



**MANUTENÇÃO AUTÔNOMA COM FOCO EM LIMPEZA E INSPEÇÃO:  
ESTUDO DE CASO APLICADO NA MELHORIA DO RENDIMENTO  
PRÓPRIO DE UMA LAVADORA DE GARRAFAS**

**Mário Reis Serra Neto**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Belém

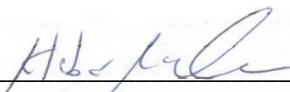
Agosto de 2021

**MANUTENÇÃO AUTÔNOMA COM FOCO EM LIMPEZA E INSPEÇÃO:  
ESTUDO DE CASO APLICADO NA MELHORIA DO RENDIMENTO  
PRÓPRIO DE UMA LAVADORA DE GARRAFAS**

Mário Reis Serra Neto

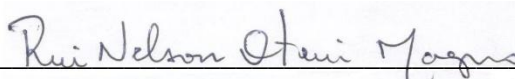
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



---

Prof. Kleber Bittencourt Oliveira, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



---

Prof. Rui Nelson Otoni Magno, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



---

Prof. Edinaldo José de Sousa Cunha, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



---

Prof. Nelson de Souza Amorim, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

AGOSTO DE 2021

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da UFPA**

---

Serra Neto, Mário Reis, 1987-  
Manutenção autônoma com foco em limpeza e inspeção:  
Estudo de caso aplicado na melhoria do rendimento próprio de  
uma lavadora de garrafas / Mário Reis Serra Neto - 2021.

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal  
do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Processos, 2021.

1. Manutenção 2. Confiabilidade 3. Manutenção autônoma  
4. Ferramentas de análise de falha I. Título

CDD 670.42

---

*Dedico este trabalho à Deus e à minha  
família.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por me dar forças e saúde para encarar as batalhas diárias.

À minha família, por me apoiar durante os momentos de dificuldade e compreender o tempo que dediquei a essa pesquisa.

Ao meu tio, por ter estado sempre presente e me ajudado nos momentos de dificuldade.

Ao meu orientador, pelo acompanhamento durante as pesquisas experimentais e pela assistência na elaboração desta dissertação.

Aos professores e colegas do PPGEP.

*“Grandes batalhas são dadas apenas à  
grandes guerreiros...”*

(Autor desconhecido)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

**MANUTENÇÃO AUTÔNOMA COM FOCO EM LIMPEZA E INSPEÇÃO:  
ESTUDO DE CASO APLICADO NA MELHORIA DO RENDIMENTO  
PRÓPRIO DE UMA LAVADORA DE GARRAFAS**

**Mário Reis Serra Neto**

Agosto/2021

Orientador: Kleber Bittencourt Oliveira

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Devido ao impulso competitivo e busca por melhorias contínuas a baixo custo, a manutenção industrial tornou-se fator estratégico nas empresas. Desta forma, o objetivo deste estudo é analisar o rendimento próprio de um equipamento e a aplicabilidade da manutenção autônoma e seus ganhos. A metodologia se baseou na identificação das lacunas de eficiência de uma linha de produção, correlacionada com rendimento próprio de cada equipamento da linha produtiva, conseqüentemente com os modos de falhas do equipamento. Através dos dados levantados, foram analisadas várias frentes e usadas ferramentas de análise de falhas para a tomada de ações eficazes. Concluiu-se que é possível atuar de modo preventivo usando a manutenção autônoma, de forma que o operador da máquina identifique o problema na sua fase inicial e desenvolva ações para solução definitiva do problema.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**AUTONOMOUS MAINTENANCE FOCUSED ON CLEANING AND  
INSPECTION: A CASE STUDY APPLIED IN IMPROVING THE  
PERFORMANCE OF A BOTTLE WASHER**

**Mário Reis Serra Neto**

August/2021

Advisor: Kleber Bittencourt Oliveira

Research Area: Process Engineering

Due to the competitive drive and the search for continuous improvements at low cost, industrial maintenance has become a strategic factor in companies. Thus, the objective of this study is to analyze the performance of a piece of equipment and the applicability of autonomous maintenance and its gains. The methodology was based on the identification of efficiency gaps in a production line, correlated with the proper yield of each equipment in the production line, consequently with the equipment's failure modes. Through the collected data, several fronts were analyzed and failure analysis tools were used to take effective actions. It was concluded that it is possible to act preventively using autonomous maintenance, so that the machine operator can identify the problem in its initial phase and develop actions to definitively solve the problem.



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 - OBJETIVOS.....	3
<b>1.1.1 - Objetivo geral.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2 - Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1 - BREVE HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	5
2.2 - MANUTENÇÃO COMO FATOR ESTRATÉGICO.....	6
2.3 - CLASSIFICAÇÕES DA MANUTENÇÃO.....	9
<b>2.3.1 - Manutenção corretiva.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.2 - Manutenção preventiva.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.3 - Manutenção preditiva.....</b>	<b>12</b>
2.4 - MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC).....	13
<b>2.4.1 - Comparação entre os tipos de manutenção.....</b>	<b>13</b>
2.5 - MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM).....	14
2.6 - MANUTENÇÃO AUTÔNOMA (MA).....	17
2.7 - MÉTODO PDCA.....	18
2.8 - FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE FALHA.....	18
<b>2.8.1 - FMEA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.8.2 - Árvore de Falhas/FTA - Fault Tree Analysis.....</b>	<b>19</b>
<b>2.8.3 - OS 5 porquês.....</b>	<b>22</b>
<b>2.8.4 - Diagrama de Ishikawa.....</b>	<b>23</b>
<b>2.8.5 - Diagrama de Pareto.....</b>	<b>24</b>
2.9 - INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO.....	25
<b>2.9.1 - Confiabilidade.....</b>	<b>25</b>
<b>2.9.2 - Disponibilidade inerente.....</b>	<b>26</b>
<b>2.9.3 - Disponibilidade operacional.....</b>	<b>27</b>
2.10 - INDÚSTRIA CERVEJEIRA.....	28
<b>2.10.1 - Brassagem.....</b>	<b>28</b>
<b>2.10.2 - Fermentação e maturação.....</b>	<b>29</b>
<b>2.10.3 - Filtração e carbonatação.....</b>	<b>29</b>

<b>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
3.1 - DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE COLETA DE DADOS.....	31
3.2 - DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADOS.....	33
3.3 - DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADO ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA (MA).....	35
<b>3.3.1 - Implementação fase 1 – Limpeza e inspeção inicial.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.2 - Implementação fase 2 – Eliminar fontes de contaminação e locais de difícil acesso.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.3 - Implementação fase 3 – Padrões de limpeza e lubrificação.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.4 - Implementação fase 4 – Inspeção geral.....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>37</b>
4.1 - IMPLANTAÇÃO.....	37
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>59</b>
5.1 - CONCLUSÕES.....	59
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE A - CHECK – LIST DO PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE B - PROCEDIMENTOS DE LUBRIFICAÇÃO.....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Evolução da manutenção a partir da década de 1950.....	6
Figura 2.2	Curva da banheira de confiabilidade.....	8
Figura 2.3	Tipos de manutenção.....	10
Figura 2.4	Equipamento portátil para aquisição de dados de temperatura, vibração e pressão em motores diesel.....	12
Figura 2.5	Evolução da manutenção até chegar no estágio de manutenção produtiva total.....	15
Figura 2.6	Os oito pilares do TPM.....	16
Figura 2.7	Etapas de desenvolvimento da manutenção autônoma.....	18
Figura 2.8	Níveis hierárquicos.....	20
Figura 2.9	Eventos de entrada e saída em uma porta lógica.....	21
Figura 2.10	Portas lógicas “E” e “OU”.....	21
Figura 2.11	Representação de eventos.....	22
Figura 2.12	Representação esquemática do diagrama de Ishikawa.....	24
Figura 2.13	Diagrama de Pareto por quantidade de defeitos.....	25
Figura 2.14	Etapas de produção de cerveja.....	30
Figura 3.1	Linha de produção de cerveja.....	32
Figura 4.1	Eficiência da linha no ano de 2019.....	37
Figura 4.2	Ineficiência de equipamentos nas semanas.....	38
Figura 4.3	Histórico de falhas nos últimos 3 meses.....	38
Figura 4.4	Objetivo do rendimento próprio da lavadora de garrafas.....	39
Figura 4.5	Reunião de alinhamento.....	40
Figura 4.6	Cronograma de implantação.....	41
Figura 4.7	Sujidade na lateral.....	42
Figura 4.8	Pintura e retirada de vazamento.....	42
Figura 4.9	Prensa rótulo com falha.....	43
Figura 4.10	Prensa rótulo pós intervenção.....	43
Figura 4.11	Rolamento danificado.....	43
Figura 4.12	Rolamento substituído.....	43
Figura 4.13	Erro de lubrificação.....	44
Figura 4.14	Correção da lubrificação.....	44

Figura 4.15	Quadro elétrico aberto.....	44
Figura 4.16	Fechamento do quadro.....	44
Figura 4.17	Seccionadora quebrada.....	45
Figura 4.18	Substituição por nova.....	45
Figura 4.19	Proteção da ventoinha quebrada.....	45
Figura 4.20	Substituição por nova.....	46
Figura 4.21	Análise dos 5 Porquês.....	47
Figura 4.22	Lista de etiquetas.....	48
Figura 4.23	Lista de etiquetas – Fontes de sujidade.....	49
Figura 4.24	Mapa de lubrificação.....	50
Figura 4.25	Mapa de contaminação.....	51
Figura 4.26	MTBF.....	52
Figura 4.27	MTTF.....	52
Figura 4.28	Etiquetas abertas x tratadas.....	53
Figura 4.29	FEMEA.....	54
Figura 4.30	Resumos dos planos.....	55
Figura 4.31	Evolução do objetivo.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Comparação tipos de manutenção.....	14
Tabela 3.1	Tabela de cálculo das variáveis.....	33

## NOMENCLATURA

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
TPM	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL
RCM	MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
FMEA	ANÁLISE DO MODO DE FALHA
MA	MANUTENÇÃO AUTÔNOMA
FTA	ÁRVORE DE FALHAS
MTBF	TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS
MTTR	TEMPO MÉDIO PARA REPAROS
HEF	HORAS DE EFICIÊNCIA DE LINHA

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

As empresas industriais têm buscado medir a eficiência de seus sistemas produtivos, identificando e eliminando perdas, de modo a manter a competitividade por meio de seus métodos operacionais. A busca por melhorias nos processos produtivos levou muitas indústrias a incessante busca por ferramentas e metodologias que elevassem a produtividade de seus equipamentos como forma de alcançar a eficiência. A utilização desses tipos de estratégias faz com que as empresas se sobressaiam umas às outras e ganhem reconhecimento e visibilidade no mercado atuante. Portanto, a manutenção tem se tornado fator relevante na estratégia de competição de empresas industriais.

