produtivo e diagnosticar paradas de máquinas vem sendo desenvolvidas, essas ferramentas tem seu foco dividido nos diversos setores fabris, neste trabalho serão utilizadas ferramentas voltadas á manutenção.

A palavra manutenção deriva do latim *manusterene*, que significa “manter o que se tem” (ALMEIDA ,2018), e dentro de uma empresa pode ser definida como um conjunto de medidas a serem tomadas para evitar danos, déficit, ou como ações com o intuito de reparar, melhorar ou consertar equipamentos. Também pode ser definida como um conjunto de cuidados e procedimentos técnicos para o bom funcionamento de máquinas, peças ou equipamentos (OLIVEIRA, 2013; CAVALCANTE;ALMEIDA, 2005; DE ALMEIDA ,2018).

A manutenção no contexto da indústria brasileira é normatizada pela Norma Brasileira (NBR) 5462 (1994) é dividida nas categorias preventiva, corretiva, preditiva, programada, não-programada, no campo, fora do local de utilização, remota, automática e deferida. Neste trabalho serão citados alguns destes tipos de manutenção, porém o foco do mesmo é mantido na manutenção preventiva.

Em uma empresa do Pólo Industrial de Manaus (PIM) verificou-se a necessidade de fazer um levantamento e a comparação de paradas programadas e não programadas em uma máquina de inserção de parafusos, a fim de determinar o intervalo ótimo para realizar a manutenção na máquina. Portanto, foi desenvolvido um contador de batidas capaz de armazenar o número de ciclos, a partir do qual é possível definir o intervalo de tempo necessário entre as ações de manutenção sem que haja parada inesperada por quebra não planejada.

Em uma empresa do pólo industrial de Manaus, Beta Ltda (nome fictício), fabricante de peças automobilísticas do pólo de quatro e duas rodas existe uma linha de montagem de placas eletrônicas controladoras veiculares, dentro da qual ocorre uma parafusação (processo de inserção de parafuso sobre a placa de circuito impresso).

Dentro do contexto apresentado na sessão anterior é possível observar que a utilização exclusiva de ações de manutenção corretiva acarreta no aumento das

horas de parada de linha, bem como no custo associado a esta.

Esta máquina está sujeita a paradas imprevistas ocasionadas por quebras em seus componentes, principalmente no bico insersor de parafusos. As paradas ocorrem com uma frequência média estimada de 3 a 4 meses e ocasionam paradas de linha de aproximadamente 8 horas, atualmente são realizadas apenas medidas de manutenção corretiva envolvendo a substituição dos componentes danificados. Com estas estimativas qual será a frequência ideal para a realização das manutenções preventivas, baseado na análise dos resultados?

Baseado nessa problemática a hipótese levantada foi que a partir da implementação de um programa de manutenção preventiva teria um efeito de redução no tempo de manutenção, uma vez que o plano permitiria que a equipe se preparasse de previamente, executando a tarefa com material e planejamento das atividades em mãos.

Também supomos que haveria redução no custo de manutenção, já que as paradas de linha seriam reduzidas e poderiam ser planejadas, também haveria redução de perdas com substituição de peças, pois é esperado que a implementação do plano de manutenção preventiva tivesse efeito benéfico sobre a vida útil das mesmas. Portanto, haveria um aumento na frequência de ações de manutenção, pois tem-se a intenção de evitar a quebra por desgaste, modo de falha mais comum na situação atual.

Este trabalho é relevante uma vez que a partir dele é possível desenvolver um método inovador no contexto da empresa, voltado para manutenção preventiva, onde é possível organizar e planejar o tempo de manutenção adequado para a máquina de uma linha de produção. Assim evitando longas paradas de linha que ocasionando aumento de custos e tempo. Além do desenvolvimento um sistema de planejamento a longo prazo que pode ser implementado em outros setores e ocasiões futuras.

Este trabalho está seccionado em duas etapas, onde na primeira é realizado o levantamento da quantidade de ciclos entre falhas e na segunda é feito um estudo para determinação da frequência de manutenção ideal baseando-se nos dados obtidos na primeira etapa. A formatação deste trabalho está fundamentada pela normatização da ABNT NBR 14724..

A metodologia respeita as seguintes prerrogativas neste trabalho: estudo de

caso, desenvolvimento do dispositivo, plano de manutenção preventiva e probabilidade de falha. A abordagem desde trabalho segue o estudo quantitativo de avaliação de dados.

Os resultados obtidos expuseram que foi possível a identificar o conhecimento da frequência de falha e dos modos de falha mais recorrentes, assim como foi identificada a probabilidade de falha mediante aos dados do fabricante e verificada a não correspondência aos resultados encontrados para probabilidade de falha real.

1.1. OBJETIVO GERAL

1.1.1. Objetivo Geral

Comparação de um programa de manutenção preventiva (ideal) com o de manutenção corretiva (atual) para uma máquina parafusadeira em uma linha de montagem de circuitos eletrônicos do Pólo Industrial de Manaus.

1.1.2. Objetivos Específicos

- a) Fazer um levantamento sobre dados de modo e frequência de falha;
- b) Realizar o estudo bibliográfico do tema em questão;
- c) Regulamentar este trabalho de acordo com as formatações propostas pela ABNTNBR 14724
- d) Desenvolver um dispositivo de contagem por batidas que permita estimar o período necessário para que haja manutenção na linha;
- e) Identificar frequência ideal de manutenção;
- f) Implementar programas de manutenção preventiva na máquina;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo fundamentar o tema em estudo através de informações extraídas que serviram de embasamento teórico para esta pesquisa em questão, onde serão apresentadas todas as etapas do início ao fim desse projeto. Dentro do contexto da elaboração deste trabalho se faz necessário contextualizar o estudo da manutenção na história e na atualidade para que, frente aos desafios encontrados seja possível almejar soluções para a empresa Beta Ltda a fim de propor um novo modelo de manutenção periódica. (completar ideia chave)

2.1 A HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

A manutenção no mundo começou a se tornar algo frequente desde o início das civilizações, com a necessidade de preservar os instrumentos e utensílios que eram criados para realização de trabalhos manuais como para a caça na pré história (SANTOS, 2018).

De acordo com Valença et. al. (2018) relacionado à manutenção se tornou algo constante e amplamente empregado durante as duas primeiras revoluções industriais (século XVIII e XIX, respectivamente). Os gestores dos setores fabris observaram que para conseguir evitar maiores gastos futuros com os equipamentos precisavam realizar manutenções periódicas nas máquinas, e muitas vezes a manutenção corretiva acontecia por falta de um estudo aprofundado para sanar previamente os problemas.

Para Neto e Scarpim (2011) a manutenção industrial veio de fato a se desenvolver com o a Revolução Industrial, e posteriormente com o mundo pós Segunda Guerra Mundial, manutenção de segunda geração (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). O mundo pós guerra necessitava de reparos em diversos setores e principalmente na indústria, sendo a manutenção responsável por manter máquinas, instalações e equipamentos em suas melhores condições de operação.

Tabela 1 - Cronologia da manutenção e suas gerações.

	antes 1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Manutenção	1 Geração			2 Geração			3 Geração			
Qualidade	Inspeção		Controle Estatístico de Processo			Garantia da Qualidade		Gestão da Qualidade		

Fonte: Lemos;Albernaz e Carvalho (2011).

A primeira geração é considerada antecessora à Segunda Guerra Mundial. A manutenção era realizada de forma simplificada utilizando os princípios de higiene das máquinas, disciplinando os colaboradores a conservar os equipamentos e garantindo bom uso e funcionamento da máquina, sem realizar uma manutenção preventiva.

De acordo com Moubray (1997) a segunda geração foi marcada por mudanças no pós Segunda Guerra Mundial com o aumento do maquinário e substituição da mão de obra por máquinas com tecnologias mais rebuscadas. Nesse contexto começaram os primeiros ideais de manutenção preventiva, preditiva e planejamento das manutenções periódicas. Essa geração, como pode ser observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, perdurou até final dos anos 1960 e início dos anos 1970. Os exemplos mais significativos dessa geração foram a Ford e a NASA (National Aeronautics and Space Administration), de modo que desenvolveram metodologias para realizar a manutenção constante do maquinário e equipamentos.

A terceira geração a partir 1970, elevou os padrões dos processos industriais para os conceitos de manutenção atuais, que visam qualidade do produto final e análise de manutenções preventivas periódicas, reduzindo custos no processo agregando valores ambientais e segurança aos consumidores. Também foram implementados dispositivos capazes de monitorar máquinas essenciais nas empresas e alertarem quanto à frequência das manutenções periódicas (MOUBRAY,

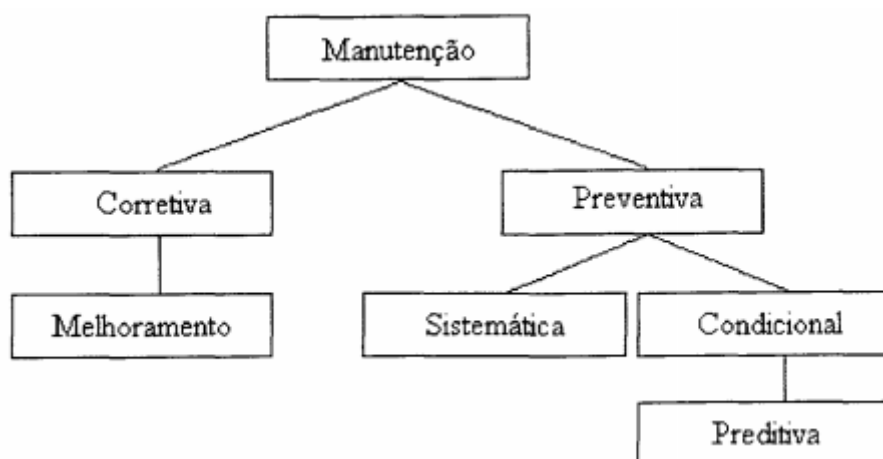
1997).

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÕES

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a manutenção é uma combinação de ações corretivas que levam um equipamento a apresentar falha funcional de um estado onde não realiza as atividades para o qual foi desenvolvido a um estado que opera como se não houvesse ocorrido falha e pode desempenhar suas funções requeridas Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994).

Neste contexto, consoante a Mirshawka e Omedo (1993) as formas de manutenção podem ser decompostas como apresentado na Figura 1.

Figura 1—Organograma dos tipos de manutenção.



Fonte: Hiraiwa(2001).

2.2.1 Manutenção Corretiva

É a forma de manutenção onde existe a necessidade do conserto ou reformadeuma máquina ou equipamento integrante do sistema produtivo danificado.De acordo com Valença (2018) manutenção corretiva é responsável por corrigir falhas decorrentes de desgastes, deterioração de máquinas ou equipamentos, consertar partes que sofreram falhas com reparos, alinhamentos, balanceamentos, substituição de peças ou do próprio equipamento (WYREBSKY, 1997).

