



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**ITALO CRUZ ANGELIM**

**AUMENTO DA DISPONIBILIDADE FABRIL ATRAVÉS DA REESTRUTURAÇÃO  
DO SETOR DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO DE UMA  
EMPRESA DE MÉDIO PORTE UTILIZANDO O MÉTODO PDCA**

**FORTALEZA**

**2019**

ITALO CRUZ ANGELIM

AUMENTO DA DISPONIBILIDADE FABRIL ATRAVÉS DA REESTRUTURAÇÃO DO  
SETOR DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA  
DE MÉDIO PORTE UTILIZANDO O MÉTODO PDCA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação em Engenharia  
Mecânica do Centro de Tecnologia da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial à obtenção do título de Engenheiro  
Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Elicivaldo  
Lima

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A59a Angelim, Italo Cruz.  
Aumento da disponibilidade fabril através da reestruturação do setor de planejamento e controle da manutenção de uma empresa de médio porte utilizando o método PDCA / Italo Cruz Angelim. – 2019.  
81 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima.
1. Maintenance. 2. PDCA. 3. Maintenance Planning and Control. 4. PCM. 5. Availability. I. Título.  
CDD 620.1
-

ITALO CRUZ ANGELIM

AUMENTO DA DISPONIBILIDADE FABRIL ATRAVÉS DA REESTRUTURAÇÃO DO  
SETOR DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA  
DE MÉDIO PORTE UTILIZANDO O MÉTODO PDCA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação em Engenharia  
Mecânica do Centro de Tecnologia da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial à obtenção do título de Engenheiro  
Mecânico.

Aprovado em 20/03/2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.º Dr. Francisco Elicivaldo Lima (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.º Dr. Rogério Teixeira Masih  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.º Dr. Luiz Soares Júnior  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, que iluminou o meu caminho durante esta caminhada. A meus pais e irmão que com muito carinho e apoio não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida e aos meus amigos, pelas alegrias e tristezas compartilhadas.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima pela ótima orientação durante a elaboração deste trabalho e a todas as cadeiras por ele lecionadas relacionadas ao tema.

A todos os professores que me ensinaram e ajudaram durante a graduação, dentro e fora da sala de aula.

A todos os meus amigos e colegas da manutenção da Fae tecnologia, que estão sendo essenciais na minha formação como engenheiro e por dividirem a responsabilidade de implantação das mudanças relatadas neste trabalho na empresa.

Aos meus amigos e parceiros de graduação, Tales Costa, Caio Crisóstomo, Lucas Marques, Eugênio Pacelli, Luis Ricardo, Bruno Moretti, João Germano, Igor Teles, Mônica Castro, Isabela Alves, Joel Augusto, Diego Andrade, Laís Rayne por todos os momentos de estudos, alegrias e tristezas compartilhados e que vão continuar na minha vida.

Aos amigos que a vida me deu ao longo dos anos, Lucas Melo, July Santiago, Maria Thaís, por estarem comigo em muitos momentos importantes para a minha formação como ser humano.

E principalmente aos meus pais, Auxiliadora Moreira e Jorge Angelim, e ao meu irmão Miguel Moreira, pois, apesar de todas as dificuldades, me concederam uma vida repleta de dias felizes e saúde. Sem vocês eu não teria conseguido chegar até aqui.

## RESUMO

Sendo considerado substancial em um mercado cada vez mais acirrado, o setor de manutenção é visto como peça-chave para a estratégia empresarial em qualquer iniciativa que queira possuir a máxima eficiência em serviços e produtos, sempre buscando o melhor custo-benefício. Neste sentido, nas indústrias, a manutenção deve garantir a disponibilidade das máquinas e instalações para que o setor de produção consiga atender a demanda requerida. A necessidade de reorganização do setor de manutenção veio como consequência das dificuldades apresentadas relacionadas a gestão, alto índice de falhas de forma generalizada entre os ativos, o que implicou em um grande número de intervenções corretivas tendo como consequência a diminuição da disponibilidade das máquinas e uma menor disputa devido ao não alcance de metas de produção. Após a identificação inicial dos problemas recorrentes, utilizou-se a metodologia de gestão PDCA, usada para melhoria contínua de processos. Ficou provado que o modelo de gestão da manutenção com base na implantação ou reestruturação de funções para o PCM através do método PDCA, atende as mudanças necessárias para o aumento da disponibilidade do parque fabril.

**Palavras-chave:** Manutenção. PDCA. Planejamento e Controle de Manutenção. PCM. Disponibilidade.

## **ABSTRACT**

Being considered substantial in an increasingly fierce market, the maintenance sector is seen as a key piece for business strategy in any initiative that wants to have maximum efficiency in services and products, always seeking the best cost-benefit. In this sense, in the industries, the maintenance must guarantee the availability of the machines and facilities so that the production sector can meet the demand demanded. The need for reorganization of the maintenance sector came as a consequence of the difficulties presented related to management, a high rate of failures in a generalized way among the assets, which implied a large number of corrective interventions, resulting in a reduction in machine availability and a less dispute due to non-achievement of production targets. After the initial identification of the recurring problems, the PDCA management methodology, used for continuous process improvement, was used. It has been proven that the maintenance management model based on the implementation or restructuring of functions for the PCM through the PDCA method, meets the changes necessary to increase the availability of the plant.

**Keywords:** Maintenance. PDCA. Maintenance Planning and Control. PCM. Availability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estado do equipamento em relação a gravidade da anomalia .....	21
Figura 2 - Evolução da manutenção .....	22
Figura 3 - Tipos de manutenção .....	24
Figura 4 - Estrutura da manutenção preventiva.....	25
Figura 5 - Descrição das etapas do Ciclo PDCA.....	36
Figura 6 - Melhoria Contínua em um processo .....	36
Figura 7 - Oportunidade .....	38
Figura 8 - Fluxograma "Processo é capaz?" .....	41
Figura 9 - Diagrama de causa e efeito .....	43
Figura 10 - Ferramenta 5W2H .....	45
Figura 11 - Dificuldade versus impacto de ações de ver, julgar e agir.....	59
Figura 12 - Diagrama de Causa e efeito (Ishikawa) .....	60
Figura 13 - Cinco porquês .....	61
Figura 14 - Fluxograma da Classificação ABC.....	64
Figura 15 - Planilha de Controle de fornecedores de serviço.....	67
Figura 16 - Planilha de controle do estoque intermediário.....	68
Figura 17 - Ficha de tagueamento das máquinas.....	69
Figura 18 - Ficha técnica das máquinas .....	70
Figura 19 - Ordem de manutenção .....	71
Figura 20 - Fluxograma de solicitação de serviços de manutenção .....	72
Figura 21 - Relatório de Análise de Falhas .....	73
Figura 22 - Checklist de manutenção preventiva .....	74
Figura 23 - Planilha de Indicadores .....	76

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Exemplo Gráfico de Pareto .....	40
Gráfico 2 - Disponibilidade das Sopradoras .....	53
Gráfico 3 - Quantidade de paradas não programadas nas Sopradoras .....	53
Gráfico 4 - Disponibilidade das máquinas dos setores da empresa.....	54
Gráfico 5 - Pareto de quantidade de horas não programadas .....	55
Gráfico 6 - Quantidade de paradas não programadas no setor de fundição .....	56
Gráfico 7 - MTTR do setor de fundição .....	56
Gráfico 8 - MTBF do setor de fundição .....	57
Gráfico 9 - Disponibilidade da Sopradora 03 .....	58

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Custo Total de Manutenção/ Faturamento Bruto .....	16
Tabela 2 - Aplicação dos Recursos na Manutenção .....	17
Tabela 3 - Dados de ocorrências.....	40

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ações de ver, julgar e agir.....	59
Quadro 2 - Plano de ação.....	62
Quadro 3 - Requisito versus impacto de paradas não programadas .....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
MTBF (TMPF)	Mean time between failures (Tempo Médio para Falhar)
MTTR (TMPR)	Mean time to repair (Tempo Médio Para Reparo)
NBR	Norma Brasileira
OM	Ordem de Manutenção
PCM	Planejamento e Controle de Manutenção
PDCA	Plan-Do-Check-Action (Planejamento-Execução-Verificação-Atuação)
PIB	Produto Interno Bruto
RAF	Relatório de Análise de Falhas
RCM (MCC)	Reliability-Centered Maintenance (Manutenção Centrada na Confiabilidade)
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SMART	Specific, Measurable, Attainable, Relevant e Timely (Específica, Mensurável, Alcançável, Relevante e Temporal.)
TPM	Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Justificativa.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2. Objetivo geral.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Objetivos específicos .....</b>	<b>19</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1. Conceitos de Manutenção .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2. <i>Manutenção</i> .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.3. <i>Defeito, falha e pane</i>.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2. Histórico e evolução da manutenção .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3. Tipos de Manutenção.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.1. <i>Manutenção corretiva</i>.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.2. <i>Manutenção preventiva</i> .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.3. <i>Manutenção preditiva</i>.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.4. <i>Manutenção detectiva</i>.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.5. <i>Manutenção autônoma</i>.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.6. <i>Engenharia de manutenção</i> .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4. Planejamento e Controle da Manutenção – PCM .....</b>	<b>30</b>
<b>2.5. Indicadores de desempenho .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.1. <i>Tempo Médio Entre Falhas – MTBF</i> .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.2. <i>Tempo Médio de Reparo – MTTR</i> .....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.3. <i>Disponibilidade</i> .....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.4. <i>Backlog (OM's pendentes)</i>.....</b>	<b>34</b>
<b>2.6. Ciclo PDCA .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6.1. <i>PLAN (Planejar)</i>.....</b>	<b>37</b>
<b>2.6.2. <i>DO (Executar)</i>.....</b>	<b>46</b>
<b>2.6.3. <i>CHECK (Checar)</i>.....</b>	<b>47</b>
<b>2.6.4. <i>ACT (Agir)</i> .....</b>	<b>48</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>50</b>

<b>4. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1. Planejamento.....</b>	<b>52</b>
4.1.1. <i>Localização de Oportunidades</i> .....	52
4.1.2. <i>Análise dos Dados</i> .....	55
4.1.3. <i>Viabilidade do Processo</i> .....	58
4.1.4. <i>Ações de Ver, Julgar e Agir</i> .....	59
4.1.5. <i>Meta e Plano de Ação</i> .....	60
<b>4.2. Execução .....</b>	<b>66</b>
4.2.1. <i>Treinamento de Envolvidos</i> .....	66
4.2.2. <i>Execução das Ações Ver e Agir</i> .....	66
4.2.3. <i>Execução do Plano de Ação</i> .....	69
<b>4.3. Checar .....</b>	<b>76</b>
4.3.1. <i>Gestão à vista</i> .....	77
4.3.2. <i>Rituais de Gestão</i> .....	77
<b>4.4. Agir.....</b>	<b>77</b>
4.4.1. <i>Ações Corretivas e Padronização</i> .....	78
<b>4.5. Resultados.....</b>	<b>78</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>80</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de manutenção atingiu uma posição de grande relevância no planejamento industrial. Isso se deve ao fato da maior necessidade de eficiência dos sistemas produtivos e de suas operações devido a fatores como o aumento de produtividade e qualidade, redução do custo produtivo, a segurança do trabalhador e a preocupação com o meio ambiente exigida por normas reguladoras, além da depreciação natural dos ativos.

Segundo o último Documento Nacional de 2013 apresentado pela ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos), os custos com o setor de manutenção vêm aumentando de acordo com a evolução do PIB (produto interno bruto), chegando ao patamar de 4,69% do faturamento bruto das empresas, de acordo com a tabela 01. A valorização desse setor está diretamente ligada ao expressivo valor empregado.

Tabela 1 - Custo Total de Manutenção/ Faturamento Bruto

Ano	Custo Total da Manutenção / Faturamento Bruto
2013	4,69 %
2011	3,95 %
2009	4,14 %
2007	3,89 %
2005	4,10 %
2003	4,27 %
2001	4,47 %
1999	3,56 %
1997	4,39 %
1995	4,26 %

Fonte: ABRAMAN, 2013.

Por consequência da maior alocação de recursos e da necessidade de profissionais mais qualificados, o setor de manutenção possui uma maior independência frente a diretoria e imediatamente sua gerência passa a ter mais espaço, necessitando assim de atividades exercidas pelo PCM (Planejamento e Controle de Manutenção). O

gerenciamento da manutenção interfere diretamente na competitividade das empresas, logo a eficácia desse setor depende da boa execução de suas tarefas planejadas e programadas, além das não programadas serem resolvidas de forma rápida, diminuindo ao máximo os impactos na saúde da companhia.

Segundo Slack et al (2009), equipamentos mal mantidos têm maior probabilidade de desempenhar abaixo do padrão e causar problemas de qualidade, pois sabe-se que muitos elementos dos ativos funcionam com maior eficiência quando recebem manutenções programadas com regularidade. Assim, ao implantar-se um PCM, toda empresa tem como meta aumentar a confiabilidade dos equipamentos.

Para Xenos (1998), é importante armazenar dados históricos sobre a manutenção dos equipamentos, seja ela programada ou não programada, o que permitirá saber com que frequência e em que partes dos equipamentos as falhas ocorrem. Este mesmo autor cita a relevância da elaboração do plano de manutenção com padrões definidos, sendo essas as funções primordiais do Planejamento e Controle de Manutenção. Na tabela 02, tem-se a aplicação dos recursos na manutenção até o ano de 2013.

Tabela 2 - Aplicação dos Recursos na Manutenção

Aplicação dos Recursos na Manutenção (%)				
Ano	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
2013	30,86	36,55	18,82	13,77
2011	27,40	37,17	18,51	16,92
2009	26,69	40,41	17,81	15,09
2007	25,61	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,80	35,00	18,64	13,56

Fonte: ABRAMAN, 2013.

A evolução do setor em conjunto com o gerenciamento adequado influenciou a melhor alocação dos recursos disponibilizados para o setor, segundo a ABRAMAN em 2013, cerca de 37% foram alocados para a manutenção preventiva e aproximadamente 19% para a manutenção preditiva, manutenções essas consideradas programadas. Em um cenário ideal, essas seriam as manutenções necessárias para o pleno funcionamento de uma indústria, mas sabe-se que em decorrência de fatores variados, a manutenção corretiva ainda é bem presente.

Sabe-se que a ocorrência das paradas não programadas eleva os custos da produção, comprometendo a qualidade dos produtos em processo, além de diminuir a produtividade. Para Kardec e Nascif (2001), aproximadamente 20% das falhas representam 80% das perdas ou despesas de uma empresa e como consequência disso a produtividade diminui e mesmo com todas as ações de gerenciamento ainda existem empresas que necessitam de um diagnóstico de suas práticas de gestão da manutenção.

Neste sentido, em busca da identificação das lacunas na gestão da manutenção, este trabalho procura por intermédio da aplicação da metodologia do PDCA, demonstrar como um bom gerenciamento do setor de manutenção, através de indicadores e medidas administrativas, podem influenciar no aumento da disponibilidade dos equipamentos, e como consequência, contribuir para a competitividade da companhia.

### **1.1. Justificativa**

Segundo Nepomuceno (1989), a manutenção atualmente é admitida como função estratégica para as empresas, realidade totalmente diferente de pouco tempo atrás, quando era considerada como um mal necessário. Isso se deve ao aumento da competitividade entre companhias de diversos setores.

Para Kardec e Nascif (2009), a área de manutenção precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização e não somente ter como objetivo reparar o equipamento ou instalação, mas também manter sua função disponível para operação, reduzindo ao máximo a probabilidade de uma parada de produção não planejada.

A implantação de funções referentes ao Planejamento e controle de manutenção vem de encontro aos dois principais objetivos citados acima, a admissão de postura ativa de atuação, sendo parte da estratégia de resultados da empresa, e também, como mantenedora dos ativos da companhia

Desse modo, com a necessidade de reestruturação do PCM de uma empresa de médio porte este trabalho servirá de exemplo para outras indústrias que ainda não possuem tal setor estruturado, deixando claro que é importante e viável sua implantação, através de métodos de gestão.

## **1.2. Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo aumentar a disponibilidade fabril através da reestruturação do setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) de uma empresa de médio porte utilizando o método PDCA.

## **1.3. Objetivos específicos**

- Descrever e analisar os processos relativos ao setor de manutenção da empresa abordada;
- Identificar as ferramentas e metodologias mais adequadas para a resolução dos problemas encontrados;
- Relatar as etapas de implantação do modelo escolhido: Planejamento, execução, checagem e ação;
- Implantar as mudanças impostas descrevendo os resultados obtidos e padronizando-as de acordo com a empresa.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica como fundamentação teórica para o embasamento inerente ao desenvolvimento do trabalho. Inicia-se com os conceitos básicos de manutenção, seus tipos e uma gestão do setor baseada no PCM. Conceitos sobre indicadores e o método de gestão PDCA também são abordados para entendimento total deste trabalho.

### **2.1. Conceitos de Manutenção**

#### **2.1.2. *Manutenção***

O termo manutenção possui vasta aplicação em diversas áreas. Em termos gerais, manutenção pode ser definida como o ato ou efeito de manter-se, conservar ou fazer durar algo em bom estado (Michaelis, 2018). Ou seja, tal termo pode ser encontrado desde a manutenção de um software até a manutenção industrial, que será o foco deste trabalho.

Segundo Monchy (1987), a manutenção industrial é um elemento chave tanto para a produtividade das empresas quanto para a qualidade dos produtos. Isso a torna um desafio industrial que implica rediscutir as estruturas atuais inertes e promover métodos adaptados à nova natureza dos materiais.

Xenos (2004), explica que as atividades de manutenção existem para evitar a degradação de equipamentos e instalações, o que de fato é de suma importância para o bom funcionamento de qualquer companhia.

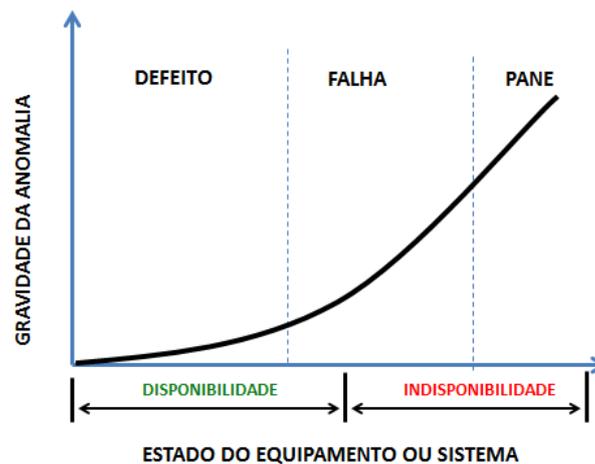
### 2.1.3. Defeito, falha e pane

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), defeito, falha e pane podem ser definidos pela NBR 5462-1994 do seguinte modo:

- Defeito: “Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos”, e “esse defeito pode, ou não, afetar a capacidade de um item em desempenhar uma função requerida”.
- Falha: “Término da capacidade de um item desempenhar função requerida”.
- Pane: “Estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida”.