A partir de uma observação macro do sistema, nota-se que na indústria de alimentos, mais precisamente a de envase de cervejas e refrigerantes este cenário não é diferente, em virtude do trabalho incansável por reduzir custos nos processos, tornando a manutenção autônoma como uma estratégia capaz de mudar o cenário vivido.

Desta forma, vários conceitos e tipos de manutenção são disseminados e aplicados nas indústrias de maneira a assegurar a regularidade da produção, em que pequenas interrupções podem gerar grandes prejuízos, descumprindo o fluxo produtivo. Para isso, é de responsabilidade do gerenciamento da manutenção encontrar resultados satisfatórios que conduzam o alcance das metas pré-estabelecidas pela companhia, garantindo todas as variáveis aplicáveis aos controles de produção.

Diante do exposto surge o conceito de Manutenção Autônoma que de acordo com GOMES *et al.* (2011), consiste na manutenção simples executada pela própria operação do equipamento trazendo benefícios como: aumento da produtividade; redução do tempo de parada da linha de produção; disponibilidade do pessoal da manutenção para solucionar outros problemas; maior envolvimento dos operadores com sua atividade; menor tempo na execução da manutenção desses equipamentos e maior envolvimento entre a manutenção e a produção.

Seguindo a linha atual, vê-se que as empresas buscam cada vez mais a confiabilidade e melhoria contínua dos seus processos e ainda percebe-se em geral segundo RODRIGUES (2010), o desperdício improdutivo por falta de manutenção

autônoma onde as falhas poderiam ser evitadas se o processo correto estivesse sendo seguido ou ainda mesmo implantado.

Nesse sentido, unificar as ferramentas de manutenção, evita uma série de problemas que são comuns em empresas que não dispõem de gestão efetiva de manutenção padronizada e também onde o corpo operacional não participa da mesma, os obstáculos mais comuns referem-se a: problemas crônicos; baixa produtividade; horas extras em excesso; atrasos na produção e não cumprimento de prazos; constantes serviços emergenciais; manutenção predominantemente corretiva e não planejada (FIDELIS *et al.*, 2015).

Por isso, para DEMING (1993) não realizar a devida manutenção nos equipamentos acarreta em paradas inesperadas e na diminuição da qualidade dos produtos, gerando produtos defeituosos. Essas situações fazem com que o processo passe por muitas perdas, resultando em altos custos e diminuição da credibilidade com os clientes.

A eficiência de uma linha de produção depende da eficiência com que ela usa equipamentos, materiais e métodos de processamento. Muitas ferramentas, como por exemplo o TPM (Total Productive Maintenance - Manutenção produtiva total), aplicam o conceito de manutenção autônoma como forma de melhorar a eficiência dos fluxos produtivos. Porém, a implementação do TPM requer a participação de toda a organização através do investimento considerável de vários recursos. Nesse âmbito, muitas indústrias, com baixo poder aquisitivo, possuem capacidade de investimento limitada, diminuindo as possibilidades de implementação. Assim, apenas a implementação da manutenção autônoma ajuda essas indústrias a melhorar as condições de operação dos maquinários e, assim, aumentar o rendimento próprio dos mesmos.

Nesse contexto, a manutenção autônoma tornou-se então uma estratégia eficaz para derrubar as barreiras tradicionais entre as áreas de produção e manutenção, contribuindo para o aumento da eficiência dos equipamentos. Portanto, permite que os operadores tenham funções básicas de manutenção, com o objetivo de melhorar a operação da máquina, proporcionando a inspeção autônoma de equipamentos para detectar possíveis falhas e anomalias. A mudança no trabalho do operador libera os técnicos de manutenção para gabaritar a manutenção preventiva ou possíveis melhorias no projeto do equipamento (NAKAJIMA, 1989; AHUJA e KUMAR, 2009).

Diante das considerações, limita-se a aplicação da manutenção autônoma em uma lavadora de garrafas em uma indústria cervejeira com a finalidade de avaliar a



implementação da ferramenta, através da análise dos indicadores de eficiência e rendimento próprio. Também se propõe avaliar os resultados quantitativos e qualitativos, validando as possíveis melhorias através da implantação da Manutenção Autônoma.

Em vista disso, realizou-se uma análise estruturada de forma a analisar primeiramente o comportamento da eficiência da linha de produção no ano de 2019 em relação a meta estipulada no início do ano de 2020. Logo após, observou-se que existia uma diferença que demonstrava que a meta, seguindo o comportamento presente, não era factível. Dessa forma, foi identificado as possíveis máquinas que estavam afetando a eficiência da linha com seu rendimento próprio abaixo do esperado e executado o plano de implementação.

Portanto, para otimizar a disponibilidade e eficiência, segundo KARDEC (2015), é necessário diminuir os tempos de parada do sistema, minimizando o MTTR (Tempo médio para reparo), diminuir as perdas de produção por baixo desempenho e aumentar o MTBF (Tempo médio entre falhas), com a busca da causa fundamental das falhas, evitando a reincidência delas. Além disso, deve ser enfatizado a qualidade na execução e a criação de procedimentos de manutenção efetivos e práticos.

## 1.1 - OBJETIVOS

### 1.1.1 - Objetivo geral

Implementar a manutenção autônoma em uma lavadora de garrafas de forma a identificar o impacto dentro do processo produtivo, a disponibilidade e rendimento próprio da máquina.

### 1.1.2 - Objetivos específicos

- Aplicar as fases de implementação da manutenção autônoma na lavadora de garrafas;
- Realizar o levantamento de dados do histórico de falhas e manutenções do equipamento;
- Realizar o levantamento de dados do histórico de falhas e manutenções na lavadora de garrafas após a aplicação do método de manutenção autônoma;

- Realizar a análise dos dados a fim de identificar se existiram melhorias operacionais após a aplicação do método de manutenção autônoma.

## **CAPÍTULO 2**

### **REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **2.1 - BREVE HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO**

Manutenção é um termo presente na história humana desde os primórdios da utilização de ferramentas de produção. Com a Revolução Industrial (século XVIII) e as revoluções tecnológicas dos séculos XX e XXI, tomou posição cada vez mais importante a todos aqueles que utilizam de máquinas e equipamentos na transformação de matérias-primas em produtos acabados (COSTA, 2013).

Segundo Viana (2002), o surgimento dos instrumentos de produção ocorreu nos meados do século XVIII, com o início da Revolução Industrial na Inglaterra, surgindo juntamente com esse fenômeno o conceito de manutenção industrial, onde operadores foram treinados para operarem e manterem as máquinas.

Ainda segundo os autores, séculos depois, durante a Segunda Guerra Mundial, foram desenvolvidas as técnicas de organização, controle e planejamento da manutenção, sendo conceituado por VIANA (2002), como a conservação dos homens e materiais em nível de constante operação.

Com o amadurecimento dos conhecimentos sobre manutenção, começaram a evidenciar-se mais os impactos dessa atividade, quando feita de maneira mais organizada. Então, nesse contexto, surgem as primeiras técnicas de planejamento de serviços, aplicadas por Taylor e Fayol, por volta dos anos 1900 (TAVARES, 2000). Dessa maneira, eram mapeados os recursos necessários para uma intervenção, buscando antecipar as atividades indiretas na realização da atividade principal. Logo, a manutenção veio a se firmar como fator essencial à uma organização durante a Segunda Guerra Mundial. A necessidade por garantir o pleno funcionamento de armas, veículos e aviões, dimensionando corretamente recursos e minimizando o tempo de intervenção, levou ao desenvolvimento de diversas técnicas de organização, planejamento e tomada de decisão (VIANA, 2002).

Décadas depois, como maneira de se recuperarem do pós-guerra, empresas Japonesas importaram dos EUA e Europa, métodos de organização e gerenciamento de processos, que combinados com a sua cultura, deram origem ao TPM (Manutenção

Produtiva Total). Na Figura 2.1, é apresentada a evolução da manutenção a partir de 1950 (VIANA, 2002).

1980-90	TPM no Brasil Softwares ERP Fundação do JIPM ( <i>Japan Institute of Plant Maintenance</i> )	Manutenção baseada nas condições
1970	Incorporação dos conceitos das ciências do comportamento Engenharia de sistemas TPM na Nippondenson	
1962	Engenharia de confiabilidade	Manutenção baseada no tempo
1960	Introdução da prevenção da manutenção	
1957	Manutenção corretiva com incorporação de melhorias	
1954	Manutenção do sistema produtivo	
1951	MP - Manutenção Preventiva	

Figura 2.1 - Evolução da manutenção a partir da década de 1950.  
Fonte: VIANA (2002).

## 2.2 - MANUTENÇÃO COMO FATOR ESTRATÉGICO

Manutenção refere-se as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação ou ainda como os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas. Manutenção significa a ação ou o efeito de manter, zelar e conservar, administrar e gerenciar (SOUZA, 2012). Trazendo tais significados ao âmbito industrial, manutenção admite a responsabilidade de garantir a funcionalidade dos equipamentos que compõem as instalações de uma planta industrial.

Conforme a ABNT NBR 5462 (1994), manutenção é interpretada como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, outrora projetada. Sendo assim, a manutenção tem papel fundamental na conservação, adequação, restauração ou retrofitting, substituição e prevenção de um

item, por meio de um conjunto de técnicas e tomadas de ações intervencionistas em busca do funcionamento permanente e regular de ferramentas, equipamentos, máquinas e toda instalação fabril.

Segundo VANOLLI (2003) *apud* SOUZA (2012), a manutenção já foi considerada um mal necessário nas empresas há décadas, porém, hoje é admitida como uma função estratégica, fator de qualidade e produtividade. As organizações utilizam atualmente o planejamento estratégico da manutenção para orientar suas ações e atingir suas metas.

De acordo com FUENTES (2006) também citado por SOUZA (2012), na elaboração da estratégia de manutenção, os gestores têm que atentar aos seguintes itens: capacidade de operação, quantidade e disponibilidade de recursos (ativos), know-how (conhecimento e tecnologia necessária), integração entre os níveis hierárquicos da empresa, sistemas de recrutamento e capacitação de colaboradores, etc.

Outro conceito importante que pode ser tratado como fator estratégico na indústria é o de confiabilidade ou Manutenção Centrada na Confiabilidade (Reability Centered Maintenance – RCM). Segundo MOUBRAY (1996) *apud* SELLITTO (2005), a incorporação dos elementos de confiabilidade, estratégias comuns de manutenção ocorreram por volta de 1996. Algumas das metas da RCM são a identificação dos modos de falha e suas consequências, a escolha da técnica de manutenção de maior custo-benefício e o acompanhamento da aplicação a fim de minimizar o risco e falha.

