

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**VINÍCIUS GONÇALVES ROCHA**

**APLICAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM PEQUENAS E MÉDIAS  
EMPRESAS DO SETOR METALOMECÂNICO: UM ESTUDO DE CASO**

**LONDRINA**

**2022**

**VINÍCIUS GONÇALVES ROCHA**

**APLICAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM PEQUENAS E MÉDIAS  
EMPRESAS DO SETOR METALOMECÂNICO: UM ESTUDO DE CASO**

**Application of maintenance management in small and medium-sized  
companies in the metalworking sector: case study**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Prof. Dr. Eduardo José Pitelli.

**LONDRINA**

**2022**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**VINÍCIUS GONÇALVES ROCHA**

**APLICAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM PEQUENAS E MÉDIAS  
EMPRESAS DO SETOR METALOMECÂNICO: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/novembro/2022

---

Eduardo José Pitelli  
Doutorado em Engenharia Têxtil  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Roger Nabeyama Michels  
Doutorado em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Rosana Travessini  
Mestrado em Engenharia de Produção  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**LONDRINA**

**2022**

Dedico este trabalho aos meus pais Telmo e  
Vanete pelo apoio incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a minha família e amigos pelo apoio durante esse período da graduação.

Agradecer a toda equipe Germaq Torno e Solda, por me aceitarem e disponibilizarem o seu local de trabalho para a realização do estudo de caso.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo José Pitelli pelos ensinamentos e conselhos no decorrer deste trabalho.

Aos meus colegas de sala em especial a Arthur, Bruno, José Victor e Iuri pelos momentos de convivência.

Agradecer aos professores que fizeram parte da minha caminhada no decorrer da graduação, me capacitando e auxiliando com a troca de experiências em sala e laboratórios.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original  
(Albert Einstein).

## RESUMO

Este trabalho apresenta a implementação da gestão da manutenção, com foco em pequenas e médias empresas do setor metalomecânico. Com os avanços obtidos pela Revolução Industrial, surge a manutenção com o objetivo de melhorar o desempenho das máquinas, garantindo maior produtividade e qualidade dentro das indústrias. Dessa forma, o estudo propõe a implementação da gestão da manutenção de acordo com as necessidades da empresa. Apresenta a história e conceitos da manutenção, além dos tipos de manutenção existentes e os indicadores de desempenho. Discute-se a utilização do ciclo PDCA e um software para o desenvolvimento do plano de manutenção. Concluindo com êxito o trabalho dentro de uma pequena empresa do setor metalomecânico.

Palavras-chave: manutenção preventiva; indicadores de desempenho; disponibilidade; cmms.

## **ABSTRACT**

This paper presents the implementation of maintenance management, focusing on small and medium-sized companies in the metal-mechanic sector. With the advances obtained by the Industrial Revolution, maintenance appears with the aim of improving the performance of machines, ensuring greater productivity and quality within industries. Thus, the study proposes the implementation of maintenance management according to the needs of the company. It presents the history and concepts of maintenance, in addition to the existing types of maintenance and performance indicators. The use of the PDCA cycle and a software for the development of the maintenance plan are discussed. Successfully completing the work within a small in the metal-mechanic sector.

Keywords: preventive maintenance; performance indicators; availability; cmms.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Torno mecânico universal.....	20
Figura 2 - Centro de usinagem Romi D 1500 .....	21
Figura 3 - Máquina de corte a laser .....	21
Figura 4 - Tipos de manutenção .....	25
Figura 5 - Curva Performance x Tempo para Manutenção Corretiva .....	26
Figura 6 - Ciclo PDCA .....	32
Figura 7 - Layout da empresa.....	38
Figura 8 - Máquinas cadastradas no software.....	41
Figura 9 - Aba para cadastro de OS.....	42
Figura 10 – Janela para verificação dos valores de MTBF .....	43
Figura 11 - Resultado MTBF .....	44
Figura 12 – Janela inicial da etapa <i>PLAN</i> .....	46
Figura 13 – Aba inicial do Sigma PDCA .....	46
Figura 14 – Janela para cadastro do equipamento .....	47
Figura 15 – Janela da máquina cadastrada.....	47
Figura 16 – Aba inicial da etapa <i>DO</i> .....	48
Figura 17 – Aba para cadastro de OS.....	48
Figura 18 – Aba inicial da máquina cadastrada.....	49
Figura 19 – Valores do MTBF .....	49

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Técnicas de manutenção .....</b>	<b>24</b>
<b>Quadro 2 - Resumo de cada etapa.....</b>	<b>37</b>
<b>Quadro 3 - Ativos cadastrados no Sigma PDCA .....</b>	<b>40</b>
<b>Quadro 4 - Exemplo de ficha de lubrificação .....</b>	<b>42</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Controle da Manutenção .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabela 2 - Comparação dos custos de manutenção .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabela 3 - Custos médios de implementação dos softwares .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 4 - Resultados do MTBF .....</b>	<b>44</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
CMMS	<i>Computer Maintenance Management System</i>
CNC	Comando numérico computadorizado
FIEP	Federação das Indústrias do Estado do Paraná
IBM	<i>International Business Machine</i>
NBR	Norma brasileira
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
ROA	<i>Return on assets</i>
ROI	<i>Return on investment</i>
WCM	<i>World Class Manufacturing</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos principais</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Setor metalomecânico</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Definição da manutenção</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3</b>	<b>Gerações da manutenção</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4</b>	<b>Técnicas de manutenção</b> .....	<b>23</b>
4.4.1	Manutenção corretiva planejada e não planejada .....	25
4.4.2	Manutenção preventiva .....	26
4.4.3	Manutenção preditiva .....	27
4.4.4	Manutenção detectiva .....	28
4.4.5	Manutenção prescritiva .....	28
4.4.6	Engenharia de manutenção .....	29
<b>4.5</b>	<b>Controle da manutenção</b> .....	<b>29</b>
4.5.1	MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo médio entre as falhas)..	29
4.5.2	MTRR – Mean Time To Repair (Tempo médio de reparos).....	30
4.5.3	Disponibilidade (D) .....	30
4.5.4	CMF – Custo de manutenção sob faturamento .....	30
4.5.5	CMVR – Custo de manutenção por valor de reposição.....	30
<b>4.6</b>	<b>Ciclo PDCA</b> .....	<b>31</b>
<b>4.7</b>	<b>PCM – Planejamento e controle da manutenção</b> .....	<b>33</b>
<b>4.8</b>	<b>CMMS – Computer Maintenance Management System</b> .....	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Planejamento (<i>Plan</i>)</b> .....	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Execução (<i>Do</i>)</b> .....	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>Checar (<i>Check</i>)</b> .....	<b>36</b>
<b>5.4</b>	<b>Ação (<i>Act</i>)</b> .....	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>38</b>
<b>6.1</b>	<b>Caracterização da empresa</b> .....	<b>38</b>
<b>6.2</b>	<b>Planejamento – <i>Plan</i></b> .....	<b>39</b>

<b>6.3</b>	<b>Execução – <i>Do</i>.....</b>	<b>41</b>
<b>6.4</b>	<b>Checar – <i>Check</i>.....</b>	<b>43</b>
<b>6.5</b>	<b>Ação – <i>Act</i>.....</b>	<b>45</b>
<b>6.6</b>	<b>Tutorial .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
	<b>APÊNDICE A – Pontos de lubrificação das máquinas .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Primeira Revolução Industrial, que iniciou na Inglaterra no século XVIII, teve como característica muito importante a mudança da manufatura para a maquinofatura, e a indústria têxtil foi a principal durante esse período (SOUSA, 2022).

A Segunda Revolução Industrial, já no século XX, é a continuidade do processo de revolução da indústria, com o desenvolvimento de novas máquinas e meios de produção (SOUSA, 2022). Atrelado a isso, surge a manutenção para evitar as quebras e desempenhar papel fundamental nas indústrias.

Em um dado momento da história da humanidade, com o desenvolvimento industrial, foi necessário a criação de processos e métodos sistêmicos para “cuidar” das máquinas, ou seja, ocorreu a criação do que se chama hoje de sistema de gestão e processos de manutenção.

Deste ponto em diante, o seu desenvolvimento acompanhou a evolução técnico-industrial que a humanidade passava e fomentou novas mudanças que foram ocorrendo no mundo dos negócios.

De acordo com Teles (2019), a manutenção passou por quatro grandes revoluções. Até meados de 1945, a manutenção era o ato de consertar a máquina que estava avariada. No pós guerra, a competitividade das indústrias crescia e não era lucrativo deixar os equipamentos quebrarem, com isso surge a manutenção preventiva e o Planejamento e Controle da Manutenção para gerenciar as manutenções nas fábricas. Na terceira geração, com a invasão da tecnologia da informação nas indústrias, a manutenção também se beneficiou, desenvolvendo novas técnicas de inspeções e manutenção. A quarta geração, traz a proposta de garantir disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos ativos.

O setor metalomecânico incorpora a indústria de transformação, a qual é responsável pela conversão de metais como o aço e o ferro em produtos para a indústria ou para o consumidor final. Atualmente, o setor é responsável por 11,3% do PIB, no Brasil, as micro e pequenas empresas contam com aproximadamente 286 mil estabelecimentos, o que representa 92,9% das empresas da indústria de transformação (CNI, 2022).

Dessa forma, a manutenção nas máquinas do setor metalmeccânico é muito importante, uma vez que ela irá melhorar a qualidade dos produtos, aumentar a vida útil da máquina além de reduzir custos.

Além disso, a utilização do ciclo PDCA na gestão da manutenção é relevante, pois é uma ferramenta já consolidada no mercado, e pode auxiliar no desenvolvimento da empresa. Ademais, recorrer aos indicadores de desempenho ajuda no entendimento e visualização de como a gestão da manutenção está sendo conduzida.