Manutenção corretiva trata-se do ato de agir de maneira a levar o estado de um equipamento que na situação atual não opera de acordo com o esperado a um estado de funcionamento ideal ou próximo disso, podendo assim ser dividido em 2 categorias, a manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada (OTANI;MACHADO; 2008).

A primeira trata daquela intervenção realizada em situações onde o funcionamento da máquina tornou-se inaceitável de maneira inesperada, sendo assim este tipo de manutenção corretiva acarreta custos mais elevados, maiores riscos de danos á máquina e riscos de segurança aos recursos humanos que porventura estejam operando ou nas proximidades da máquina. Em contrapartida, a manutenção corretiva planejada se dá em um contexto onde o problema é conhecido de antemão e a falha ocorre de maneira esperada, planejada, neste caso os custos e riscos serão reduzidos e a atuação da equipe é previamente detalhada (OTANI;MACHADO; 2008).

Analisando as vantagens e desvantagens deste modo de manutenção, podem ser levantados alguns pontos de interesse. Uma das vantagens é que este tipo de manutenção não exige qualquer necessidade de acompanhamento ou inspeção nas peças a serem reparadas. Já com relação as desvantagens agora as desvantagens, em caso de quebra do equipamento em momentos críticos, como durante o processo produtivo de uma unidade fabril, haverá um grande tempo de parada pois este deverá incluir o tempo de preparação das ferramentas e organização da equipe de manutenção. Sendo assim, uma consequência imediata é o aumento de estoque, novamente considerando um ambiente fabril, para reduzir os efeitos da parada (WYREBSKY, 1997).

Dentro do contexto de manutenção corretiva existe ainda o conceito de manutenção de melhoramento, que é definido por um conjunto de ações corretivas de manutenção que ao serem executadas reduzem o número futuro de manutenções necessárias, melhorando a disponibilidade dos equipamentos (HIRAIWA, 2001).

2.2.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva garante a manutenção prévia dos equipamentos sem que haja falhas inesperadas. Portanto, é um tipo de manutenção periódica

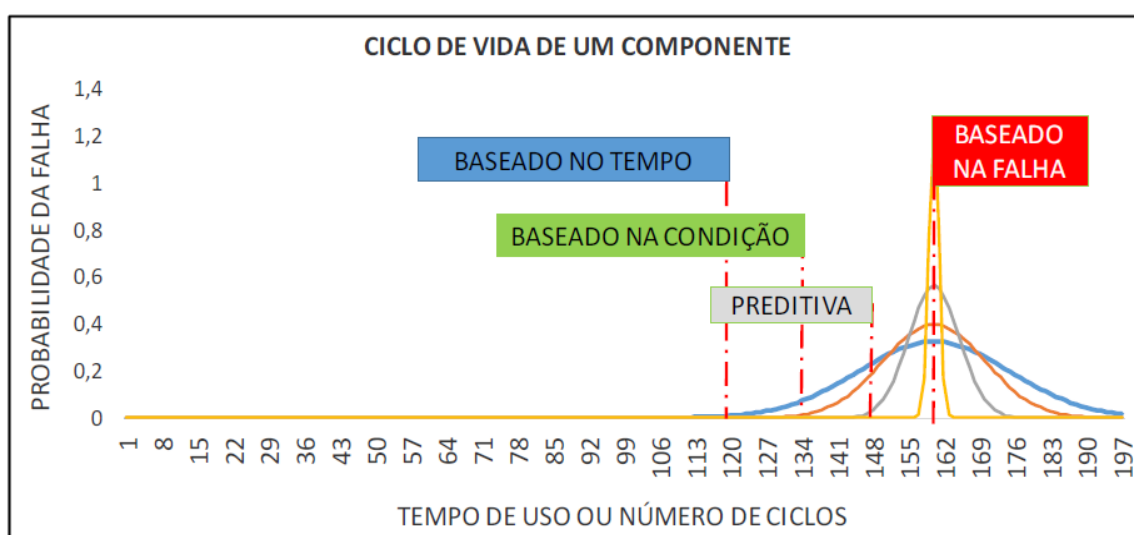
realizada para prevenir acidentes e problemas nas máquinas. Quando esse tipo de manutenção é adiada podem ocorrer problemas nas máquinas como desativação dos componentes e até mesmo falhas abruptas no maquinário (GUIMARÃES; NOGUEIRA; DA SILVA, 2012).

De acordo com Guimarães, Nogueira e Da Silva (2012), as desvantagens da manutenção preventiva se configuram por: a) Falhas humanas; b) Falhas dos componentes; c) Contaminação por óleo; d) Falhas de execução (partidas e paradas do equipamento); e) Falhas na implementação da manutenção.

As vantagens da manutenção preventiva podem ser citadas como: busca da prevenção, controle contínuo sobre os equipamentos (CIRQUEIRA, 2013), informações técnicas arquivadas sobre os equipamentos, informações sobre as operações de manutenção e planejamento prévio das operações (DE ALMEIDA, 2018).

Para prever as falhas de uma máquina ou componente, e realizar a manutenção preditiva, é necessário determinar o número de ciclos desempenhados pelo equipamento (o ciclo de falhas geralmente é contabilizado e reportado pelo fabricante da máquina). Dessa forma, são traçadas curvas de probabilidade de falha *versus* tempo de uso ou número de ciclos da máquina para prever a vida útil de um componente (CORRÊA, 2015).

Gráfico 1 - Probabilidade de falha em função do número de ciclos.



Fonte: Corrêa e Dias (2016).

No **Gráfico 1** é analisada a probabilidade de falha de um componente em

função do número de ciclos de operação. De acordo com Corrêa e Dias (2016) o gráfico demonstra que a vida útil de um componente aumenta baseada no tempo e na condição do componente (manutenção preventiva) em relação à manutenção preditiva.

2.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva se dá pelo monitoramento das condições reais de um equipamento a fim de detectar a iminência de falhas por meio do mapeamento dos desgastes de forma a tomar ação antes que a quebra ocorra (WIREMAN, 1998).

De acordo com Mobley (2002), a manutenção preditiva atua sobre falhas sistêmicas com base no estado atual do equipamento, *Condition Based Maintenance* (MBC), fazendo-se assim necessário realizar o monitoramento regular das condições reais do mesmo, sendo mecânicas ou elétricas de forma a garantir o intervalo máximo entre os reparos sem quebra inesperada.

Segundo Dunn (2002), a origem da manutenção preditiva provavelmente se deu quando um mecânico realizou a análise auditiva da vibração de um equipamento para determinar que seu comportamento era anormal, porém desde então houve a evolução deste modo de manutenção e o surgimento de diversas ferramentas de monitoramento e predição de falha.

Para Tondato (2004) existem três fases dentro da maioria dos programas de manutenção preditiva, o primeiro é a inspeção, onde é feito o monitoramento das condições da máquina para averiguação de quaisquer alterações em seu funcionamento, a segunda fase é o diagnóstico, etapa na qual é feita a identificação e isolamento de quaisquer problemas que possam estar acometendo o equipamento e finalmente a correção, etapa onde é realizada a atuação corretiva sobre o equipamento para levá-lo ao estado ideal novamente.

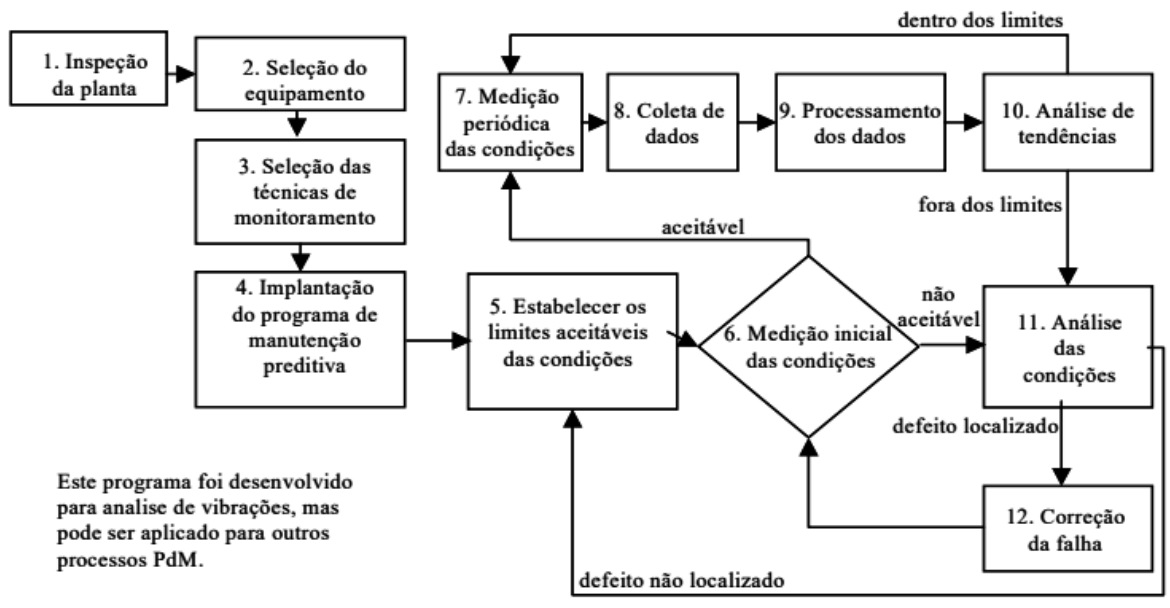
Dunn (2002) explica que estas três fases englobam um programa de 12 passos utilizados para definir o processo de manutenção preditiva, ver

***Manutenção Baseada em Condição (MBC)**

Figura 2.

***Manutenção Baseada em Condição (MBC)**

Figura 2 –Processo de manutenção preditiva.

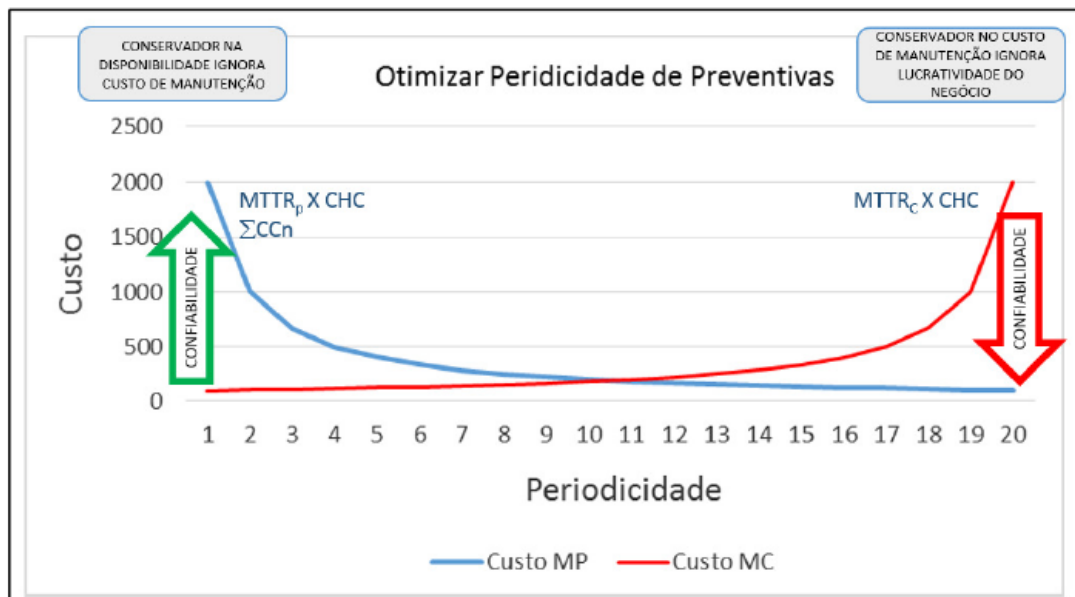


Fonte: Dunn (2002).