Já segundo HIGGINS (2001) *apud* SELLITTO (2005), a classificação da escola nipo-americana de estratégias de manutenção segue o seguinte padrão:

- A emergencial opera até a falha, reparando o item que falhou;
- A corretiva opera até a falha, reforçando ou corrigindo o item que falhou;
- A preditiva executa intervenções baseadas em diagnósticos;
- A preventiva executa intervenções incondicionais constantes de um programa pré-agendado.

Existe outra abordagem de estratégia de manutenção baseada na função risco de Weibull, que pode ser entendido como um método estatístico que modela dados de falha em uma distribuição específica de Weibull. De acordo com GROSH (1989) *apud* SELLITTO (2005), algumas das possibilidades oferecidas pela análise de Weibull é identificar se a falha é um evento prematuro, randômico ou ocasionado por desgaste, onde as curvas  $h(t)$  variam com os seguintes comportamentos:

- $H(t)$  decrescente: aponta para eventos prematuros;
- $H(t)$  constante: aponta para eventos randômicos;
- $H(t)$  crescente: aponta para eventos de desgaste.

Ainda segundo os autores, uma das maneiras de visualizar a análise pela  $h(t)$  é a curva da banheira, representada pelas três fases da vida de componentes de maneira individual, sendo que cada etapa emprega uma estratégia de manutenção diferente. Na Figura 2.2 é apresentada a curva da banheira com as diferentes fases de vida do componente, sendo dividida em fase de mortalidade infantil, fase de maturidade e fase de mortalidade senil.

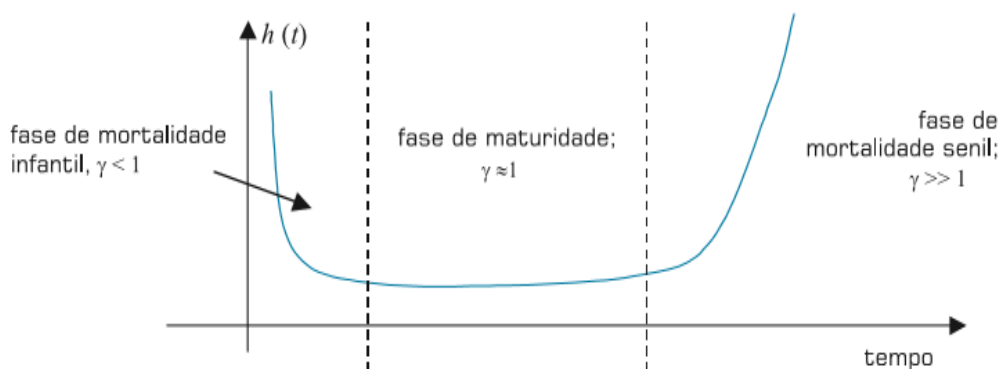


Figura 2.2 - Curva da banheira de confiabilidade.  
Fonte: SELKITTO (2005).

KARDEC e NASCIF (2009) enfatizam que para a manutenção ser considerada estratégica, deve estar voltada para os resultados empresariais da organização. Deve ser eficaz, mantendo a função do equipamento disponível para a operação e atenuando probabilidades de uma parada de produção não programada. Ainda conforme os autores, os reflexos que a mudança estratégica da manutenção tem sobre os resultados empresariais são:

- Aumento da disponibilidade;
- Redução de custos;
- Aumento da lucratividade;
- Aumento da segurança pessoal, das instalações e meio ambiente.

Dentre as técnicas e filosofias mais difundidas para a gestão estratégica da manutenção pode-se mencionar a Manutenção Produtiva Total (TPM).

## 2.3 - CLASSIFICAÇÕES DA MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção apresentam a maneira como as ações de intervenção em máquinas e equipamentos podem ser abordadas. Para os fins do vigente tópico, na visão da escola nipo-americana, a estratégia de manutenção pode ser dividida em:

- Manutenção Emergencial;
- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Preventiva.

Já de acordo com KARDEC e NASCIF (2009), existe uma variedade muito grande de denominações para classificar a atuação da manutenção, sendo que essa variedade provoca, não raramente, certa confusão na caracterização dos tipos de manutenção. Por isso, ainda segundo os autores, é importante uma caracterização mais objetiva dos diversos tipos de manutenção. Algumas práticas básicas definem os tipos de manutenção da seguinte maneira:

- Manutenção Corretiva Não Planejada;
- Manutenção Corretiva Planejada;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Detectiva;
- Engenharia de Manutenção.

Para KARDEC e NASCIF (2009), os diversos tipos de manutenção também podem ser considerados como políticas de manutenção, quando sua aplicação é o resultado de uma definição gerencial ou política global da instalação, baseada em dados técnicos-econômicos. Dentro desse quadro, várias ferramentas disponíveis e adotadas hoje em dia adotam a nomenclatura “manutenção” em seus nomes, não sendo esses, novos tipos de manutenção, mas ferramentas que permitem a aplicação dos seis tipos principais de manutenção citados anteriormente, destacando-se:

- Manutenção Produtiva Total (TPM) - Total Productive Maintenance;
- Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) – Reability Centered Maintenance;
- Manutenção Baseada na Confiabilidade (RBM) – Reability Based Maintenance.

Na Figura 2.3, é apresentado esquema que engloba as diferentes estratégias de manutenção, dentro do universo da engenharia de manutenção.

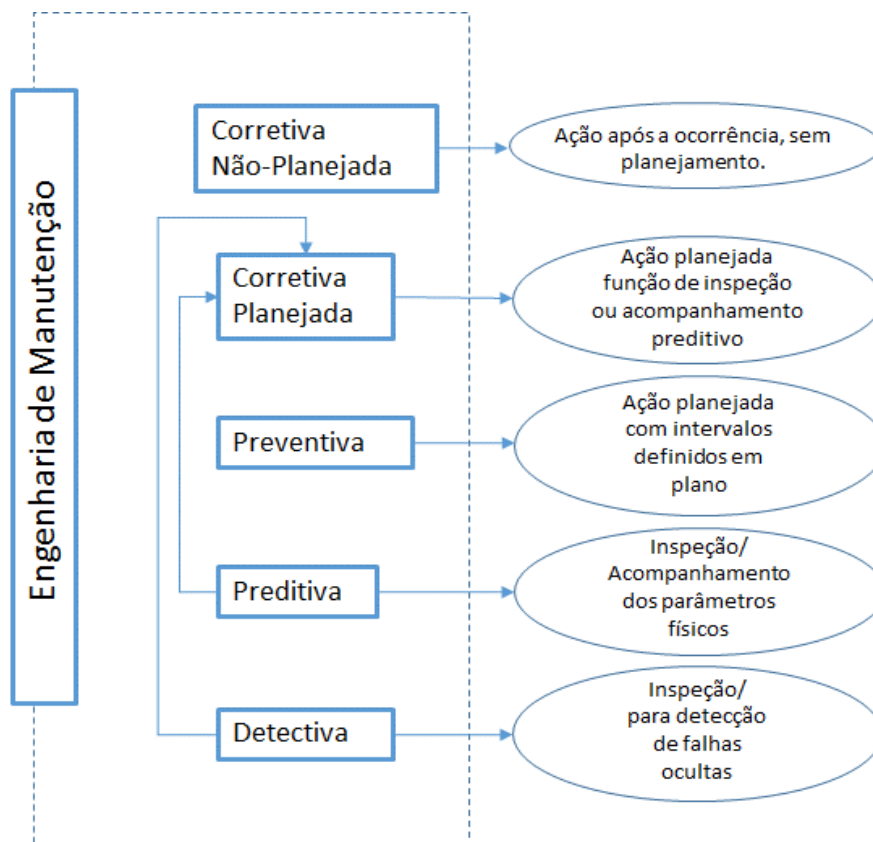


Figura 2.3 - Tipos de manutenção.  
Fonte: KARDEC e NASCIF (2009).

A fim de debater de forma objetiva as diferentes classificações da estratégia de manutenção, serão abordados nos itens abaixo, as classes de manutenção corretiva, preventiva e preditiva.

### 2.3.1 - Manutenção corretiva

Segundo XENOS (1998), a manutenção corretiva é feita sempre e depois que o equipamento falha. A pergunta a ser feita consiste em: É menos dispendioso consertar uma falha do que tomar ações preventivas? Do ponto de vista econômico, se a manutenção corretiva for menos custosa se torna uma boa opção.

Baseado no que foi discutido anteriormente, outro ponto a ser levado em consideração é as perdas por paradas na produção, pois a manutenção corretiva pode sair muito mais cara do que foi imaginado inicialmente.



Ainda segundo o autor, tratando do ponto de vista do custo de manutenção, a corretiva é mais barata que do que prevenir as falhas do equipamento, porém, em compensação, pode causar grandes perdas por pausa na produção. Pode-se considerar outros fatores importantes antes de se considerar o uso da manutenção corretiva:

- Existem ações preventivas que podem ser tomadas para evitar a falha do equipamento, sendo estas tecnicamente viáveis e econômicas? Se não houver, a corretiva torna-se viável;
- Não podendo se prever o momento da falha em muitos dos casos, existe a possibilidade de parada na produção de forma inesperada. Se a interrupção for excessivamente longa, haverá prejuízos significativos para a empresa;
- Optando pela manutenção corretiva para partes menos críticas do equipamento, é preciso ter os recursos necessários – sobressalentes, mão de obra e ferramental, visando reduzir impactos na produção.

### **2.3.2 - Manutenção preventiva**

A manutenção preventiva deve ser feita periodicamente e representa a atividade principal de manutenção na indústria, sendo o coração das atividades de manutenção. Esta envolve algumas tarefas sistemáticas, como inspeções, reformas e trocas de peças, tendo caráter obrigatório.

Conforme XENOS (2014) a manutenção preventiva, comparada com a manutenção corretiva (abordada posteriormente), no ponto de vista de custo, é mais cara, pois as peças devem ser trocadas e os componentes reparados antes de atingirem seu limite de vida, contudo na função disponibilidade de equipamento ela é mais vantajosa.

Ou seja, a manutenção preventiva representa maior custo se comparada a corretiva, pois os componentes têm que ser trocados, muitas vezes antes de atingirem o limite de vida útil. No entanto, com a implementação da estratégia preventiva, a frequência de ocorrência de falhas e paradas inesperadas diminui, aumentando a disponibilidade dos equipamentos. Desse modo, a manutenção preventiva pode ser mais barata que a corretiva, considerando a não existência de paradas inesperadas.