Sendo assim, este trabalho aborda a aplicação da gestão da manutenção em pequenas e médias empresas do setor metalomecânico, evidenciando que a falta de recursos humanos e financeiros não são empecilhos para adotar um plano de manutenção.



## **2 OBJETIVOS**

A seguir aponta-se os objetivos principais e específicos do trabalho.

### **2.1 Objetivos principais**

Apresentar o estudo referencial para implementação de um sistema de gestão da manutenção industrial.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Implantação de um sistema de manutenção por meio da utilização do ciclo PDCA.
- Melhorar a economia de pequenas e médias empresas utilizando a gestão da manutenção.
- Desenvolver planos de manutenção utilizando um software de gerenciamento de manutenção (*CMMS*).
- Adotar e monitorar os indicadores de desempenho.
- Formular um exemplo de plano de manutenção para que empresas consigam repetir em seus estabelecimentos.

### 3 JUSTIFICATIVA

A manutenção de equipamentos e instalações industriais já é praticada há muitos anos em empresas brasileiras. No entanto, a questão principal é estabelecer um entendimento claro e uniforme dos princípios da manutenção (XENOS, 2014).

As pequenas e médias empresas têm recursos financeiros e humanos limitados. Entretanto, este fato não justifica a não implementação de um plano de manutenção. Sendo assim, é possível realizar uma programação simplificada e condizente com as necessidades da empresa, obtendo todos os benefícios da manutenção.

De acordo com os dados fornecidos da Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN), observa-se que o setor metalúrgico tem distribuído os seus recursos nas manutenções corretivas em 25%, e manutenções preventivas baseadas no tempo de uso do equipamento com 48%, conforme a tabela 1 (ABRAMAN, 2017).

**Tabela 1 - Controle da Manutenção**

<b>Setores</b>	<b>Trabalho em Manutenção Corretiva (%)</b>	<b>Trabalho em Manutenção Preventiva baseada no tempo (%)</b>
Açúcar e Alcool, Alimentos e Bebidas	42%	40%
Aeronáutico e Automotivo	42%	48%
Eletroeletrônicos - Energia Elétrica	28%	44%
Químico e Saneamento	25%	50%
Mineração e Siderúrgico	60%	23%
Petróleo e Petroquímico	47%	39%
Papel e Celulose e Plástico	24%	31%
Predial e Prestação de Serviços (EQ e MO)	45%	44%
Máquinas e Equipamentos - Metalúrgico	25%	48%

**Fonte: Adaptada (ABRAMAN, 2017)**

Atualmente, no Brasil, o número de pequenas e médias empresas é alto, em torno de 286 mil estabelecimentos (CNI, 2022), contudo, muitas delas não aderem a um sistema de manutenção que auxilia no decorrer dos processos industriais. Segundo dados da ENGTELES, 69% das empresas aplicam apenas a manutenção corretivas em seus ativos (TELES, 2019).

A motivação para este trabalho foi a busca de um aprendizado e um aprofundamento no entendimento da gestão da manutenção e como aplicar os conceitos na prática.

Nesse contexto, será proposto a implementação de um plano de manutenção com o auxílio do ciclo PDCA e de um software de gerenciamento, afim de evidenciar os benefícios que a manutenção oferece, além de servir como modelo para outras empresas do setor.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico são levantados alguns estudos e embasamentos teóricos para fundamentar o tema desenvolvido no trabalho.

### 4.1 Setor metalomecânico

O complexo metal mecânico é formado por um conjunto de setores de atividades econômicas que usa conhecimentos e técnicas para tratar de produção e processamento, utilizando-se de metais e seus derivados (FIEP, 2022). Além disso, tem sua importância atuando como fornecedor de materiais semiacabados para os demais setores desse complexo industrial, representando 46,2 % das exportações e bens de serviço (CNI, 2022).

Ademais, o PIB da indústria de transformação é de aproximadamente 840 bilhões de reais e a sua participação no emprego formal é de 14,8%, o que mostra a sua importância na economia brasileira (CNI, 2022).

Dentre as principais máquinas do setor, pode-se citar o torno mecânico universal, fresadora, tornos CNC, serras e máquinas de corte a laser. De acordo com Almeida (2015) o torno mecânico universal, conforme a figura 1, é uma das máquinas mais comuns do setor, e a que possui a maior variação de tipos para atender os diversos processos de fabricação.

**Figura 1 - Torno mecânico universal**



**Fonte: (Almeida, 2015)**

Na figura 2, tem-se a fresadora que é muito utilizada para a fabricação de peças prismáticas, furação e mandrilhamento e possui alguns tipos específicos como a

fresadora copiadora e o Centro de Usinagem CNC, quando possui troca de ferramentas automatizada (ALMEIDA, 2015).

**Figura 2 - Centro de usinagem Romi D 1500**



**Fonte: ROMI, 2022**

O avanço da tecnologia oferece novas possibilidades para o setor, a máquina de corte a laser, figura 3, é um exemplo disso, pois garante maior precisão, pouca perda de material, corte de figuras complexas e tem programação flexível.

**Figura 3 - Máquina de corte a laser**



**Fonte: DARDI, 2022**

A gestão da manutenção nas máquinas tem um papel muito importante, pois irá garantir a disponibilidade, evitando que o equipamento atrapalhe toda a cadeia de produção, além de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os custos.

## 4.2 Definição da manutenção

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) mediante a NBR 5462/1994 a manutenção corretiva é “A combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Ademais, a NBR 5462/1994 elenca 3 tipos de manutenção: Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva. O que irá definir qual o tipo de manutenção usar é a estratégia de manutenção adotada para manter a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Ainda de acordo com a norma NBR 5462/1994 a confiabilidade é definida como a probabilidade de funcionamento de uma máquina dentro de um período de tempo. Em um panorama da engenharia, requer uma definição quantitativa, desse modo, pode-se citar o autor:

“A confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas.” (LEEMIS, 1995).

A disponibilidade é definida de acordo com a norma NBR 5462/1994 como a capacidade de um ativo estar em condições de executar sua função em um dado instante, levando em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção.

Segundo Viana (2002), a lubrificação em fábrica tem um papel significativo, uma vez que é essencial para a conservação dos elementos mecânicos, máquinas e equipamentos.

Segundo Rousso (1990), a lubrificação é classificada em duas formas, a hidrodinâmica e limítrofe, na primeira as superfícies são separadas completamente pela película lubrificante, e na segunda a película é rompida em algumas regiões devido a sua espessura reduzida.

Outra ferramenta muito importante na manutenção é o *Checklist*, que é composto por uma sequência de ações a serem praticadas durante a manutenção.

## 4.3 Gerações da manutenção

A partir de 1930, a evolução da manutenção pode ser dividida em seis gerações segundo Kardec e Nascif (2019):

Primeira geração: ocorreu pouco antes da guerra, quando a indústria era pouco mecanizada, e os equipamentos eram simples e superdimensionados.

Segunda geração: no pós guerra entre os anos de 1950 e 1970, e devido as pressões que sucedeu no período de guerra, que aumentaram a demanda por todo tipo de produto, e como consequência houve um forte aumento da mecanização e isso começa a evidenciar a necessidade de maior disponibilidade, e também confiabilidade. E isto evidenciou que as falhas nos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva.

Terceira geração: a partir da década de 70, que reforçaram o conceito e utilização da manutenção preditiva, além do avanço da informática que possibilitou o desenvolvimento de *softwares* de planejamento.

Quarta geração: manteve as expectativas com relação à manutenção existentes na terceira geração, disponibilidade se torna umas das medidas de performance mais importantes, e a consolidação das atividades da engenharia de manutenção.

Quinta geração: mantém-se as práticas da quarta geração, mas com foco nos resultados empresariais para obtenção de competitividade. Os ativos com foco total na produção para que seja obtido o melhor Retorno sobre os Ativos, do inglês (*ROA, Return on Assets*) ou Retorno sobre os Investimentos, (*ROI, Return on investment*). Com relação a manutenção ocorre o aumento da Manutenção Preventiva e Monitoramento da Condição, além do monitoramento sobre o ativo para que opere com eficiência máxima.

Sexta geração: com o surgimento do conceito de Indústria 4.0 em 2010, novos tipos de tecnologias são aplicados nas indústrias como robótica avançada e inteligência artificial, o que permite modificações sensíveis nos processamentos ou nos métodos de manufatura, além de permitir uma mudança na manutenção.

#### **4.4 Técnicas de manutenção**

A evolução da função manutenção, ao longo dos últimos 50 anos, tem vindo a acontecer de forma consistente e exponencial. Pode-se caracterizar essa evolução por meio das técnicas e estratégicas utilizadas e a respectiva interação (AMARAL, 2016).

Os tipos de intervenção se encaixam em reativo e proativo. Com relação ao proativo, tem-se como base o monitoramento da condição ou periodicidade fixa, já o

reativo executa a manutenção após a falha. A seguir, o quadro 1, representa como se organizam os tipos de manutenção dentro da Engenharia de Manutenção segundo Kardec e Nascif (2019).

**Quadro 1 - Técnicas de manutenção**

<b>Tipo de Manutenção</b>	<b>Foco</b>	<b>Atuação</b>	<b>Ação</b>
Corretiva não planejada	Emergencial	Não Planejada	Reativa
Preventiva	Antecipação	Planejada	Proativa
Preditiva	Monitorar	Planejada	
Detectiva	Monitorar	Planejada	
Corretiva planejada	Correção planejada	Planejada	
Prescritiva	Monitorar/Planejar	Planejada	

**Fonte: Adaptada Kardec e Nascif (2019)**

Segundo Kardec e Nascif (2019), a tabela 2 representa uma relação entre os custos de Manutenção, verificando que o custo da Corretiva Não Planejada é no mínimo o dobro da manutenção preditiva.