Através das definições da ABNT pode-se estabelecer a figura 01 a seguir para a melhor compreensão sobre a definição do estado do componente ou de um sistema.

Figura 1 - Estado do equipamento em relação a gravidade da anomalia



Fonte: Piechnicki, 2011.

Da figura 01 infere-se que as panes são o estado mais grave de inconformidade, pois é perceptível que além de deixarem os equipamentos indisponíveis, podem provocar a produção de peças defeituosas, riscos de acidentes e danos às instalações, ou seja, altíssima gravidade das anomalias. Vale frisar que segundo Piechnicki (2011), as panes muitas vezes podem ser causadas por falhas ou defeitos mal solucionados, no entanto é possível que ocorram panes sem a aparição dos sintomas anteriores.

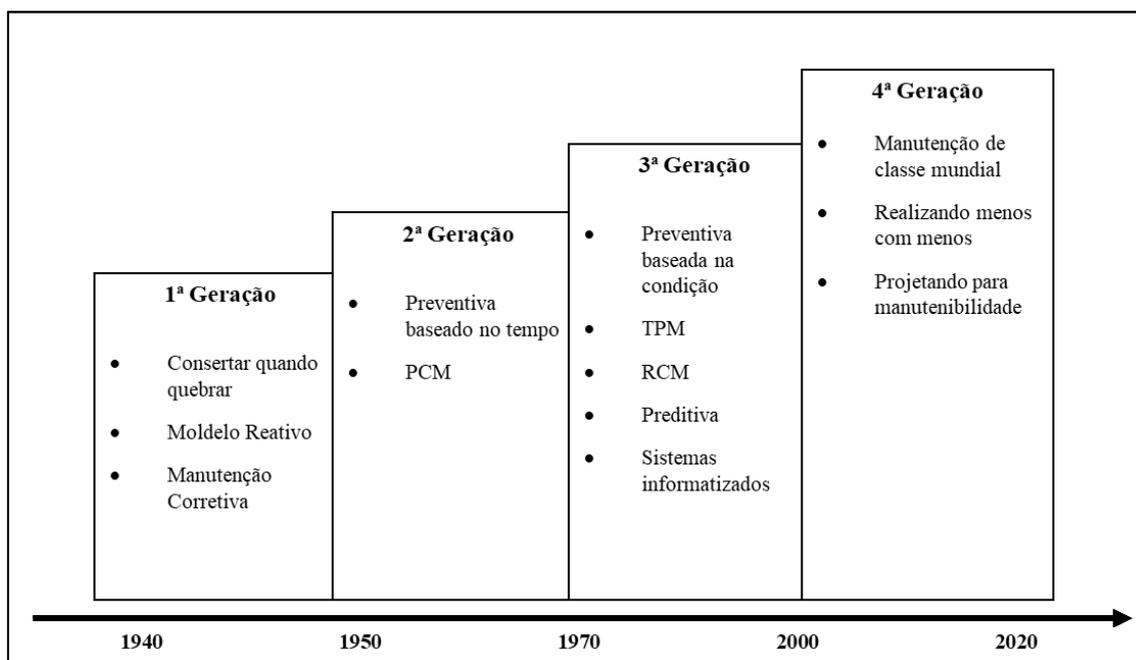
## 2.2. Histórico e evolução da manutenção

A manutenção vem se relacionando com a raça humana desde os seus primórdios, onde as primeiras ferramentas de agricultura e caça e também as moradias, por mais simples que fossem, precisavam de manutenção para continuarem desempenhando seus papéis. Antes da primeira revolução industrial a manutenção, praticamente, não existia, pois, a fabricação de materiais e bens era feita sob pedido, sem máquinas ou equipamentos.

Segundo Viana (2006), durante a primeira fase da Revolução Industrial, em meados de 1760 na Inglaterra, iniciou-se a mecanização dos sistemas produtivos com a consolidação da máquina à vapor. Como consequência o volume de produção de bens de consumo aumentou consideravelmente, pois a maioria dos bens eram feitos na sua totalidade por artesões de forma manual. Tais mecanizações aumentaram a necessidade do ato de efetuar manutenções, para assim evitar a replicação de falhas nos equipamentos.

Para Kardec e Nascif (2009), a evolução da manutenção pode ser descrita em quatro gerações conforme a figura 02.

Figura 2 - Evolução da manutenção



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, 2009.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a primeira geração engloba o período até a Segunda Guerra Mundial, quando a indústria ainda era pouco mecanizada, e a ociosidade das máquinas não possuía grande importância. Para a maioria dos gestores, a manutenção não era vista como uma área estratégica, muitas vezes devido aos equipamentos serem simples e superdimensionados. A manutenção era fundamentalmente corretiva não planejada. Em relação a mão de obra, não era necessário competências elevadas.

Já a segunda geração, pelos mesmos autores, foi compreendida entre 1950 e 1970, nesse período pós Segunda Guerra Mundial, houve grande aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais, pois o tempo era escasso e aumentou-se a procura de materiais de todos os tipos. Nesta geração surgiu o conceito de manutenção preventiva, que nessa época respaldava-se em intervenções nos ativos feitas em intervalos pré-determinados. Os primeiros conceitos de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) foram introduzidos a fim de aumentar a vida útil de todos os ativos.

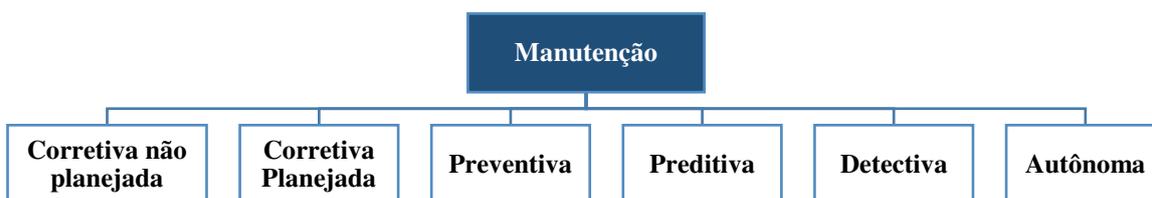
A terceira geração, segundo Kardec e Nascif (2009), começou na década de 70, quando se acelerou o processo de modificações das indústrias. Houve um reforço do conceito e o surgimento e utilização da manutenção preditiva, além do desenvolvimento de softwares, sistemas informatizados que permitiram melhor planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. Nesta mesma geração consolidou-se o conceito de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC ou RCM em inglês) e o de Manutenção Produtiva Total (MPT ou TPM em inglês).

A consolidação das atividades de Engenharia da Manutenção veio na quarta geração, a qual tem a Disponibilidade, Confiabilidade e Manutenibilidade as três maiores justificativas de sua existência. A análise de falhas consagrou-se como uma metodologia capaz de priorizar e encontrar a causa raiz das falhas das máquinas. Nesta mesma geração o índice de manutenção preventiva diminuiu e o de preditiva aumentou consideravelmente. Para Kardec e Nascif (2009), a multidisciplinariedade e interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação melhorou ao ponto de se ter a garantia de metas.

### 2.3. Tipos de Manutenção

A classificação dos tipos de manutenção possui certa variação de acordo com a bibliografia corrente. Para Xenos (2004) existem várias formas de se classificar os métodos de manutenção além da importância de dividir as atividades entre corretivas, preventivas, preditivas, de melhorias dos equipamentos e de prevenção de manutenções.

Figura 3 - Tipos de manutenção



Fonte: Autor, 2019.

É importante frisar que os tipos de manutenção existentes são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações, tendo como objetivo a redução das paradas na produção, que são causadas na maioria das vezes por falta de planejamento no setor de manutenção.

#### 2.3.1. *Manutenção corretiva*

A manutenção corretiva se baseia simplesmente na correção de uma falha ou do desempenho menor que o esperado, ou seja, é uma manutenção de emergência. Segundo a ABNT, conforme NBR 5462-1994, toda a intervenção feita após a pane de um ativo, a fim de recolocar o mesmo nas suas condições especificadas de operação é considerada manutenção do tipo corretiva.

Para Silva (2012), a manutenção corretiva pode dividir-se entre planejada e não planejada. A parada não planejada tem ocorrência aleatória e/ou inesperada, enquanto a planejada ocorre a partir da identificação de um possível problema ou anomalia através de acompanhamento preditivo, detectivo, ou, então, por decisão gerencial (entre produção e manutenção) de operar até a primeira pane ou falha.

De acordo com Xenos (2004), devem ser consideradas algumas questões para tomada de decisão que ajudam na motivação de optar por esse método de manutenção como estratégia de atuação. São elas: custo, complexibilidade da prevenção e disponibilidade de recursos.

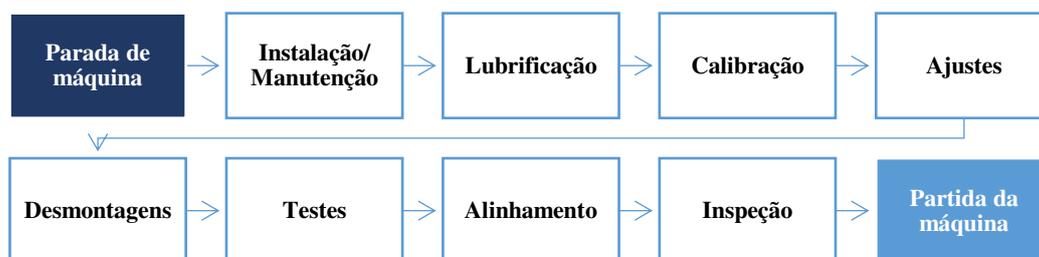
### 2.3.2. *Manutenção preventiva*

Segundo Sullivan (2004) a manutenção Preventiva pode ser caracterizada como as atividades de manutenção que tem como finalidade manter o equipamento e as instalações em um estado satisfatório para a produção. Para Branco Filho (2006), é a intervenção executada em equipamentos que ainda realizam as suas funções, ou seja, em condições operacionais e dentro de suas classificações.

Viana (2014), cita as principais vantagens do método preventivo quando comparado ao corretivo. Além de proporcionar um ambiente de manutenção mais tranquilo, devido à baixa ocorrência de correções não planejadas, tem-se como benefício a previsão do consumo das peças de almoxarifado, o que permite um melhor direcionamento de capital, enxugando o estoque, reduzindo a necessidade de área física para estocagem e a compra de peças obsoletas.

Para Sullivan (2004), a manutenção preventiva é estruturada em ações sistemáticas, ou seja, possui um método para funcionar. Tais ações são baseadas em um cronograma minimiza a deterioração de um componente ou sistema com o objetivo de ampliar a vida útil. Estas ações sistêmicas de manutenção preventiva podem ser representadas na figura 04.

Figura 4 - Estrutura da manutenção preventiva



Fonte: Adaptado de Sullivan et al., 2004.

Vierri (2007) afirma que as manutenções preventivas são programadas em um equipamento ou sistema através da sua criticidade e recomendações definidas pelo fabricante. Normalmente, tais recomendações são facilmente encontradas nos manuais das máquinas, mas segundo Kardec (2009), alguns fabricantes nem sempre fornecem com precisão os dados necessários para executar os planos de manutenção preventiva de todos as peças dos equipamentos.

Muitas vezes o descumprimento de alguns itens dos checklists de uma manutenção preventiva são negligenciados pelo próprio setor de manutenção, e como consequência para Xenos (1998), o tempo que seria gasto com preventiva de determinado item acaba sendo gasto para trabalhar em paradas não programadas, pois sabe-se que sem uma boa manutenção preventiva a tendência é o aumento das falhas, o que ocasiona a ocupação total da equipe de manutenção.

### **2.3.3. *Manutenção preditiva***

Segundo Osada e Takahashi (1990) a manutenção preditiva é entendida como a avaliação ou controle das mudanças físicas dos equipamentos, prevendo e antecipando as anomalias tomando as medidas reparadoras adequadas. Para Viana (1991), a manutenção Preditiva é a monitoração ou acompanhamento periódico do desempenho e/ou deterioração de parte das máquinas. Segundo o mesmo autor, a finalidade é utilizar-se do setor de manutenção somente quando e se houver algum problema.

Araújo e Santos (2001), dizem que manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática, tendo como prevenir falhas nos ativos através do rastreamento de parâmetros variados, permitindo a operação continuada do aparato pelo maior tempo possível.

Para Xenos (2004), a manutenção preditiva deve ser tratada nas companhias como um complemento à preventiva, pois seu objetivo é inspecionar equipamentos, tarefa que originalmente é pertinente à manutenção preventiva. Segundo Viana (2014) a manutenção preditiva é composta por diversas técnicas preditivas, sendo quatro técnicas as mais utilizadas, são elas:

- **Análise do óleo lubrificante:** Consiste em avaliar o óleo empregado em um equipamento para achar o momento exato de realizar sua troca. Outra aplicação está em identificar o nível de avaria das peças mecânicas do conjunto a ser lubrificado. São analisadas as presenças de partículas contaminantes, como água e resíduos de carbono. Vale lembrar que também são examinadas características químicas, como, a viscosidade, o ponto de congelamento e a temperatura.
- **Termografia:** Checagem realizada pelo uso de radiação infravermelha para medição de temperatura. Não há necessidade de tocar o instrumento de medição no equipamento fiscalizado, não tendo necessidade da ocorrência de paradas produtivas.
- **Ultrassom:** Ensaio não destrutivo utilizado para identificar possíveis anomalias em materiais ferrosos ou não-ferrosos, identificando, por exemplo, dupla laminação em laminados, escórias em uniões soldadas, bolhas de gás em fundidos, micro trincas em forjados.
- **Análise de Vibração mecânica:** Tal vibração acaba ocasionando deterioração no conjunto de componentes de uma máquina devido a oscilação repetitiva. Ela é medida através de um ponto fixo, sendo que rolamentos problemáticos normalmente são os maiores motivadores de vibrações mecânicas.

#### **2.3.4. *Manutenção detectiva***

Em meados de 1990 a manutenção detectiva começou a ser mencionada estando ligada diretamente a detecção de falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção, em sistemas de proteção, comando e controle. Para Kardec e Nascif (2009), baseia-se em aferições no sistema, feitas por pessoal especializado, sem tirá-lo de operação, que são capazes de constatar falhas escondidas, e podem corrigir a situação, mantendo o sistema operando. Segundo o mesmo autor a identificação dessas falhas ocultas é essencial para garantir a confiabilidade de sistemas e ativos.

Segundo Costa (2013), a manutenção detectiva é especialmente importante quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não suporta falhas.

Para Araújo e Santos (2001), cada vez mais se usa computadores instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de indústrias. São sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis, sistemas digitais de controle distribuídos - SDCD, multi-loops com computador supervisor, entre outros.

### **2.3.5. Manutenção autônoma**

Segundo Xenos (2004), esse tipo de manutenção consiste em capacitar operadores de máquinas para que possam detectar e buscar a correção de anomalias, ainda em estágios iniciais que possam causar falhas ou panes. Fogliatto e Ribeiro (2009), especificam funções pertinentes a esse tipo de manutenção, sendo válido ressaltar que essas funções podem ser divididas em dois estágios de acordo com o nível de capacitação dos operadores que irão desempenhá-las.

O primeiro estágio tem como característica a necessidade de aquisição de conhecimento mais aprofundado sobre a máquina ou equipamento. As atividades dos operadores são as seguintes:

- Criação de listas de verificações e a sua execução;
- Pequenos consertos;
- Abertura de chamadas de manutenção (OM's);
- Registro dos parâmetros dos equipamentos;
- Elaboração de padrões de limpezas, de lubrificações e de reapertos, bem como a execução dos mesmos;
- Identificação de anomalias;

Já o segundo estágio refere-se aos operadores com mais competências, pois é exigido maior capacidade técnica por parte dos mesmos. As atividades desse estágio são:

- Realizar melhorias nos equipamentos;
- Desenvolvimento de manuais de inspeções;
- Padronização de procedimentos de manuseio e fluxo de materiais e de registro de dados;

- Desenvolvimento de métodos de operação que reduzam os tempos de lubrificações e limpezas;

Viana (2014) afirma que muitos autores não incluem a manutenção autônoma como um tipo de manutenção, e sim como um braço da Manutenção Produtiva Total (TPM). O mesmo autor afirmar que a manutenção autônoma dá ao operador um sentimento de dono sobre sua responsabilidade. Esse sentimento motiva a uma dedicação redobrada aos cuidados utilizados no manuseio diário dos ativos.

### **2.3.6. Engenharia de manutenção**

Segundo Paulino (2011), a Engenharia de Manutenção iniciou-se na crise do petróleo, no início dos anos setenta, pois havia a necessidade da racionalização dos custos. Outros motivos pertinentes foram a globalização, o incremento da competitividade, a busca constante na melhoria da qualidade e o aumento na produtividade. Ela está ligada a uma mudança de cultura, intimamente conectada a implantação de melhorias contínuas e mudanças na rotina das atividades da área de manutenção.

Para Kardec e Nascif (2009), aplicar a engenharia de manutenção implica diretamente na análise e proposta de melhorias utilizando os dados que o sistema de manutenção recolhe das OM's, objetivando a melhoria contínua. Tal setor visa aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos ativos, além da manutenibilidade e segurança. Além disso solucionar problemas crônicos a través de ferramentas de análise de falhas.

Araújo e Santos (2008), disse que a Engenharia de Manutenção é considerada um novo ponto de vista que ajuda a estabelecer a quebra do modelo da manutenção antiga. Praticar engenharia de manutenção é não permanecer consertando continuamente, para procurar a causa raiz, ou seja, eliminar os problemas crônicos e assim melhorar padrões existentes sempre buscando estar nivelado com a manutenção de ponta.

## 2.4. Planejamento e Controle da Manutenção – PCM

Segundo Viana (2006), para que a manutenção dos ativos de uma companhia seja eficiente, deve-se ter todos os trabalhos programados e planejados. Sendo de grande importância a supervisão e controle das atividades que estão sendo executadas, para que ao final das operações possa ser verificado se tudo ocorreu conforme o planejado.