### 2.3.3 - Manutenção preditiva

A manutenção preventiva, como citado anteriormente, observada do ponto de vista dos custos de manutenção é mais cara, pois realiza a troca dos componentes antes de atingirem o limite de vida útil. Com o intuito de otimizar a troca dos componentes e prever quando estes estão próximos da falha, foi criada a modalidade de manutenção preditiva. A capacidade de prever as possíveis falhas dos componentes também permite estender o prazo de troca e realizar mudanças no plano de manutenção.

Para VIANA (2002), o intuito da manutenção preditiva é definir qual o tempo necessário para a aplicação de uma intervenção sem que haja a necessidade de desmontar o equipamento para reparos, de maneira a garantir o máximo de durabilidade. Dessa forma, o equipamento tem maior disponibilidade já que se pode realizar um planejamento com a máquina em funcionamento.

Para isso, a preditiva utiliza tecnologias avançadas, com o uso de sensores e aquisição de dados de temperatura, vibrações, etc. dos componentes, a fim de prever falhas. Dentro da indústria, existem equipes especializadas e designadas apenas para a manutenção preditiva. Na Figura 2.4, há um exemplo de equipamento utilizado para aquisição de dados para manutenção preditiva de motores diesel.



Figura 2.4 - Equipamento portátil para aquisição de dados de temperatura, vibração e pressão em motores diesel.

Fonte: Windrock 6400 Portable Analyser, 2019.

## 2.4 - MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)

Segundo VIANA (2002), a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) consiste em um processo utilizado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no contexto operacional, visando estudar as diversas formas de como um componente pode vir a falhar, visualizando as ações a serem tomadas e representando um instrumento para tomada de decisão gerencial.

FOGLIATTO e RIBEIRO (2009) definem confiabilidade como um item destinado à probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas.

Os quatro objetivos da Manutenção Centrada na Confiabilidade, citado por VIANA (2002), os quais a equipe de MCC deve alcançar, são:

1. Preservar as Funções do Sistema;
2. Identificar modos de falha que influenciam tais funções;
3. Indicar a importância de cada falha funcional;
4. Definir tarefas preventivas em relação às falhas funcionais.

Ainda de acordo com os autores, para se chegar à concretização destes objetivos, deve-se seguir os seguintes passos:

- Seleção do sistema e levantamento de dados;
- Definição das fronteiras do sistema;
- Descrição do sistema e subsistemas;
- Identificação das funções e falhas funcionais;
- Análise de modos de falhas (FMEA);
- Diagrama de decisão.

### 2.4.1 - Comparação entre os tipos de manutenção

Os tipos de manutenção apresentados, possuem algumas vantagens e desvantagens, as quais podem ser destacadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Comparação tipos de manutenção.

<b>Tipos</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Preventiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta a confiabilidade do equipamento</li> <li>- Prolonga a vida útil dos equipamentos</li> <li>- Reduz o estoque de peças sobressalentes</li> <li>- Maior rendimento e durabilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior número de interferências, o que possibilita erro humano</li> <li>- Grande número de avarias</li> <li>- Substituição de peças antes vida útil</li> </ul>
<b>Corretiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituição das peças ao final da sua vida útil;</li> <li>- Não exige acompanhamento e inspeções periódicas nos equipamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminui a confiabilidade do equipamento</li> <li>Redução da vida útil</li> <li>Aumenta o risco de acidentes</li> <li>Paradas inconvenientes e demoradas</li> </ul>
<b>Preditivas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aproveita ao máximo a vida do Equipamento;</li> <li>- Detecção precoce dos sintomas que procedem uma avaria</li> <li>- Elimina desmontagens desnecessárias</li> <li>- Aumenta a confiabilidade do equipamento</li> <li>Proporciona a redução do estoque de peças sobressalentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altos custos para a contratação de profissionais qualificados e treinados;</li> <li>- Grandes investimentos de recursos inicial, tecnológicos ou humanos;</li> <li>- Requer acompanhamentos e inspeções periódicas</li> </ul>

Fonte: NAKASATO (1994).

Observa-se que a corretiva possui poucas vantagens e um grande número de desvantagens, embora possa ser diminuída, tende a sempre ocorrer, pois quando o equipamento quebra não existe solução preventiva ou preditiva. Mesmo a preditiva possuindo mais vantagens, essas são muito parecidas com as da preventiva, porém, a preditiva, necessita de um grande investimento inicial de recursos tanto tecnológicos quanto humanos.

## 2.5 - MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

Em uma realidade industrial cada vez mais competitiva, faz-se necessário o uso mais racional e efetivo dos recursos de produção, bem como o desenvolvimento de

todos os setores que compunham a organização. Contudo, não basta aos setores desenvolverem-se de maneira individualizada, todos devem trabalhar de maneira conjunta e com a maior sinergia possível. Como resposta a essa realidade, o emprego da metodologia Manutenção Produtiva Total (TPM) segue como saída às necessidades de melhorar a eficiência da manutenção, que impacta diretamente na redução ou eliminação das perdas por manutenção, aumento do tempo de vida útil dos equipamentos fabris e aumento da eficiência, resultando no aumento global da produtividade industrial (PIRES NETO *et al.*, 2012).

Segundo KARDEC e NASCIF (2009), a Manutenção Produtiva Total, teve início no Japão, através da empresa Nippon Denso KK, pertencente ao grupo Toyota. Considera-se que o TPM deriva da manutenção preventiva, concebida originalmente nos Estados Unidos, tendo sua evolução de acordo com o diagrama da Figura 2.5.

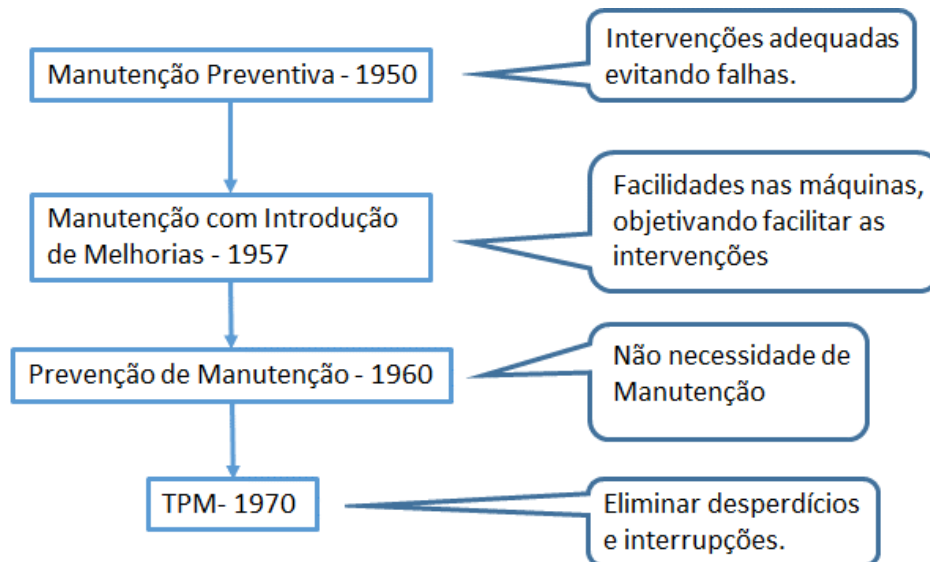


Figura 2.5 - Evolução da manutenção até chegar no estágio de manutenção produtiva total.

Fonte: KARDEC e NASCIF (2009).

Com as exigências cada vez mais rigorosas do mercado, as empresas foram obrigadas a se tornarem mais competitivas para sobreviver. Algumas das medidas adotadas dentro desse cenário foram:

- Eliminar desperdícios;
- Obter o maior desempenho dos equipamentos;
- Reduzir interrupções/paradas de produção por quebras ou intervenções;

- Redefinir o perfil de conhecimento e habilidades dos empregados da produção e manutenção;
- Modificar a sistemática de trabalho.

TONDATO e FOGLIATO (2005) afirmam que o desempenho do programa TPM no chão de fábrica pode ser precisamente medido através dos seguintes indicadores: grau de eficiência dos equipamentos, índices de qualidade de produtos e processos, número de acidentes e grau de incremento na capacidade profissional dos funcionários. Embora, a tais indicadores, o TPM tenha um efeito positivo nos métodos de trabalho e no espírito de equipe, elementos vitais para obtenção de uma empresa competitiva (RIBEIRO *et al.*, 2010). Ainda segundo os autores, utilizando a sistemática de Defeito Zero (Zero Defects), foram disseminados os seguintes conceitos base do TPM:

- Cada um deve exercer o autocontrole;
- A minha máquina deve ser protegida por mim;
- Homem, máquina e empresa devem estar integrados;
- A manutenção dos meios de produção deve ser preocupação de todos.

Na Figura 2.6, é representado o TPM apoiado sobre 8 pilares principais cujo objetivo é atingir maior eficiência produtiva.



Figura 2.6 - Os oito pilares do TPM.  
Fonte: KARDEC e NASCIF (2009).

## 2.6 - MANUTENÇÃO AUTÔNOMA (MA)

Segundo KARDEC e RIBEIRO (2002), a manutenção autônoma é classificada como o desenvolvimento dos sentimentos de propriedade e zelo pelos equipamentos por parte dos operadores, onde esses realizam limpezas e lubrificações periódicas, pequenos reparos, ajustes, regulagem e detecção.

Segundo NAKASATO (1994) *apud* SILVA e SILVA (2014) a manutenção autônoma designa o conjunto de atividades desempenhadas diariamente pelos operadores com a missão de manter os equipamentos operando de forma eficaz para atender as determinações do plano de produção, compreendendo atividades como: inspeção, lubrificação, pequenos reparos, solução de problemas e detecção de anomalias, limpeza dos equipamentos.

Ainda segundo KARDEC e RIBEIRO (2002), os principais objetivos da MA são:

- Treinar operadores para detectar anomalias;
- Capacitar operadores para entenderem os objetivos, funções e estruturas dos equipamentos, para sua correta operação;
- Capacitar os operadores para manterem os equipamentos em boas condições de operação;
- Disciplinar os operadores para seguirem os procedimentos operacionais.

Portanto a Manutenção Autônoma (MA) tem como papel base desenvolver habilidades de inspeção, detecção de problemas, conscientização de limpeza e conhecimento aos operadores para a realização de pequenas atividades e ajustes quando necessários, tendo como objetivo principal manter o equipamento em perfeitas condições de velocidade e qualidade no maior tempo disponível possível.

Ainda segundo KARDEC e RIBEIRO (2002), a fase de implementação da Manutenção autônoma segue uma série de atividade, para sua total realização. Na Figura 2.7, é esboçado o passo a passo para implementação da Manutenção Autônoma.