**Tabela 2 - Comparação dos custos de manutenção**

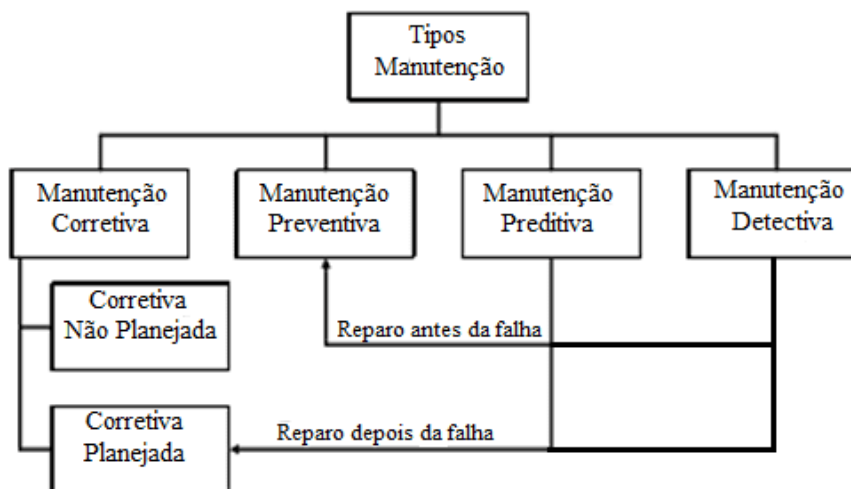
<b>Tipo de Manutenção</b>	<b>Relação de Custos</b>
Corretiva não planejada	2
Preventiva	1,5
Preditiva/Inspeção	1

**Fonte: Adaptado Kardec e Nascif (2019)**

Para o tipo de manutenção adotado é preciso ter um controle, compondo um histórico de serviços e componentes realizados em cada ativo. De acordo com Santos (2019), atualmente, tem-se vários tipos de técnicas ou estratégias de manutenção, que estão descritas a seguir. A figura 4 mostra os principais tipos de manutenção.



Figura 4 - Tipos de manutenção



Fonte: Santos (2019).

#### 4.4.1 Manutenção corretiva planejada e não planejada

A manutenção não planejada é caracterizada pela atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja esse por falha ou um desempenho menor do que esperado, não ocorre preparação do serviço nem planejamento. Por esse motivo, tem-se um alto custo, pois a quebra repentina de um equipamento pode atrapalhar toda a cadeia de produção e perda de qualidade do produto.

Como a falha ocorre de maneira aleatória, o planejamento do serviço não é possível, e isso traz desvantagens para as empresas que adotam esse tipo de manutenção (PINTO e XAVIER, 2012).

De maneira geral, as pequenas empresas acabam adotando esse tipo de manutenção, ou seja, o ativo é utilizado continuamente até que apareça uma falha, e então a ação corretiva é efetuada.

A manutenção corretiva planejada é executada a partir do monitoramento das condições do ativo. Com o auxílio das técnicas presentes nas manutenções detectivas, preditivas e prescritivas (KARDEC e NASCIF).

De acordo com Pinto e Xavier (2012) a manutenção corretiva planejada trata-se de decisão gerencial em função do acompanhamento preditivo do ativo ou da operação até a falha.

Uma maneira de verificar a eficiência e a necessidade de uma manutenção é a utilização da curva PF que relaciona a performance do equipamento em relação ao tempo de funcionamento. A figura 5, mostra a curva PF para a manutenção do tipo corretiva.

Analisando a curva, pode-se concluir que o ativo perde desempenho conforme se aproxima de uma manutenção corretiva emergencial, fator esse que precisa ser ponderado quando se opta por esse tipo de manutenção.

**Figura 5 - Curva Performance x Tempo para Manutenção Corretiva**



Fonte: Teles, 2019

#### 4.4.2 Manutenção preventiva

É o tipo de manutenção feita em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios pré estabelecidos, e tem como objetivo reduzir a probabilidade de falha e degradação do equipamento. Utiliza esses intervalos para aplicar as estratégias específicas, como substituições, limpeza, lubrificação e inspeções (KARDEC e NASCIF, 2019).

De acordo com Kardec e Nascif (2019) devido à falta de dados precisos por parte dos fabricantes para a adoção dos planos de manutenção, é preciso utilizar parâmetros de plantas similares operando em condições também similares. Isso leva a duas situações distintas: a ocorrência de falhas antes de completar o período estimado para intervenção, o que gera à manutenção corretiva não planejada, e a abertura do equipamento ou reposições prematuras, o que aumenta o custo da manutenção.

Segundo Seleme (2015), a manutenção preventiva tem alguns objetivos principais, tais como o aumento da vida produtiva dos bens de capital, reduzir quebra

de equipamentos críticos e melhor planejamento e agendamento das manutenções nos ativos.

Um ponto negativo com relação à manutenção preventiva são as falhas aleatórias ou externas, como falha humana, contaminações no sistema de óleo e falhas nos procedimentos de manutenção. No entanto, é adequado a sua utilização quando tem riscos ao meio ambiente e a segurança pessoal além de prevenir as falhas catastróficas (KARDEC e NASCIF, 2019).

#### 4.4.3 Manutenção preditiva

É a atuação realizada com base na medição de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento segue uma disciplina. Ademais, segundo a NBR 5264, a manutenção preditiva permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise.

A manutenção preditiva garante a flexibilidade à medida que não promove intervenção nos equipamentos ou sistemas, sendo assim, faz as verificações com os equipamentos operando e/ou produzindo (KARDEC e NASCIF, 2019).

Segundo Seleme (2015), a manutenção preditiva é um programa orientado por condição, sendo assim, ao invés de depender de estimativas para agendamento da manutenção, recorre ao monitoramento direto para determinar o tempo real até a falha.

O seu objetivo é prever as falhas nos equipamentos por meio do acompanhamento de parâmetros, quando se aproxima ou atinge o limite estabelecido, então é tomada a decisão de intervenção, que na realidade é uma manutenção corretiva planejada (KARDEC e NASCIF, 2019).

Na atualidade, existem várias formas de monitorar a condição de um equipamento, sendo as principais: análise de vibrações, termografia, análise de óleo e ultrassom (TELES, 2019).

A análise de vibração é o processo o qual as falhas são encontradas pela taxa de variação das forças dinâmicas, alguns exemplos de defeitos que podem ser detectados são: desbalanceamento de massa, desgaste de engrenagens e rolamentos além de desalinhamento e empenamento de eixos (TELES, 2019).

A termografia é um registro gráfico visível a olho nu. Esse registro permite identificar os níveis de temperatura dos componentes, que é a radiação infravermelha que os corpos acima do zero absoluto emitem (TELES, 2019).

Na análise de óleo, pode-se observar no laboratório as propriedades do lubrificante que o equipamento utiliza e identificar se há resíduos contaminantes ou detritos. Além disso, mediante essa análise é possível encontrar contaminações em geral, oxidação, depreciação de aditivos e desgaste de componentes mecânicos (TELES, 2019).

Por fim, tem-se o ultrassom que é a elevação das ondas sonoras para que possa ser audível ao sistema auditivo humano, com isso pode detectar facilmente vazamentos em sistemas de transporte de ar comprimido, vapor e outros gases (TELES, 2019).

#### 4.4.4 Manutenção detectiva

De acordo com Teles (2019) é a atuação em sistemas de proteção, comando e controle, e busca detectar as falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. A identificação dessas falhas é primordial para garantir a confiabilidade, sendo assim, é cada vez maior a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle.

Tal como a Manutenção Preditiva, a Manutenção Detectiva se enquadra como um sistema de inspeção de manutenção, acompanha os parâmetros e monitora as condições dos equipamentos e sistemas. Quando esses equipamentos ultrapassam a faixa de operação segura, sistemas de *shut-down*, sistemas de parada automática, são acionados para garantir a segurança dos colaboradores e a integridade dos ativos (KARDEC e NASCIF, 2019).

#### 4.4.5 Manutenção prescritiva

A indústria 4.0 fomentou um grande avanço na manutenção, com isso surgiu a Manutenção Prescritiva e estabeleceu novos parâmetros, onde a capacidade analítica nas máquinas e sistemas podem prever o que irá acontecer e fornecer alternativas para modificar o resultado (KARDEC e NASCIF, 2019).

Com essa estratégia, os modelos de computação “pensam” por si mesmos, o que otimiza a eficiência em uma indústria. As análises prescritivas usam técnicas e ferramentas como: algoritmos, aprendizado das máquinas (*Machine Learning*) e modelagem computacional.

#### 4.4.6 Engenharia de manutenção

A prática da engenharia de manutenção representa uma mudança cultural, e é o suporte técnico que está dedicado a implantar a melhoria e consolidar a rotina.

Dentre as principais atribuições estão: aumentar confiabilidade, disponibilidade e segurança além de melhorar a manutenibilidade, solucionar problemas tecnológicos e coordenar o pessoal capacitado (KARDEC e NASCIF, 2019).

Manter boa Engenharia de Manutenção é perseguir *benchmarks*, que segundo Cópola (2022) pode ser definido como a comparação de métodos e resultados de fora da empresa para encontrar soluções com a aplicação de técnicas modernas, e estar à altura da manutenção do primeiro mundo (MIRSHAWAKA, 1993).

#### 4.5 Controle da manutenção

De acordo com Teles (2019) a gestão de indicadores foi desenvolvida para ter o controle da manutenção, esses indicadores servem como base para a tomada de decisões e desenho de estratégias. Atualmente, há inúmeros indicadores pré-estabelecidos para o acompanhamento eficaz das atividades da manutenção. A seguir descreve-se esses indicadores na concepção de Teles (2019).