Para Nepomuceno (1989), a base do setor de manutenção é o plano de manutenção. É importante frisar que se devidamente estudado, levando em consideração os mínimos detalhes da organização que está inserida melhor será o plano. Viana (2006), divide os planos de manutenção em cinco tipos:

- Manutenção de troca de itens de desgaste;
- Monitoramento das características dos equipamentos;
- Plano de inspeção visual;
- Roteiros de Lubrificação;
- Plano de intervenção preventiva.

Ströher (2012), afirma que o Planejamento e Controle da Manutenção é primordial para a realização precisa dos diferentes métodos de manutenção. Essa mescla de funções e metodologias contribui diretamente na operacionalização do fluxo do atendimento e da execução dos mais diversos tipos de manutenção, organizando e fornecendo os meios físicos, técnicos e humanos fundamentais, assegurando a realização da manutenção planejada.

Para Branco Filho (2008), o PCM tem a premissa de obter o método mais eficiente no melhor momento e oportunidade para interferir nos ativos. Kardec & Nascif (2009), afirma que para determinar a ação preventiva apropriada, deve-se observar as falhas de forma completa (suas curvas, consequências dos seus modos e o custo em relação à manutenção preventiva, sem esquecer do seu efeito sob a confiabilidade do equipamento). Xenos (2004), recomenda que o plano de manutenção, seja ele de qualquer tipo de manutenção, deve ser elaborado pelas recomendações do fabricante e pela experiência acumulada sobre os equipamentos, devendo sempre passar por revisões periódicas.

É importante que nestes planos seja incorporado todas as direções de manutenção mais adequadas, para se obter a melhor relação do custo e bem-estar para cada tipo de

máquina. Para Xenos (2004), este plano deve ser revisado e melhorado com frequência, para que a partir deles possam ser obtidos diversos benefícios, como aumento da confiabilidade e da capacidade de treinamento de novos funcionários, também permite uma melhor compreensão das dificuldades da execução das atividades além de contribuir para otimizar o planejamento e os custos de manutenção.

Segundo Tavares (2005), as principais causas do insucesso do PCM dependem de alguns itens que devem ser analisados:

- Mau uso da disponibilidade dos equipamentos para a execução da manutenção preventiva;
- Duplicidade de atribuições;
- Falta de clareza nas Ordens de Manutenção;
- O planejador de PCM não qualificado;
- Planejador negligente;
- Tempo insuficiente para programação e execução da manutenção requerida;
- Plano de manutenção inadequado;
- Falta de ferramental adequado.

Souza (2008), afirma que o planejamento estratégico do setor de manutenção de uma empresa é um conjunto de atividades em grupo que tem como finalidade garantir o desenvolvimento do seu nível administrativo e tecnológico, sendo muito importante a sequência em sua administração com eficiência de seus processos, a adaptação contínua de sua estratégia, estrutura e capacitação, ordenando-se sempre com os objetivos e as metas do setor de produção. Assim, o PCM é uma ferramenta de importância fundamental no método de tomada de decisão numa empresa.

Vale ressaltar que para o PCM ser implantado em uma empresa, seja ela de pequeno ou grande porte, é essencial a elaboração de um Sistema de Planejamento e Controle, quer ele manual ou informatizado.

## **2.5. Indicadores de desempenho**

Os indicadores de desempenho da manutenção são dados numéricos estabelecidos sobre os processos para a análise e a correta formulação de metas, pois segundo Ishikawa (1993), existe uma grande dificuldade de se gerenciar aquilo que não se mede, tendo em vista que para chegar ao ponto almejado é necessário saber exatamente onde se está no momento da partida.

Segundo Piechnicki (2011), os indicadores de manutenção são grandezas que fornecem informações sobre os equipamentos, mas não revelam a resolução dos problemas, mas sim indicações de caminhos a serem seguidos. Para o autor, tais medidas ajudam no apoio à tomada de decisões, avaliação da situação atual, comparação de desempenho com outros anos, avaliação de métodos de manutenção, acompanhamento e avaliação do orçamento para manutenção, auxílio na identificação de problemas e na indicação do comportamento desde o início da medição até o estado atual.

É válido ressaltar que escolher os indicadores adequados ao processo produtivo é de vital importância para resultados favoráveis a manutenção. Para Verri (2007), uma grande quantidade de indicadores implantados em um setor ocasiona excesso de trabalho e a possível confrontação de dados, o que não é interessante, pois afeta a interpretação dos resultados, o que pode afetar a estratégia seguida pelo setor.

### ***2.5.1. Tempo Médio Entre Falhas – MTBF***

Segundo Viana (2006), MTBF (Mean Time Between Failures ou Tempo Médio Entre Falhas em português) é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para a operação, pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período. O aumento do valor do MTBF de acordo com o tempo indica que o número de intervenções corretivas não programadas está diminuindo, e conseqüentemente o total de horas disponíveis para a operação do equipamento está aumentando.

Seu resultado é obtido pela equação 01:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad (01)$$

Onde:

- MTBF = Tempo médio entre falhas;
- HD = Horas disponíveis para operação;
- NC = Número de Corretivas não programadas efetuadas no período.

### **2.5.2. Tempo Médio de Reparo – MTTR**

Para Viana (2006), MTTR (*Mean Time To Repair ou Tempo Médio de Reparo em português*) é a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção, pelo número de intervenções corretivas no período. A diminuição do valor do MTTR de acordo com o tempo, é um sinal positivo para a manutenção, pois significa que os reparos corretivos não programados são cada vez menos impactantes na produção.

Seu resultado é obtido pela equação 02:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad (02)$$

Onde:

- MTTR = Tempo médio de reparo;
- HIM = Soma das horas de indisponibilidade por manutenção;
- NC = Número de corretivas no período.

### **2.5.3. Disponibilidade**

Segundo a NBR 5462 – 1994, disponibilidade é a capacidade de um item estar apto a executar uma determinada função durante um intervalo de tempo pré-estabelecido, levando em consideração os aspectos de confiabilidade. Tal indicador pode ser calculado como a fração do tempo em que o equipamento esteve operando em relação ao tempo total existente para operar. É válido ressaltar que este indicador é de fundamental

importância para o setor de manutenção, pois interfere na principal meta do setor que é manter os equipamentos disponíveis para operação.

Seu resultado é obtido pela equação 03:

$$Disponibilidade = \frac{\Sigma \text{ Horas disponíveis para produção}}{\Sigma \text{ Horas totais}} \quad (03)$$

Outra forma de calcular o indicador de disponibilidade é através dos indicadores MTBF e MTTR (apresentados nos tópicos 2.5.1 e 2.5.2 respectivamente), que será apresentada pela Equação (04) a seguir.

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (04)$$

Onde:

- MTTR = Tempo Médio de Reparo;
- MTBF = Tempo Médio Entre Falhas.

#### **2.5.4. Backlog (OM's pendentes)**

Para Brancos Filho (2006), o indicador de ordens de manutenção pendentes, backlog, demonstra o tempo aproximado que a equipe de manutenção levaria para concluir todas os serviços pendentes, desde que não cheguem novas requisições para o setor. Segundo Verri (2007), o indicador varia entre dez a trinta dias nas indústrias brasileiras, sendo a meta de quinze dias a mais adequada para as companhias.

Viana (2006), diz que deve ser levado em consideração a quantidade de tempo estimado para conclusão das ordens de manutenção em aberto, dividido pela multiplicação da quantidade de manutentores, vezes horas disponíveis por dia. Na fórmula diminui-se em 20% a quantidade das horas disponíveis dos manutentores, devido ao tempo em que esses profissionais param suas ações para efetuar outras atividades.

Seu resultado é obtido pela equação 05:

$$Backlog = \frac{\Sigma \text{ Horas de manutenção em carteira}}{(\Sigma \text{ Homem Hora disponível}) \times 0,8} \quad (05)$$

Onde:

- Backlog = Tempo que a equipe de manutenção levaria para executar todas as suas atividades;
- $\Sigma$  Horas de manutenção em carteira = Somatório das horas necessárias para a execução de todas as OM's lançadas na carteira de serviços;
- $(\Sigma \text{ Homem Hora disponível}) \times 0,8$  = Quantidade de manutentores, multiplicado pela sua jornada de trabalho, descontado 20%;

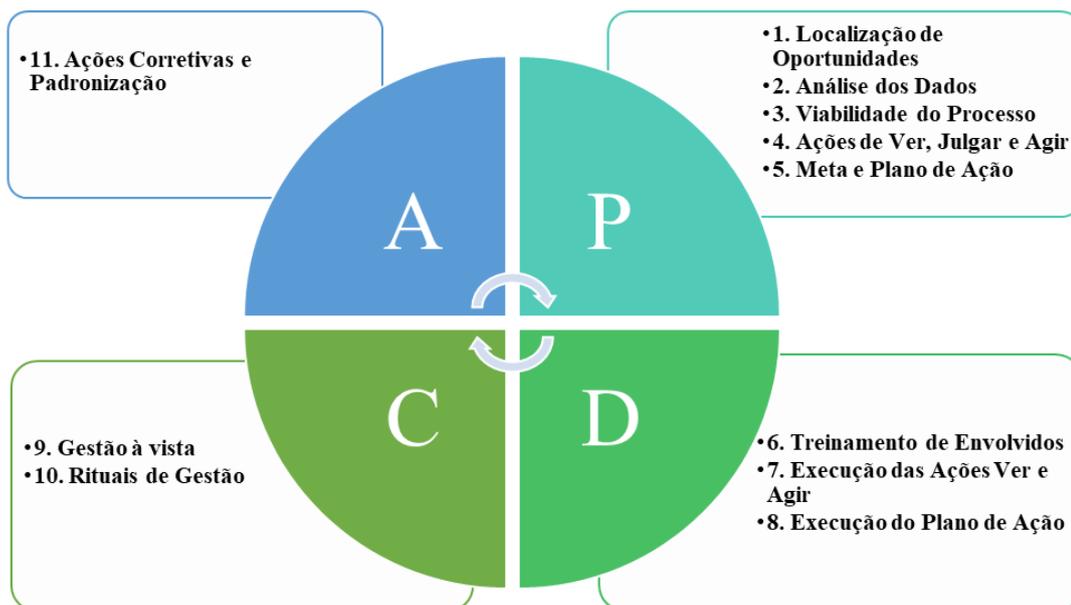
## 2.6. Ciclo PDCA

Segundo Godoy e Bessas (2018), o Ciclo PDCA é um método para identificação e captura de oportunidades, sendo considerado um ciclo virtuoso, pois a cada aplicação, proporciona resultados melhores, sendo ideal a sua constante utilização dentro das empresas, por isso, segundo os mesmo autores, o método garante a melhoria contínua dos processos e o desenvolvimento de uma gestão mais estruturada, com foco em resultados.

Para Souza (1997), a idealização do PDCA, data de 1930, nos laboratórios da Bell Laboratories nos EUA, pelo americano e estatístico Water A. Shewhart, definido como um ciclo de controle estatístico do processo, o mesmo tendo como filosofia a repetição contínua sobre qualquer processo ou problema.

Em 1950, W. Edward Deming aperfeiçoou o ciclo Japonês de 1951, metodologia utilizada durante a Segunda Guerra Mundial, e a partir desse momento o método se popularizou em todo o mundo. O ciclo PDCA é formado por quatro estágios: PLAN, DO, CHECK e ACT, (Planejar, Executar, Verificar e Agir em português). Esses módulos fazem parte dos passos básicos do ciclo conforme a figura 05.

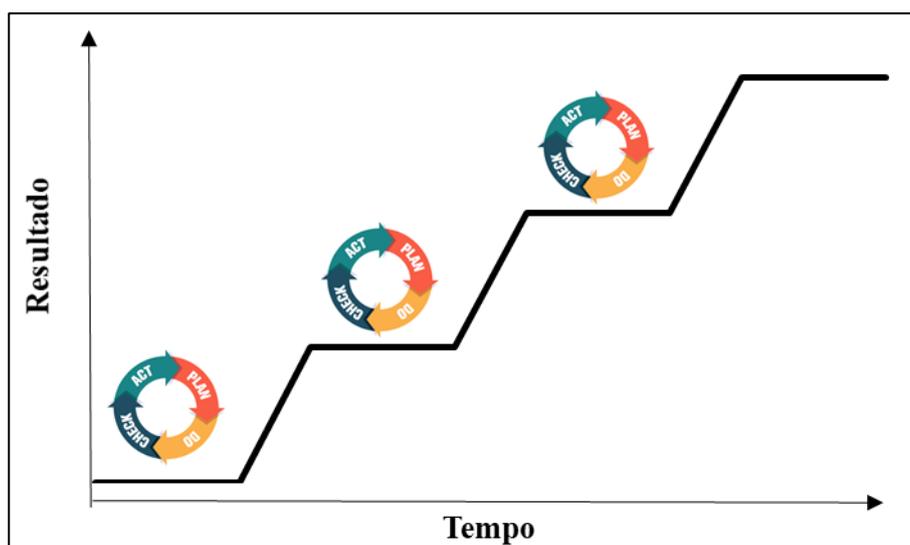
Figura 5 - Descrição das etapas do Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Godoy e Bessas, 2018.

Segundo Slack (2009), pode-se resumir o método PDCA como a natureza repetida e cíclica da melhoria contínua, ou seja, define-se como uma sequência de atividades que são percorridas de forma cíclica melhorando as mesmas. Para o mesmo autor, o ciclo PDCA não é interrompido até a filosofia de melhoria contínua for incorporada e aceita por todo o grupo de determinada companhia. Na figura 06 pode-se observar que para o resultado ser cada vez melhor é necessário sempre buscar melhorias para o processo.

Figura 6 - Melhoria Contínua em um processo



Fonte: Adaptado de Godoy e Bessas, 2018.

O ciclo PDCA pode ser utilizado em diversas áreas, sempre com o objetivo de estabelecer metas de melhorias, iniciado através de um planejamento bem efetuado para que haja resultados positivos de acordo com as ações tomadas. Segundo Campos (2001), o ciclo também é aplicado na resolução de problemas que prejudicam todo o desempenho de um serviço ou de um projeto, ou seja, problemas críticos, para isso, deu-se a nomenclatura de Gerenciamento da Rotina.

### **2.6.1. PLAN (Planejar)**

Para Godoy e Bessas (2018), a fase de planejamento é de extrema criticidade na aplicação do método PDCA, ou seja, a eficácia futura do ciclo estará baseada em um planejamento bem elaborado e minucioso, para que os dados e informações que serão repassadas às etapas restantes do método sejam consistentes. É essencial a participação da equipe para que se possa traçar metas desafiadoras e possíveis de serem atingidas e um plano de ação robusto que seja capaz de garantir o alcance das metas.

Segundo o mesmo autor a fase de Planejamento do Ciclo PDCA é dividida em cinco passos:

- 1- Localização de oportunidades;
- 2- Análise de fatos e dados;
- 3- Viabilidade do processo;
- 4- Ações de Ver, Julgar e Agir;
- 5- Meta e plano de ação.

#### **2.6.1.1. *Localização de oportunidades***

Segundo Godoy e Bessas (2018), o objetivo dessa etapa é identificar e quantificar as oportunidades de melhoria de resultados dos indicadores e determinar o impacto financeiro na instituição, pois é essencial ter a consciência de onde se está e a visão clara de onde se precisa ou pretende chegar, e em quanto tempo. A oportunidade pode ser

identificada e quantificada através da análise do comportamento do indicador e comparação do resultado atual com o possível, tanto para problemas “bons” ou ruins”.

Campos (1996), afirma que a etapa, localizar problema ou oportunidade, é necessária toda vez que a instituição se deparar com uma anomalia, geralmente vindo de um processo da companhia. Para Godoy e Bessas (2018), oportunidade é a distância entre onde se está até onde se quer chegar, ou seja, é a diferença entre a situação atual e a situação desejada.

Figura 7 - Oportunidade



Fonte: Adaptado de Godoy e Bessas, 2018.

Os mesmos autores afirmam que existem duas ferramentas para identificação de oportunidades: Análise de gargalos e Análise comparativa interna ou externa (Benchmarks). Gargalo é tudo que impede o fluxo de um sistema, podendo ele ser classificado como crônico, o que ocorre de forma recorrente. Já o Benchmark (melhores práticas) é uma análise comparativa de resultados em que se estabelece as referências a serem transferidas ou copiadas.

Segundo o Instituto Aquila (2017), a localização de oportunidades deve ser realizada de acordo com os seguintes passos: realizar entrevistas, definir o indicador de resultado ou item de controle, realizar análise histórica, realizar análises comparativas (benchmark) e quantificar a oportunidade de melhoria do indicador e a lacuna financeira.

### 2.6.1.2. *Análise de fatos e dados*

O objetivo principal desta etapa, segundo Godoy e Bessas (2018), é analisar o comportamento da oportunidade sob vários pontos de vista, desdobrando a oportunidade ou problema geral em oportunidades ou problemas específicos que serão o foco de atuação.

Para Melo (2001) e Godoy e Bessas (2018), podem ser enumerados os diversos pontos de vista da seguinte forma:

- Tempo: Existem diferenças nos resultados, de manhã, de tarde, ou de noite, as segundas feiras, mês ou por um período específico.
- Lugar: Em determinadas partes da peça os resultados são diferentes, diferenças por estado, região, planta, máquina ou área.
- Tipo: os resultados são diferentes de acordo com o produto, da matéria prima, material empenhado ou tipo de comprador.
- Sintoma: Problemas relacionados com a justificativa do cliente, defeito ou ocorrência.
- Outros fatores: Por turno, operadores., métodos, processos, instrumentos de medida, condições do tempo, ferramentas, entre outros.

É válido ressaltar que cabe a instituição optar por pontos de vista que melhor estratificam o problema, sendo delimitado e estratificado da maneira mais clara, para poder ser analisado de maneira minuciosa.

A ferramenta mais utilizada nessa etapa é o Gráfico de Pareto, Godoy e Bessas (2018), que tem como objetivo ajudar na compreensão da relação da ação x benefício e de priorizar as variáveis que trarão os maiores e melhores resultados para determinado problema. O princípio de Pareto (também conhecido como 80:20) afirma que, dentro de um comportamento estatístico normal, 80% das consequências advêm de 20% das causas. Isso significa que caso se consiga eliminar 20% das causas, aproximadamente 80% dos problemas existentes serão resolvidos.

Segundo Souza (1997), o gráfico de Pareto se apresenta, normalmente, como um histograma, que serve para ordenar os acontecimentos e fatos do maior para a menor, assim dando direção para determinar as prioridades. Para elaboração de um gráfico de

Pareto é necessária uma fonte de coleta de dados, pois assim, tal ferramenta servirá de auxílio para o grupo dirigir seus esforços a problemas concretos. Segue um exemplo de aplicação da ferramenta.