Conosante a Waeyenbergh e Pintelon (2004) a utilização dessa abordagem na manutenção preditiva permite que seja elevada a taxa de disponibilidade das máquinas em um ambiente fabril, reduzindo a frequência de paradas planejadas para manutenção e de paradas não planejadas, porém para tal é necessário que o programa de manutenção preventiva seja baseado em um planejamento detalhado que englobe a empresa de maneira generalizada, incluindo aspectos técnicos e organizacionais, treinando tanto o pessoal envolvido diretamente no processo quanto nível gerencial a fim de fazer a aquisição dos dados e análise, o que exige elevado nível técnico.

De acordo com a metodologia utilizada por Corrêa e Dias (2016), foi feito um estudo de otimização na periodicidade das manutenções preventivas. No **Gráfico 1** nota-se o ponto ótimo de periodicidade.

Gráfico 2-Gráfico do Efeito dos custos na periodicidade de preventiva



Fonte: Corrêa e Dias (2016).

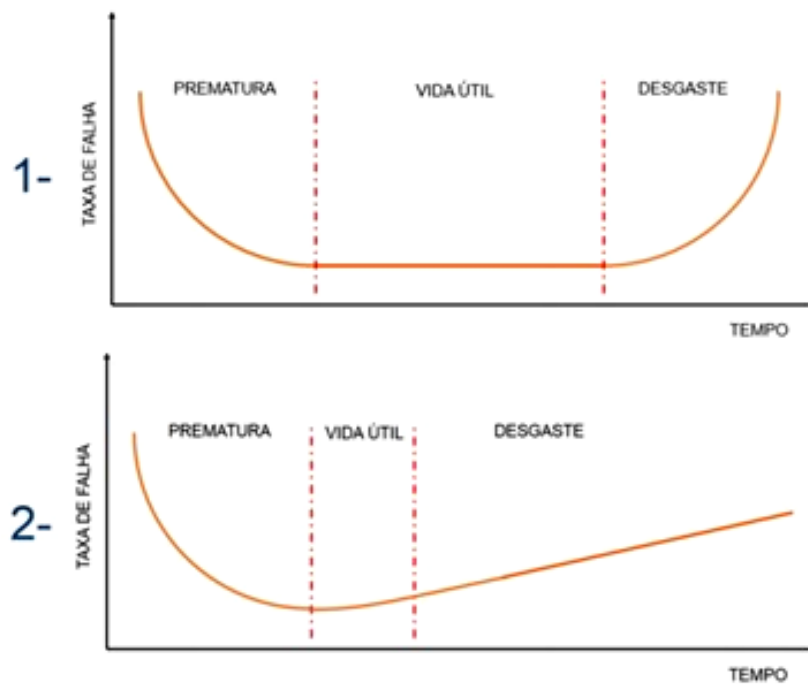
O aumento da periodicidade eleva os custos com a manutenção corretiva, enquanto a diminuição da periodicidade eleva os custos com a manutenção preventiva. O

Gráfico 3 expõe uma periodicidade ótima entre 10 e 11, onde tanto as manutenções preventivas quanto a corretiva conseguem atender baixos custos de manutenção.

Segundo Wuttke e Sellitto (2008) é possível representar a taxa de falhas de um equipamento de acordo com a curva banheira, **Erro! Fonte de referência não encontrada..** A curva representa as fases da vida útil e características de um equipamento através do qual é possível prever a ocorrência de falhas. Porém, dada a flutuação no número de ciclos de operação executados pela máquina diariamente é necessário que o programa de manutenção preventiva seja baseado no número de

ciclos executados pela mesma.

Gráfico 3 - Curva da Taxa de Falha.



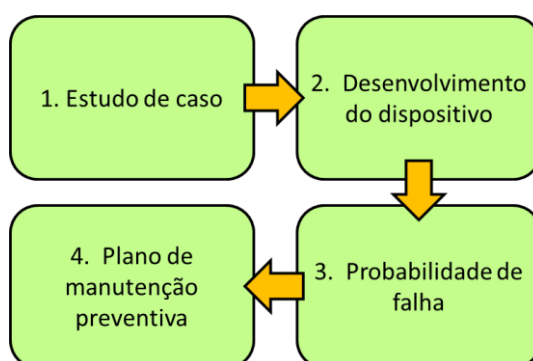
Fonte: Corrêa e Dias (2016).

3 METODOLOGIA

A metodologia respeita as seguintes características de pesquisa quantitativa: informações preconizadas por normas e padrões a serem seguidos, estrutura sistemática de coleta de dados, dados obtidos por meio de condições controladas, coleta objetiva e dados números avaliados ao final do processo a fim de conceber dados estatísticos para análise (MARCONI; LAKATOS, 2004).

A metodologia proposta está seccionada em quatro partes e a mesma é apresentada na **Figura 3**. De acordo com a metodologia descrita por Lemos, Albernaz e Carvalho (2011) a manutenção deve ter como suporte a qualidade assegurada nos demais serviços dentro de uma organização, e expressa em seu estudo a necessidade de organizar padrões e buscar dados que agreguem nos resultados da pesquisa. De forma similar Sanches (2008) expõe em seu estudo uma abordagem em formulações conceituais desenvolvidas para agregar na contribuição do tema e de forma organizada tratar dados para prever as falhas e tomar ação quanto a manutenção. Os princípios metodológicos do tema serão seguidos de acordo com os autores supracitados e com Barboza (2018) que faz menção a tratativa dos dados coletados em um processo a fim de encontrar os problemas envolvidos e buscar soluções para tal.

Figura 3 – Metodologia Proposta.



Fonte: Próprio Autor (2020).

Na seção estudo de caso é descrito o método de obtenção das informações relacionadas ao estado atual da empresa, incluindo frequência

e duração das ações de manutenção e periodicidade das falhas. No item desenvolvimento do dispositivo é descrita a construção do instrumento de contagem de batidas, sua montagem e componentes utilizados. Em seguida, a seção probabilidade de falha apresenta o cálculo utilizado para estimar a expectativa de ocorrência das falhas conhecidas, possibilitando a criação de um plano de manutenção, tarefa descrita na seção plano de manutenção preventiva.

3.1 ESTUDO DE CASO

A fim de obter as informações necessárias para levantamento da probabilidade de falha, nomeadamente a frequência e duração de manutenção e periodicidade de falhas se fez necessário consultar o setor de manutenção da Beta Ltda (nome fictício). A partir deste setor foi possível obter os registros de manutenção corretiva do período de 12 meses (de 06/2019 a 06/2020), estes relatórios continham informações quanto ao modo de falha, data e hora de abertura e fechamento das manutenções corretivas sendo necessário, portanto realizar o cálculo para a obtenção das informações referentes á periodicidade de falhas.

3.1.1 Abordagem de Manutenção Atual (Corretiva)

A partir das informações recebidas do setor de manutenção por meio dos relatórios supracitados e relatos dos colaboradores foi possível aferir a situação atual do modelo de manutenção utilizado na empresa. Atualmente na Beta Ltda A manutenção da máquina parafusadeira consiste inteiramente em intervenção corretiva, substituindo peças da máquina ou a máquina em sua totalidade, deixando a cargo de outro setor (produção) a inspeção periódica da máquina.

A parafusadeira é inspecionada diariamente por um colaborador do processo e os pontos de checagem são descritos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, porém como pode ser observado as atividades são em sua maioria são de caráter visual e realizadas por um operador sem treinamento técnico quanto ao funcionamento da máquina, o que impede a identificação de possíveis problemas mecânicos ou elétricos da

parafusadeira.

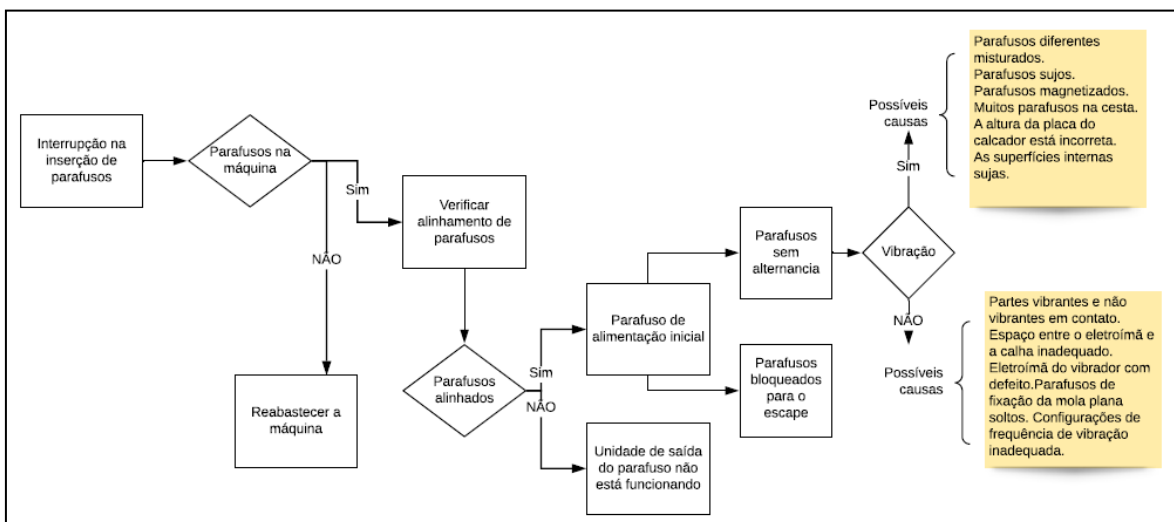
Quadro2 – Plano de Inspeção Diário da Produção

N.º	Descrição das Atividades	Método	Inspeção
1	Verif se as instruções de trabalho estão disponíveis para os colaboradores	Visual	Diária
2	Verif se as proteções fixas e móveis estão bem fixas	Visual	Diária
3	Verif disp. Elétr. (alavanca de start/acionadores/controladores) se estão em boas condições	visual	Diária
4	Verif vazamentos em componentes pressurizados (mangueiras de ar comprimido, cilindros, etc)	Visual	Diária
5	Verif aspectos ergonômicos (difícil acesso para operar o equipamento / altura / iluminação)	Visual	Diária
6	Verif existência de riscos adicionais (cantos vivos / esforço para manusear equipamento)	Visual	Diária
7	Verif existência de ruídos durante operação	Visual	Diária
8	Verif se existe dificuldade em movimentar o braço da parafusadeira	Operacional	Diária
9	Verif existência de danos no Equipamento conforme foto.	Visual	Diária

Fonte: Próprio Autor (2020).