##### 4.5.1 MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo médio entre as falhas)

Consiste basicamente em medir o tempo médio entre uma falha e outra. A maneira mais eficiente de usar este indicador é aplicá-lo em cada equipamento. Pode-se equacionar o MTBF pela equação 1:

$$MTBF = \frac{HT}{NF} \quad (1)$$

Onde (HT) é o somatório de horas de trabalho e (NF) é o número de falhas funcionais. Um aumento no valor de MTBF significa um aumento no tempo necessário para aparecer uma falha.

#### 4.5.2 MTTR – Mean Time To Repair (Tempo médio de reparos)

É o indicador usado para analisar a eficiência dos trabalhos das equipes de manutenção. Ao contrário do MTBF esse indicador pode ser usado de forma global, dividindo por setor ou área. Pode-se equacionar o MTTR pela equação 2:

$$MTTR = \frac{TRFF}{IR} \quad (2)$$

Onde (TRFF) é o tempo de reparo das falhas funcionais, e (IR) é o número de intervenções realizadas. Se o MTTR estiver baixo, significa que as manutenções são ágeis.

#### 4.5.3 Disponibilidade (D)

É capacidade de um equipamento estar em condições de executar uma certa função em um dado intervalo de tempo. Pode-se equacionar o D pela equação 3:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% \quad (3)$$

De acordo com os padrões denominados “Classe Mundial” determinam que o valor da Disponibilidade deve ser maior ou igual a 85%.

#### 4.5.4 CMF – Custo de manutenção sob faturamento

Indicador que dá uma visão global sobre os custos de manutenção da empresa com relação ao quanto a empresa faturou no mesmo período de tempo, o que está representado na equação 4:

$$CMF = \frac{CM}{FAT} \quad (4)$$

#### 4.5.5 CMVR – Custo de manutenção por valor de reposição

É um indicador usado para descobrir o quanto o custo de manutenção representa no valor de compra do ativo. De acordo com os padrões da WCM (*Word*

*Class Manufacturing* - Produção de Classe Mundial) recomenda que seja menor que 3%.

Na equação 5, CM é o custo total da manutenção e VC é o valor de compra do equipamento.

$$CMVR = \frac{CM}{VC} \times 100\% \quad (5)$$

#### 4.6 Ciclo PDCA

A busca pela melhoria é uma tarefa contínua, sendo assim as empresas contam com métodos gerenciais e ferramentas da qualidade para detectar os problemas e desenvolver soluções.

O Ciclo PDCA foi desenvolvido pelo engenheiro Walter Shewhart na década de 20, no entanto, só ficou conhecido na década de 50, quando William Deming adaptou a ideia e utilizou o método para ser aplicado nas indústrias do Japão, com o objetivo de buscar a melhoria nos processos (MILANI, 2019).

De acordo com Werkema (2012), o Ciclo PDCA é um método de gestão, que representa o passo a passo a ser seguido para que atinja as metas estabelecidas.

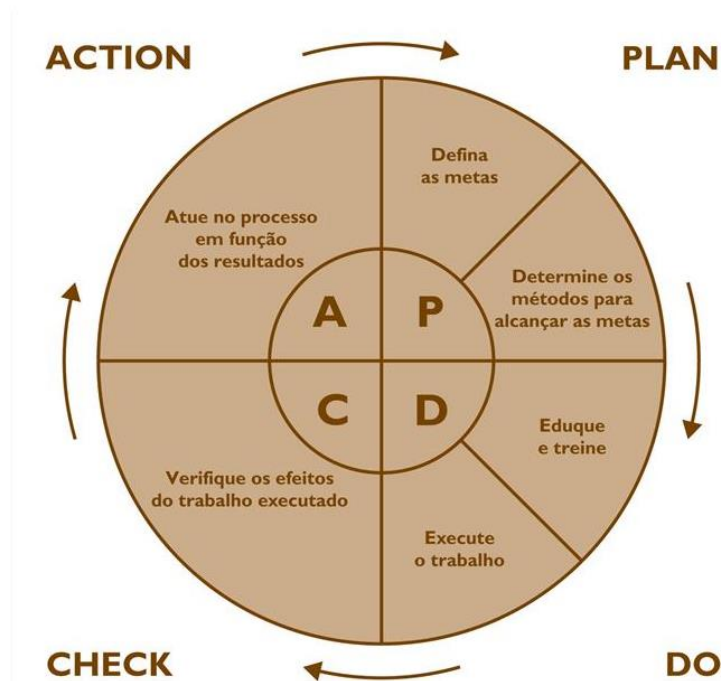
O termo PDCA origina-se nas quatro fases que compreende esse ciclo, o planejamento (*Plan*), a execução (*Do*), a de verificação (*Check*) e pôr fim a da ação (*Act*). De acordo com Camargo (2011) as fases do ciclo são:

- *Plan* – Planejamento – É a etapa mais importante do ciclo, pois se trata da preparação para o futuro. Nesse momento, toma decisões antecipadas para o correto estabelecimento dos objetivos e metas. É organizar um plano de ação para buscar a solução de problemas discriminados pelos clientes ou falhas observadas no produto ou processo.
- *Do* – executar – Momento de pôr em prática os objetivos concebidos na fase de planejamento. A capacitação dos envolvidos é muito importante para que o plano seja executado corretamente.
- *Check* – Checar – Fase a qual as ações executadas são avaliadas e verificados os resultados obtidos. Com isso é feito a comparação com outras ferramentas de controle da qualidade, como Diagrama de causa e efeito, carta de controle, entre outros.

- *Act* – Ação – Atuar em função dos resultados obtidos, tem como característica duas propostas:
  - Com a meta atingida, adotar a padronização do plano proposto na etapa inicial.
  - Caso a meta não tenha sido cumprida, agir em cima das causas aplicando novos planos de ação.

O ciclo PDCA pode ser descrito como uma circunferência dividida em quadrantes, cada qual representando uma etapa do ciclo, a figura 6 a seguir representa o ciclo.

**Figura 6 - Ciclo PDCA**



**Fonte: Werkema, 2012**

Na aplicação do Ciclo PDCA podem ser usadas diversas ferramentas analíticas para auxiliar na coleta e processamento dos dados, afim de melhorar as informações para serem aplicadas na condução das etapas do PDCA (WERKEMA, 2012).

De acordo com Werkema (2012) as técnicas estatísticas tem importância especial dentre as ferramentas analíticas. Sendo assim, destacam-se:

- Sete Ferramentas da Qualidade;
- Otimização de Processos;
- Planejamento de Experimentos;



- Análise de Variância;
- Amostragem;
- Análise Multivariada;
- Confiabilidade.

#### **4.7 PCM – Planejamento e controle da manutenção**

De acordo com Teles (2019), o PCM é considerado a célula mais importante da manutenção, que é o setor responsável pela gerencia e controle das atividades de manutenção em uma empresa.

Segundo Pinto e Xavier (2012) para sincronizar os processos que interagem na manutenção, é importante adotar mecanismos de identificação e controle, que devem permitir identificar e avaliar.

Alguns exemplos de controle do PCM são os custos, tempo de manutenção estado de conservação dos equipamentos, índices de disponibilidade e tempo médio entre as falhas. (TELES, 2019).

Os objetivos do PCM resumem-se em promover e garantir a elevação da confiabilidade e disponibilidade das máquinas, com isso, otimizando os recursos da manutenção.

Filho (2008) descreve o PCM como um conjunto de ações para preparar, programar e verificar os resultados das tarefas de manutenção contra valores preestabelecidos, e com isso, adotar medidas de correção de desvios para a consecução dos objetivos e missão da empresa.

#### **4.8 CMMS – Computer Maintenance Management System**

De acordo com o site da IBM (2022) o *CMMS* ou Sistema Informatizado de Gerenciamento de Manutenção é um *software* que centraliza as informações da manutenção e facilita os processos dos operadores. Ele ajuda na otimização e disponibilidade de equipamentos físicos como máquinas, veículos e infraestrutura de plantas e outros ativos.

Os *CMMS* foram inseridos na década de 80 e enfatizavam o processamento das ordens de serviço, com o passar dos anos e com o avanço da tecnologia ficaram mais sofisticados, e com isso, agregaram outras funções, como o controle de

indicadores, nivelamento de recursos e compartilhamento de banco de dados. (KARDEC e NASCIF, 2019).

Segundo Kardec e Nascif (2019) ele permite identificar quando e quais serviços serão executados, recursos necessários, custo de cada trabalho, tempo gasto, além do registro para a consolidação do histórico de manutenção.

## 5 METODOLOGIA

Neste tópico apresentam-se os procedimentos metodológicos adotados para a realização do estudo. A metodologia aplicada neste trabalho segue a ordem do ciclo PDCA, detalhando o que deve ser realizado em cada etapa.

### 5.1 Planejamento (*Plan*)

Na primeira fase, para o estudo de caso, o passo inicial foi codificar as máquinas via TAG, que de acordo com a NBR 8190, umas das traduções deste termo é “etiqueta”, ou seja, é utilizada para a identificação de algo, nesse caso foi aplicada para que os dados não se misturem nos equipamentos de mesmo modelo e facilitar a organização dos resultados.

A codificação é designada com relação ao tipo de máquina, elas são divididas em grupos com sua devida característica e em seguida uma numeração única foi dada para cada equipamento dentro do seu respectivo grupo e a partir disso são realizadas pesquisas no histórico de manutenção de cada uma delas (MILANI, 2019).

Embora a empresa não tenha um controle formal, uma pesquisa com os funcionários foi realizada para levantar quais componentes são substituídos nas manutenções, mesmo que incompletos, esses dados podem fornecer um panorama da situação e auxiliar no planejamento inicial do que deve ser realizado.