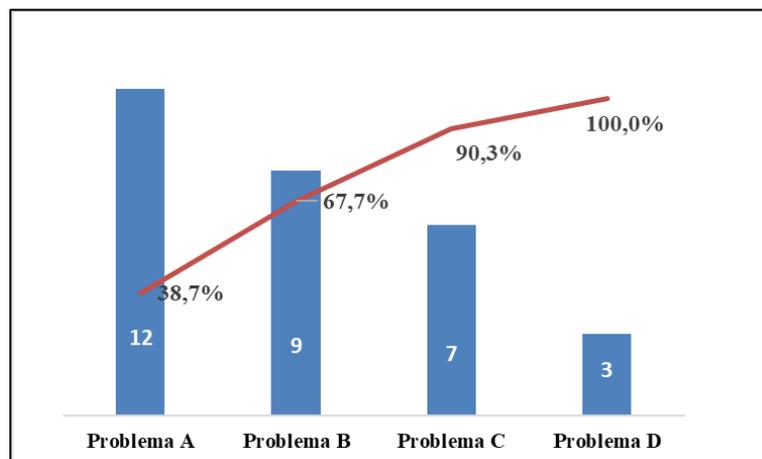
Tabela 3 - Dados de ocorrências

Ocorrência	Quantidade	Quantidade Acumulada	Percentagem	Percentagem Acumulada
Problema A	12	12	38,7%	38,7%
Problema B	9	21	29,0%	67,7%
Problema C	7	28	22,6%	90,3%
Problema D	3	31	9,7%	100,0%
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>			

Fonte: Autor, 2019.

Com os dados acima, consegue-se traçar o seguinte Gráfico de Pareto:

Gráfico 1 - Exemplo Gráfico de Pareto



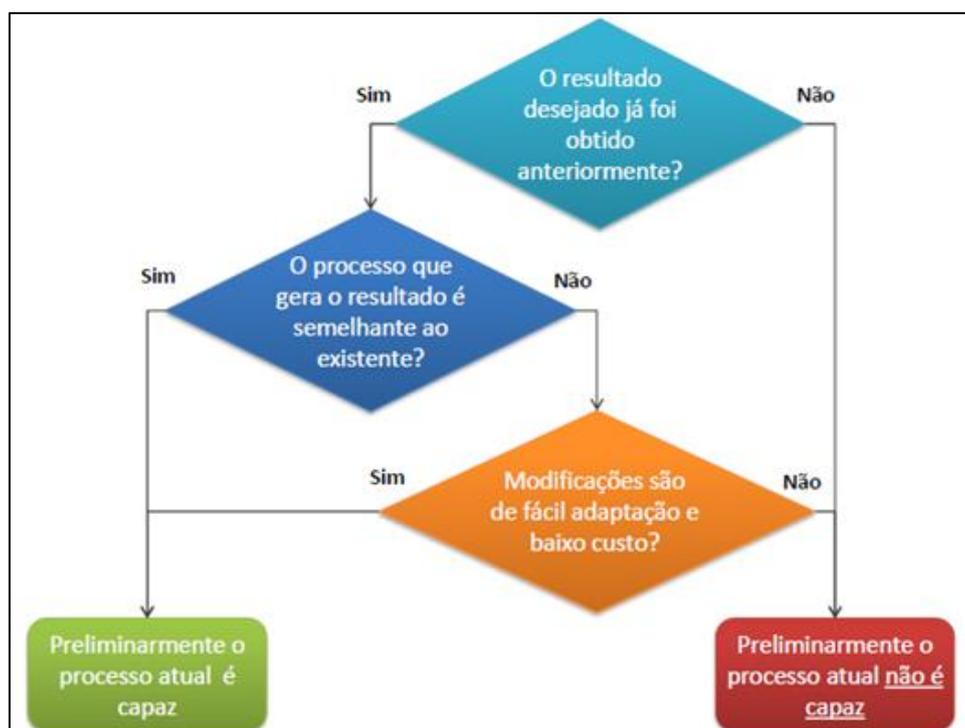
Fonte: Autor, 2019.

Inferese do exemplo apresentado que o problema A é responsável por quase 40% dos problemas da instituição e assim a empresa deve concentrar seus esforços para resolver esse problema, após identificar as causas para o mesmo e realizando ações para eliminar o problema.

### 2.6.1.3. Viabilidade do processo

Nesta etapa, segundo Godoy e Bessas (2018), o principal objetivo é verificar a possibilidade de capturar as oportunidades estabelecidas no início do planejamento. Para isso, após a análise dos dados, utilizou-se do fluxograma apresentado na figura 08 para se estabelecer qual caminho seria trilhado para o alcance dos Objetivos.

Figura 8 - Fluxograma "Processo é capaz?"



Fonte: Autor, 2018.

Quando o processo for capaz, imediatamente inicia-se as ações de ver, julgar e agir, ou seja, ações de fácil implantação e alto impacto, mas caso o processo não é capaz, define-se uma meta e um plano de ação a ser seguido e executado.

### 2.6.1.4. Ações de Ver, Julgar e Agir

Godoy e Bessas (2018), afirma que sempre quando possível deve se iniciar a etapa de execução do PDCA com as ações de Ver, Julgar e Agir, pois devido ao seu forte impacto e facilidade de implantação é possível conquistar os primeiros resultados que

motivarão uma equipe na continuidade do trabalho e que conseqüentemente aliviarão a pressão existente na etapa de planejamento do ciclo.

Os mesmos autores trazem alguns exemplos dessas ações: uma empresa sem o desenvolvimento de políticas e decretos de compra ou de seus preços afetam diretamente na dispersão dos resultados dos processos, o que significa uma grande oportunidade que pode ser conquistada a partir de ações desse tipo. Vale ressaltar que em todos os casos é necessário buscar soluções e estabelecer um plano estruturado para executá-las

#### 2.6.1.5. *Meta e plano de ação*

Segundo Campos (1996), uma meta é a diferença entre o resultado atual e um valor desejado. Uma meta sempre deverá ser definida para qualquer produto ou serviço, em quaisquer circunstâncias, pois um problema será sempre uma meta não alcançada. Para Godoy e Bessas (2018), para se estabelecer uma meta é interessante o uso do critério SMART estabelecido por Peter Drucker, (do inglês: Specific, Measurable, Attainable, Relevant e Timely), ou seja, uma meta deve ser Específica, Mensurável, Alcançável, Relevante e Temporal.

Godoy e Bessas (2018), também falam que a gestão deve ter foco nos resultados, pois metas sempre devem ser estabelecidas nos fins (no produto), e nunca nos meios (processos), pois nos processos, não serão estabelecidas metas e sim contramedidas e medidas para as causas das anomalias. Segundo os mesmos autores, toda meta deve ter um objetivo, um prazo e um valor, pois a descrição incompleta de uma meta dificulta a comunicação, o alinhamento e o acompanhamento na instituição.

Segundo Godoy e Bessas (2018), após o estabelecimento de uma meta é necessário fazer um plano de ação. Para se fazer um bom plano, necessita-se identificar as causas que impedem a captura de uma oportunidade utilizando as seguintes ferramentas: brainstorm, diagrama de causa e efeito, cinco porquês. Após o uso dessas ferramentas, pode-se elaborar o plano requerido.

### 2.3.1.1.1. *Brainstorm*

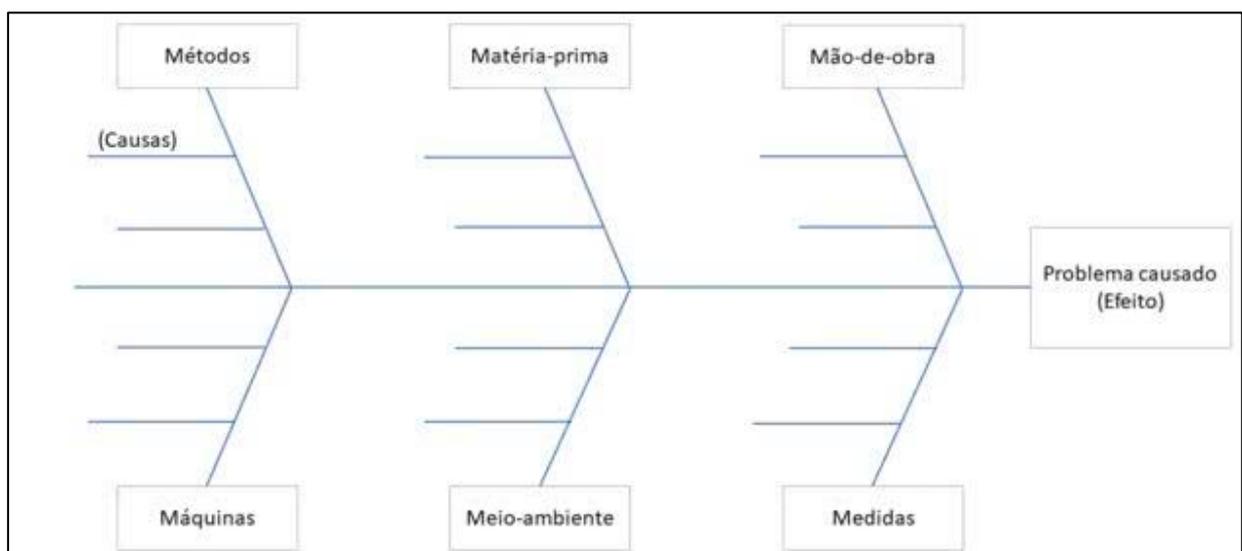
Para Godoy (2001), brainstorm nada mais é do que uma dinâmica de grupo em que as pessoas, de forma organizada e com oportunidades iguais, fazem um esforço mental para opinar sobre um determinado assunto. Em busca de tornar o trabalho sistemático, é solicitado que todos os participantes reflitam sobre os fatores que exercem influência ao problema, assim os mesmos podem ser identificados em diversas categorias.

Segundo a mesma autora, é necessário escolher um coordenador que assumirá papel de mediador da reunião e assim garantir a efetividade do Brainstorming, assim o coordenador tem como atividade explicar as etapas relativas a essa ferramenta, certificando-se que os envolvidos compreendam a sequência de trabalho.

### 2.3.1.1.2. *Diagrama de causa e efeito*

O diagrama de causa-efeito, de Ishikawa ou de espinha de peixe, é uma ferramenta simples muito utilizada para resolução de problemas. Ishikawa criou o diagrama em 1943 e o usava em ambientes industriais para verificar a dispersão na qualidade dos produtos e processos. Tal ferramenta permite identificar e analisar as potenciais causas de variação do processo, bem assim como da forma como essas causas interagem entre si.

Figura 9 - Diagrama de causa e efeito



A figura 09 ilustra a ferramenta que apresenta as causas de um problema em forma de espinha de peixe com seis categorias ou também chamada de metodologia 6M's: métodos, mão-de-obra, materiais, medidas, máquinas e meio ambiente. Segundo Godoy e Bessas (2018), com a utilização do diagrama de causa e efeito é possível determinar as causas dos problemas para atacá-los da melhor forma possível. Segundo os mesmos autores, essa ferramenta é utilizada durante o brainstorm.

#### 2.3.1.1.3. *Cinco porquês*

Segundo Ohno (1997), o método dos cinco porquês é uma abordagem científica, utilizada no Toyotismo, para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios. Basicamente o método resume-se em perguntar o porquê de um problema repetidas vezes até se encontrar a causa raiz.

Weiss (2011), descreve de forma concisa os cinco passos que devem ser dados para aplicar o método:

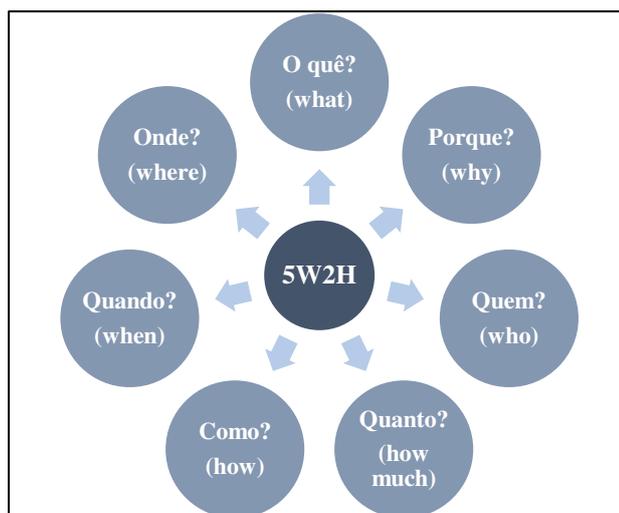
- 1 – Iniciar a análise com a afirmação da situação que se deseja entender – ou seja, deve-se iniciar com o problema encontrado;
- 2 – Perguntar o porquê que a afirmação anterior é válida;
- 3 – Para a razão descrita pergunte o porquê novamente;
- 4 – Continuar perguntando o porquê até que não se possa mais perguntar mais porquês;
- 5 – Ao cessar as respostas dos porquês significa que a causa raiz foi encontrada.

Weiss (2011), afirma que não necessariamente se utiliza cinco porquês, dependerá exclusivamente do problema, pode-se utilizar menos porquês (três por exemplo), ou mais por quês, de acordo com a necessidade para que se encontre a causa raiz da questão levantada.

#### 2.3.1.1.4. 5W2H

Segundo Franklin (2006), a ferramenta 5W2H é entendida como um plano de ação, sendo uma ótima forma de supervisão do progresso estabelecido na etapa de planejamento. O método é constituído por sete perguntas, utilizadas para implementar soluções, ilustradas na figura 10.

Figura 10 - Ferramenta 5W2H



Fonte: Autor, 2019.

Segundo Godoy e Bessas (2018), pode-se descrever as perguntas utilizadas nessa ferramenta de gestão da seguinte maneira:

- O quê? (what): Descrição do que deve ser feito contendo o nome da tarefa ou ação;
- Porque? (why): Porque está ação deve ser feita, quais os benefícios que ela trará;
- Onde? (where): Onde ele será feito ou aplicado;
- Quando? (when): Quando a ação será feita ou quando deve estar pronta;
- Quem? (who): Quem será o responsável direto por esta atividade;
- Como? (how): Como a tarefa será feita;
- Quanto? (how much): Qual o custo para realizar a ação.

A ferramenta 5W2H é um método que, por sua simplicidade, tem sido muito utilizada em Gestão de Projetos, Planejamento Estratégico, Análise de Negócios e outras disciplinas de gestão.

### 2.6.2. *DO (Executar)*

No segundo módulo do Ciclo PDCA são postos em prática, de acordo com cada empresa, todos os objetivos, metas e ações traçadas no módulo de planejamento, todas formalizadas em um plano de ação. Segundo Badiru (1993), a eficiência desta etapa está diretamente conectada à existência de plano de ação bem estruturado. Godoy e Bessas (2018), subdivide esta etapa em três, mas que se resume a duas: Treinamento dos envolvidos e execução das ações, sejam elas de ver, julgar e agir ou as que foram inscritas no plano de ação.

#### 2.6.2.1. *Treinamento*

Nesta etapa a empresa ou companhia tem o dever de divulgar o plano a todos os funcionários envolvidos direta e indiretamente, pois segundo Godoy e Bessas (2018), comunicar o plano de ação não é apenas informar, é garantir que as pessoas entendam e compreendam a ideia passada. Normalmente tal etapa é realizada através de reuniões participativas, apresentando de forma clara e concisa as tarefas, razões das mesmas, além dos responsáveis diretos de sua execução. É importante que todos concordem com as ideias ali apresentadas, pois assim obtém-se eficácia na divulgação do plano de ação, comprometendo todos os setores da empresa para alcançar os objetivos traçados.

#### 2.6.2.2. *Execução das ações*

Godoy e Bessas (2018), fala que uma vez que o plano de ação foi bem compreendido e assimilado, a conquista do resultado vai depender da qualidade das ações propostas e do nível de execução do plano acordado. Durante esta etapa devem-se efetuar verificações periódicas junto aos setores envolvidos com o intuito de manter e controlar a execução. É importante que todos os resultados sejam registrados para que se tenha dados que possam ser usados em análises nas próximas etapas.

Segundo os mesmos autores, é interessante a priorização das ações de acordo com os critérios: facilidade de implantação (qual ação é mais fácil de ser implementada?), impacto (Qual a ação com maior retorno financeiro?), autoridade (Existe autonomia para realizar tal ação?), custo de implementação (é necessário investimento para a

implementação da ação?), urgência (é analisada pela pressão do tempo que existe para resolver determinada situação) e gravidade (é analisada pela consideração de intensidade ou impacto que o problema pode causar caso não seja solucionado). A priorização ajuda a definir os prazos para se implantar as ações previstas no plano de ação. Vale lembrar que nessa etapa também são executadas as ações de ver, julgar e agir.

### **2.6.3. CHECK (Checar)**

O módulo de checagem do ciclo PDCA tem como objetivo verificar ações executadas no módulo anterior. Segundo Godoy e Bessas (2018), se as fases de planejamento e execução forem bem implementadas, provavelmente será fácil colher os resultados positivos, pois é na fase de checagem que se comprova o sucesso do plano de ação bem como sua implementação. O módulo é dividido entre gestão à vista e rituais de gestão, ferramentas que ajudam a refletir sobre as lições aprendidas e das novas oportunidades que certamente se apresentarão.

#### **2.6.3.1. Gestão à vista**

Godoy e Bessas (2018) afirma que gestão à vista é uma ferramenta gerencial que viabiliza a transparência da gestão das organizações por meio do compartilhamento de informações sobre a estratégia e diretrizes, metas e resultados, bem como sobre o nível de execução dos projetos e planos de ação.

Os mesmos autores trazem algumas razões para se implementar a gestão à vista na empresa, são elas:

- Dar transparência e visibilidade para as metas e resultados da organização e de suas unidades;
- Obter maior comprometimento e motivação para a melhoria dos resultados;
- Controlar o desempenho dos processos e a execução dos planos de ação obter maior agilidade e segurança na tomada de decisões;
- Fortalecer a cultura organizacional de acompanhamento de resultados.