Para análise de do estado da manutenção atual também foi desenvolvido um fluxograma de falhas recorrentes com possíveis causas. O fabricante determina que podem existir falhas por carência de manutenção (limpeza e troca de peças desgastadas), além de uso incorreto do equipamento.

Figura 4 - Fluxograma de Falhas Recorrentes.



Fonte: Próprio Autor (2020).

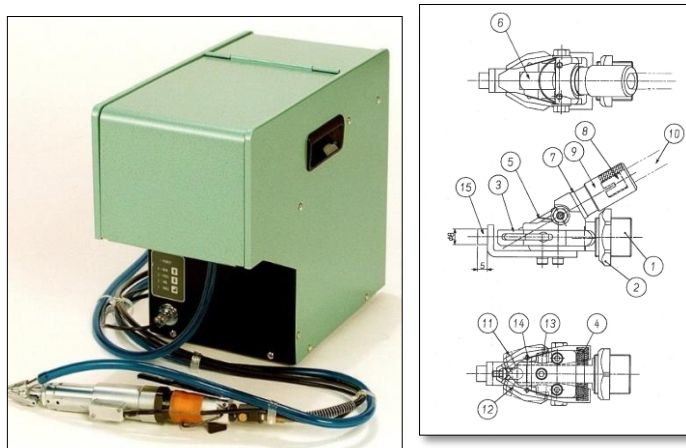
Atualmente como não se tem um plano de manutenção corretiva

como pode problemas como, o alinhamento dos parafusos na máquina e vibração da parafusadeira são os mais comuns de ocasionarem paradas indesejadas.

3.1.2 Periodicidade e Frequência das Manutenções

Esta seção descreve como foram realizados os estudos na empresa Beta LTDA para verificar os modos de falhada máquina, frequência e periodicidade entre as manutenções.

Figura 5 - Representação externa e interna da parafusadeira FEEDMATT, FM503H.



Fonte: Manual do fabricante (1999).

Os dados descritos abaixo foram coletados em ocorrências dos modos de falhas reportadas ao setor de manutenção da Beta LTDA entre Junho de 2019 a Junho de 2020.

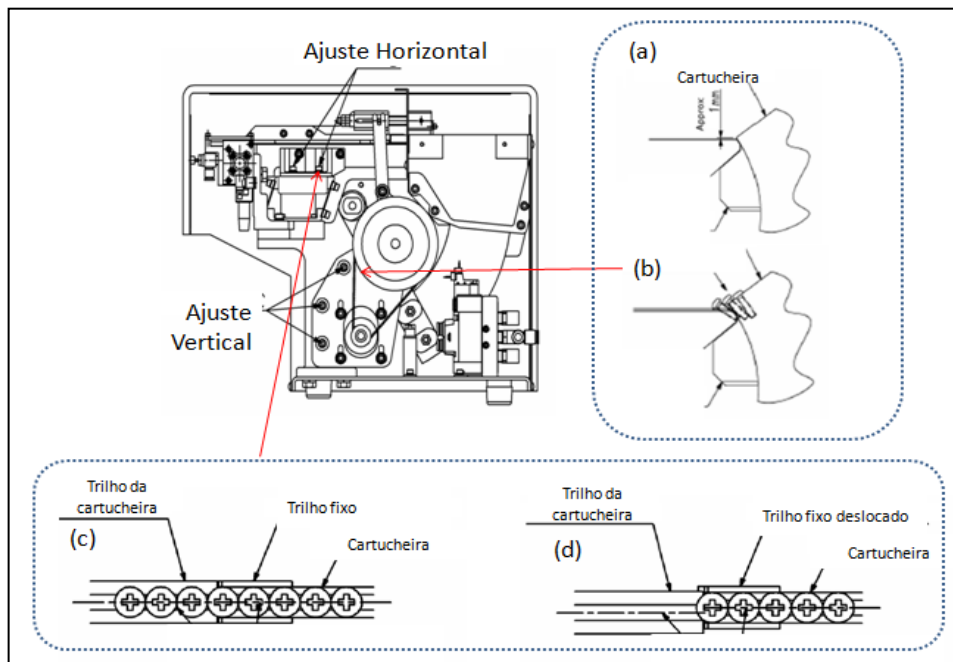
- Erro de operação (consiste em uma falha observada pela má utilização do equipamento);
- Falta de parafusos (falha identificada pela imprecisão no número de parafusos necessários a serem repostos na máquina);
- Folga no ajuste pelo mandril (folga gerada geralmente por vibração no dispositivo de ajuste da parafusadeira);
- Danos no mandril (alguns danos foram observados no mandril, e esses danos em sua maioria foram irreparáveis, havendo a necessidade de substituição de peças);

- Pino cilíndrico (falha no pino cilíndrico);
- Interrupção da saída de parafusos (obstrução na passagem dos parafusos gerada pela falta de limpeza do equipamento e por inconformidade no ângulo de saída do parafuso);
- Válvula pneumática (falha na válvula responsável pela pressão necessária para parafusar o componente, identificação na falha da pressão);
- Parafuso deslocado/alto (falha identificada pelo deslocamento do ângulo do parafuso e pela posição longitudinal inadequada ao uso).

A Beta Ltda não realiza medidas para prevenção de possíveis danos a máquina o que gera problemas por vibração decorrentes da carência de: limpeza do cabeçote da máquina e dos parafusos, a altura da placa, quantidade inadequada de parafusos no cesto e altura da placa do calçador. Quando não há vibração podem ser listados problemas como: partes vibrantes e não vibrantes em contato, espaço entre o eletroímã e a calha inadequados, parafusos de fixação da mola plana soltos e configuração de frequência de vibração inadequada. Já os problemas de posicionamento de parafusos são decorrentes de duas inadequações nas posições do cabeçote e da cartucheira da máquina.

Como retratado na **Figura 6** há dois ajustes dos componentes da máquina a serem realizados para evitar problemas interrupções no funcionamento da parafusadeira. Estes incluem o posicionamento vertical e horizontal da cartucheira em relação ao trilho de parafusos. Em ambos se faz necessário realizar a folga dos parafusos de acordo com a **Figura 6**.

Figura 6– *Vista Lateral em Corte dos Componentes da Parafusadeira (Alimentador).



*Ajuste horizontal: ajuste adequado (a), ajuste inadequado (b). Ajuste vertical: ajuste adequado (c) e ajuste inadequado (d).

Fonte: Manual do Fabricante (1999).

3.2-PROBABILIDADE DE FALHA

Através do estudo buscou-se identificar qual a probabilidade de falha real do equipamento, inviabilizando o uso da máquina em sua totalidade, e a probabilidade de falha dado o período de manutenção estipulado pelo fabricante.

E os dados para esse estudo foram coletados por meio de relatório semanais documentados reportando falha (data, horário e modo).

Foram desenvolvidos estudos de probabilidade em função do número de ciclos em dias para calcular o valor do tempo médio entre as falhas, utilizando o MTBF (Mean Time Between Failures) durante o período real de falha da máquina. Portanto:

$$MTBF = \frac{TFM}{N}$$

Onde o TFM corresponde ao tempo total de falha da máquina e o N

o número de falhar por período.

Para gerar a curva que retratou o comportamento das falhas também se fez necessária a identificação dos valores de taxa de falha através da equação:

$$\lambda(t) = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

E finalmente, para encontrar os valores de confiabilidade que expressam em percentual a probabilidade de a máquina falhar, foram gerados resultados através da equação:

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

Onde λ é a taxa de falha e t o tempo de falha em dias.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO

A fim de resolver o problema de frequência de manutenção preventiva nas linhas da empresa em questão foi proposto e desenvolvido um contador de ciclos responsável por registrar o número de acionamentos da parafusadeira e assim determinar o número correto de ciclos para a realização da manutenção preventiva.

Com a criação deste dispositivo será possível registrar as falhas e criar uma curva característica para os componentes com maior frequência de quebra, e por fim será sugerido o programa de manutenção preventiva.

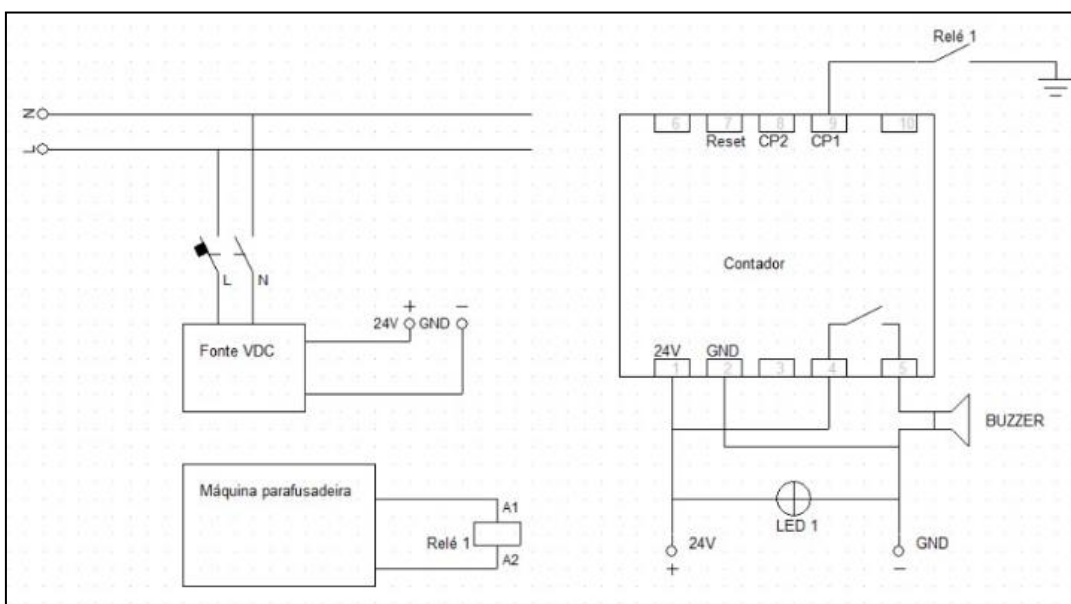
Uma vez criado, o programa será implantado e os efeitos desta ação serão monitorados utilizando o contador de ciclos, acompanhados pelos indicadores de frequência de manutenção, tempo de manutenção e custo de manutenção.

O dispositivo possui um contador de pulsos simples, ativado pelo sinal de acionamento da máquina, chave switch com alavanca para ativar e desativar o dispositivo, lâmpada indicadora de estado (ligado ou desligado) e buzina para alertar quando a contagem do número de ciclos chegar a um valor previamente configurado no contador.

3.3.1 Desenvolvimento do Dispositivo

O dispositivo contador possui 3 componentes principais, sendo o primeiro a Fonte VDC, responsável por converter a fonte de corrente alternada de 220V disponível na planta industrial em um nível elétrico de 24V DC, possibilitando a alimentação dos outros dispositivos.