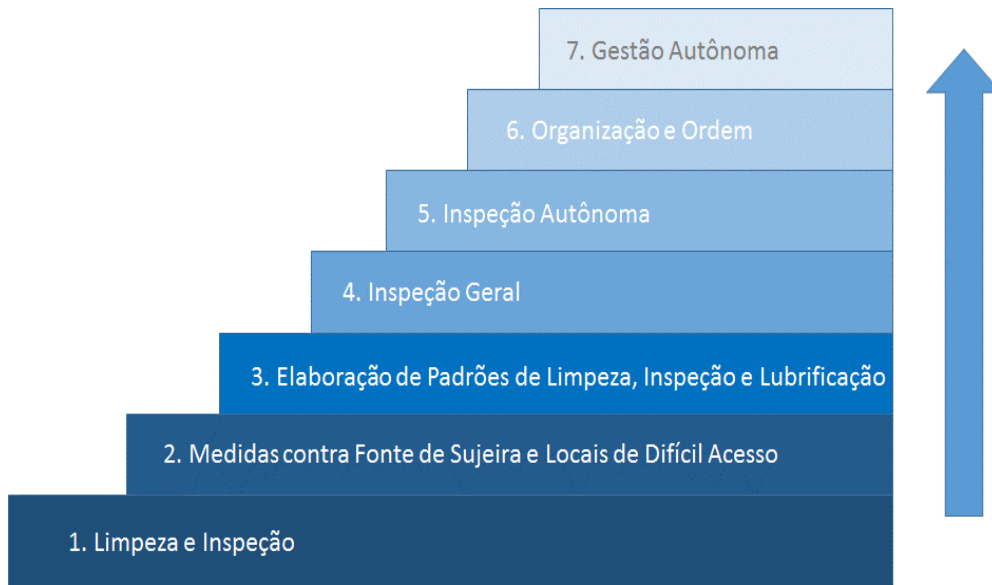


Figura 2.7 - Etapas de desenvolvimento da manutenção autônoma.  
Fonte: SILVA e SILVA (2014).

## 2.7 - MÉTODO PDCA

O método PDCA é um método de auxílio para se alcançar uma melhoria, por ser uma ferramenta simples, de fácil compreensão e fácil execução é muito bem aceita em várias organizações.

## 2.8 - FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE FALHA

### 2.8.1 - FMEA

O FMEA, Análise de Modo de Falha e seus Efeitos ou *Failure Mode and Effect Analysis*, é uma ferramenta utilizada para analisar possíveis desvios ou falhas e suas causas em um processo, serviço ou produto. As falhas são minuciosamente previstas e detalhadas a fim de serem tomadas ações preventivas posteriormente.

Tendo sido desenvolvido na década de 60, com o objetivo de identificar, hierarquizar e prevenir falhas potenciais de processos e equipamentos na indústria aeroespacial, de forma que fosse possível identificar os riscos de mais críticos e trabalha-los de forma preventiva (VOITTO, 2014).

Já de acordo com VIANA (2002) o FMEA consiste em um método para análise de falhas em processos produtos, com o objetivo de prevê efeitos indesejados



possibilitando a tomada de decisão de forma antecipada, identificando e priorizando ações que impeçam a existência desses defeitos. Ainda de acordo com Viana, a abordagem do FMEA trata o problema a partir da causa para o efeito, necessitando de documentação durante as etapas de sua realização.

Ainda de acordo com os autores, o método de análise de falha em questão auxiliará a equipe de Manutenção Centrada na Confiabilidade a determinar todos os modos de falha possíveis e suas consequências. A equipe também será capaz de apontar a criticidade de cada falha e indicar os componentes que devem ser submetidos a análise de MCC. De posse dessa ferramenta, a equipe será capaz de responder as seguintes questões:

1. Quais são os possíveis modos de falha?
2. Quais componentes do sistema ou subsistema serão afetados por esse modo de falha?
3. Quais os efeitos gerados pelas falhas nos sistemas ou subsistemas, em termos de danos físicos, segurança, perda financeira e qualidade final do produto?
4. Quais ações podem ser tomadas a fim de evitar a ocorrência de falhas?

### **2.8.2 - Árvore de Falhas/FTA - Fault Tree Analysis**

Segundo LEE *et al.*, (1985) a análise por árvore falhas foi primeiramente concebida em 1961 por H.A. Watson do laboratório de telefonia Bell, juntamente com as forças aéreas americanas para estudar o sistema de lançamento do míssil Minuteman. Ainda segundo os autores, por volta de 1965, durante a realização do Simpósio de Segurança realizado pela Universidade de Washington e pela Boeing, foram publicados diversos artigos que abordavam as virtudes do uso da árvore de falha. As publicações desses artigos marcaram o início do crescimento do uso de árvores de falhas como ferramenta para análise de sistemas complexos do ponto de vista de segurança e confiabilidade, como por exemplo em reatores nucleares, sendo estes sistemas dinâmicos e complexos.

O conceito fundamental da árvore de falhas é a tradução de um sistema físico em um diagrama estruturado logicamente, em que causas específicas apontam para um evento de interesse superior.

Ainda de acordo com os autores, a análise por árvore de falhas consiste nos seguintes passos:

1. Definição dos sistemas;
2. Construção da árvore de falhas;
3. Avaliação qualitativa;
4. Avaliação quantitativa.

De acordo com SAKURADA e DIAS (2001), as árvores de falhas seguem níveis hierárquicos, que são medidos em função do evento no topo. Os eventos relacionados diretamente com o evento do topo são o primeiro nível hierárquico e assim por diante. Quanto maior o número de eventos encadeados, maior será a quantidade de níveis hierárquicos e mais longa será a árvore. Na Figura 2.8, são representados os níveis hierárquicos em uma árvore de falhas.

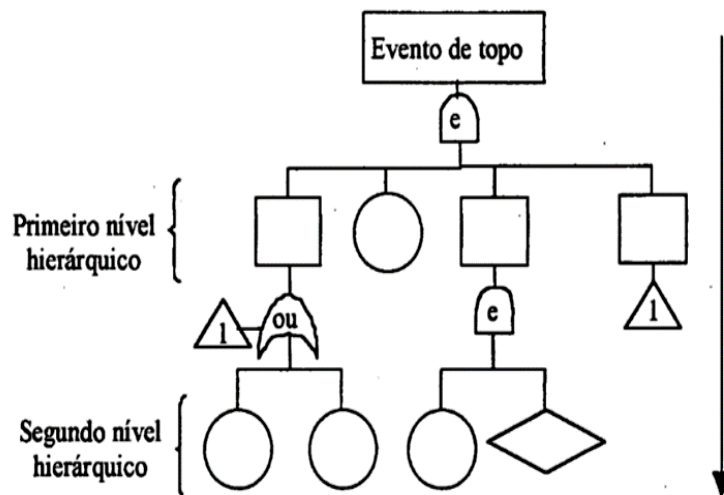


Figura 2.8 - Níveis hierárquicos.  
 Fonte: SAKURADA e DIAS (2001).

Ainda segundo SAKURADA e DIAS (2001), as portas lógicas conectam os eventos de acordo com suas relações causais, tendo algumas portas lógicas mais de um evento de entrada e somente um evento de saída, sendo que os eventos de entrada se situam na parte inferior da porta lógica e os de saída na parte superior, de acordo com a Figura 2.9.

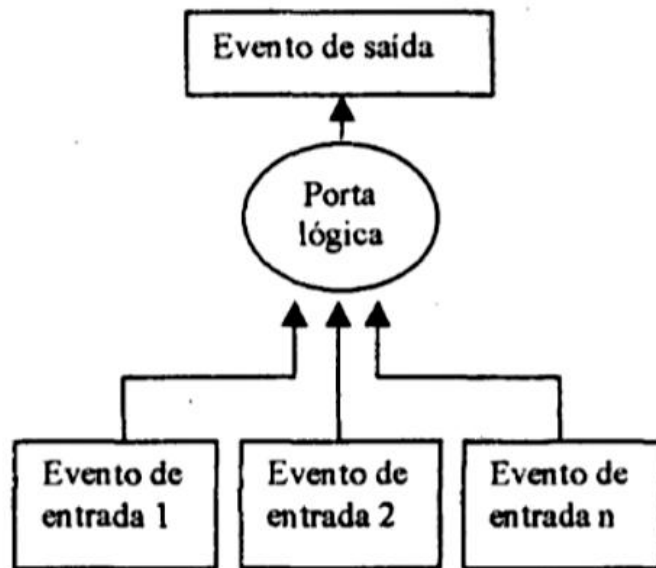


Figura 2.9 - Eventos de entrada e saída em uma porta lógica.  
 Fonte: SAKURADA e DIAS (2001).

Já de acordo com HENLEY e KUMAMOTO (1981) *apud* SAKURADA e DIAS (2001), a relação causal expressa pela porta lógica “E” ou pela porta lógica “OU” é determinística, pois os eventos de saída são completamente dependentes dos eventos de entrada. A Figura 2.10, apresenta as portas lógicas “E” e “OU” e suas relações.

Símbolo	Nome	Relação causal
	E	O evento de saída “A” ocorre se todos os eventos de entrada “B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> ...B <sub>n</sub> ” ocorrerem simultaneamente.
	OU	O evento de saída “A” ocorre se qualquer um dos eventos de entrada “B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> ...B <sub>n</sub> ” ocorrer ou qualquer combinação destes ocorrer.

Figura 2.10 - Portas lógicas “E” e “OU”.  
 Fonte: HENLEY e KUMAMOTO (1981).

Ainda segundo os autores, a árvore de falhas utiliza um padrão de símbolos para especificar a natureza dos eventos. Os símbolos utilizados mais frequentemente estão apresentados na Figura 2.11.

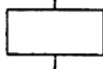
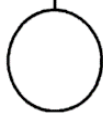



 retângulo	Evento representado por uma porta lógica.
 círculo	Evento básico com dados suficientes.
 losango	Evento não desenvolvido
  “transfer out” e “transfer in”	Símbolo transferência.

Figura 2.11 - Representação de eventos.  
Fonte: HENLEY e KUMAMOTO (1981).

### 2.8.3 - Os 5 Porquês

De acordo com OHNO (1997), a metodologia dos 5 porquês foi desenvolvida dentro do modelo Toyota de produção, a fim de se chegar a causa raiz dos problemas, que na maioria das vezes está por trás de sintomas visíveis. De acordo com COSTA e MENDES (2018), é uma ferramenta simples de resolução de problemas, que foi desenvolvida por Taiichi Ohno, pai do sistema de produção Toyota, consistindo em formular a pergunta “Por quê?” cinco vezes para compreender o que aconteceu, ou seja, a causa-raiz.