### 2.6.3.2. *Rituais de gestão*

Para Godoy e Bessas (2018), rituais de gestão são todos os processos envolvidos nos controles de resultados. Os rituais devem permear todas as áreas e níveis hierárquicos de uma organização, sempre adequando o nível da discussão ao público. É importante que os rituais sigam um cronograma predefinido de análise, discussão e apresentação de resultados e planos de ação. Tais eventos são classificados de acordo com a periodicidade de sua realização:

- **Ritual Diário:** Conhecido popularmente como reunião minuto, é onde se faz o acompanhamento da execução das ações. Devem ser bastante objetivas e passar de forma efetiva a mensagem com maior importância do dia. É interessante que a reunião ocorra no local de trabalho da equipe, a fim de evitar deslocamentos, normalmente em frente à gestão à vista do setor.
- **Ritual Semanal:** Possui o objetivo de perceber quais os possíveis desvios e corrigir a rota em tempo de garantir o resultado mensal.
- **Ritual Mensal:** É considerado um momento de acompanhamento e controle dos resultados pela alta direção e pelas equipes gerenciais da empresa. Nesse ritual os gestores das áreas apresentam seus resultados para a diretoria com o auxílio de ferramentas como relatório de uma página (OPR-One Page Report). A diretoria tem o papel de atuar na direção e solucionar problemas interfuncionais, sempre apoiando os gestores das áreas.

Godoy e Bessas (2018), enfatiza que os rituais de gestão existem para preparar o futuro e uma companhia, por isso é importante o acompanhamento contínuo das metas.

### 2.6.4. *ACT (Agir)*

O último módulo do PDCA é caracterizado pela padronização das ações executadas no módulo DO, sejam elas ações de ver, julgar e agir ou ações inseridas no plano de ação. É válido ressaltar que todas essas ações já foram validadas e verificadas no módulo de checagem. Segundo Badiru (1993), ações padronizadas devem ser baseadas em resultados verificados para que possam ser utilizadas em ocasiões análogas.

Segundo Godoy e Bessas (2018), revisar as análises já realizadas e priorizar novas variáveis, podem ser formas rápidas e eficazes de conquistar o resultado almejado. No caso de as metas não serem atingidas, roda-se novamente o ciclo PDCA desde a etapa de planejamento, mas caso o tempo seja escasso e não se consiga refazer o ciclo é interessante rever as análises e mudar o foco das ações é o caminho mais prático. Caso o resultado seja alcançado, deve-se prevenir a reincidência por meio da padronização, ou seja, a rotina deve garantir que o resultado seja mantido.

#### 2.6.4.1. *Ações corretivas e padronização*

Segundo Godoy e Bessas (2018), propor ações corretivas significa refletir sobre as lições aprendidas na fase de execução das ações, para ajudar a organizar as ideias e propor novas ações baseadas no ciclo anterior utiliza-se o relatório de uma página.

Em relação à padronização, Moura (1997), afirmou que existe a possibilidade de apresentar o formato dos padrões de duas maneiras: Elaborar de forma descritiva, em formato de texto, contendo todos os itens citados e a outra é de forma esquemática, ou seja, o conteúdo é apresentado de forma mais fácil, pois se utiliza figuras ou fluxogramas. Todos os padrões devem ser difundidos de forma extensiva, em reuniões, circulares, e-mails, comunicados, entre outros, para que sejam evitadas confusões por parte dos funcionários em casos de mal aplicação.

Ao fim do ciclo PDCA, quando a empresa alcança os resultados e padrões desejados, o método de Melhoria Contínua é iniciado através do processo de melhorias PDCA, ou seja, a empresa deve continuar empenhando-se para melhorar sempre, focalizando o processo de gerenciamento da rotina.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho de acordo com Vergara (2005), apresenta uma abordagem de estudo aplicada, pois o estudo foi empregado na realidade atual de uma empresa, ou seja, a abordagem tem como fundamento resolver problemas concretos, imediatos. É válido ressaltar que a pesquisa possui caráter qualitativo, pois se trata de um estudo de gestão, especificamente, gestão da manutenção, além de bibliográfica e documental. Para sua fundamentação, foi utilizado, livros, artigos, teses e redes eletrônicas.

O trabalho consistiu na utilização do ciclo PDCA em função da reestruturação do setor de PCM de uma indústria de hidrômetros mecânicos e eletrônicos. A escolha dessa ferramenta de gestão deu-se através da análise da realidade da empresa, tendo como principal objetivo a efetividade na implantação das mudanças necessárias no gerenciamento do setor de manutenção.

As fases da metodologia PDCA foram classificadas em quatro: Planejar, Executar, Checar e Agir, sendo todas subdivididas em etapas que foram exploradas durante o estudo de caso.

Iniciou-se com o módulo de Planejamento (PLAN), etapa formada com a localização das oportunidades, coleta e análise de dados, viabilidade do processo, ações de Ver, Julgar e Agir e elaboração de metas e plano de ação. Foi mostrada a importância desta etapa, como funciona sua aplicação. Também foram utilizadas as ferramentas de qualidade pertinentes e que auxiliam na construção deste módulo.

Posteriormente, o módulo de execução (DO), possuiu a ênfase nos treinamentos de todos os envolvidos no setor e a execução das ações de Ver, Julgar e Agir. Com a conclusão das duas primeiras etapas, o módulo de verificação (CHECK) consolidou a gestão à vista e os rituais de gestão e no módulo de Atuação (ACT) analisou-se as ações corretivas necessárias e a padronização das ações que obtiveram sucesso para garantir a melhoria contínua.

Vale ressaltar que a utilização do ciclo PDCA se tornou viável, através de um estudo de realidade da empresa por intermédio de entrevistas com o quadro de funcionários da manutenção (manutentores e gestores) e da coleta e análise de dados dos setores de manutenção e produção. Os dados utilizados foram datados de janeiro a agosto

de 2018 e foram tratados por intermédio de planilhas eletrônicas no software Microsoft Excel.

No estudo de realidade da empresa foi possível aferir os problemas enfrentados no cotidiano da companhia, devido à falta de PCM estruturado. Dentre os problemas, os mais evidentes foram:

- Tempo de parada para manutenção corretiva não programada muito extenso;
- Baixa produtividade;
- Inexistência de manutenção preventiva;
- Falha nos apontamentos das ordens de manutenção;
- Histórico da manutenção pouco eficiente.

Tais dificuldades aos poucos foram superadas, restando apenas alguns casos isolados, e por fim consegue-se efetivar a aplicação da metodologia de gestão.

## **4. ESTUDO DE CASO**

A empresa objeto de estudo do presente trabalho é a Fae Tecnologia, referência no segmento de medição e controle de água e se destaca como uma das maiores empresas do setor, possuindo aproximadamente 25% do mercado de hidrômetros velocimétricos no Brasil. É uma companhia considerada de médio porte com aproximadamente 300 funcionários diretos e tem sede e foro na Rodovia BR. 116 – KM. 13 – nº. 2363 – Messejana, CEP: 60.871-200, na Cidade de Fortaleza, Estado do Ceará.

Para entender a situação do setor de manutenção da empresa e poder desenvolver o planejamento da manutenção com a melhor aplicabilidade possível, foi desenvolvido um estudo de caso através do método PDCA o qual auxilia na condução de formação de um novo modelo de gestão da manutenção, onde o PCM tem o papel de coordenar as atividades da equipe de mantenedores mecânicos ou eletricitas.

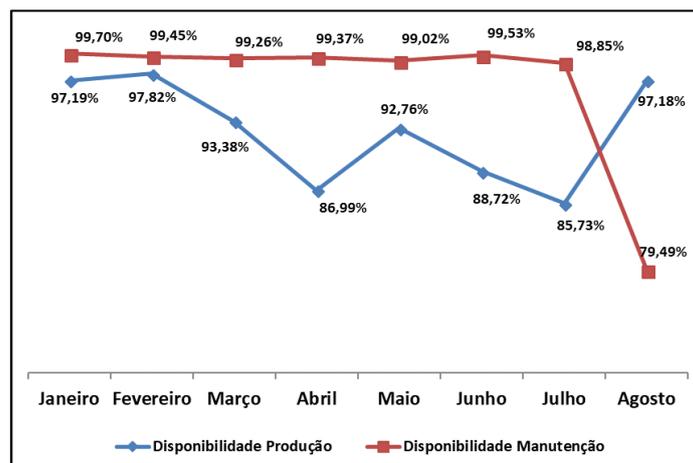
### **4.1. Planejamento**

Na primeira etapa do método PDCA são desenvolvidas as seguintes fases: Localização de Oportunidade, análise de dados, viabilidade do processo, ações de ver, julgar e agir e meta e plano de ação. Todas com base nas diretrizes da empresa e do setor.

#### **4.1.1. *Localização de Oportunidades***

Levando em consideração um cenário de crescente necessidade de aumento da eficiência nos sistemas produtivos aliado a redução de despesas, percebeu-se diversas oportunidades de melhoria no setor de manutenção. Entre tais oportunidades, o apontamento deficitário do setor e a incompatibilidade de números do indicador de disponibilidade de máquinas entre manutenção e produção mostrou-se como peça chave no estudo de caso. No gráfico 02, percebe-se a diferença nos apontamentos de um determinado grupo de máquinas do setor de fundição responsáveis pela formação dos machos de areia.

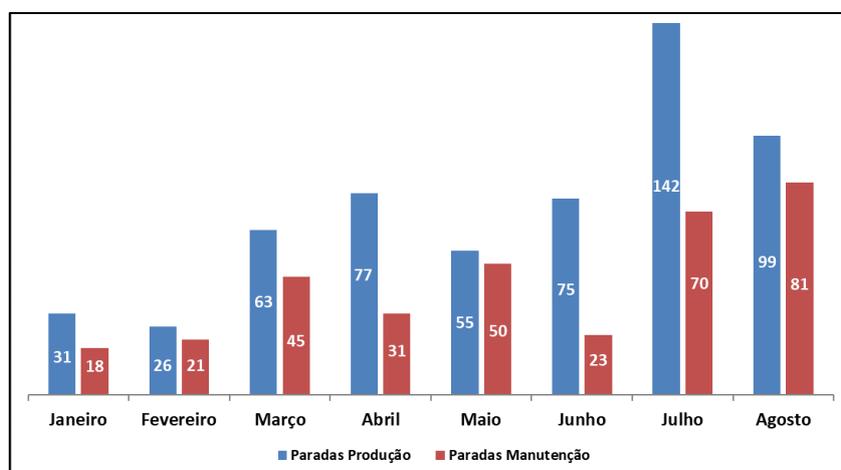
Gráfico 2 - Disponibilidade das Sopradoras



Fonte: Autor, 2018.

Tal diferença nos apontamentos entre os setores se deve ao fato de que o setor de manutenção não possui um sistema de gestão integrado e com isso todas as ordens de manutenção são feitas manualmente. Com uma equipe reduzida e um parque fabril antigo, os manutentores acabam esquecendo de preencher as ordens de serviço, o que interfere na confiabilidade do indicador de disponibilidade apresentado pelo setor. Outro fator importante para a desigualdade apresentada é que no setor de produção algumas paradas que deveriam ser apontadas como Ajuste de máquina ou Setup são preenchidas como manutenções corretivas. No gráfico 03 percebe-se a diferença na quantidade de paradas apontadas pelos setores durante o período de janeiro a agosto de 2018.

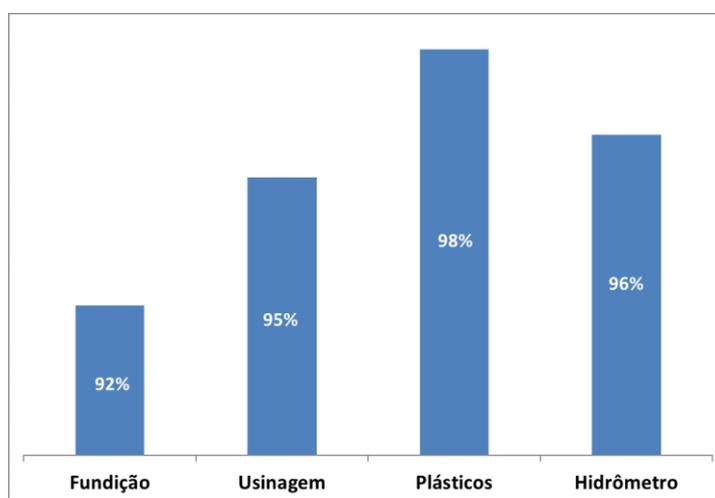
Gráfico 3 - Quantidade de paradas não programadas nas Sopradoras



Fonte: Autor, 2018.

Continuando a análise em relação a disponibilidade do parque fabril, fez-se um estudo nos quatro principais setores da fábrica: fundição, usinagem, plásticos e hidrômetro. Checou-se que o setor de manutenção não possuía o controle de indicadores de verificação, como MTBF e MTTR, os quais são cruciais para o cálculo do indicador de controle de disponibilidade. Com isso, utilizando o histórico de apontamentos do setor de manutenção e de produção calculou-se tais indicadores, do período de janeiro a agosto de 2018, chegando a média de disponibilidade de todos os setores e consequentemente da fábrica. O gráfico 04 mostra o resultado de tal estudo.

Gráfico 4 - Disponibilidade das máquinas dos setores da empresa



Fonte: Autor, 2018.

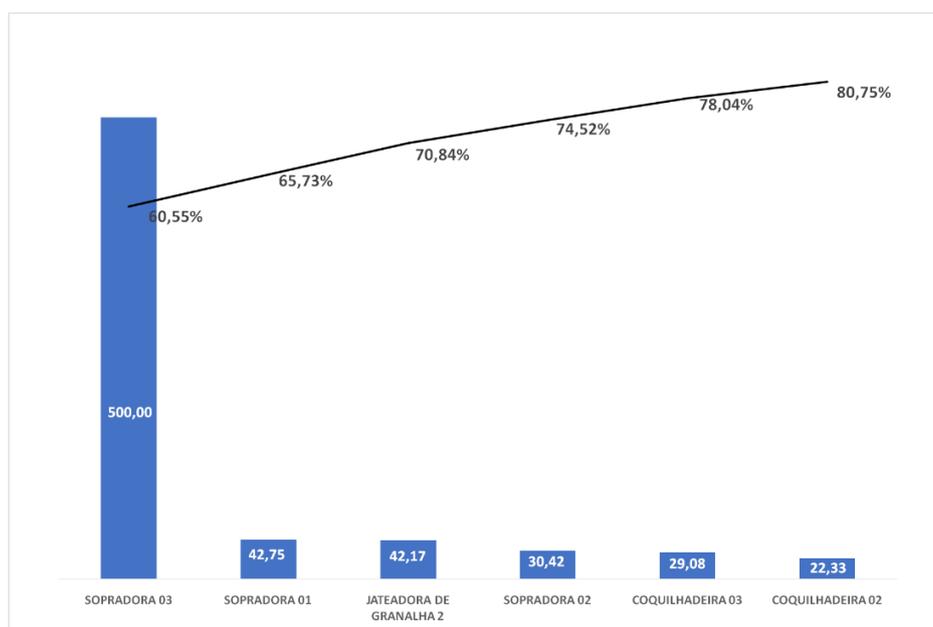
Com o estudo realizado a média encontrada de disponibilidade do parque fabril foi de 94%, sendo o melhor resultado encontrado no setor de produção de plásticos, com 98%. Dessa forma, a melhor média foi considerada a meta de disponibilidade de 2019 para todos os setores. Para isso realizou-se um benchmarking interno no setor. Com a meta do indicador definida, concluiu-se que a fábrica possuía uma oportunidade de melhoria de 4% em disponibilidade dos ativos, o que equivale ao acréscimo de aproximadamente cinco mil hidrômetros velocimétricos na produção.

Outras oportunidades encontradas vão desde o cadastro de todos os ativos industriais da empresa, bem como a implantação de indicadores e o seu acompanhamento. Tudo isso reflete diretamente na disponibilidade das máquinas o que é de grande interesse para a empresa.

#### 4.1.2. Análise dos Dados

O primeiro passo foi escolher o setor que possuía a maior oportunidade de melhoria em relação ao indicador estudado. Neste caso o setor escolhido foi o de fundição. Na análise inicial o setor referido possuía uma média de 92% de disponibilidade de máquina, com isso a estratificação inicial foi a construção de um gráfico de Pareto para a análise dos ativos do setor. O gráfico 05 mostra a quantidade de horas de manutenções corretivas que as principais máquinas passaram por intervenções no período de janeiro a agosto de 2018.

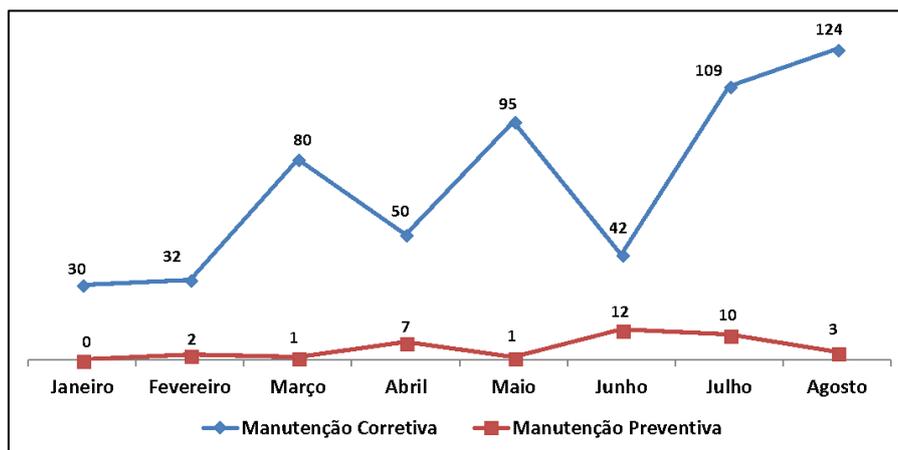
Gráfico 5 - Pareto de quantidade de horas não programadas



Fonte: Autor, 2018.

A análise do gráfico de Pareto evidenciou que a Sopradora 03 foi a máquina com maior número de horas paradas por manutenção corretiva, seguido pela Sopradora 01 e Jateadora de Granalha 02. Seguindo a estratificação para a máquina que apresentou a maior quantidade de horas paradas, percebeu-se que os principais problemas apresentados foram referentes a falta de periodicidade de manutenção preventiva. O que se evidencia em todas as máquinas do setor e conseqüentemente da fábrica. Para que essa análise fosse completa, fez-se o estudo das quantidades de paradas por tipo de manutenção neste mesmo setor, como mostra o gráfico 06.