Figura 7–Esquema elétrico do dispositivo contador de batidas.



Fonte: Próprio Autor (2020).

O segundo componente é um Relé eletromecânico simples, representado na Figura 7 pelo nome “Relé 1”, este relé tem sua bobina alimentada pelo sinal de ativação enviado pela máquina parafusadeira. Ao ser ativado o relé fecha o circuito entre o pino CP1 do contador e GND, assim sinalizando ao contador que a parafusadeira foi ativada.

Finalmente, o terceiro componente fundamental do dispositivo é o contador de ciclos, que ao atingir o número de ciclos pré-determinado em sua interface, fecha um interruptor interno, entre os pines 4 e 5 como demonstrado na figura 7, o que por sua vez ativa o Buzzer, indicando ao operador da linha que a máquina atingiu o seu número de batidas máximo antes de uma intervenção para manutenção.

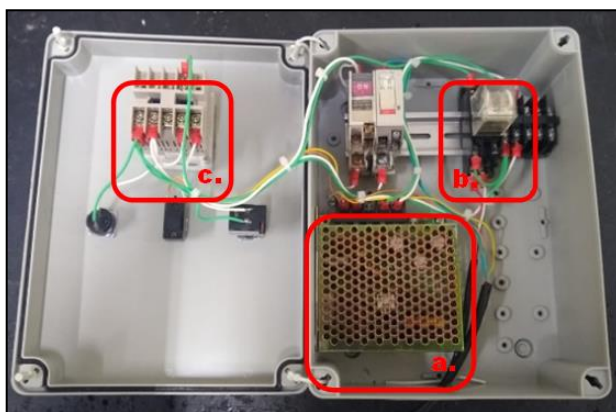
É possível observar nas figuras 8 e 9 o dispositivo montado e os

componentes citados no circuito do figura 7, os mesmos estão sinalizados como segue:

- a) Fonte VDC
- b) Relé 1
- c) Contador de ciclos
- d) Buzzer
- e) LED 1

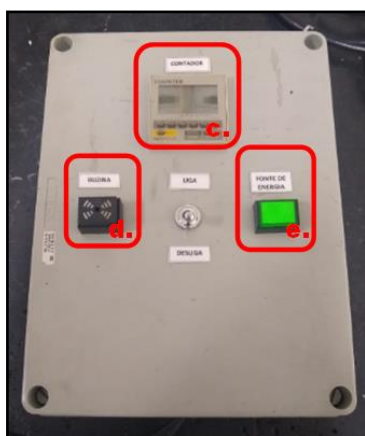
As configurações de frequência para o acionamento do dispositivo podem ser inseridas na interface do contador de ciclos que pode ser encontrado na **Figura 8**.

Figura 8– Dispositivo de contagem de ciclos (Vista interna).



Fonte: Próprio Autor (2020).

Figura 9 - Dispositivo de contagem de ciclos (Vista externa).



Fonte: Próprio Autor (2020).

3.4 PROPOSTA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A proposta do plano de manutenção preventiva foi implementada em forma de um *check list* padronizado para a realização da checagem da máquina, uma vez que se tem conhecimento de estudo de falha e frequência das manutenções. A ferramenta adotada para implantação do plano almeja diminuir o tempo de manutenções na máquina e evitar substituições inesperadas de peças. O método utilizado foi o 5W2H.

A

Tabela 3 expõe os principais fatores para adequação a manutenção preventiva, os mais relevantes incluem: Diminuir o tempo de manutenção, frequência de manutenção, inspeção visual diária, limpeza e ajustes mensais e o custo de manutenção. O custo foi calculado utilizando a hora de trabalho do colaborador (R\$ 15,00/hora) e os dias de inspeção ou manutenção determinados a partir do estudo de Periodicidade e frequência das manutenções.

Tabela 3 –Ferramenta 5W2H utilizada no plano de manutenção preventiva.

O que (What)	Para que (Why)	Quem (Who)	Quando (When)	Onde (Where)	Como (How)	Quanto custa (How much)
Parafusadeira FEEDMATT, FM503H	Diminuir o tempo de manutenção	Colaborador	Todos os dias e a cada 30 dias	Setor eletrônico	Inspeção visual diária, Limpeza, ajuste mensais	R\$ 225,00

Fonte: Próprio Autor (2020).

A fim de justificar a proposta de implementação do plano de manutenção preventiva foi realizada a comparação entre as principais características das manutenções preventiva e corretiva, **Quadro 1**.

Quadro 1 - Comparação entre a manutenção corretiva e a preventiva.

	Manutenção corretiva	Manutenção preventiva
Solução	Trocas de peças ou equipamento	Limpeza e checagem
Frequência	Pós falha	Pré falha
Tempo de manutenção	Longo	Curto
Custos	Altos	Baixos

Fonte: Próprio Autor (2020).

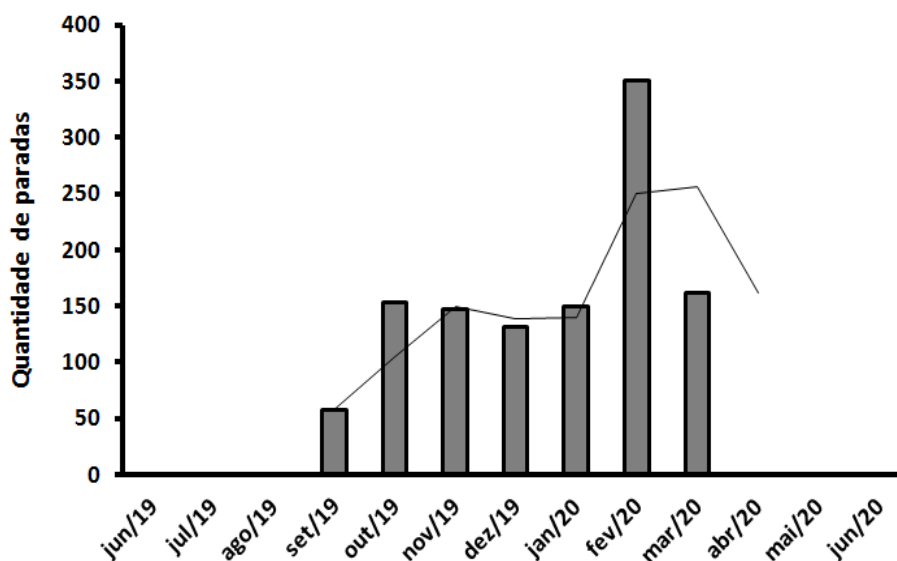
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PERIODICIDADE E OCORRÊNCIA DAS MANUTENÇÕES

O período recomendado pelo fabricante de realização de manutenção preventiva equivale a 18 meses. No entanto, o fabricante também sugere aumentar ou diminuir os ciclos conforme necessário a julgar pelas condições de uso e ambientes de aplicação. Desta forma, foi analisada a periodicidade das manutenções corretivas durante um intervalo de 12 meses (**Gráfico 4**), e constatado que a partir dos 3 primeiros meses ocorreram mais de 50 paradas mensais da parafusadeira.

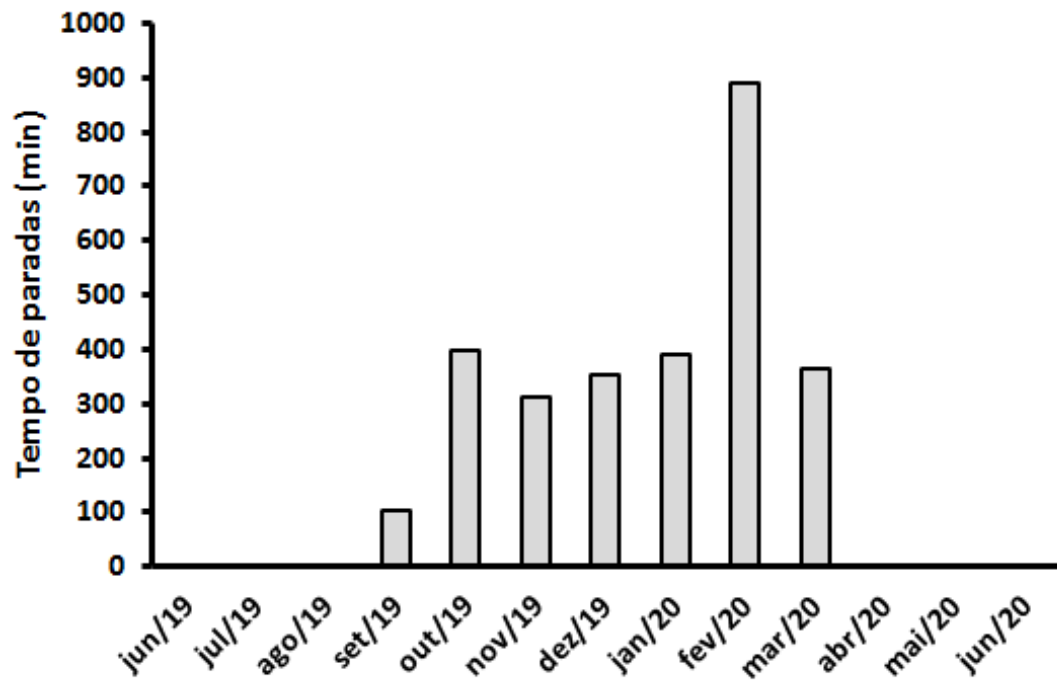
Como pode ser observado no **Gráfico 4** o mês de Fevereiro apresentou um aumento brusco no número de paradas na linha, esse fenômeno será investigado no item 4.2 através do estudo frequência e periodicidade dos modos de falha.

Gráfico 4 – Ocorrência Mensal de Paradas.



Fonte: Próprio Autor (2020).

A recorrência das falhas se intensificaram a partir do mês de Outubro e tiveram aumento brusco em Fevereiro. Teixeira (2015) explicou que tal aumento se deve a ausência de políticas de inspeção na máquina, que deve ser feita com periodicidade regular. Outro fator analisado foi o tempo de paradas da máquina, **Gráfico 5** proporcional a quantidade de reparos na parafusadeira.

Gráfico 5 –Tempo de Paradas Mensais.