Porém, ainda podem ser feitas mais ou menos do que cinco perguntas, sendo segundo OHNO (1997), 5 vezes o número ideal para se chegar a causa raiz. Já de acordo com WEISS (2011) *apud* COSTA e MENDES (2018) para a análise dos 5 porquês, embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos porquês, como por exemplo 3 porquês, ou mais, de acordo com a necessidade para se encontrar a causa raiz.

Ainda segundo os autores, pode-se utilizar um conjunto de etapas para encontrar as causas primários dos problemas, sendo possível:

- Determinar o que aconteceu;
- Determinar porque aconteceu;
- Descobrir como diminuir a probabilidade de acontecer novamente.

Ainda de acordo com WEISS (2011), são descritos os 5 passos que devem ser dados para aplicação do método:

1. Iniciar a análise com a afirmação do que se deve entender - definir o problema;
2. Perguntar por que a afirmação 1 é verdadeira;
3. Para a afirmação 2 que descreve, porque a 1 é verdadeira, pergunte o porquê;
4. Continue perguntando porquês até que não se consiga mais perguntar porquês;
5. Ao acabar as respostas dos porquês, significa que a causa raiz foi identificada.

#### **2.8.4 - Diagrama de Ishikawa**

De acordo com SAKURADA e DIAS (2001), o diagrama de Ishikawa foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa e é também conhecido como diagrama de causa e efeito, ou diagrama de espinha de peixe. É uma ferramenta de fácil utilização, que permite abordar diversos tipos de problemas em diferentes áreas.

Ainda segundo o autor, o diagrama mostra a relação entre uma característica de qualidade (efeito) e os seus fatores (causas). Quando o número de fatores (causas) é muito elevado, essas podem ser organizadas em famílias, sendo: matérias primas, máquinas, medidas, meio-ambiente, mão-de-obra, métodos, etc.

Na construção do diagrama de Ishikawa devem-se seguir os seguintes passos:

- Estabelecer o efeito da qualidade;
- Encontrar o maior número de causas que podem afetar o efeito da qualidade;
- Definir a relação entre as causas e construir um diagrama de causa-efeito, ligando os elementos com o efeito da qualidade por relações de efeito e causa;
- Estipular uma importância para cada causa e assinalar as causas particularmente importantes, que tem efeito significativo na característica da qualidade;
- Registrar quaisquer informações necessárias.

Já segundo WERKEMA (1995) *apud* COSTA e MENDES (2018) para execução do diagrama devem-se seguir as seguintes etapas:

1. Definir o problema a ser estudado;
2. Estudar e conhecer o envolvido através de observação, documentação, troca de ideias com pessoas envolvidas;
3. Fazer uma reunião com as pessoas envolvidas no processo e discutir o problema, fazendo exposição de ideias e *brainstorming*;

4. Após a coleta de informações, organizá-las em: causas principais, secundárias, terciárias, eliminando informações sem importância;
5. Montar o diagrama e conferir com a equipe a representação da situação atual;
6. Marcar aquilo que é mais importante para obter o objetivo pretendido.

Na Figura 2.12 temos uma representação esquemática do diagrama de Ishikawa, apontando as causas e efeitos.

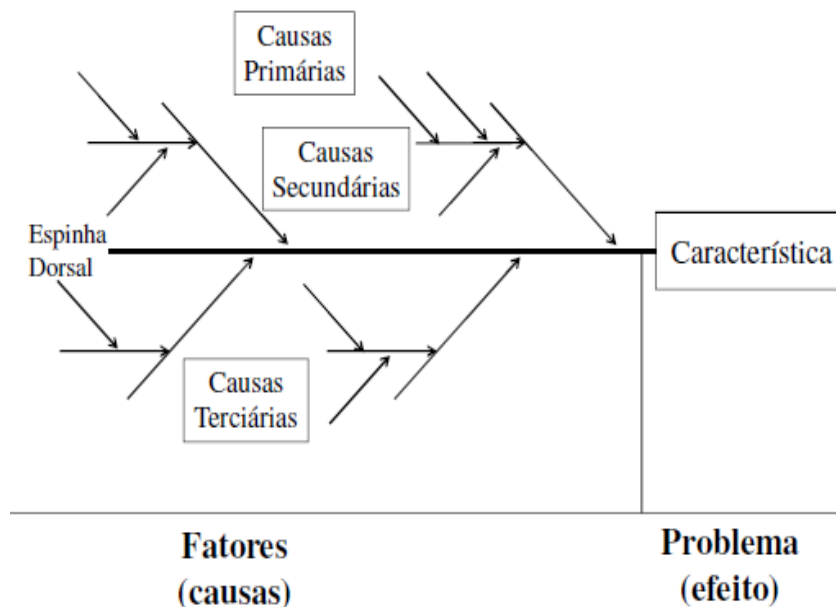


Figura 2.12 - Representação esquemática do diagrama de Ishikawa.  
 Fonte: LIMA FILHO (2015).

### 2.7.5 - Diagrama de Pareto

De acordo com SELEME e STADLER (2012) o Diagrama de Pareto é uma ferramenta desenvolvida por Joseph Juran a partir de análises e estudos realizados pelo economista italiano Vilfredo Pareto e pelo americano Max Lorenz. De acordo com os autores, foi estabelecida uma relação de 20/80 (vinte para oitenta), onde por exemplo, de todos os valores depositados em bancos, 80% deles são de propriedade de apenas 20% de clientes. Portanto, Joseph Juran estabeleceu uma classificação dos problemas de qualidade, dividindo-os em poucos vitais e muitos triviais, ou seja, a maior quantidade dos defeitos se deve a poucas causas.

Ainda de acordo com os autores, o gráfico permite que sejam identificados e classificados os problemas de maior importância e que precisam ser corrigidos primeiramente. Dessa maneira, é possível observar quais causas ou efeitos devem ser

tratados primeiramente. Após a ordenação pela quantidade dos maiores para os menores problemas, é colocado o item outros para o final. Na Figura 2.13, é apresentado exemplo de montagem de Diagrama de Pareto, onde na vertical é apresentada a quantidade de itens inspecionados e porcentagem de itens, e na horizontal os tipos de problemas.

O diagrama ainda pode ser construído de duas maneiras:

1. Diagrama de Pareto por causas: o objetivo é identificar a maior causa do problema;
2. Diagrama de Pareto por efeito: cujo objetivo é identificar o maior problema, que é obtido a partir dos efeitos indesejados apresentados no processo.

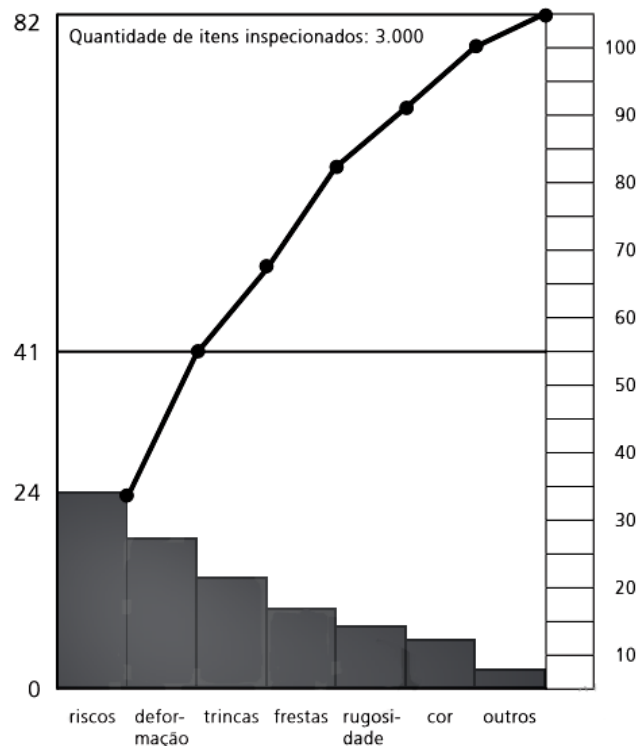


Figura 2.13 - Diagrama de Pareto por quantidade de defeitos.  
Fonte: SAKURADA e DIAS (2001).

## 2.9 - INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO

### 2.9.1 - Confiabilidade

Segundo a NBR 5462 (1994), confiabilidade, do inglês *Reliability*, é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas,

durante um intervalo de tempo. O termo confiabilidade  $R(t)$  é usada como uma medida de desempenho de confiabilidade. Nesse contexto, para KARDEC e NASCIF (2009), o termo confiabilidade teve origem nas análises de falhas em equipamentos eletrônicos para uso militar, na década de 50 nos Estados Unidos.

Já em 1960, foi criado pela *Federal Aviation Administration* um grupo para estudos de confiabilidade para a indústria aeronáutica. Algumas das conclusões alcançadas nesses estudos foram:

- Para um item que não possui um modo predominante e característico de falha, revisões programadas afetam muito pouco o nível de confiabilidade;
- Para muitos equipamentos e itens, a prática da manutenção preventiva não é eficaz.

Ainda segundo KARDEC e NASCIF (2009), a confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições definidas de uso durante um intervalo de tempo.

## 2.9.2 - Disponibilidade inerente

Segundo a NBR 5462 (1994), a disponibilidade, do inglês *Availability*, é a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados. O termo disponibilidade é usado como uma medida do desempenho de disponibilidade. A disponibilidade inerente (*Inherent Availability*) pode ser calculada pela fórmula segundo a Eq. (2.1).

$$\text{Disponibilidade Inerente (\%)} = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100 \quad (2.1)$$

Onde:

TMEF = Tempo médio entre falhas (em inglês MTBF – Mean Time Between Failures);

TMPR = Tempo médio para reparos (em inglês MTTR – Mean Time to Repair).

O termo inerente se refere ao fato que se leva somente em conta o tempo de reparo, excluindo do TMPR os tempos de logística, espera de sobressalentes, deslocamentos etc. Reflete a porcentagem de tempo que seria disponível se não



houvessem atrasos ou *delay time*. O TMR na disponibilidade inerente leva em consideração apenas as manutenções corretivas.

Ainda segundo KARDEC e NASCIF (2009), outra distinção importante a ser feita é que o TMEF é uma medida de confiabilidade de itens reparáveis, já sendo o TMR uma medida básica de confiabilidade para itens não reparáveis.

Já de acordo com VIANA (2002), o MTBF ou Tempo Médio entre Falhas é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para a operação (HD), pelo número de intervenções corretivas no equipamento durante o dado período (NC). Assim, pode ser descrito pela Eq. (2.2).

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad (2.2)$$

A funcionalidade do MTBF é de indicar o comportamento dos equipamentos em função das ações da manutenção. Se o valor do MTBF aumentar com o passar do tempo, isso indica que o número de intervenções corretivas diminuiu e houve aumento do total de horas disponíveis para operação.