Gráfico 6 - Quantidade de paradas não programadas no setor de fundição

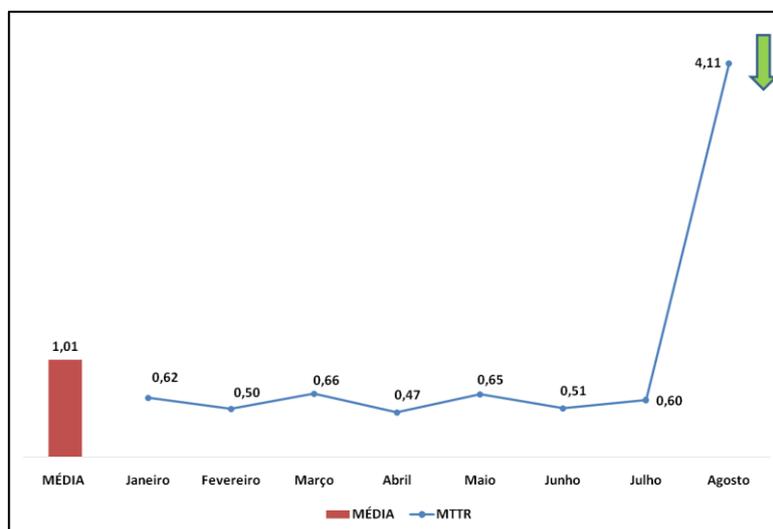


Fonte: Autor, 2018.

Percebe-se a grande diferença entre a atuação da manutenção preventiva e corretiva, o que influencia diretamente na disponibilidade dos ativos e nos indicadores de verificação, como MTTR e MTBF.

Em relação a análise do MTTR do setor de fundição, tem-se o seguinte estudo:

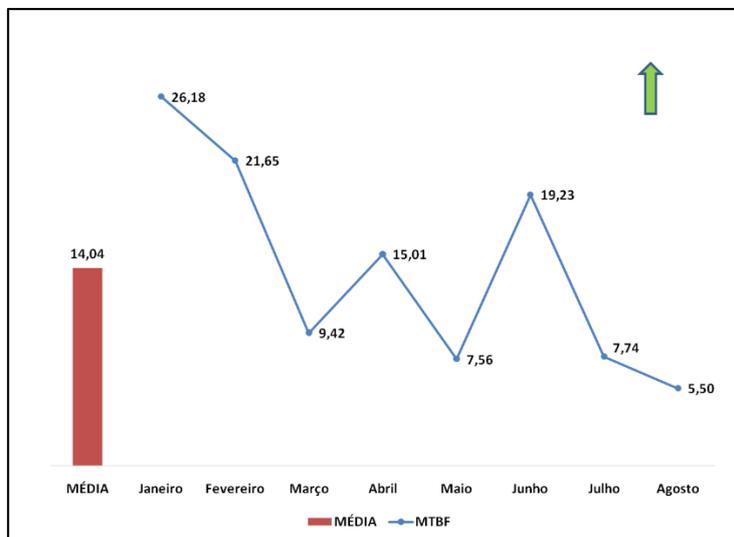
Gráfico 7 - MTTR do setor de fundição



Fonte: Autor, 2018.

Já para o MTBF, o seguinte padrão foi encontrado:

Gráfico 8 - MTBF do setor de fundição

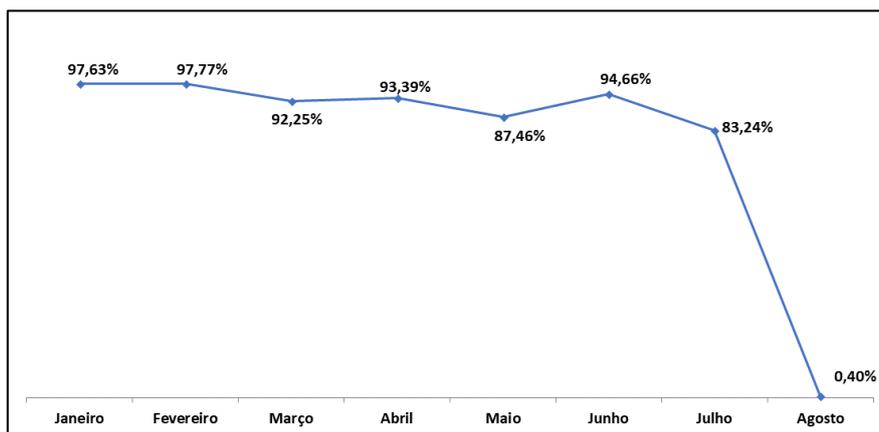


Fonte: Autor, 2018.

Percebe-se que os indicadores sofreram durante o período estudado grandes variações, o que não é ideal. Para o MTTR quanto menor a quantidade de horas por parada melhor o resultado de disponibilidade e para que o resultado do MTBF seja ideal, é necessário um maior intervalo de dias entre as intervenções. Em agosto o resultado do setor possuiu a maior variação dos indicadores devido a parada por manutenção corretiva por trinta dias de uma máquina crítica ao processo. Essa variação negativa teve como consequência a queda na produção e consequentemente uma menor receita bruta adquirida.

Analisando a disponibilidade da Sopradora 03, no gráfico 09, máquina com maior número de horas paradas não programadas, percebeu-se que durante o período do estudo, o indicador sofreu variações durante todos os meses, sendo que em agosto a máquina entrou em colapso o que ocasionou a parada definitiva da máquina. A falta de periodicidade da manutenção preventiva foi apontada como a principal causa para que ocorresse o declínio do equipamento.

Gráfico 9 - Disponibilidade da Sopradora 03



Fonte: Autor, 2018.

Em relação aos valores mensais dos centros de custo das manutenções, do valor total disponibilizado para o setor de manutenção, em média 75% é utilizado para manutenções corretivas, sendo o restante dividido entre manutenções preventivas e serviços terceirizados.

#### 4.1.3. Viabilidade do Processo

Nesta etapa verificou-se a possibilidade de capturar as oportunidades estabelecidas no início do planejamento. Para isso, após a análise dos dados, utilizou-se do fluxograma apresentado na revisão bibliográfica para se estabelecer qual caminho seria trilhado para o alcance dos Objetivos.

A primeira pergunta indaga se o resultado já foi obtido anteriormente, como pode-se observar, o índice de disponibilidade de 98%, de acordo com o histórico utilizado para a análise nos mostra que já foi alcançado em alguns setores da fábrica. Logo, a resposta é sim. A próxima pergunta questiona se o processo que gerou tal resultado é semelhante ao que se está no processo de implantação. Sabe-se que a fábrica não possuía um processo de manutenção dos ativos definido nesse período, logo a resposta é não.

Continuando o fluxograma, a próxima indagação é sobre custos, se é de fácil adaptação e baixo custo. Como se é de conhecimento, nas indústrias a manutenção preventiva representa em média 40% do valor total investido no setor de manutenção, logo para seguir uma rotina de manutenções programadas, necessita-se de recursos como peças, mão-de-obra, terceirizados, entre outros, sendo um valor considerado elevado. Logo a resposta é não. Com isso, chega-se à conclusão que preliminarmente o processo

atual não é capaz, isso significa que é necessário definir metas e construir um plano de ação para alcançá-las.

#### 4.1.4. Ações de Ver, Julgar e Agir

Mesmo o processo não sendo preliminarmente capaz é possível executar ações de ver, julgar e agir, pois a partir dessas ações já é possível iniciar a obtenção dos primeiros resultados. Na figura 11 percebe-se que tais ações são consideradas de alto impacto e possuem facilidade considerável de implantação.

Figura 11 - Dificuldade versus impacto de ações de ver, julgar e agir



Fonte: Adaptado de Excelência em Gestão da Construção, 2018.

No setor de Manutenção da Fae Tecnologia pode-se observar algumas ações de rápida implantação e que eram cruciais para o bom funcionamento do processo. Fez-se um quadro com os problemas e as ações estabelecidas que foram executadas na etapa seguinte.

Quadro 1 - Ações de ver, julgar e agir

Problema	Ação
Ausência de Controle dos fornecedores de serviços.	Criação de planilha com todas as informações dos fornecedores.
Controle de estoque intermediário deficitário.	Criação de planilha para controle de estoque, materiais utilizados e solicitados.
Planos de ação atrasados junto ao Sistema da Qualidade.	Realização dos planos de ação e preenchimento dos mesmos.
Ordens de manutenção não preenchidas.	Política de acompanhamento de cada funcionário.

Fonte: Autor, 2018.

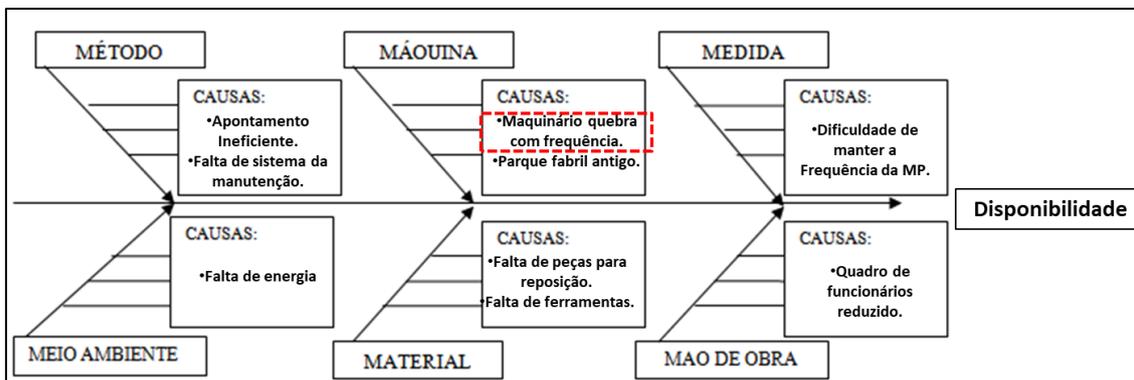
Os problemas encontrados foram em sua maioria relacionados a gestão do setor. Alguns deles, como a ausência de controle de fornecedores de serviços ou a falta de controle do estoque intermediário, afetavam diretamente no tempo das intervenções, principalmente as relacionadas ao centro de custo de manutenção corretiva.

#### 4.1.5. Meta e Plano de Ação

Como já decidido na etapa de localização de oportunidades, a meta do indicador de disponibilidade da fábrica para os meses de 2019 é de 98%. Foi utilizado o método SMART de criação de metas (Específica; Mensurável; Alcançável; Relevante; Temporal), ou seja, tais metas são aplicadas de modo a estruturar projetos e facilitar a conclusão de objetivos.

Após a decisão da meta, fez-se um brainstorming com a equipe da manutenção, representantes da equipe de compras e também da produção, com o objetivo de encontrar o máximo possível de problemas na manutenção e como consequência elaborar o diagrama de causa e efeito e aplicar a técnica dos “5 Porquês” priorizando a causa raiz dos problemas. Para o diagrama de causa e efeito obteve-se o seguinte resultado:

Figura 12 - Diagrama de Causa e efeito (Ishikawa)



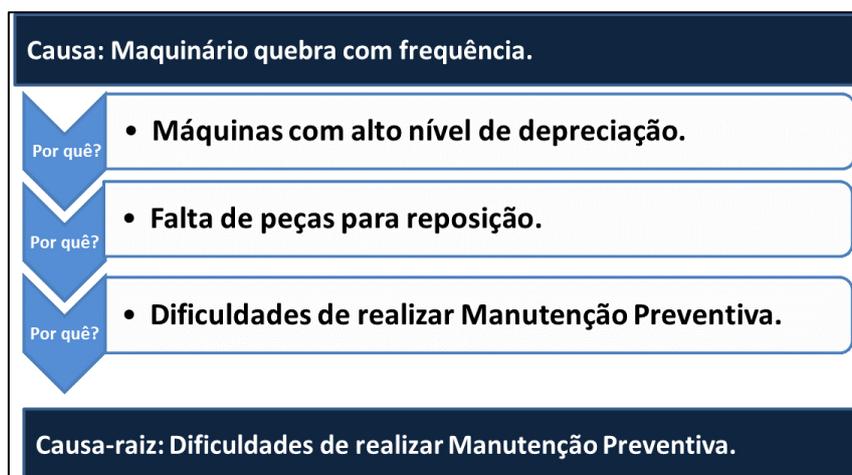
Fonte: Autor, 2018

Na construção do diagrama foram encontradas causas em todas as categorias ramificadas, por exemplo, em Métodos concluiu-se que o apontamento do setor é ineficiente e a falta de um sistema de manutenção contribui para o problema de disponibilidade de máquinas. Já em Material a falta de peças para reposição durante as intervenções, sejam elas corretivas ou preventivas, e a falta de ferramentas para a

realização dos serviços foram as causas com maior notoriedade entre as comentadas no brainstorming.

Na categoria de Máquinas foram levantadas as seguintes causas: Parque fabril possui uma idade avançada e que o Maquinário quebra com frequência. Esta última foi escolhida como de grande relevância e que engloba diversas outras causas. A partir dela, utilizou a ferramenta de análise dos 5 porquês, a qual é possível chegar na causa-raiz do problema traçado.

Figura 13 - Cinco porquês



Fonte: Autor, 2018.

A causa-raiz encontrada no método foi a que existem dificuldades de realizar manutenção preventiva na Fae, logo fez-se um plano de ação. É interessante frisar que elaborar um plano de ação é uma forma de separar as etapas de elaboração da execução, obtendo um estudo mais detalhado de todas as atividades necessárias para atingir o objetivo. Utilizou-se a ferramenta 5W2H para garantir um plano de ação mais eficaz.

Quadro 2 - Plano de ação

Plano de ação							
O quê?	Porque?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto custa?	Status
Organizar a Manutenção Preventiva 2018	Para que as máquinas possam ter uma maior disponibilidade.	Todos os setores	Afonso e Italo	21/12/2018	Executar a Preventiva de 2018 e melhorando os apontamentos. Outro ponto importante é sanar pendências e planos de ação em aberto.	-	Concluída
Analisar e classificar os métodos de manutenção	Para conhecer todos os ativos da máquina e traçar planos de manutenção corretos para cada máquina.	Todos os setores	Italo	09/11/2018	Fazendo uma análise de Criticidade de cada máquina e a melhor adequação dentre as vertentes de manutenção (Corretiva, Preventiva e Preditiva).	-	Concluída
Organizar o setor manutenção	Para facilitar a organização de estoque e pessoas.	Manutenção	Afonso e Italo	07/12/2018	Realizando o tagueamento e codificação de ativos e a definição do fluxograma de serviços.	-	Concluída
Planos e métodos de manutenção	Para garantir a melhor execução da manutenção preventiva.	Manutenção	Italo	31/12/2018	Reavaliando os planos existentes, de acordo com as fichas técnicas das máquinas e se eles realmente atendem a criticidade, periodicidade e ao método de manutenção estabelecidos na primeira parte do projeto.	-	Concluída
Estratégia e indicadores	Para ajudar nas tomadas de decisões do setor.	Manutenção	Italo	25/01/2019	Implementando reuniões de melhorias (Análise de RAF's) e apresentação de resultados para a diretoria dos indicadores apontados.	-	Concluída

Fonte: Autor, 2018.

#### 4.1.5.1. *Análise e classificação dos métodos de manutenção*

Foi feita uma análise de Criticidade de cada máquina e a melhor adequação dentre as vertentes de manutenção (Corretiva, Preventiva e Preditiva), através de questionários com parâmetros e pesos diferentes de acordo com a teoria. Utilizou-se a Classificação ABC de acordo com os requisitos versus o nível de impacto de parada na tabela abaixo.

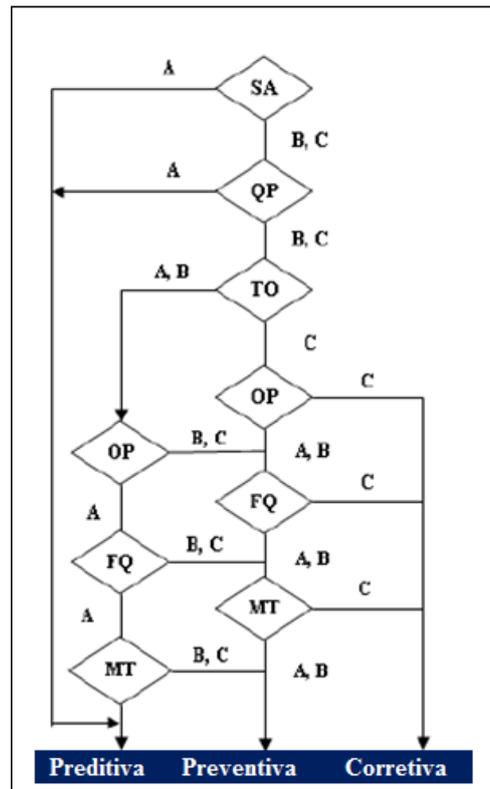
Quadro 3 - Requisito versus impacto de paradas não programadas

Requisitos	Impacto		
	Alto - A	Médio - B	Baixo - C
Segurança e Meio-Ambiente (SA)	Acidentes Pessoais, Agressões ao Meio-ambiente e Danos Materiais	Exposição a Riscos de Acidentes ao Meio - ambiente ou do Patrimônio	Nenhum risco
Qualidade e Produtividade (QP)	Produtos com defeito, redução da Velocidade e Redução da Produção	Variação da Qualidade ou da produtividade	Não afeta
Oportunidade de Produção (OP)	Cessa todo o processo	Cessa parte do processo	Não afeta
Taxa de Ocupação (TO)	24 horas por dia	Dois turnos ou horário Administrativo	Ocasionalmente ou não faz parte do processo produtivo
Frequência de Quebra (FQ)	Intervalo menor que 6 meses	Em média uma vez ao ano	Raramente ocorre
Mantenabilidade (MT)	O tempo e/ou custo do reparo são elevados	O tempo e/ou custo do reparo são suportáveis	O tempo e/ou custo do reparo são irrelevantes

Fonte: Autor, 2018.

Para a classificação de cada máquina, utilizou-se um fluxograma onde é possível através de comparações e análises identificar qual a manutenção mais adequada para cada tipo de ativo, tais análises foram realizadas em encontros com a equipe de manutenção e produção.

Figura 14 - Fluxograma da Classificação ABC



Fonte: Autor, 2018.

#### 4.1.5.2. Organização da manutenção

Nesta etapa o foco principal foi a concepção do Tagueamento e codificação de ativos e a definição do fluxograma de serviços. Para que isso ocorresse viu-se a necessidade de se ter o conhecimento de todas as peças de cada máquina para compor as fichas técnicas, neste caso, o setor de Manutenção possuía tais informações em ficheiros, sendo necessário transformar para o formato digital, que conseqüentemente melhoraria o controle desde o apontamento das corretivas, até a construção de planos de manutenção. Com isso seria possível codificar os ativos de maneira mais eficiente.

Nesta mesma etapa, foram propostas remodelações no modelo de Ordem de serviço, na planilha de controle de Corretivas e de Compras, mudanças na planilha de Estoque Mínimo para a Corretiva e a criação de um modelo de Relatório de Análise de Falhas (RAF) que utiliza ferramentas da qualidade para se achar a causa-raiz e aplicar ações que realmente serão responsáveis por sanar tal problema.