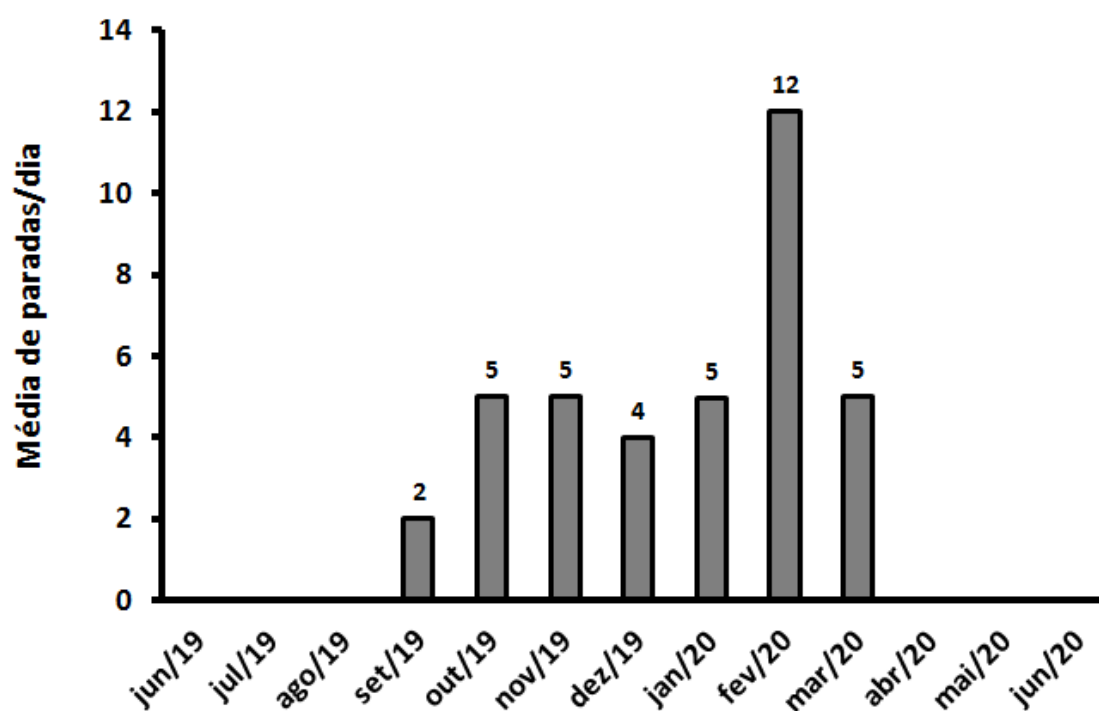
Fonte: Próprio Autor (2020).

A média diária de paradas (

Gráfico 6) é equivalente ou superior a meio turno de trabalho (turno de 8h). Se o tempo gasto com as manutenções corretivas fosse aplicado às manutenções preventivas o tempo de manutenção iria reduzir substancialmente. Zen (2012) sugere que as manutenções devem ocorrer durante a troca de turno ou paradas previstas

na linha. Portanto, para a situação atual observada na Beta Ltda há necessidade de um plano de manutenção preventiva prévia fim de determinar a periodicidade na qual serão realizadas as manutenções.

Gráfico 6 – Média Por Dia de Paradas para a Manutenção da Máquina.



Fonte: próprio autor (2020).

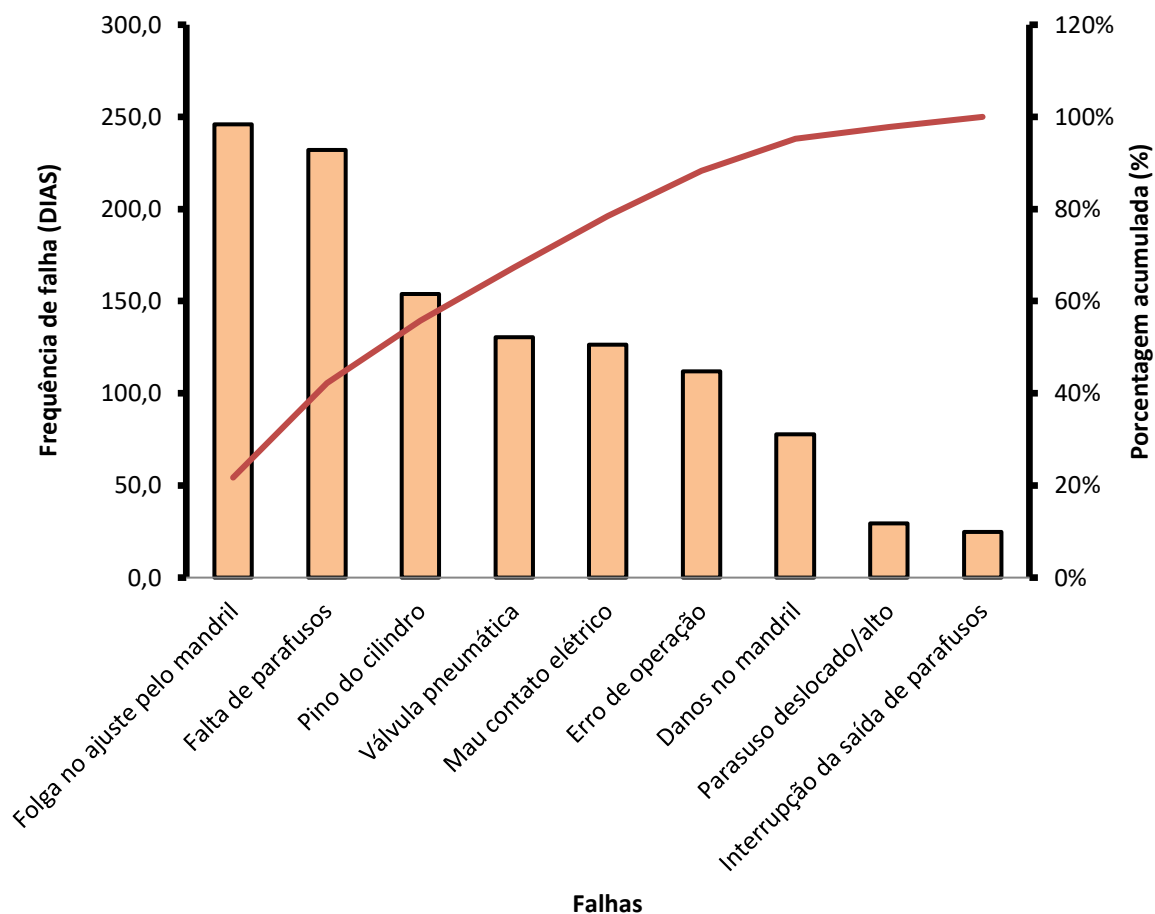
4.2 MODOS DE FALHAS

O

Gráfico 7 demonstra a frequência de falha em função dos tipos de falhas. As falhas mais recorrentes observadas foram: Por interrupção de saída de parafusos, parafuso deslocado/alto e por danos no mandril, respectivamente.

Através desse estudo é possível prever os tipos de falhas que a máquina pode desenvolver ao longo do seu uso, por conseguinte estimar o tempo de manutenção ideal necessário para que haja limpeza das peças dos componentes da máquina.

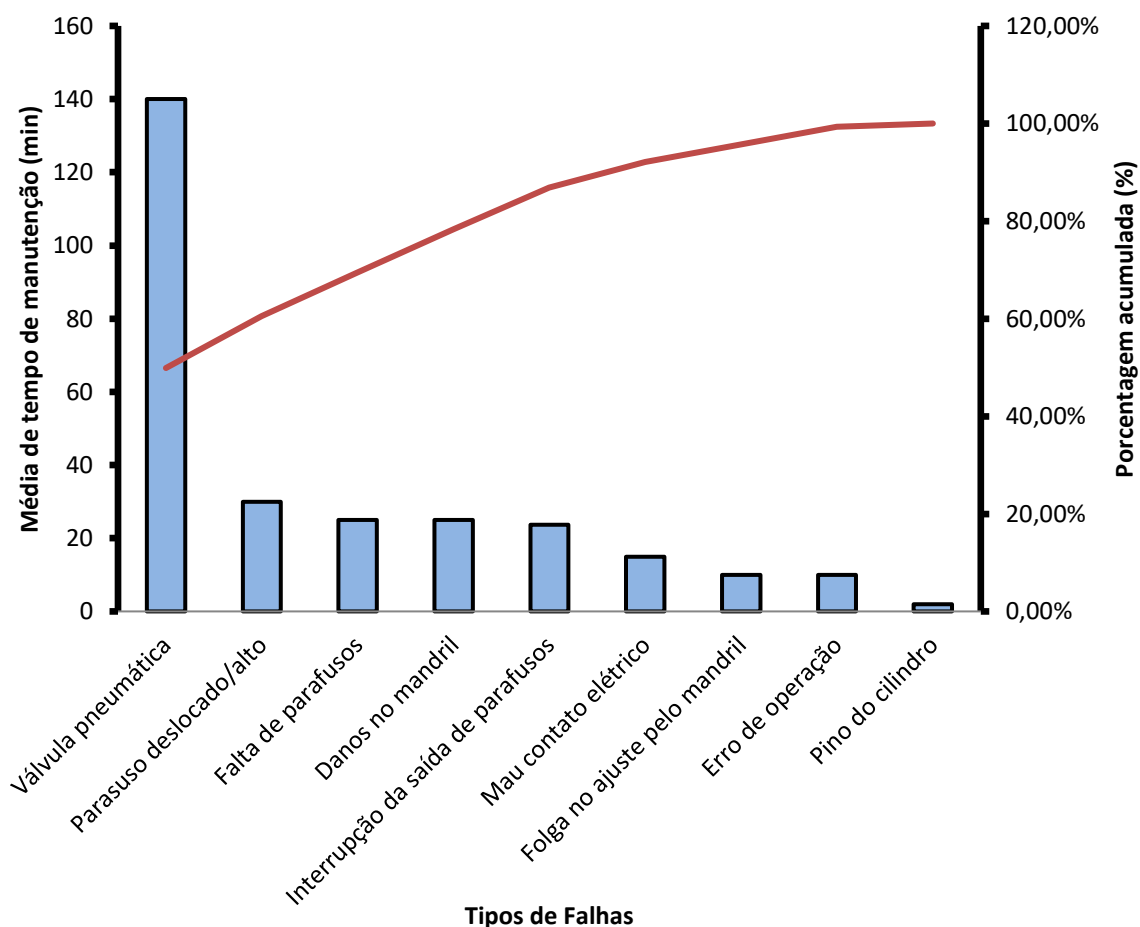
Gráfico 7 – Frequência de Falha em Dias e Pareto (Porcentagem Acumulada) Por Tipo De Falhas.



Fonte: Próprio Autor (2020).

As falhas por interrupção de saída de parafusos e parafuso deslocado/alto ocorrem com uma frequência quase equivalente a 30 dias e levam em torno de 25 minutos para serem corrigidas, **Gráfico 8**, porém as falhas envolvendo a Válvula pneumática são falhas com uma frequência menor de manutenção corretiva, mas com tempo superior a 100 min para o reparo. Foi verificado que a válvula pneumática apresentou falhas no mês de Fevereiro e aumentou proporcionalmente o tempo de paradas na máquina e o número de manutenções no mês.

Gráfico 8 – Tempo de Manutenção por Falhas.



Fonte: Próprio Autor (2020).

A falha mais recorrente está relacionada à interrupção da saída de parafusos (

Gráfico 7). Analisando os resultados obtidos e comparando-os as informações do manual da máquina, soube-se que esse tipo de falha ocorre quando há vibração excessiva e folga dos parafusos relacionados aos trilhos da cartucheira.