### 2.9.3 - Disponibilidade operacional

Segundo KARDEC e NASCIF (2009), a disponibilidade operacional representa a avaliação mais real de disponibilidade, sendo aquela que mais interessa as empresas. Esta é calculada pela fórmula Eq. (2.3).

$$\text{Disponibilidade Operacional (\%)} = \frac{T_{MEM}}{T_{MEM} + T_{Mp}} \times 100 \quad (2.3)$$

Onde:

T<sub>MEM</sub> = Tempo médio entre manutenções (em inglês MTBM – Mean Time Between Maintenance).

T<sub>Mp</sub> = Tempo médio de paralisações (em inglês MDT – Mean Down Time).

O T<sub>Mp</sub> inclui o TMR e todos os demais tempos: esperas, atrasos, paradas para manutenções preventivas ou inspeções, deslocamentos e outros fatores que contribuem para que os equipamentos fiquem indisponíveis ou sem operar.

Já de acordo com VIANA (2002), o MTTR ou Tempo Médio de Reparo é definido como a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção (HIM) pelo número de intervenções corretivas realizadas no período (NC), sendo definido pela Eq. (2.4).

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad (2.4)$$

A diminuição de valor do MTTR com o passar do tempo aponta que os reparos corretivos são cada vez menos impactantes na produção.

## 2.10 - INDÚSTRIA CERVEJEIRA

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, atrás apenas de China e Estados Unidos. A produção nacional é de cerca de 13 bilhões de litros por ano, segundo a CervBrasil (Associação Brasileira da Indústria da Cerveja). Já na cervejaria estudada, a produção anual é aproximadamente 270 milhões de litros. Ainda que gigantesca, a produção da cerveja é um processo relativamente simples. Há séculos ela é feita basicamente a partir de quatro ingredientes: lúpulo (que deriva da flor de mesmo nome), malte (derivado da cevada), levedura (que faz a fermentação) e água. A cerveja é obtida pela fermentação da cevada, que consiste na conversão em álcool dos açúcares presentes nos grãos de cevada. A fermentação, segundo SANTOS (2005), é a principal etapa do processo cervejeiro e sua efetividade depende de várias operações anteriores, incluindo o preparo das matérias-primas. Após a fermentação são realizadas etapas de tratamento da cerveja para conferir as características organolépticas (sabor, odor, textura) desejadas no produto final. A produção da cerveja é dividida em quatro áreas: Bassagem, Adegas, Filtração e Envase.

### 2.10.1 - Brassagem

É responsável, em breves termos, pelo recebimento da matéria prima e transformação dela em mosto, através do cozimento que dura aproximadamente um dia. O mosto é um composto principalmente açúcares, malte, gridz, cevada, adjuntos e lúpulo. O preparo do mosto consiste em cozinhar o malte com os devidos cuidados, isto inclui etapas de preparo (como a moagem do malte, maceração, separação do mosto e

suafiltração), o cozimento em si, a clarificação e o resfriamento. A solução livre de impurezas e rica em açúcares resultantes deste processo é então enviada para a fermentação.

### **2.10.2 - Fermentação e maturação**

As leveduras realizam a fermentação, consumindo seus açúcares presentes no mosto, liberando álcool e CO<sub>2</sub> (coletado e usado em outros processos da produção). Após a fermentação, acontece a centrifugação do que agora é cerveja. Esse processo acontece a 6,5 °C para facilitar a solidificação de substâncias e a separação do fermento da cerveja. Ao final da fermentação existe uma grande quantidade de microrganismos e substâncias indesejáveis misturados à cerveja. De modo a separá-los, promove-se a maturação, processo onde mantém-se a cerveja em descanso a temperaturas que variam entre -1°C e -2°C para maior solidificação de materiais ainda. O tempo de maturação, descanso e amadurecimento da cerveja pode variar de 2 a 8 dias.

### **2.10.3 - Filtração e carbonatação**

Após a maturação, a cerveja passa pela filtração para retirada da levedura ou quaisquer materiais solúveis remanescentes. Além de promover a separação dos levedos da cerveja, esta etapa permite a ocorrência de algumas reações químicas que auxiliam no processo de estabilização e limpidez final do produto (SANTOS, 2015).

Finalmente, são adicionados aditivos como agentes estabilizantes, corantes ou açúcar, para o acerto final do paladar do produto. O resíduo sólido gerado nesta etapa é a torta de filtração denominada trub fino, de alto conteúdo nitrogenado.

O terceiro ponto leva dois dias e é a filtração que começa na saída do tanque maturador, sendo bombeado para um filtro, onde é um ponto para verificação de itens de qualidade, tal como taxa de oxigênio. Então a cerveja é resfriada a -1,5°C e depois enviada para um tanque onde é dosado o lúpulo, que estabiliza a espuma e define o amargor. Então é passada por outro filtro e adicionado estabilizantes do produto e espuma. O teor de CO<sub>2</sub> existente na cerveja ao final do processo não é suficiente para atender as necessidades do produto. Desta forma, realiza-se uma etapa de carbonatação da mesma, por meio da injeção do gás carbônico gerado na etapa de fermentação. Além disso, eventualmente é injetado gás nitrogênio, com o intuito de favorecer

características de formação de espuma. Após a carbonatação, a cerveja pronta é enviada para dornas específicas, denominadas “adegas de pressão” – recipientes onde a bebida é mantida sob condições controladas de pressão e temperatura, de modo a garantir o sabor e o teor de CO<sub>2</sub> até o envase.

A área de Processo de Fabricação é onde ocorre a transformação dos ingredientes básicos - água, malte, lúpulo e levedura - em cerveja. As etapas de produção são ilustradas conforme a Figura 2.14.

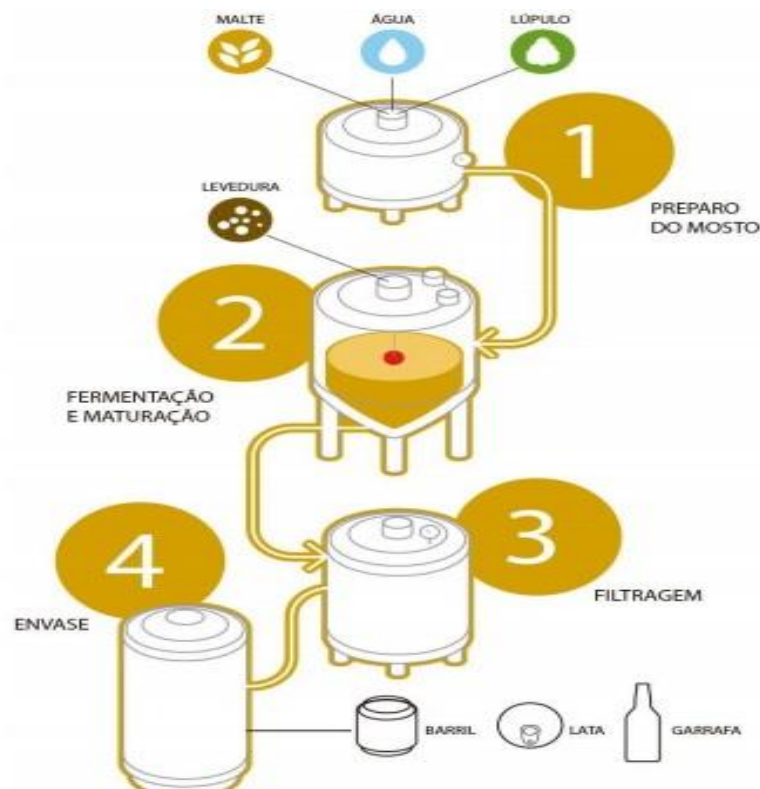


Figura 2.14 - Etapas de produção de cerveja.  
Fonte: SANTOS (2015).

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGIA**

A pesquisa consiste em um trabalho aprofundado de um objeto específico com a finalidade de explorar uma situação da vida real buscando entender as causas de determinado fenômeno. A metodologia mais apropriada para a investigação do ponto de vista dos objetivos é estudo de caso em que há um estudo exploratório, uma vez que tem o propósito de dar maior familiaridade com a problemática levantada e com a finalidade de construir soluções adequadas para alcançar os objetivos propostos.

#### **3.1 - DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE COLETA DE DADOS**

A indústria de bebidas apresentada nesse trabalho faz parte de um grande grupo, que nasceu da união de uma cervejaria brasileira com uma empresa belga e outra americana. Tem o foco na produção de cerveja, porém também tem em seu portfólio produtos não alcoólicos. Sua operação global conta cerca de 60 mil colaboradores. Uma das características mais marcantes é sua cultura, baseada em visão de longo prazo, colaboração e escuta ativa. Seus empregados são reconhecidos pelo foco em resultados. A indústria, objeto de pesquisa deste trabalho, fica localizada em São Luís. No Brasil, são 30 fábricas no total. A cervejaria maranhense, foi inaugurada nos anos 80 e atualmente conta com 405 funcionários próprios e aproximadamente 600 contratados. No Maranhão, as marcas detêm maioria da preferência do mercado consumidor. A produção anual chega até 2,7 milhões de hectolitros de cerveja. O orçamento de despesas, ou seja, gastos que não estão diretamente relacionados à produção, anual chega a até R\$30 milhões de reais.

O presente estudo foi desenvolvido em uma linha de produção de cerveja, o processo pode ser observado de forma sequencial na Figura 3.1.

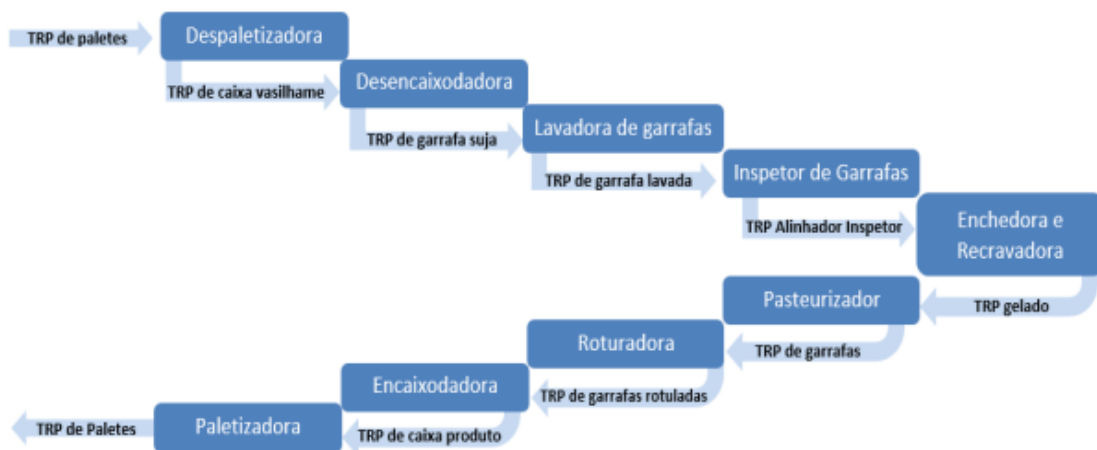


Figura 3.1 - Linha de produção de cerveja.