#### 4.1.5.3. *Planos e métodos de manutenção*

Já existiam quase todos os planos de manutenção mecânico e elétrico, no caso, o trabalho proposto nessa etapa foi a reavaliação dos planos existentes, de acordo com as fichas técnicas das máquinas e se eles realmente atendiam a criticidade, periodicidade e ao método de manutenção estabelecidos na primeira parte do projeto.

A criação de um plano de lubrificação da fábrica foi estudada, pois entende-se que é de vital importância. Para tal ação foi proposto o cadastro de todos os pontos lubrificáveis de todas as máquinas. O plano possuiria informações como a sequência de localização, uma fotografia destacando o ponto de lubrificação, uma breve descrição, a periodicidade, o tipo de graxa e sua quantidade.

Nesta mesma etapa viu-se a necessidade de se fazer o acompanhamento do estoque para a realização dos planos, tal levantamento feito e precificado (Em conjunto com o setor de compras) antes do início da execução das Preventivas de 2019. É importante lembrar que em paralelo a essas ações deveria ser montado o Mapa das Preventivas em conjunto da produção.

#### 4.1.5.4. *Estratégia e indicadores*

Nesta etapa a ideia constitui-se a implementação de reuniões de melhorias (Análise de RAF's) e apresentação de resultados para a diretoria dos indicadores apontados. Com toda as etapas anteriores implementadas de forma satisfatória, serão propostos os seguintes indicadores:

- Disponibilidade (reformulado);
- MTBF (Tempo médio entre falhas);
- MTTR (Tempo médio para reparo);
- Backlog (OM's penderes);

## **4.2. Execução**

A etapa de execução refere-se à realização das ações recorrentes do plano de ação e as de ver e agir. Além dos treinamentos a todos os membros do setor afim de que o conhecimento seja fixado em todas as esferas.

### **4.2.1. *Treinamento de Envolvidos***

Em relação aos treinamentos oferecidos aos funcionários, fez-se o do programa de qualidade 5S, onde após tal ação, incentivou-se a execução do programa nas áreas comuns da manutenção. Outro treinamento oferecido foi em relação ao de preenchimento de ordens de manutenção e dos relatórios de análise de falhas, para isso foram apresentadas as ferramentas de qualidade utilizadas na construção das RAF's.

### **4.2.2. *Execução das Ações Ver e Agir***

Todas as ações que tinham um grande impacto e fácil implementação foram executadas com a ajuda de toda equipe do setor. Foram resolvidos problemas de falta de controle dos fornecedores de serviços, de estoque, planos de ação atrasados e ordens de manutenção não preenchidas.

#### **4.2.2.1. *Ausência de Controle dos fornecedores de serviços.***

Foi criada uma planilha no Microsoft Excel com todos os fornecedores de serviços, tendo como informações cadastradas o nome da Empresa, ramo de atividade, telefones, vendedor representante, e-mail, endereço contendo rua, bairro, cidade, estado e CEP. Outras informações fornecidas pelo setor de compras que também fazem parte do cadastro foi o Lead Time em dias e o prazo de pagamento aceito por cada fornecedor.

Figura 15 - Planilha de Controle de fornecedores de serviço

	Empresa	Atividade	Telefone
3	Mdn		(85) 98619-4
4	Oregon Climatização e ir		(85) 98674-4
5	I/O Tecnologia Industrial		(85) 3013-3
6	Clara Máquinas e Equipa		(85) 3346-1
7	Usinagem Magalhães		(85) 98621-1
8	Zirondi Eletroerosão Ind		(11) 4476-1
9	Alphamatic comércio e s		(11) 5841-4
10	Artécnica pneumática		(85) 98784-4
11	HE Service Compressore		(85) 3113-3
12	Batten Service		(11) 2228-7
13	Airmax Compressores		(85) 98200-0
14	JMR Ferramentas de Co		(11) 4337-9
15	Bemax Automação e ma		(85) 98225-5
16	Cenarcom Central de Ar		(85) 3274-1
17	RN Bombas		(85) 98519-9
18	Flateck		(85) 98214-4
19	IBAP- Indústria Brasileira		(85) 99645-4
20	DCDN		(85) 98893-4
21	Redutores Lilo		(19) 3442-3
22	Phoenix Comercial LTDA		(85) 99964-4
23	MSR Metalúrgica		(85) 99816-6
24	ITN	Manutenção de fornos a indução	(11) 96373-3
25	ServTherm Fornos a Indução Ltda	Vendas de fornos a indução	(11) 99612-2
26	Iewla	Vendas de Equipamento Eletroeletrônicos e Mecânicos	(85) 3476-1
27	WRC	Usinagem e manutenção industrial	(85) 98616-6
28	CVG Automação	Manutenção e projetos industriais	(85) 98583-3
29	Skyline Technology	Soluções industriais	(85) 98953-3
30	Durametal	Tambores de freio, disco de freio, cubos de roda	(85) 98898-8
31	Icomat	Vendas de máquinas e equipamentos para fundição	(11) 4640-2
32	Bezerra Oliveira	Vendas de peças em geral	(85) 98619-9
33	TecnoFlash	Climatização evaporativa	(85) 99984-4
34	Leão dos Retentores e Rolamentos	juntas, borrachas, base de motor, vedações hidráulica e pneumática, rolamentos	(85) 99703-3
35	Serviços Elétricos	Instalações elétricas industriais	

Fonte: Autor, 2018.

O principal objetivo desta planilha foi otimizar o tempo de serviços, como requisição de um serviço terceirizado ou até mesmo a compra de uma peça que não tem em estoque e está sendo solicitada para sanar um problema inesperado.

#### 4.2.2.2. Controle de estoque intermediário deficitário.

Para tal controle foi criada uma planilha no Microsoft Excel onde possui as seguintes abas: Estoque de peças, peças utilizadas e peças requisitadas. O grande fator para a construção dessa planilha é a falta de um sistema de manutenção, devido ao alto custo de implantação. Dessa forma, todas as peças requisitadas para serviços nas máquinas são cadastradas e debitadas no estoque de peças. Com tal controle é possível estabelecer um estoque de segurança e quando realizar compras de materiais.

Figura 16 - Planilha de controle do estoque intermediário

ESTOQUE DE PEÇAS MANUTENÇÃO									
Código	Bematech	Nome da peça	Especificações	Estoque inicial	Unidade	Usadas	Requisição	Estoque atual	
Peças Utilizadas - Manutenção						20			
Peças Requisitadas						20			
								10	
Data	Código da peça	Bematech	Nome da peça	Especificações	Quantidade				
								1	
								1	
								1	
Código	Bematech	Nome da peça	Especificações	Quantidade requisitada					
57	901140001	Sensor PNP	8mm	2					
58	901140002	Sensor NPN	8mm	2					

Fonte: Autor, 2018.

#### 4.2.2.3. Planos de ação atrasados junto ao Sistema da Qualidade.

Nesta ação foram executados e preenchidos os formulários dos planos de ação que estavam em aberto no Sistema de Qualidade da Empresa. Três dessas ações eram de melhoria, emitidas na auditoria interna da companhia e uma delas sobre os indicadores não alcançados do setor. Em conjunto com a equipe foi realizado um brainstorming e todos os documentos foram preenchidos e enviados ao setor de qualidade, tendo total aprovação no resultado final.

#### 4.2.2.4. Ordens de manutenção não preenchidas.

Foi implantada uma política de acompanhamento para o preenchimento das ordens de manutenção de cada funcionário. No primeiro momento, foi mostrada a importância de se ter uma base histórica para a manutenção e de como aquela ação impactaria no trabalho de cada mantenedor. Após tal feito, fez-se um preenchimento paralelo e comparou-se se o funcionário estava de fato cumprindo com o acordo. Aproveitou-se nesta ação para ouvir dos funcionários quais dificuldades eles possuíam na hora do preenchimento das fichas e com isso fez-se um treinamento de consolidação do conhecimento.

### 4.2.3. Execução do Plano de Ação

Todas as ações previstas no plano de ação foram desmembradas e executadas para trazer benefícios a médio e longo prazo no setor.

#### 4.2.3.1. Análise e classificação dos métodos de manutenção

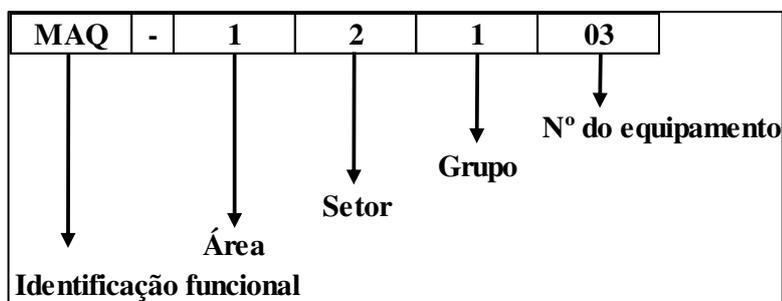
Classificou-se todos os ativos da empresa de acordo com a metodologia de classificação ABC, onde ao término do processo houve uma orientação do setor de manutenção em relação as máquinas e suas respectivas classes. Foram classificadas cinquenta e três máquinas na classe B, ou seja, prioridade média, a manutenção preventiva é a mais indicada para essa classe.

Já para a classe C que é considerada a de baixa prioridade, foram contabilizadas sete máquinas, ou seja, ativos que não apresentam risco ao meio-ambiente, usados de forma aleatória e que não possuem valor de manutenção relevante além de não impactar na produção. A priorização de máquinas e equipamentos estabelecida nesta etapa refletiu diretamente na montagem dos planos de manutenção, bem como na periodicidade das intervenções preventivas nas máquinas sejam elas mecânicas ou elétricas.

#### 4.2.3.2. Organização da manutenção

Iniciou-se com a execução do Tagueamento de todos os ativos, sendo todas as máquinas classificadas por um número do equipamento, grupo pertencente, setor de instalação, área, e identificação funcional (normalmente a abreviação do nome da máquina). A seguir a imagem mostra o exemplo da estrutura de Tagueamento utilizado.

Figura 17 - Ficha de tagueamento das máquinas



Fonte: Autor, 2018.

Em consequência ao Tagueamento conseguiu-se realizar a construção das fichas técnicas de cada máquina. Utilizando o Microsoft Excel classificou-se os ativos por seus grupos e quais as peças pertencentes a cada um deles. A figura 18 é o exemplo de como a ficha implantada na empresa deve ser preenchida.

Figura 18 - Ficha técnica das máquinas

Logo da empresa		Ficha Técnica - Máquina A	
Máquina	Foto	Grupo	Peças
Máquina A	-	Grupo 01	Peça 01
			Peça 02
			Peça 03
			Peça 04
			Peça 05
	-	Grupo 02	Peça 01
			Peça 02
			Peça 03
			Peça 04
			Peça 05
			Peça 06
			Peça 07
			Peça 08

Fonte: Autor, 2018.

Com essa ação concluída pode-se construir um banco de dados fiel a realidade da empresa, sendo de total importância para o setor de manutenção preventiva e de compras, pois se sabe a quantidade necessária de compra ou requisição de materiais. Outro ponto importante que foi impactado com tal ação foi a melhoria na resolução de problemas, devido a melhor identificação de cada peça dos ativos e consequentemente a redução no tempo de tomada de decisão.

Em relação a Ordem de Manutenção, fez-se algumas alterações para facilitar o trabalho dos mantenedores, pois a empresa ainda não possui um módulo de Manutenção integrado ao de produção o que implica em um preenchimento manual das fichas. Segue a ficha que foi implementada no setor.

Figura 19 - Ordem de manutenção

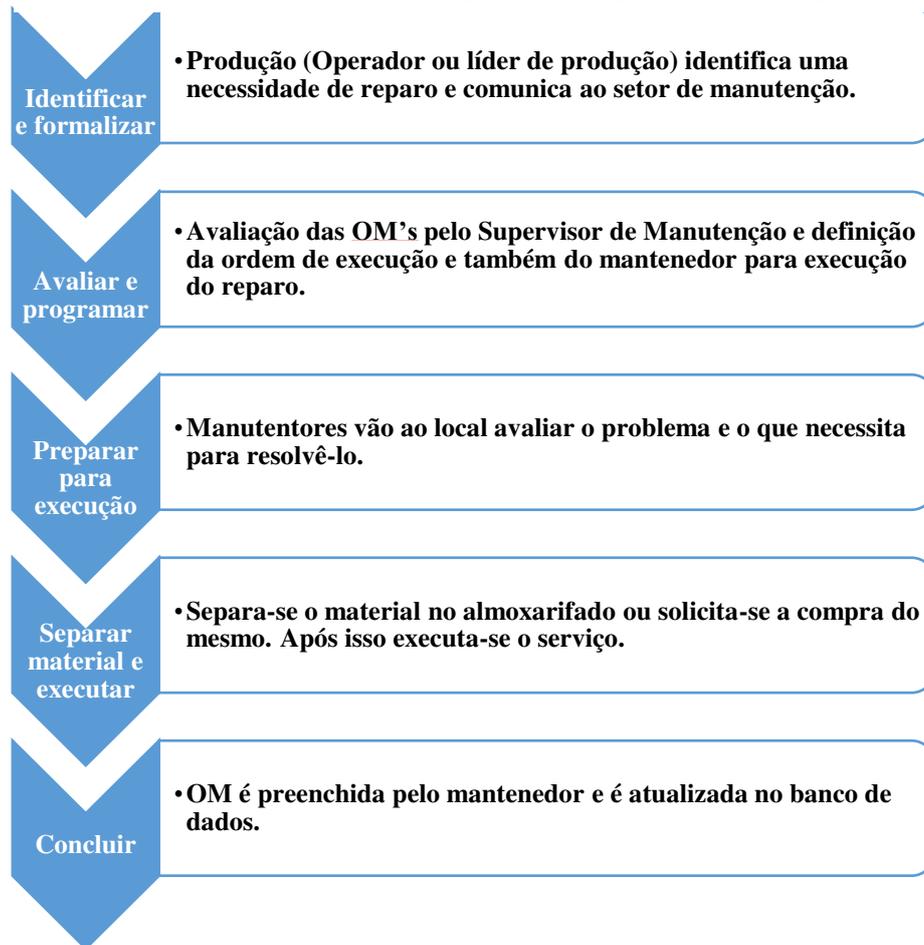
Logo da empresa	<b>Ordem de Manutenção</b>			Nº
<b>Falha:</b>				
<b>Setor:</b>				
<b>Máquina:</b>		<b>Conjunto:</b>		
Executante		Matrícula		
<b>Área de Manutenção</b>		<input type="checkbox"/> Mecânica <input type="checkbox"/> Elétrica		
<b>Tipo de Manutenção</b>		<input type="checkbox"/> Corretiva <input type="checkbox"/> Preventiva <input type="checkbox"/> Melhoria		
<b>Início</b>		Data: __/__/__	Hora: __: __	
<b>Final</b>		Data: __/__/__	Hora: __: __	
<b>Descrição:</b>				
<b>Recursos utilizados</b>		<b>Quantidade</b>	<b>Solicitação de Compra</b>	<b>Quantidade</b>

Fonte: Autor, 2018.

Todas as mudanças foram catalogadas junto ao setor de qualidade da empresa. A ordem de serviço criada contém as seguintes informações: Numeração; Falha; Setor; Máquina; Executantes; Matrícula dos executantes; Área de manutenção; Tipo de manutenção; Descrição da falha constatada; Descrição do serviço executado; Materiais necessários; Data e hora do início e do término do serviço e solicitação de compra. Posteriormente, as ordens de serviço foram lançadas em um banco de dados, que armazena os dados e histórico dos equipamentos.

Após a atualização da ficha das Ordens de Manutenção, atualizou-se também o fluxograma de solicitação de serviços. Nesta etapa, em um primeiro momento analisa-se o fluxo do serviço de manutenção, sendo mapeado desde o momento da percepção da necessidade de intervenção mecânica, passando pela data da execução da atividade, e por fim avaliando seu pós-acompanhamento para verificação da eficácia do trabalho.

Figura 20 - Fluxograma de solicitação de serviços de manutenção



Fonte: Autor, 2018.

Analisando a realidade encontrada na empresa, percebeu-se que a informação muitas vezes não era repassada a equipe de manutenção, que por sua vez, quando recebia a informação sobre a necessidade de intervenção mecânica, acabava por ter poucos dados, ocasionando interpretações ambíguas e falta de materiais para execução.

Após o serviço ainda existia o problema de preenchimento das Ordens de Manutenção, o que acabava ocasionando inconsistências no banco de dados. Todas as modificações foram concretizadas e atualizadas nos procedimentos operacionais padrões da empresa.

Com a consolidação do banco de dados, construiu-se um relatório de Análise de Falhas que tinha como metodologia a junção de algumas ferramentas de qualidade, como diagrama de causa e efeito e 5 porquês. Para o preenchimento desse relatório são selecionadas as falhas que mais impactaram em quantidade de minutos parados em um

determinado período de tempo. Todas as informações são coletadas do banco de dados, sendo previamente preenchidas nas Ordens de Manutenção.

Figura 21 - Relatório de Análise de Falhas

logo da empresa	<b>Relatório de Análise de Falhas - RAF</b>			Data: 02/01/2019	
	Manutenção Mecânica e Elétrica			S	T
Título:					
Equipamento:		Conjunto:		OM:	
Descrição:				Hora Inicial:	
				Hora término:	
Criador da RAF:		Setor:			
Executante	Matrícula	Executante	Matrícula		
Responsável pelo problema (Colocar os MINUTOS DE PARADA por responsável)					
<input type="checkbox"/>	Manut. Corretiva MEC	<input type="checkbox"/>	Manut. Preventiva MEC	<input type="checkbox"/>	Produção
<input type="checkbox"/>	Manut. Corretiva ELE	<input type="checkbox"/>	Manut. Preventiva ELE	<input type="checkbox"/>	Outros
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Qualidade
Anomalia					
Causa (Diagrama Causa-efeito)					
Mão de obra	Máquina	Método			
Medida	Meio Ambiente	Matéria prima			Efeito
5 Porquês					
1º		1º			
2º		2º			
3º		3º			
4º		4º			
5º		5º			
Causa-raiz:			Causa-raiz:		
Ação Emergencial					
Plano de ação					
Item	O que	Observação	Quando	Quem	
1					
2					
3					
4					
Comentários					

Fonte: Autor, 2018.

De modo geral percebeu-se um plano de ação mais consistente e conseqüentemente o objetivo do relatório alcançado, pois falhas que eram consideradas crônicas foram resolvidas após a análise e implementação das ações.