Na etapa de planejamento foram escolhidos os melhores indicadores de desempenho que se adequam ao processo produtivo da empresa. Esses indicadores são muito importantes na etapa *Plan*, pois vão ser utilizados futuramente para a tomada de decisões estratégicas.

Com os dados reunidos, foram definidos os equipamentos que estão mais suscetíveis as falhas, levando em consideração os riscos às pessoas envolvidas no processo, acompanhado da sua importância no processo produtivo da empresa.

Além disso, também foi feito um levantamento dos softwares disponíveis no mercado, levando em consideração as funcionalidades básicas para implementação inicial.

### 5.2 Execução (*Do*)

Na etapa *Do* foi selecionado um software *CMMS* para assessorar na gestão dos dados coletados, a fim de facilitar o controle e a periodicidade dos planos de

manutenção que vão ser desenvolvidos posteriormente. O software foi avaliado de acordo com a demanda da empresa, sendo definido aquele que consegue atender os pontos indicados na etapa *Plan*.

Com base na lista de ativos gerados na etapa *Plan*, foram criados planos de manutenção para cada máquina. Os planos foram criados com o auxílio do software *CMMS* selecionado. Nesse momento foram coletados os dados dos indicadores de manutenção, no entanto, pode ser que alguns desses indicadores sejam substituídos, ou inserido outro.

### **5.3 Checar (*Check*)**

Essa etapa foi destinada a avaliar os planos de manutenção e observar se ocorreu alteração nos indicadores de desempenho. Inicialmente espera-se que a aceitação dos planos de manutenção preventivos seja baixa, devido a herança cultural da empresa já mencionada nos capítulos anteriores.

### **5.4 Ação (*Act*)**

Aqui foram definidas algumas ações com relação aos dados observados na etapa *Check*, com a possibilidade de aplicar outros indicadores, alterar a disposição das informações presentes no plano ou qualquer outro recurso que possibilite melhorar a aceitação do sistema de gestão implementado.

No quadro 2 ilustra um resumo do que foi realizado no trabalho, servindo como tutorial inicial para que outros estabelecimentos consigam replicar.

Quadro 2 - Resumo de cada etapa

<b>Etapa</b>	<b>O que foi realizado?</b>
<b>Plan</b>	<p>Seleção do software</p> <p>Identificação e separação das máquinas</p> <p>Cadastro e codificação das máquinas</p> <p>Levantamento do histórico de manutenções</p> <p>Escolha dos indicadores de desempenho</p> <p>Seleção dos equipamentos críticos em relação as falhas</p> <p>Criação dos planos de manutenção das máquinas</p>
<b>Do</b>	Abertura e fechamento das ordens de serviço
<b>Check</b>	Avaliação dos indicadores de desempenho
<b>Act</b>	Ações de correção com base nos dados dos indicadores de desempenho

Fonte: Autoria própria (2022)

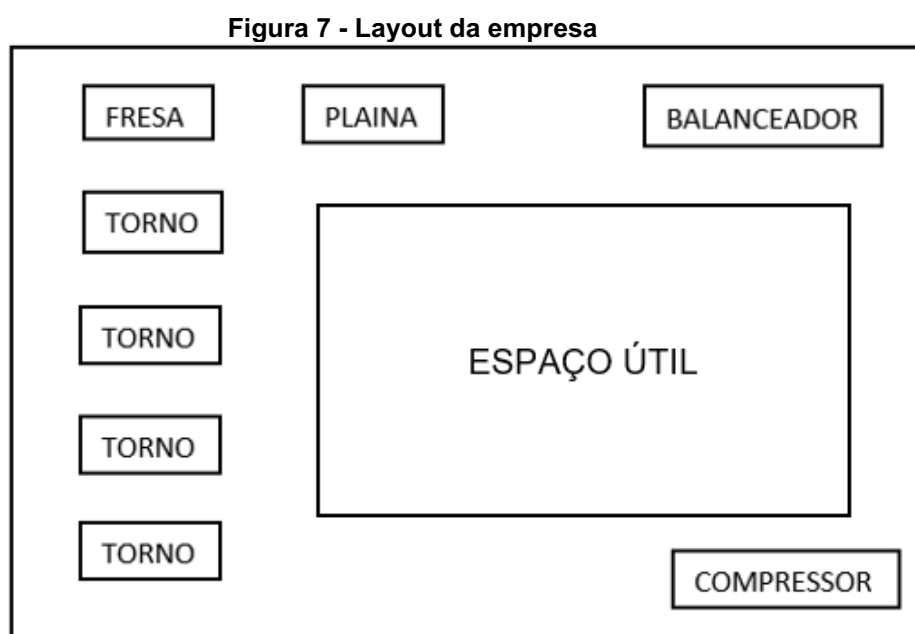
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo estão descritos os resultados dos trabalhos efetivados no estudo de caso, iniciando pela caracterização da empresa, etapas básicas da implantação do sistema de gestão da manutenção e tutorial de utilização do *CMMS* adotado. Os resultados estão apresentados em etapas sequenciais seguindo uma linha cronológica usando como referência as próprias etapas do ciclo PDCA e com exemplos das ações realizadas diretamente no programa computacional escolhido.

### 6.1 Caracterização da empresa

A empresa é caracterizada como pequena empresa, localizada na cidade de Tangará da Serra - MT e atua na área de fabricação e consertos de peças mecânicas, com ênfase no setor agrícola, na manutenção de componentes para algodoeira, uma vez que a região próxima à cidade conta com um grande número de fazendas, as quais precisam de serviços de manutenção para suas máquinas.

Atualmente tem aproximadamente 650 m<sup>2</sup> de área construída e conta com 8 funcionários, que estão divididos na parte administrativa e produção, além de possuir 4 tornos mecânicos, uma fresa, uma plaina, um balanceador eletrônico e um compressor, na figura 7, tem-se o *layout* do estabelecimento.



Fonte: Autoria própria (2022)

A manutenção desses equipamentos atualmente é baseada em ações corretivas. Com relação a limpeza e lubrificação, é recomendado aos colaboradores a realização diária ao final do expediente.

## 6.2 Planejamento – *Plan*

Na primeira fase, foi selecionado o software Sigma PDCA na versão Student, por apresentar as funcionalidades básicas para a implementação inicial do sistema, como os recursos de Gestão da Manutenção Corretiva, *Checklist*, lubrificação, módulos de TAG e Ordem de Serviços (OS) além de ter uma interface que facilita o entendimento e ser gratuito na versão escolhida para confecção do trabalho.

Na tabela 3, apresenta-se a pesquisa de diversos modelos de *CMMS* que conseguem atender as características solicitadas e respectivos custos.

<b>Software</b>	<b>Custo (USD)</b>
<b>ManWinWin Express</b>	\$ 0
<b>Sigma PDCA – Versão Student</b>	\$ 0
<b>Sigma PDCA</b>	\$ 1890 / vitalício
<b>Fracttal</b>	\$ 35 / mês
<b>AmPRO</b>	\$ 195 / mês
<b>Limble</b>	\$ 2675 / vitalício
<b>MainScape</b>	\$ 1000 / vitalício
<b>Dozuki</b>	\$ 199 / mês

Fonte: Adaptada (Milani, 2019)

Vale ressaltar que as empresas tem disponíveis programas gratuitos para treinamento inicial e utilização limitada, possibilitando uma primeira experiência para em seguida partir para outros programas com mais atributos. Sendo assim, é necessário fazer uma relação entre custo e benefício para escolher o software que será selecionado para a aplicação na companhia.

Na segunda fase do *Plan*, realizou-se uma identificação e separação das máquinas no chão de fábrica da empresa.

O processo de cadastro e codificação, referente a terceira fase, compreendeu todas as máquinas-ferramentas da empresa, onde foram separadas por grupos de acordo com a etapa do processo produtivo, como exemplo, temos o setor de tornearia

e fresagem. Dessa forma, as máquinas foram codificadas por meio de uma sequência alfanumérica para facilitar a sua designação dentro do ambiente de trabalho.

Como exemplo tem-se o cadastramento e codificação da máquina Torno Mecânico Diplomat NZ 3001, que recebeu o código TRN01, setor de tornearia: máquina 01.

No quadro 3, encontra-se a lista com todas as máquinas e seus respectivos códigos.

**Quadro 3 - Ativos cadastrados no Sigma PDCA**

<b>Setor</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
Setor de Fresagem	FRE01	Fresadora Lunan ZX6350ZA
Setor de Plainagem	PLN01	Plaina Zooca-800
Setor de Tornearia	TRN01	Torno mecânico Diplomat NZ 3001
Setor de Tornearia	TRN02	Torno mecânico Nardini NZ 400 BT
Setor de Tornearia	TRN03	Torno mecânico Nardini Nodus
Setor de Tornearia	TRN04	Torno mecânico Diplomat Nardini
Setor de Ar-Comprimido	COP01	Compressor de ar Pressure
Setor de Balanceamento	BLC01	Balanceador Eletrônico Hofmann

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Na quarta fase, com as máquinas adequadamente identificadas, foi realizado um levantamento dos dados a respeito do histórico de manutenções, como a empresa não tinha um setor de planejamento e controle da manutenção (PCM) e não tinha o hábito de arquivar as documentações referentes aos consertos, não obteve dados sobre as manutenções realizadas nos equipamentos.

Na quinta fase, foram definidos os indicadores de desempenho que serão avaliados, neste caso, foram selecionados o MTBF e a Disponibilidade, por serem indicadores mais efetivos para começar a implantação.

Na sexta fase, foi realizado uma seleção dos equipamentos mais suscetíveis às falhas, visando obtenção de dados sobre as principais máquinas da empresa e prioridade de ações de manutenção planejada a serem realizadas.