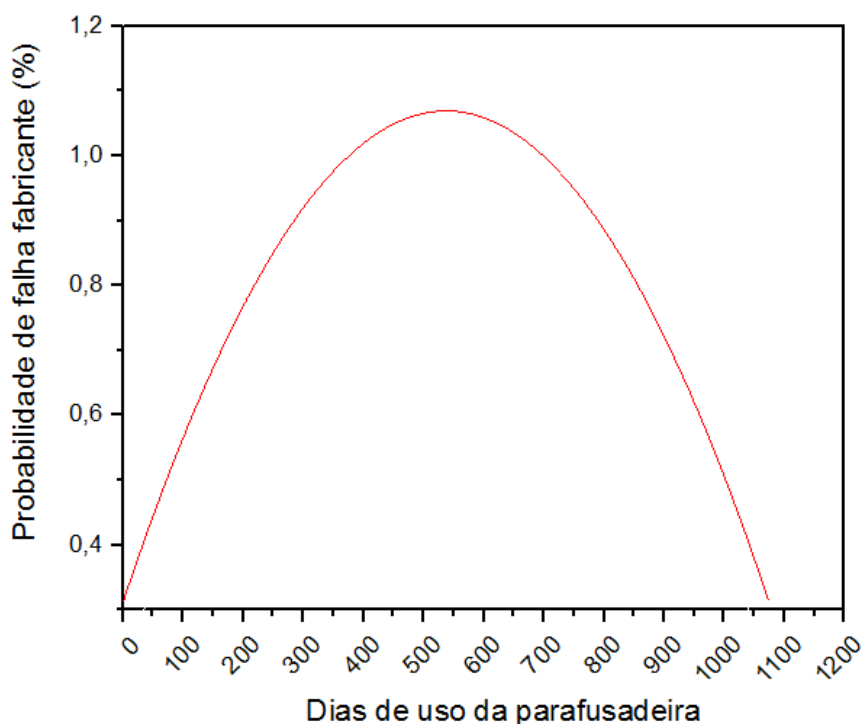
A longo prazo a cartucheira mal posicionada gera obstrução da saída de parafusos que pode ocasionar deslocamento dos parafusos de saída e deslocamento do trilho, além de acarretar pressão residual direcionada ao mandril e ao pistão interno da válvula pneumática implicando em danos severos aos componentes.

4.3 PROBABILIDADE DE FALHAS

Considerando as informações citadas pelo manual do fabricante foi possível identificar por meio do **Gráfico 9a** curva de probabilidade e os dias mais prováveis para ocorrer às falhas. Como observado à probabilidade de falha determinada pelas informações do fabricante aumenta a partir do primeiro dia de uso da parafusadeira, uma vez que o mesmo não determina um período pontual para ocorrência da primeira falha. Para o fabricante a maior probabilidade de falha da máquina ocorre após 550 dias de uso.

O número de ciclos de operação da máquina não é mencionado pelo manual do fabricante, no entanto o fabricante informa o valor em dias (546) de funcionamento da máquina antes da falha. Desse modo, o valor encontrado para o número de ciclos da máquina pelas informações do fabricante foi 1.210.000.

Gráfico 9—Probabilidade de falhas determinada pelo fabricante.



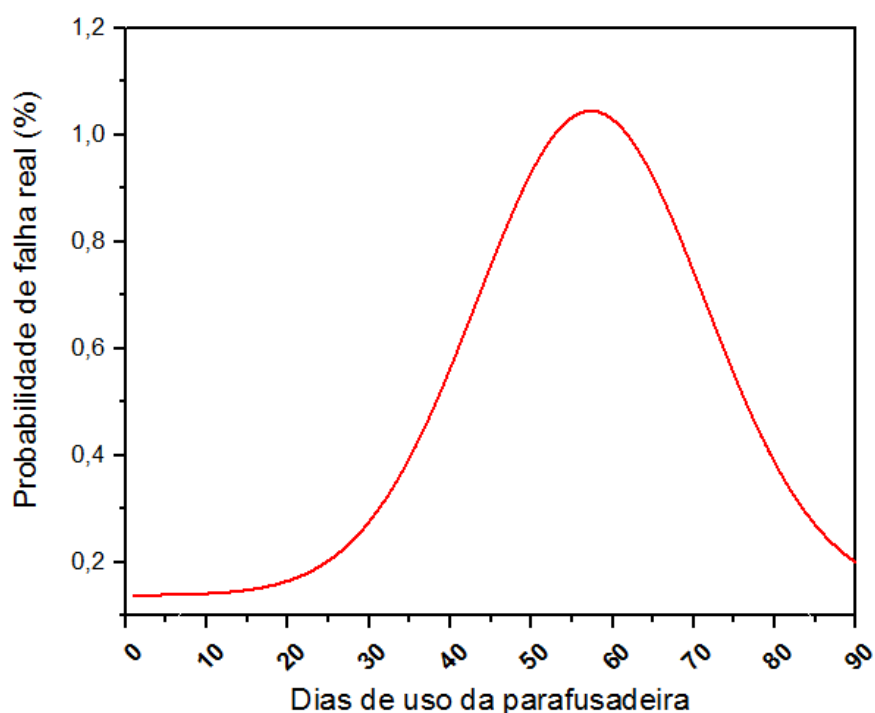
Fonte: Próprio Autor (2020).

A contagem média de batidas (ciclos) estimada antes da falha da parafusadeira compreende a 264.000 ciclos, em um período de 3 meses (90 dias) e um valor diário médio de 2933 ciclos/dia.

O estudo de probabilidade de falha da parafusadeira em operação demonstrou que para utilização diária a maior probabilidade de a máquina falhar pode ocorrer a aproximadamente 60 ciclos (2 meses), em um turno de trabalho de 8h.

Em 90 dias de operação foi identificada pela Zeta LTDA a primeira ocorrência de falha. E para adequação de plano de manutenção preventiva as inspeções e manutenções além de periódicas devem ser realizadas antes de 55 dias de operação da máquina, preferencialmente no 20º.

Gráfico 10 -Probabilidade de falhas real.



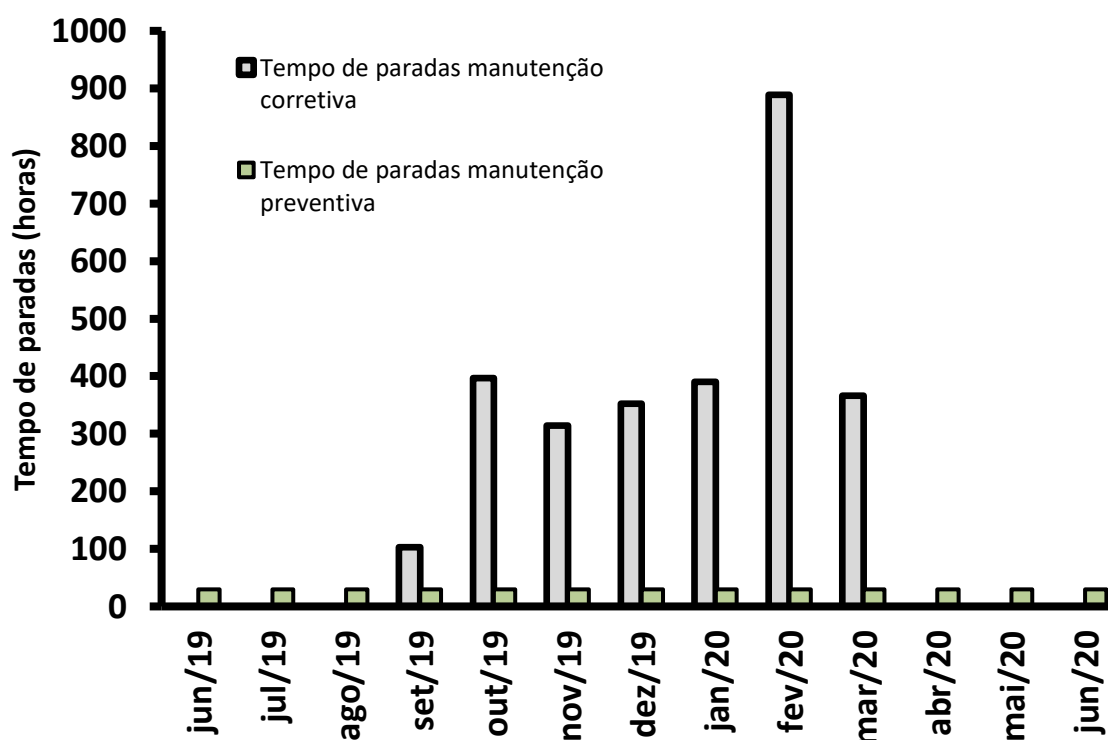
Fonte: Próprio Autor (2020).

4.4 DISPOSITIVO CONTADOR DE BATIDAS: MANUTENÇÃO CORRETIVA PARA UM MODELO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Segundo o fabricante, o tempo de operação mínimo antes da ocorrência de falhas é de 18 meses, equivalente a 1.210.000 de batidas. E o que se espera chegar

sem falhas inesperadas com adoção do modelo de manutenção preventiva é atingir um tempo de manutenção 30 min/mês e um valor anual de 390min gastos com a manutenção da máquina, atualmente as paradas correspondem a 401 min/mês, chegando a 2811 min por ano. O tempo equivalente a manutenção preventiva foi estimado pelos dados fornecidos pela empresa e calculado como tempo médio gasto com limpezas e ajustes da máquina.

Gráfico 11 – Tempo de Paradas da Máquina e Tempo Esperado para Manutenções Preventivas.



Fonte: Próprio Autor (2020).

Para a implementação da manutenção preventiva, foram considerados itens da tabela **Tabela 4**, comparando os dados atuais de manutenção corretiva com os dados esperados de manutenção preventiva.

Tabela 4 - Comparação entre a manutenção corretiva e a preventiva após implementação do dispositivo contador de batidas.

	Manutenção corretiva	Manutenção preventiva
Solução	Trocas de peças ou equipamento	Limpeza, lubrificação e checagem

Frequência	Superior a 58660ciclos	Inferior a 58660 ciclos
Paradas na linha	Média de 401 min/mês	Média de 50min/mês

Fonte: Próprio Autor (2020).

Ao atingir 58660 ciclos, **Tabela 5**,o que é equivalente a20 dias uso da máquina, é necessário realizar manutenção preventiva que inclui limpeza,ajuste e inspeção interna, como citado no item anterior. Portanto, considerando tais informações foi desenvolvido um plano de manutenção preventiva mensal, seguindo a metodologia proposta por Zen (2012) e Leal (2020).

Tabela 5 – Ciclos Acumulados por Dia e Dia Ideal de Realização de Manutenção Preventiva.