#### 4.2.3.3. Planos e métodos de manutenção

Reavaliou-se os planos de manutenções existentes, de acordo com as fichas técnicas das máquinas que foram feitas na etapa de organização da manutenção. Fez-se uma análise de periodicidade de acordo com a criticidade estabelecida na etapa de classificação ABC.

Analisou-se os manuais de instruções, com a busca por planos de manutenção preventiva, sendo que após tal consulta, foram analisados os históricos de manutenções a fim de verificar a durabilidade média de componentes. Foram verificadas a presença de peças com durabilidade informada pelos fabricantes, como rolamentos, pistões pneumáticos, entre outros. Vale ressaltar que para implantar ou atualizar o plano de manutenção preventiva de uma máquina foi necessário listar os componentes com características de desgaste natural de acordo com o uso da mesma. A figura 22 mostra um exemplo de plano de manutenção preventiva de uma máquina da empresa.

Figura 22 - Checklist de manutenção preventiva

Logo da empresa		CHECKLIST DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA MÁQUINA A				
<b>SETOR : 01</b>						
MANUTENÇÃO: MENSAL						
DADOS						
MÁQUINA	HORAS PREV.	HORAS REAIS	HR. INÍCIO	HR. TÉRMINO	PERIODICIDADE	OM
	4:00					
		DT. INICAL		DT. TERMINO		
01 - ATIVIDADES PREVISTAS						
SEQ	DESCRIÇÃO					EXECUTD.
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Manutenção Mecânica</b>					
01	Verificar estado geral da estrutura.					
02	Verificar exaustor, quanto ao funcionamento.					
03	Verificar os rolamentos e correias do motor.					
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Manutenção Elétrica</b>					
01	Verificar estado das pistolas.					
02	Inspeccionar terminais do módulo de comando da pistola.					
03	Verificar iluminação da cabine.					
04	Verificar motor do exaustor da cabine.					
05	Testar aterramento.					
02 - ATIVIDADES PENDENTES						
SEQ	DESCRIÇÃO					EXECUTD.
SEQ	OBSERVAÇÕES					

Foi estudado a implementação de um plano de lubrificação da fábrica. No primeiro momento, fez-se um plano piloto com um conjunto de máquinas, onde se cadastrou todos os pontos lubrificáveis. O cadastro possui informações como a sequência de localização, uma fotografia destacando o ponto de lubrificação, uma breve descrição, a periodicidade, o tipo de graxa e sua quantidade. A conclusão do plano está prevista para o segundo semestre de 2019.

Fez-se o levantamento do estoque para a realização dos planos de manutenção preventiva e em conjunto com o setor de compras precificou-se todos os materiais necessários antes do início da execução das Preventivas de 2019.

A programação da execução dos planos de manutenção preventiva foi dividida no Mapa anual de cinquenta e duas semanas. Neste mapa estão contidas as manutenções semanais, mensais, trimestrais, semestrais e anuais. Todas foram divididas de acordo com a capacidade da equipe atual da manutenção. É importante frisar que nas atividades semelhantes foi delegada a execução sempre ao mesmo mantenedor, pois é esperado que o mesmo reduza o tempo de execução das atividades, tendo em vista que acaba tornando-se especialista de determinada área.

#### 4.2.3.4. *Estratégia e indicadores*

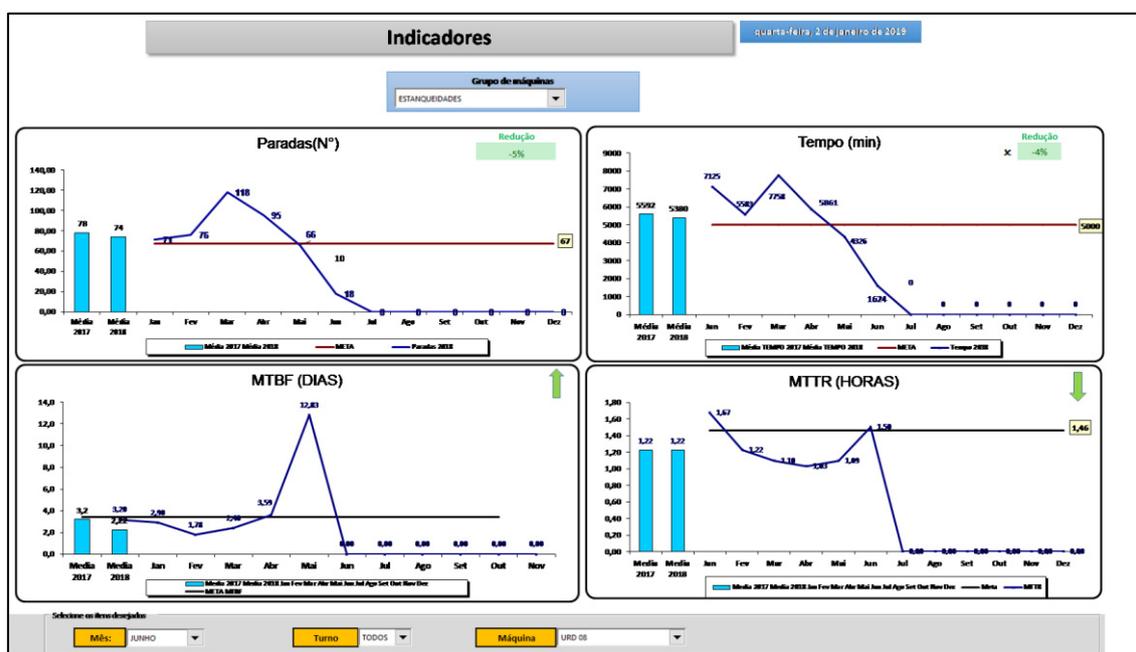
Após as etapas anteriores serem implementadas com sucesso, fez-se reuniões com a equipe de manutenção para conseguir relacionar os indicadores apontados com o objetivo principal e com os específicos do setor. Estes objetivos pretendem determinar os métodos de manutenções mais adequados ao parque fabril, para então propor-se a estrutura de trabalho necessária para que a equipe de mantenedores execute os métodos indicados, o que consistiu na implantação de um modelo de gestão baseado no PCM. Os indicadores selecionados trouxeram de imediato os benefícios ao atendimento do setor, com a redução no tempo de tomada de decisão.

Além dos conceitos sobre os indicadores e a listagem de seus benefícios trazidos à instituição, foi definido a forma de coletar os dados, a periodicidade dessas coletas e a sua fórmula de cálculo. A forma da coleta varia de acordo com cada indicador, mas a periodicidade é sempre igual, sendo coletada diariamente do banco de dados, sendo que este é alimentado diariamente pela própria equipe de manutenção. As ordens de

manutenção possuem um papel de grande importância na obtenção de um resultado seguro.

Para controle de todos os indicadores foi desenvolvida uma ferramenta no Microsoft Excel em que se tem os indicadores de Disponibilidade, MTBF, MTTR, Backlog, Apropriação de horas/Funcionário, Custo direto com materiais, LCC (Em implementação até o final de 2019), Horas de treinamento ou reciclagem. A estratificação dessa ferramenta depende totalmente do banco de dados estabelecido através das fichas das ordens de manutenção, sendo possível analisar a máquina por nível, conjunto e peças. Na figura 23, pode-se observar a interface desse sistema.

Figura 23 - Planilha de Indicadores



Fonte: Autor, 2018.

### 4.3. Checar

Nesta etapa após a execução de todas as ações previstas em plano de ação e ações de ver e agir, checkou-se as ações, através de rituais de gestão e a elaboração da gestão à vista do setor.

#### **4.3.1. *Gestão à vista***

Na sala administrativa da manutenção foi instalado um quadro para aplicação de gestão à vista do setor. Com o auxílio da ferramenta formulada para os indicadores de manutenção, criou-se uma rotina semanal de criação de relatórios para que os indicadores fossem atualizados no quadro e que toda a equipe e as pessoas que viessem a sala pudessem ver os resultados da manutenção e como os problemas estavam sendo resolvidos.

Além do espaço para os indicadores foi estabelecido um para avisos do setor ou dos recursos humanos, sempre com o objetivo de deixar toda a equipe ciente de tudo que estivesse ocorrendo na empresa. Neste mesmo quadro ficou a pasta dos procedimentos padrões, os quais toda a equipe também poderia tê-los com fácil acesso e ao lado o espaço de projetos e melhorias em execução. Em um quadro ao lado, posicionou-se pastas para cada mantenedor colocarem suas fichas de ordens de manutenção, sejam elas preventivas ou corretivas.

#### **4.3.2. *Rituais de Gestão***

Em relação a rituais de gestão foi criada uma rotina com um ritual mensal com a presença dos supervisores e diretores. Nesta reunião eram apresentados os resultados dos indicadores, andamento de projetos, calendário de manutenções preventivas, ou seja, em suma a reunião tem como objetivo validar os resultados e ações de melhoria e as premissas e diretrizes para o setor em relação a empresa.

Outra reunião foi criada com frequência semanal, onde participam toda a equipe de manutenção em conjunto com o supervisor da área, sendo nesse momento analisado as principais falhas e desvios ocorridos na semana anterior, preenchimento das RAF's e abertura de planos de ação e discussão das ações de ver e agir tomadas durante o período.

#### **4.4. Agir**

É a etapa em que são feitas as ações corretivas necessárias que visam corrigir as falhas que apareceram durante a execução do processo e que foram evidenciadas na etapa de checagem nos rituais de gestão ou na gestão à vista.

#### **4.4.1. Ações Corretivas e Padronização**

Por ser uma etapa que necessita de um estudo do histórico de atingimento de metas e outros indicadores, o resultado só será discutido no final do ano de 2019, mas até o mês de fevereiro, com todas as mudanças propostas e estabelecidas, a meta de 98% de disponibilidade foi atingida e conseqüentemente todas as modificações serão padronizadas no final do período estabelecido para prevenir a reincidência do problema e garantir o resultado.

Caso haja algum empecilho durante 2019 e a meta não seja alcançada em algum mês é recomendado voltar a análise de fatos e dados e tomar ações corretivas, ou seja, rodar novamente o Ciclo PDCA, pois todos os resultados fora da meta deverão ser profundamente analisados identificando-se as causas e após a identificação das mesmas, ações devem ser estabelecidas para garantir o resultado no mês seguinte.

#### **4.5. Resultados**

Com base nas etapas de implantação do ciclo PDCA foi possível observar os pontos que se destacaram durante a execução de todas as ações propostas, sejam elas de Ver e Agir ou as incorporadas ao plano de ação.

Nas ações de Ver e Agir, a criação da planilha para resolver a ausência de controle dos fornecedores de serviços otimizou o tempo de requisição de atividades terceirizadas e conseqüentemente impactou na diminuição das paradas não programadas. Já a planilha de controle de estoque intermediário auxiliou na construção de um estoque de segurança que abrangesse todas as áreas atendidas pelo setor, sendo a redução de custos com materiais obsoletos o resultado mais significativo para a companhia.

Já em relação aos planos de ação atrasados junto ao Sistema da Qualidade houve uma melhora na comunicação entre setores e todos os planos foram revisados e atualizados. Já o problema do não preenchimento das ordens de manutenção houve uma melhora por parte dos manutentores após os treinamentos dados pela gestão do setor.

Na Análise e classificação dos métodos de manutenção obteve-se a priorização de máquinas e equipamentos, o que influenciou a montagem dos planos de manutenção preventiva. Já na fase de organização da manutenção com o tagueamento das máquinas foi possível realizar a construção das fichas técnicas das máquinas. Essa etapa viabilizou o cadastro e codificação dos equipamentos, individualizou cada equipamento, gerando

agilidade e organização no acompanhamento de sua vida útil, o seu histórico de quebra e custos.

Já a ação de remodelação das fichas de ordem de manutenção proporcionou uma maior colaboração por parte dos mantenedores no preenchimento adequado das fichas. Isso colaborou para a construção de um histórico para cada equipamento, o que possui fundamental importância para a organização do sistema do setor de manutenção, pois as informações contidas na ordem de manutenção, organizadas em histórico, servem de base para tomada de decisão gerencial.

A atualização do fluxograma de acordo com as mudanças do setor garantiu maior fluidez na resolução de ocorrências e a criação das RAF's foi de alto impacto para o setor, pois com as análises feitas a partir dos relatórios gerados, foi resolvido dois problemas crônicos de dois setores distintos. Isso apenas comprovou a eficácia de um plano de ação melhor elaborado e executado.

Em relação aos planos de manutenção preventiva conseguiu-se a aprovação do orçamento estimulado para o centro de custo o que viabilizou a compra do material para a execução do mapa de manutenções estabelecidos durante as cinquenta e duas semanas do ano. Espera-se que as ações tomadas a manutenção preventiva sejam continuadas pelo setor, e que elas proporcionem um aumento da confiabilidade do equipamento, redução da manutenção corretiva, além de auxiliar no aumento da arrecadação da empresa.

Para a fase de estratégia e indicadores foi definido rituais de gestão para a apresentação e discussão dos mesmos e com isso espera-se que com a implantação das melhorias propostas a meta estipulada de 98% de disponibilidade do parque fabril seja alcançada em todos os meses de 2019, o que de fato indicará um melhor desempenho do setor de manutenção através dos resultados alcançados.

## 5. CONCLUSÃO

Neste presente trabalho foi aplicado o método PDCA em diversos conceitos relacionados a manutenção industrial. As mudanças propostas na etapa de planejamento foram executadas na etapa de execução do método.

Na etapa de Checagem consolidou-se os rituais de gestão e a cultura de gestão à vista, sendo de fundamental importância para a transparência de informações entre a gestão do setor e os mantenedores, o que aumentou o envolvimento de todos os trabalhadores do setor.

A meta estipulada de 98% de disponibilidade do parque fabril foi alcançada nos meses de janeiro e fevereiro de 2019, indicando um melhor desempenho do setor de manutenção através dos resultados alcançados.

O principal efeito de todas as mudanças implementadas foi o fortalecimento do banco de dados da manutenção que influenciou diretamente nos indicadores de verificação e controle implantados, o que levou a diminuição do tempo de tomada de decisão da gestão atuante. Vale lembrar que todos os treinamentos realizados com os mantenedores foram de extrema importância para o bom resultado alcançado.

Com isso, conclui-se que o modelo de gestão da manutenção com base na implantação ou reestruturação de funções para o PCM através do método PDCA, atende as mudanças necessárias para que toda a equipe do setor consiga trabalhar de forma ativa na execução de suas atividades, aumentando desta maneira, a disponibilidade do parque fabril e reduzindo custos diretos e indiretos.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos. **Documento Nacional 2013: A situação da manutenção no Brasil**. 28º Congresso Brasileiro de Manutenção. Salvador - BA, 2013.
- ARAÚJO, Igor Mateus de; SANTOS, Crisluci Karina Souza. **Manutenção Elétrica Industrial**. (s.l.) UFRN, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- BADIRU, A. B. AYENI, B. J. **Practitioner's guide to quality and process improvement**. London: Chapman & Hall, 1993.
- BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Editora Ciência Moderna Ltda. Rio de Janeiro - RJ, 2006.
- CAMPOS, V.F. **Gerenciamento Pelas Diretrizes**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni Escola de Engenharia UFMG, 1996.
- CAMPOS, V.F. **Gerenciamento da Rotina do trabalho dia-a-dia**. Belo Horizonte: Editora Desenvolvimento Gerencial, 2001.
- CBIC. **Excelência em gestão na construção** – Disponível em <<https://docplayer.com.br/69310288-Excelencia-em-gestao-na-construcao.html>> Acesso em: 29 de dezembro de 2018.
- ESCOLA DE GESTÃO. **Módulo PDCA**. Belo Horizonte, Instituto Aquila, 2017. 300 slides
- FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Elsevier Editora Ltda, 7ª reimpressão. Rio de Janeiro - RJ, 2009.
- FRANKLIN, Yuri; NUSS, Luiz Fernando. **Ferramenta de Gerenciamento**. Resende: AEDB, Faculdade de Engenharia de Resende, 2006.
- GODOY, M. H. P. C. **Brainstorming**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.
- GODOY, R; BESSAS, C. **Formação de Gestores- Criando Bases da Gestão**. Belo Horizonte. Editora Libretteria, 2018.
- ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Qualidade Total**. Editora Campus. Rio de Janeiro – RJ, 1993.
- KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009.

MANUTENÇÃO. **Dicionário online do Michaelis**. Disponível em <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/manuten%C3%A7%C3%A3o/>>. Acesso em 17 jan. 2019.

MELO, C. P. CARAMORI, E. I. **PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura – versão 2.0**. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987.

NEPOMUCENO L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OSADA, T. TAKAHASHI, Y.; **Tpm-total productive maintenance**. Asian Productivity Organization, Tokio, 1990.

PAULINO, Jorge. **A Importância da Engenharia de Manutenção no Planejamento Estratégico das Empresas**. Engenharia no Dia a Dia. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://engenharianodiaadia.blogspot.com.br/2011/9/importancia-da-engenharia-de-manutenca.html>>. Acessado em: 10 de janeiro de 2019.

PIECHNICKI, Ademir Stefano. **Metodologias para implantação e desenvolvimento de sistemas de gestão da manutenção: As melhores práticas**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa – PR, 2011.

SILVA, Michel Philippe da Trindade e. **Aplicação de técnicas de manutenção preditiva para o aumento da confiabilidade de locomotivas diesel-elétricas**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro – RJ, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 3ed, 2009.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Paraná, 2008.

SOUZA, R. **Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

STRÖHER, Leandro Martin. **Evolução do Planejamento e Controle de Manutenção na ótica da manutenção de classe mundial**. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES. Lajeado – RS, 2012.

SULLIVAN, G. P. PUGH, R. MELENDEZ, A. P. HUNT, W. D. **Operations & Maintenance Best Practices A Guide to Achieving Operational Efficiency**. Pacific Northwest National Laboratory for the Federal Energy Management Program.2004.

TAVARES, Lourival Augusto; CALIXTO, Marco; POYDO, Paulo Roberto. **Manutenção centrada no negócio**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 2005.

VERRI, Luiz Alberto. **Gerenciamento pela Qualidade Total na manutenção industrial: Aplicação Prática**. 1ª Edição, Qualitymark. Rio de Janeiro – RJ, 2007.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2006. 167 p.

VIANA, Luiz Paulo. **III Seminário de Manutenção – Trabalhos Técnicos – seção regional VII – Paraná e Santa Catarina**. Curitiba: ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção, 1991.

VIERRI, Luiz Alberto; **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial: Aplicação Prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007 .

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade**. 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998.