Na sétima fase desenvolveu-se um exemplo de plano de manutenção para facilitar o entendimento dos conceitos, e exemplificar na prática como deve ser realizado a gestão da manutenção. Com as criações dos planos de manutenção, disponibiliza-se as ações para serem executadas como limpeza, lubrificação, lista de verificação e as manutenções corretivas e programadas.

### 6.3 Execução – Do

Na terceira fase da etapa *Plan*, foi complementado o cadastro dos equipamentos, adicionando seus respectivos centros de custos, processos e dados relevantes que ajudem na execução de manutenções futuras. As máquinas cadastradas no software podem ser observadas na figura 8.

**Figura 8 - Máquinas cadastradas no software**

Máquina	Descrição Máquina
BLC01	BALANCEADOR ELETRÔNICO HOFMANN
COP01	COMPRESSOR DE AR PRESSURE 100 LITROS
FRE01	FRESADORA LUNAN ZX6350ZA
PLN01	PLAINA ZOCCA-800
TRN01	TORNO MECANICO DIPLOMAT NZ 3001
TRN02	TORNO MECANICO NARDINI NZ 400 BT
TRN03	TORNO MECANICO NARDINI NODUS
TRN04	TORNO MECANICO DIPLOMAT NARDINI

Fonte: Autoria própria (2022)

Na etapa *Do*, foi realizado o cadastro das ordens de serviço (OS) para gerar os planos de manutenção para cada máquina cadastrada, com isso, foram feitas ordens de manutenção corretiva e planos de lubrificação. As ordens de serviço são consideradas os motores de PCM, sendo responsáveis por levar todas as instruções aos executores das ações de manutenção e registrarem todos os recursos efetivamente utilizados.

A figura 9 mostra a aba para preenchimento da OS, no canto direito é digitado o número da OS, em seguida, é preciso preencher os dados referente a máquina em

que será realizada a manutenção, além do sintoma, tipo de OS e serviço padrão e por fim salvar o procedimento.

**Figura 9 - Aba para cadastro de OS**

Fonte: Autoria própria (2022)

No quadro 4 tem-se um exemplo de plano de lubrificação do Torno Mecânico Diplomat NZ 3001. No apêndice A deste trabalho estão as fotos e a ficha de lubrificação das máquinas.

**Quadro 4 - Exemplo de ficha de lubrificação**

FICHA DE LUBRIFICAÇÃO				
Nº PONTO	LUBRIFICANTE	MÉTODO	PERÍODO DE LUBRIFICAÇÃO	OBSERVAÇÃO
1	Castrol - Hyspin AWS-68 Shell - Tellus T68 Texaco - Rando HD- 68	Almotolia	Diariamente	Lubrificação do carrinho de movimento longitudinal

Fonte: Autoria própria (2022)

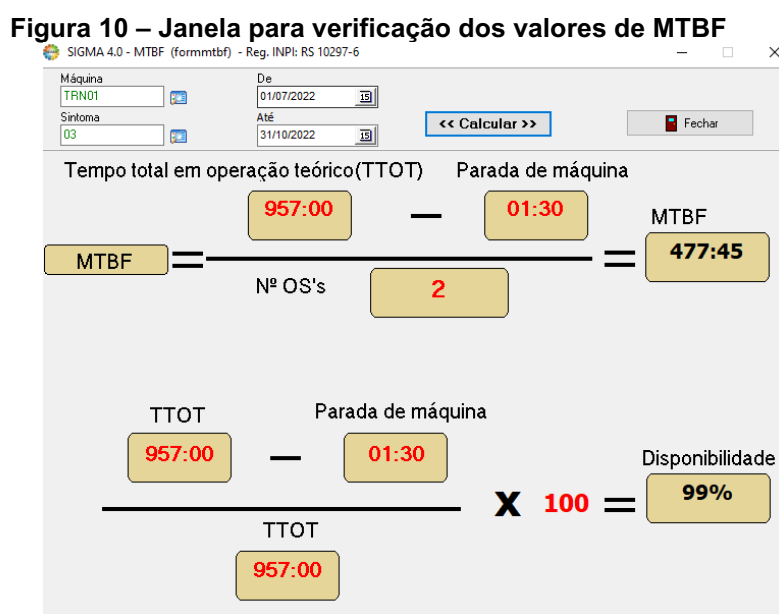
Com a implementação do CMMS e as fichas de lubrificação possibilitou-se o início da coleta de dados para os indicadores de desempenho, no entanto, como a empresa não tinha um histórico, tornou-se difícil a análise a partir desse momento.

Sendo assim, foram realizadas algumas ordens de serviços para familiarizar-se com o *software*, verificar o comportamento dos indicadores de desempenho selecionados e interpretar seus resultados.

#### 6.4 Checar – *Check*

Após realizar algumas ordens de serviço, é possível verificar os valores do MTBF e da Disponibilidade de cada equipamento.

A figura 10 mostra os valores destes parâmetros, bastando selecionar a máquina, sintoma e o período desejado para que o software contabilize automaticamente, neste exemplo foi selecionado o sintoma 03, que representa a manutenção corretiva.



Fonte: Autoria própria (2022)

Pode-se observar que durante os meses de julho a outubro, o TRN01 teve 2 paradas para manutenção corretiva, onde foi gasto 90 minutos para a realização do conserto, com isso consegue-se obter os valores de MTBF e Disponibilidade da máquina.

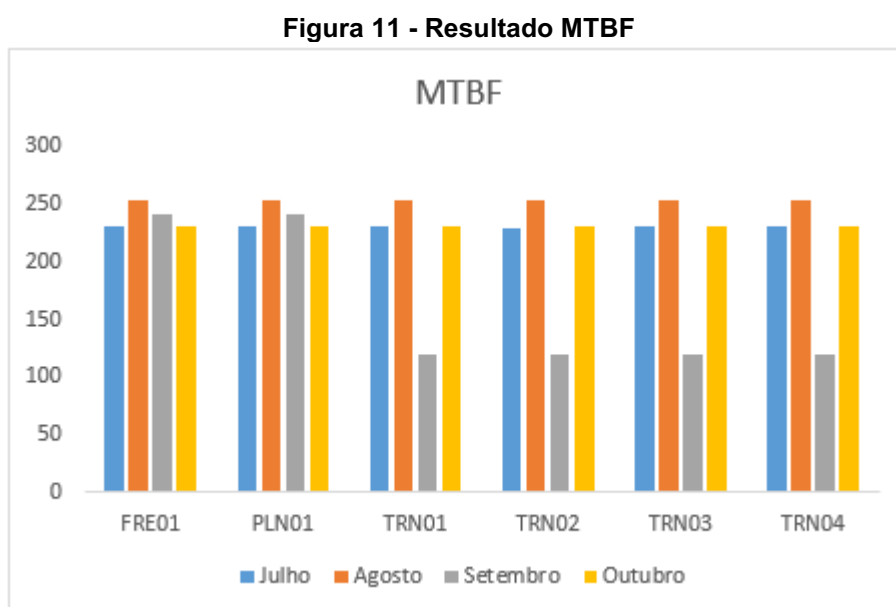
A tabela 4 contém os resultados obtidos para o MTBF mensal das máquinas no decorrer do estudo e o valor total do período.

**Tabela 4 - Resultados do MTBF**

<b>MTBF</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Período</b>
<b>FRE01</b>	231	253	241,35	231	956,35
<b>PLN01</b>	231	253	242	231	957
<b>TRN01</b>	231	253	120,15	231	835,15
<b>TRN02</b>	230,3	253	120,3	231	834,6
<b>TRN03</b>	231	253	120,22	231	835,22
<b>TRN04</b>	231	253	120,27	231	835,27

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A figura 11 apresenta os resultados obtidos durante o estudo, observa-se que o mês de setembro foi o mês com os menores valores de MTBF, isso é em função das manutenções corretivas realizadas no período.



**Fonte: Autoria própria (2022)**

## 6.5 Ação – Act

Nessa fase, foca-se na análise dos parâmetros e possíveis ações necessárias, utilizando-se novamente das etapas do PDCA. Devido à falta de dados históricos da empresa e o curto período de tempo para realização do estudo, as futuras ações de melhoria contínua acontecerão baseadas nos indicadores de desempenho da manutenção e informações contidas no fechamento das ordens de serviço.

Para efetivar a implantação de um sistema de gestão em manutenção a empresa deve destinar um responsável pelo setor de planejamento e controle, e assim executar todas as etapas do ciclo PDCA.