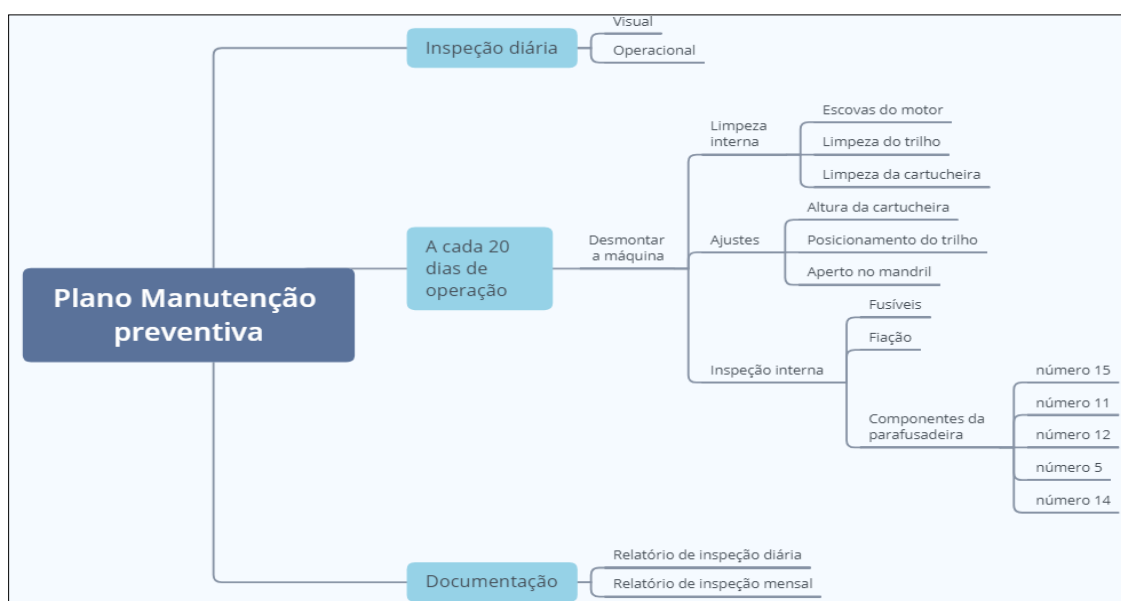
Dia	Ciclos da parafusadeira
1	2933
2	5866
3	8799
4	11732
5	14665
6	17598
7	20531
8	23464
9	26397
10	29330
11	32263
12	35196
13	38129
14	41062
15	43995
16	46928
17	49861
18	52794
19	55727
20	58660
21	61593
22	64526
23	67459
24	70392
25	73325
26	76258
27	79191
28	82124
29	85057
30	87990

Fonte: Próprio Autor (2020).

O plano de manutenção preventiva adotado na empresa Beta Ltda, segue inspeções diárias visuais e operacionais na máquina como já é feito pela empresa detalhado na

Tabela 3 - Ajustes e inspeções internas também devem ser realizados e estão indicados na **Figura 10**.

Figura 10 – Plano de Manutenção Preventiva Mensal.



Fonte: Próprio Autor (2020).

Para desenvolver o plano de manutenção preventiva é necessário realizar o check list das atividades a serem executadas, **Tabela 6**.

Tabela 6 - Check List de Ações de Manutenção Preventiva Mensal, Semestral e Anual.

Plano de manutenção preventiva mensal			Data
			/ /
Parafusadeira FEEDMATT, FM503H		Horário de início	
Objetivo		Horário de término	
Realização da atividade			
Frequência	Mensal	Diminuição no tempo de manutenção	
Dia do mês	20	Colaborador (Inspetor de manutenção)	

Checagem		limpeza interna, ajustes e inspeção interna	
	Concluído	Não realizado	Tempo estimado (min)
Checar se a parafusadeira funciona sem nenhum ruído anormal			10
Checar se existe folga em porcas ou parafusos, realizar reaperto			15
Checar se há danos na mangueira que conduz parafuso do alimentador até a parafusadeira			5
Verificar se a parafusadeira está bem fixa e alinhada na posição vertical			10
Realizar checagem das escovas			10
Realizar alinhamento na peça 15			10
Plano de manutenção preventiva semestral			
		Data / /	
Parafusadeira FEEDMATT, FM503H		Horário de início	
Objetivo		Horário de término	
Realização da atividade			
Frequência	Semestral	Diminuição no tempo de manutenção	
Dia do mês	20	Colaborador (Inspetor de manutenção)	
Checagem		limpeza interna, ajustes e inspeção interna	
	Concluído	Não realizado	Tempo estimado (min)
substituição das escovas, da parafusadeira			10
substituição da mangueira			10
substituição das peças 3,11,12,14			30
teste de funcionamento			15
Manutenção mensal			50

Fonte: Próprio Autor (2020).

Plano de manutenção preventiva anual		Data / /	
Parafusadeira FEEDMATT, FM503H		Horário de início	

Objetivo	Horário de término		
Realização da atividade			
Frequência	Anual	Diminuição no tempo de manutenção	
Dia do mês	20	Colaborador (Inspetor de manutenção)	
Checagem	limpeza interna, ajustes e inspeção interna		
	Concluído	Não realizado	Tempo estimado (min)
substituição das peças 4,5,6,15			30
Desmontar parafusadeira para realizar limpeza interna e lubrificação			240
Realizar teste de funcionamento e realizar ajuste de torque			10
Manutenção semestral			115

Fonte: Próprio Autor (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término das análises deste trabalho foi possível a identificar as seguintes considerações: O conhecimento da frequência de falha e dos modos de falha mais recorrentes, assim como foi identificada a probabilidade de falha mediante aos dados do fabricante e foi verificada a não correspondência aos resultados encontrados para a probabilidade de falha real.

O dispositivo contador de ciclos acusou que aproximadamente a 20^o. Dia de cada mês se faz necessário realizar uma manutenção preventiva criteriosa baseada nos modos de falha e limpeza da máquina e com a implementação do modelo de manutenção preventiva há economia de mais de 300 min/mês de manutenção, que podem ser reajustados para outros serviços na empresa.

Como sugestões para estudos futuros tem-se:

- Estudo aprofundado de capacidade da máquina;
- Estudo por um ano da manutenção preventiva após implementação do plano e do uso do dispositivo contador de batidas;
- Após um ano realizar as análises estatísticas baseadas em algum modelo sobre o número de ocorrência de manutenção preventiva *versus* corretiva após.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.462: **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BARBOZA, Tiudorico Leite. **Um histórico da manutenção e conceitos sobre sua função**. *Revista Marítima Brasileira*, v. 138, n. 10/12, 2018.

CAVALCANTE, Cristiano Alexandre Virgínio; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Modelo multicritério de apoio a decisão para o planejamento de manutenção preventiva utilizando PROMETHEE II em situações de incerteza**. *Revista Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 2, p. 279-296, 2005.

CIRQUEIRA, Luciano Zorzett. **Gestão de projetos aplicados a paradas de Manutenção Industrial**. *Revista Especialize On-line IPOG*, v.1, n. 5, p. 4.

CORRÊA, Rodrigo Fernandes; DIAS, Acires. **Modelagem matemática para otimização de periodicidade nos planos de manutenção preventiva**. *Gestão & Produção*, v. 23, n. 2, p. 267-278, 2016.

DE ALMEIDA, Paulo Samuel. **Manutenção Mecânica Industrial–Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Editora Saraiva, 2018.

DUNN, R. L. **Predictive Maintenance Technologies**. *Revista Plant Engineering*, v. 56, n. 6, p. 63-66, 2002.

GONZÁLEZ, R. C. D. **Desenvolvimento de um protótipo analisador de vibração de baixo custo para uso em manutenção preditiva**. Dissertação de mestrado, UFSC, 2014.

GUIMARÃES, Leonardo Miranda; NOGUEIRA, Cássio Ferreira; DA SILVA, Margarete Diniz Brás. **Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM)**. *Revista e-xacta*, v. 5, n. 1, 2012.

HIRAIWA, Gladston Luís. **Metodologia para determinação do período de manutenção preventiva em equipamentos eletromédicos**. Dissertação, UFSC,

2001.

LEAL, Laura (2020). **Análise Crítica de Manutenção em Máquinas: Aspectos Relevantes para Assegurar Condições Operacionais em Empresa do Pólo Industrial de Manaus**. European Academic Research. v. 8, n. 3, p. 1464-1484.

LEMOS, Mateus Albernaz; ALBERNAZ, C. M.; CARVALHO, Rogério Atem de. **Qualidade da Manutenção**. XXXI ENEGEP, v. 31, 2011.

LEMOS, Mateus Albernaz; ALBERNAZ, C. M.; CARVALHO, Rogério Atem de. **Qualidade da Manutenção**. XXXI ENEGEP, v. 31, 2011.

MARCONI, Marina de Andrade, LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Ed. Atlas, 2002 (5a edição revista e ampliada).

MIRSHAWKA, Victor; OLMEDO, Napoleão Lupes. **Manutenção-Combate aos custos da Não-Eficácia-A vez do Brasil**. São Paulo: Ed. Makron Books do Brasil, 1993.

MOBLEY, R. Keith. **An introduction to predictive maintenance**. Editora Elsevier, 2002.

MOUBRAY, James. **Reliability-Centered Maintenance**. Editora Oxford, 2 ed, 1997

NETO, Alexandre Shigunov; SCARPIM, João Augusto. **A Terceirização dos Serviços de Manutenção Industrial É Viável?: Algumas Reflexões Iniciais**. Qualitas Revista Eletrônica, v. 12, n. 2, 2011.

OLIVEIRA, José Carlos Souza. **Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras**. Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas, v. 9, n. 3, p. 53, 2013.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2008.

SANCHES, Iara Del'Arco; FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto para manutenção**. in: **workshop brasileiro-gestão do processo de projetos na construção de**

edifícios. 2008.

SANTOS, Raynne Sousa. **Manutenção preventiva e corretiva estudo de caso: máquinas de envase de manteiga em pote em uma fábrica de laticínio**. Monografia,UFU, 2018.

SELLITTO, Miguel Afonso. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos**. Production, v. 15, n. 1, p. 44-59, 2005.

TEIXEIRA, Edson Sidnei Maciel (2015). **Estudo e proposição de periodicidade de manutenção preventiva em parafusadeira hidropneumática**.V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Ponta Grossa, PR.

TONDATO, Rogério. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica**. Dissertação de mestrado, UFRGS, 2004.

VALENÇA, Juliana Ribeiro da Silva, RIBEIRO, Danilla Silva., FERREIRA, NailsonKleiton Viana, &DA CUNHA FILHO, Reginaldo. **Similaridades entre o planejamento de manutenção industrial e o planejamento educacional através do conceito de planejamento e das ferramentas básicas do software microsoftproject**.CIET: EnPED, 2018.

WAEYENBERGH, Geert; PINTELON, Liliane. Maintenance concept development: a case study. International journal of production economics, v. 89, n. 3, p. 395-405, 2004.WIREMAN, T. (1998). Developing Performance Indicators For Managing Maintenance, Industrial. Press, New York, NY.

WUTTKE, Régis André; SELLITTO, Miguel Afonso. **Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico**. Revista Produção Online, v. 8, n. 4, 2008.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção produtiva total-Um modelo adaptado.**, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção –Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1997.

ZEN, Alessandro (2012). **Análises de confiabilidade e capacidade aplicadas a**

parafusadeiras industriais do tipo pistola à bateria. Monografia de especialização, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.