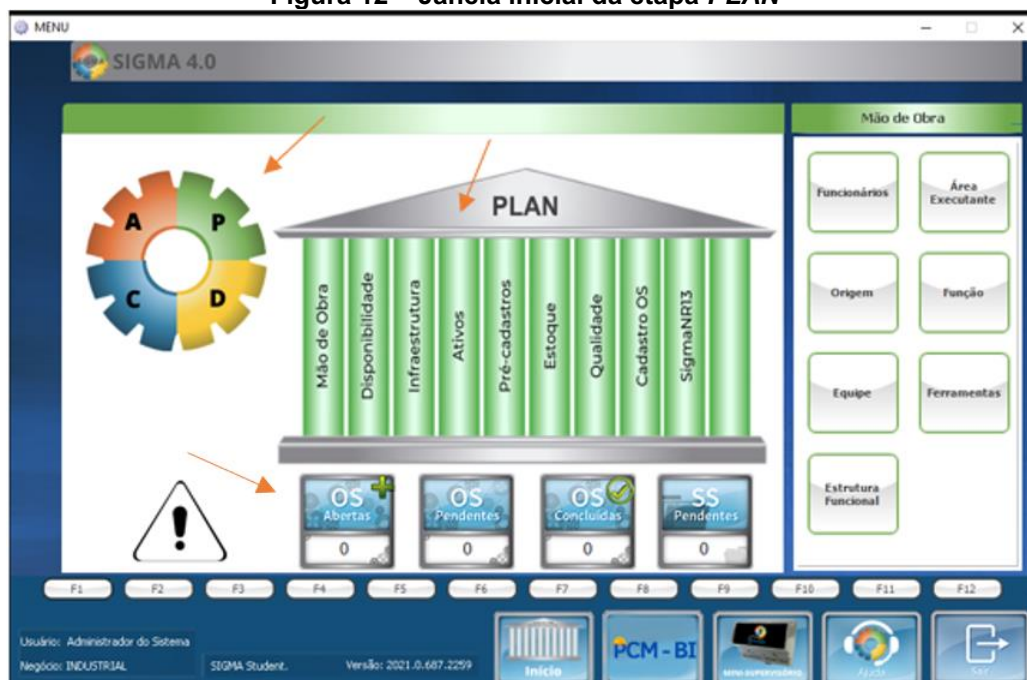
A não utilização do *CMMS* dificulta em muito a implantação, pois a empresa precisará realizar o cadastro e codificação em fichários, desenvolver planilhas para acompanhar os indicadores de desempenho, o que é muito complicado de ser feito e atualizado. Importante ressaltar que um *CMMS* tem custo relativamente baixo, cerca de 200,00 reais mensais, e ainda dispõe de todos os arquivos pré formatados.

Além disso, o trabalho aqui apresentado, deve servir como instrução para a aplicação do ciclo PDCA com o auxílio do software. As imagens disponíveis mostram gradualmente o processo para realização de cadastro das máquinas, das ordens de serviço e como avaliar os indicadores selecionados.

## 6.6 Tutorial

Como forma de facilitar o uso de um *CMMS* e demonstrar que sua adoção pode ser considerada como de fácil adaptação, foi preparado um tutorial de utilização do programa Sigma PDCA – Versão Student, servindo como modelo de treinamento para pequenas e médias empresas.

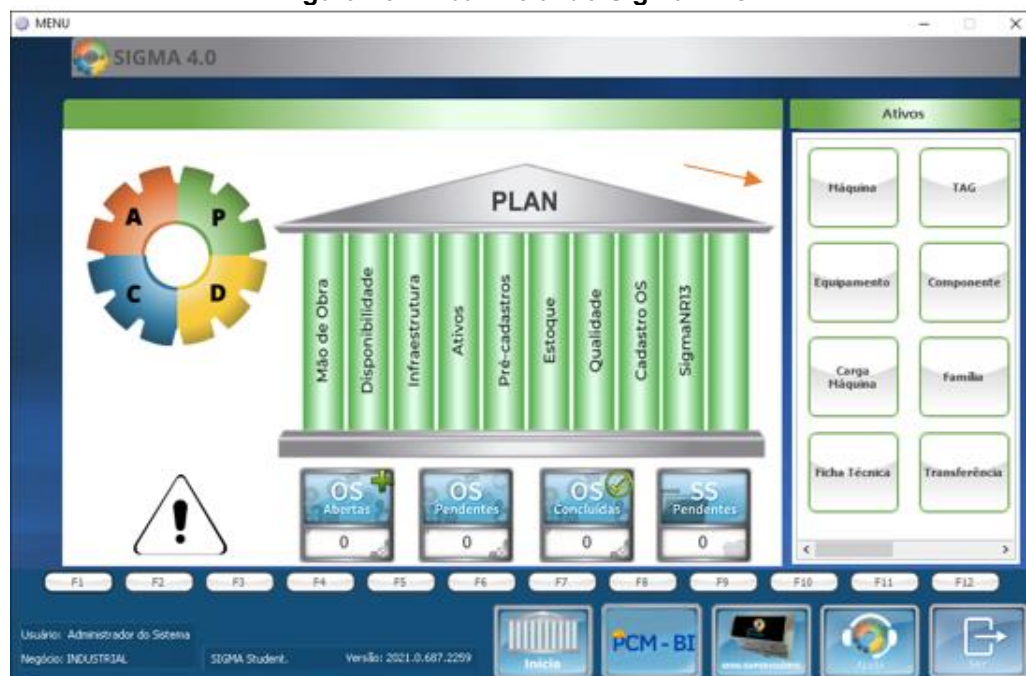
Inicialmente é demonstrado o passo a passo para cadastro das máquinas no software, na figura 12 tem-se a página inicial do Sigma PDCA – Versão Student, primeiro clica-se em “P”, e em seguida, clica em Ativos. Ademais, na parte inferior, tem as abas para as OS contendo o cadastro, verificação das pendências e ordens concluídas.

Figura 12 – Janela inicial da etapa *PLAN*

Fonte: Autoria própria (2022)

A seguir na figura 13 clica-se em Máquina, e assim é possível realizar o cadastro.

Figura 13 – Aba inicial do Sigma PDCA



Fonte: Autoria própria (2022)

A seta apontada na figura 14, é onde deve-se cadastrar a TAG da máquina, exemplo FRE01, referente a Fresadora Lunan ZX6350ZA.

**Figura 14 – Janela para cadastro do equipamento**

Fonte: Autoria própria (2022)

Na figura 15, tem-se um exemplo de dispositivo cadastrado, demonstrando o preenchimento dos dados da máquina, como família, centro de custo, processo e setor, após realizado isso, clica-se em Salvar.

**Figura 15 – Janela da máquina cadastrada**

Fonte: Autoria própria (2022)

Em relação à etapa *Do*, na figura 16 mostra-se o passo a passo para cadastro de uma ordem de serviço, primeiro clica em “D”, em seguida clica em “Os”.

Figura 16 – Aba inicial da etapa DO



Fonte: Autoria própria (2022)

A figura 17 mostra a aba para preenchimento da OS, no canto direito é digitado o número da OS, em seguida, é preciso preencher os dados referente a máquina que será realizado a manutenção, além do sintoma, tipo de OS e serviço padrão e por fim salvar o procedimento.

Figura 17 – Aba para cadastro de OS

Fonte: Autoria própria (2022)



Por fim, na etapa *Check*, observa-se como são obtidos os indicadores, a figura 18 mostra a página inicial do ativo, clicando em MTBF abre-se a janela para verificação dos valores, conforme figura 19.

**Figura 18 – Aba inicial da máquina cadastrada**

The screenshot shows the 'SIGMA 4.0 - Máquinas (formcadmaq)' interface. At the top, it displays 'Disponibilidade: 100.00%', 'Confiabilidade: 100.00%', and 'MTBF: 231.00'. The machine name is 'TORNO MECANICO DIPLOMAT Nº 3001'. Below, there are fields for 'Carga Máquina', 'Familia' (TORNO MECANICO), 'Centro de Custo' (CENTRO DE CUSTO INDUSTRIAL), 'Processo' (DESBASTE), and 'Setor' (ÁREA EXTERNA). A sidebar on the right contains various options, with 'MTBF' highlighted by an orange arrow. At the bottom, there are 'Metas da Manutenção' fields for 'Máquina Parada', 'Custo Manutenção', 'Faturamento', and 'SLA'.

Fonte: Autoria própria (2022)

Após o registro das informações derivadas das ordens de serviço, o programa permite a obtenção dos valores dos indicadores de desempenho, seja por máquinas ou setores, e nos intervalos de datas desejados.

**Figura 19 – Valores do MTBF**

The screenshot shows the 'SIGMA 4.0 - MTBF (formmtbf)' interface. It displays the machine 'TRN01' and the date range 'De 01/07/2022 Até 31/10/2022'. A '<< Calcular >>' button is visible. Below, the calculation for MTBF is shown: 
$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo total em operação teórico (TTOT)} - \text{Parada de máquina}}{\text{Nº OS's}} = \frac{957:00 - 01:30}{2} = 477:45$$
 Additionally, the availability calculation is shown: 
$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{TTOT} - \text{Parada de máquina}}{\text{TTOT}} \times 100 = \frac{957:00 - 01:30}{957:00} \times 100 = 99\%$$

Fonte: Autoria própria (2022)

## 7 CONCLUSÃO

A empresa estudada atua no mercado desde 2009, no entanto, por conta de uma herança cultural, assim como grande parte das empresas do setor, não possui um departamento destinado ao Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), sendo assim, as manutenções realizadas tinham caráter corretivo, após ocorrência de avarias, acarretando em custos elevados e ineficiência produtiva.

A implantação do sistema de gestão da manutenção, por meio da aplicação do ciclo PDCA foi o objetivo deste trabalho para a melhoria da competitividade. A metodologia utilizada possibilitou que as ações realizadas nas etapas de planejamento (P) e execução (D) promovessem a estrutura necessária para a geração de ordens de serviço e obtenção dos indicadores de desempenho. Desta forma pode-se executar as etapas de controle (C) e melhoria contínua (A). As ações de lubrificação, geração de ordens de serviço e obtenção de indicadores de desempenho, apresentadas de forma prática neste estudo, demonstram a efetividade alcançada.

Como sugestão para futuros estudos e ações para a introdução da gestão da manutenção em pequenas e médias empresas sugere-se a criação de arranjos produtivos locais (APL) visando o aumento da competitividade industrial regional. A formação de uma rede de empresas envolvendo as próprias fábricas, governos, fornecedores, instituições de ensino, agências de fomento e demais partes interessadas, permitem o compartilhamento dos recursos necessários. Um exemplo seria a adoção de softwares, diminuindo os custos de compra e treinamento.

Conclui-se que este trabalho contribui como referência de aplicação do ciclo PDCA na gestão da manutenção de pequenas e médias empresas do setor metalmeccânico, sendo assim, a estrutura para aplicação inicial da gestão da manutenção está construída.

## REFERÊNCIAS

ABRAMAN, **A Situação da Manutenção no Brasil**, In: 33º CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. Curitiba, PR: Expoman, 2017.

ALMEIDA, Paulo Samuel D. **Processos de Usinagem - Utilização e Aplicações das Principais Máquinas Operatrizes**. São Paulo: Editora Saraiva, 2015. 9788536520070. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520070/>. Acesso em: 23 mai. 2022.

AMARAL, Fernando Dias. **Gestão da Manutenção na Indústria**. 1. ed. Lisboa: Lidel, 2016. 424 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade: Referências**. Rio de Janeiro. 1994.

CAMARGO, Wellington. **Controle de Qualidade Total**. Instituto Federal do Paraná: [s. n.], 2011. 150 p. Disponível em: <http://ead.ifap.edu.br/netsys/public/livros/LIVROS%20SEGURAN%C3%87A%20DO%20TRABALHO/M%C3%B3dulo%20I/Livro%20Controle%20da%20Qualidade%20Total.pdf>. Acesso em: 13 maio 2022.

**Centro de Usinagem**. Acesso disponível pelo link: <https://www.romi.com/produtos/romi-d-1500/>. Acesso em 23/05/2022

CNI, Confederação Nacional da Indústria, 2022. Acesso em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/#/industria-transformacao>

CÓPPOLA, Giovanna. **Indicadores de manutenção: tudo o que você precisa saber sobre eles**. [S. l.], 1 set. 2020. Disponível em: <https://rabbot.co/blog/indicadores-de-manutencao/>. Acesso em: 2 jun. 2022.

FIEP, Federação das Indústrias do Estado do Paraná, **Complexo Metal Mecânico**. Disponível em: [https://www.fiepr.org.br/fomentoedesarrollo/cadeiasprodutivas/uploadAddress/metalmecanico\[19560\].pdf](https://www.fiepr.org.br/fomentoedesarrollo/cadeiasprodutivas/uploadAddress/metalmecanico[19560].pdf) Acesso em: 13/05/2022 às 15:17.

FILHO, Gil Branco. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008. 280 p.

IBM, **What is CMMS?** Disponível em: <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-cmms> Acesso em: 11/05/2022 às 11:15.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.

LEEMIS, L. **Reliability: probabilistic models and statistical methods**. Nova York: Prentice-Hall, 1995.

**Máquina de corte a laser**. Acesso disponível pelo link: <<https://www.dardi.com.br/maquina-corte-laser-hibrido>>. Acesso em 23/05/2022

MILANI, Vitor B. **Utilização do ciclo PDCA na implementação de um sistema de gestão da manutenção em uma indústria metalmecânica da região de Londrina**. 2019. 83 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2020.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N.L. **Manutenção - Combate aos Custos da Não-Eficácia: A Vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

ROUSSO, J. **Lubrificação Industrial**. 4. ed. Rio de Janeiro: CNI/DAMPI, 1990.

SANTOS, Luís Márcio Alves. Et al. **A Importância da manutenção industrial e seus indicadores**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 11, Vol. 01, pp. 108-128. Novembro de 2019. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/manutencao-industrial>

SELEME, Robson. **Manutenção Industrial: Mantendo a fábrica em funcionamento**. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2015. 144 p.

SOUSA, Rafaela. **“Primeira Revolução Industrial”**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/primeira-revolucao-industrial.htm>. Acesso em 01 de junho de 2022.

SOUSA, Rafaela. **“Segunda Revolução Industrial”**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm>. Acesso em 01 de junho de 2022.

TELES, Jhonata. **Planejamento e Controle de Manutenção descomplicado: uma metodologia passo a passo para implantação do PCM**. Brasília: Engeteles, 2019. 240 p.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192 p.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier Editora, 2012.

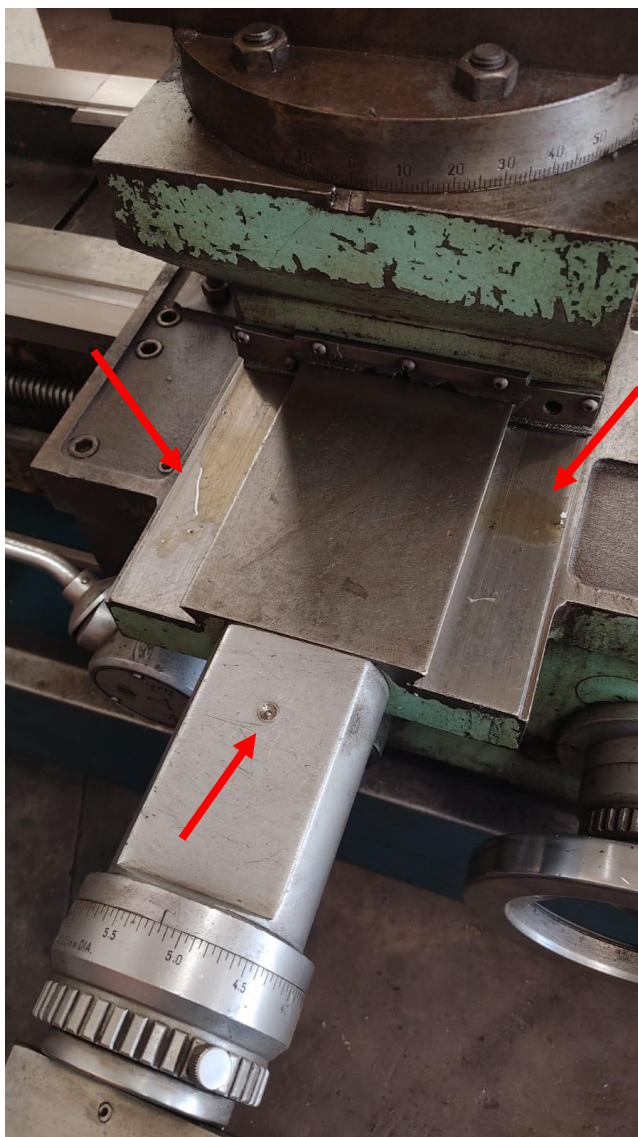
XENOS, H. **Gerenciando a manutenção produtiva**. 2° ed. [s.l.] Editora Falconi, 2014.

## **APÊNDICE A – Pontos de lubrificação das máquinas**

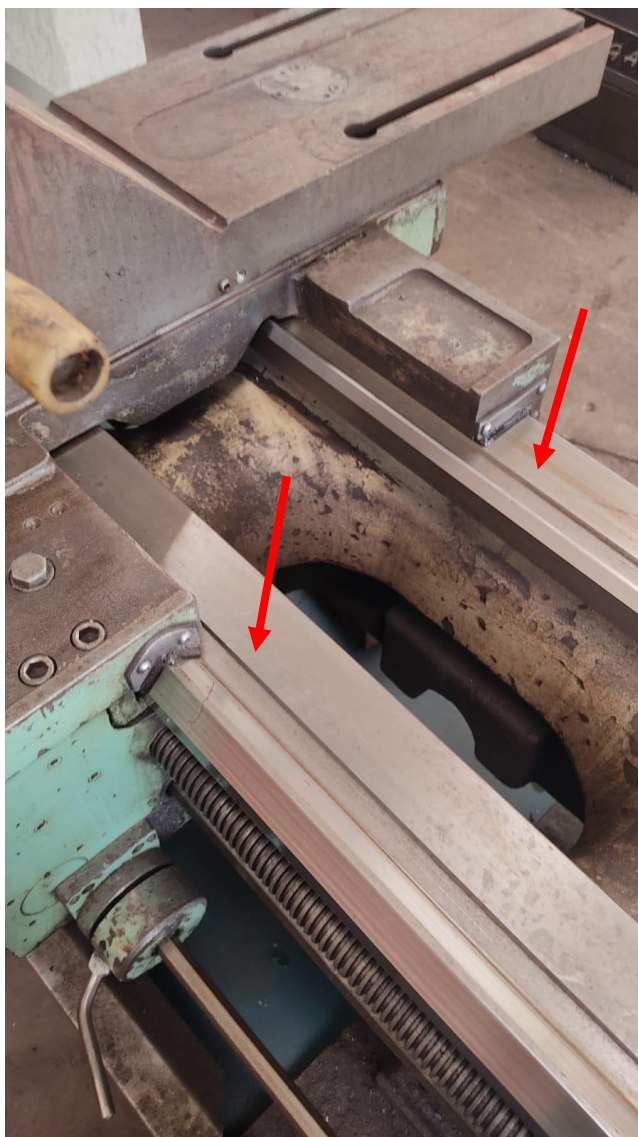
<b>FICHA DE LUBRIFICAÇÃO</b>				
<b>Nº PONTO</b>	<b>LUBRIFICANTE</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>PERÍODO DE LUBRIFICAÇÃO</b>	<b>OBSERVAÇÃO</b>
<b>1</b>	Castrol - Hyspin AWS-68 Shell - Tellus T68 Texaco - Rando HD-68	Almotolia	diariamente	Lubrificação do carrinho de movimento longitudinal
<b>2</b>	Castrol - Hyspin AWS-68 Shell - Tellus T68 Texaco - Rando HD-69	Almotolia	diariamente	Lubrificação do carrinho e trilho de movimento transversal
<b>3</b>	Castrol - Hyspin AWS-68 Shell - Tellus T68 Texaco - Rando HD-70	Almotolia	diariamente	Lubrificação das guias
<b>4</b>	Castrol - EPL - 2 Grease Shell - Alvania EP-LFC Texaco - Multifak EP-2	Engraxadeira manual	semanalmente	Engraxamento dos fusos

**PONTO DE LUBRIFICAÇÃO 1**



**PONTO DE LUBRIFICAÇÃO 2**

### PONTO DE LUBRIFICAÇÃO 3



### PONTO DE LUBRIFICAÇÃO 4