A primeira etapa da linha de envase começa com a máquina despaletizadora, responsável pela retirada das caixas de cerveja dos paletes e inserção delas na linha. Uma vez despaletizadas, as caixas seguem pelo transporte de caixa vasilhame para a desencaixotadora, onde as garrafas serão retiradas das caixas. As garrafas então seguem no transporte e chegam na lavadora de garrafas, onde serão limpas com água, soda, vapor e outros aditivos.

A seguir as garrafas passam por um inspetor, que verificará a presença de sujeira, rótulos remanescentes, cola, algum defeito na garrafa, entre outros aspectos. As garrafas que passam na inspeção seguem para o transporte de garrafas limpas, enquanto as reprovadas vão para o transporte de relava ou mesa de refugo, para serem lavadas novamente ou descartadas, dependendo do motivo da reprovação. O passo seguinte se trata da enchedora, onde as garrafas serão envasadas com a cerveja através de um sistema de equilíbrio de pressão e pouco antes de passar para o arrolhador, recebem uma certa quantidade de CO<sub>2</sub> a pressão de 2kg/cm<sup>2</sup> que ajuda na conservação da cerveja. Seguindo o fluxo da garrafa com cerveja já envasada e fechada, a próxima etapa é o pasteurizador, que dará uma validade maior para a cerveja.

Após isso, a cerveja segue para a rotuladora para receber seu devido rótulo e ser inspecionada em seguida para verificação do nível de enchimento. As garrafas ainda passam pelo datador para receber marcações de datas de fabricação, validade e código, e seguem para a encaixotadora. Uma última inspeção ocorre após esse processo, para checar se a caixa está completa. Depois as caixas com as cervejas seguem para a paletizadora, que empilha 42 caixas em um palete.

Os equipamentos são interligados via rede de computadores onde cada máquina se comunica uma com a outra gerando uma cadência para linha contínua evitando de certa forma parar por falta ou por acúmulo de garrafas.

### 3.2 - DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADOS

Para a escolha dos dados analisados no estudo, é necessário descrever a dinâmica da operação e suas variáveis, observando os impactos de cada indicador dentro do processo.

Para o Web site Gestão de Empresa (2008), a eficiência da produção é o quanto se produz em relação ao quanto se poderia produzir. Baseado sempre em porcentagem e calculado através da Eq. (3.1) a seguir:

$$EFICIÊNCIA = \frac{\text{Quanto se produz}}{\text{Quanto se poderia produzir}} \quad (3.1)$$

Existe outra forma de calcular a eficiência, na Tabela 3.1 pode ser observado alguns conceitos que ajudam a entender melhor e que servem de base para os cálculos de performance.

Tabela 3.1 - Tabela de cálculo das variáveis.

HORAS TOTAIS - HT				
HORAS UTILIZADAS - HU				HSMO
HORAS DISPONÍVEIS - HD			PROGRAMADAS	
HORAS DE EFICIÊNCIA DE LINHA - HEL		EXTERNAS		
HORAS DE PRODUÇÃO LÍQUIDA - HPL	PPQ	PPV	EL+MC+AT+IT+OP	

As horas totais (HT) significam as 24 horas do dia, que inclui tanto as horas utilizadas como o HSMO (Horas sem mão de obra) que corresponde a parada programada sem recurso, como exemplo, pode ser citado a falta de demanda por produto, então não há necessidade de mão de obra na linha para produzir.

Já as horas utilizadas (HU) não levam em consideração o HSMO, pois essas horas não foram utilizadas para nenhum fim. Porém, conta com as horas de paradas programadas para manutenção, pois apesar de não ter produzido, há mão de obra sendo utilizada nas atividades na linha produtiva.

Quando se analisa as horas disponíveis, somente as horas de eficiência de linha e as horas de parada (EXTERNA) entram no cálculo. Essas horas de indisponibilidade externa (EXTERNA) são paradas provocadas por outros fatores em outras áreas que afetam o processo produtivo. Nesse caso essas horas são contadas como indisponibilidade externa para o processo.

Dessa forma, partindo para horas de eficiência de linha (HEL), elas contam as horas de produção líquida, junto com as paradas por qualidade (PPQ), perda de velocidade (PPV), paradas elétricas (EL), mecânicas (MC), operacionais (OP) e de instrumentação (IT) e automação (AT).

E por fim, as horas de produção líquida (HPL) representam realmente as horas que foram utilizadas no envase da cerveja. Partindo desse conceito, podemos reafirmar de acordo com a Eq. (3.2) que a eficiência é:

$$EFICIÊNCIA = \frac{\text{Horas de produção líquida (HPL)}}{\text{Horas de eficiência de linha (HEL)}} \quad (3.2)$$

Então, analisando a tabela anterior nota-se que para aumentar a eficiência de linha é necessário interferir nas PPQ, PPV, EL, MC, OP, IT e AT que influenciam diretamente o resultado do indicador. Porém, no estudo iremos focar as intervenções apenas nas paradas de manutenção.

A enchedora é a máquina referência que mede os dados de parada de linha. Cada equipamento tem uma meta própria chamada de Rendimento Próprio (RP) que é correlacionada a eficiência da linha de produção. Para chegarmos no valor de rendimento próprio de cada equipamento, é necessário realizar a soma das ineficiências mecânicas, elétricas, automação e operacionais e dividir pelo tempo disponível (HD), conforme EQ 3.2. Já a ineficiência é a soma das paradas (mecânica, elétrica, automação e operacional) do equipamento no dia. Todas as vezes que a enchedora reduz a velocidade por acúmulo ou falta de garrafas, gera uma parada que é contabilizada no sistema de acordo com o tempo de falta de garrafas ou de acúmulo. Esses dados são lançados no sistema de coleta chamado de Gepack, o mesmo coloca automaticamente o tempo que a linha ficou parada, em seguida o operador aloca o problema no equipamento, relata a falha, máquina, subconjunto e causa. Depois disso, os dados são exportados para o Excel para gerar os dados de forma analítica.



### 3.3 - ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA (MA)

Para se tornar mais dinâmico a implementação das atividades da MA, o presente estudo, foi dividido em 4 fases.

#### **3.3.1 - Implementação fase 1 – Limpeza e inspeção inicial**

A fase 1 é responsável por garantir o correto planejamento da implantação e de padronizar o conhecimento do time selecionado, além de garantir a segurança de todos os envolvidos ao longo das fases. A escolha do equipamento é baseada nas lacunas, podendo ser relacionadas a manutenção, qualidade e ou segurança. Assim como, a definição do time que irá implantar a ferramenta e o correto planejamento dos custos envolvidos ao longo do processo. Portanto, é necessário a análise da eficiência da linha, avaliar as tendências, realizar a estratificação dos rendimentos próprios das máquinas de forma a expressar a perda após o levantamento analítico. Com esses conjuntos de informações é necessário um treinamento com o time a fim de demonstrar os objetivos do primeiro passo e alinhar os conceitos de 5S e fazer com que os operadores e técnicos comecem a limpar e inspecionar a máquina. Também nessa fase todos os desvios encontrados são resolvidos ou mapeados para uma possível intervenção dentro do cronograma da implantação e é desenvolvido pelo time os 5 Porquês de cada problema encontrado no dia.

Através de ferramentas de análise de falhas, tipo: análise histórica dos dados, gráfico de Pareto, diagrama de Ishikawa e metodologia dos 5 porquês, é possível entender as características de cada falha e estabelecer ações para cada tipo de problema existente.

#### **3.3.2 - Implementação fase 2 – Eliminar fontes de contaminação e locais de difícil acesso**

A implementação da fase 2, tem como objetivo a eliminação das fontes de contaminação e locais de difícil acesso da máquina. Os locais de difícil acesso, o processo de análise e tratamento é idêntico ao das fontes de sujeira, ou seja, é dado prioridade aos locais mais críticos de executar o plano. Esta avaliação é feita com base nas falhas que apresentam maior impedimento para a execução das tarefas previstas e

discriminadas no plano. Outro ponto importante dessa fase, é deixar claro para o time os impactos ambientais gerados pelos vazamentos e sujidade da máquina. O operador nessa fase passa a conhecer na totalidade seu equipamento e suas funções, definindo as condições normais de operação.

### **3.3.3 - Implementação fase 3 – Padrões de limpeza e lubrificação**

Diante dessa etapa, os operadores, técnicos e planejadores começam a ter mais sinergia na execução das atividades de manutenção. As equipes passam a trabalhar juntas com intuito de melhorar o aspecto da máquina e conseguirem ganho de rendimento próprio da mesma, através de planos de limpeza e inspeção estruturados.

### **3.3.4 - Implementação fase 4 – Inspeção geral**

Nesta etapa, as equipes passam executar manutenções básicas dentro do aspecto do plano desenvolvido. Cria-se etiquetas de MA, que tem como objetivo mostrar os problemas da máquina com intuito de resolvê-los. Dessa forma, podem ser criadas cores distintas, uma voltada para resolução imediata pela operação, outra cor voltada para problemas que necessitam de programação e direcionamento de recurso mais especializado.

Abrange a análise pós implementação, ou seja, onde os resultados são verificados após a implementação da manutenção autônoma. Observando seus respectivos ganhos, podendo dar embasamento para a continuação da metodologia ou também pela readequação do cronograma caso ocorra necessidade. Também podemos afirmar que essa fase nos permite concluir a implementação na máquina foco, direcionando os recursos e análise para o próximo equipamento crítico dentro da linha.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 - IMPLANTAÇÃO

Em janeiro de 2020 coletamos dados de 12 meses e 3 meses e 1 mês do ano de 2019. Iniciou-se o estudo com o indicador eficiência de linha como gatilho, pois o mesmo está diretamente atrelado ao rendimento próprio das máquinas. Dessa forma através da meta de eficiência da linha definida no início do ano de 2020, observou-se que analisando o ano anterior, não seria factível o alcance proposto de 85,23%. Esse valor de meta, é direcionado pelo corporativo, através de uma média geral das linhas da companhia, correlacionando com os mercados de cada região. No gráfico da Figura 4.1 observamos que existia um gap de 9,45% em relação ao último mês.

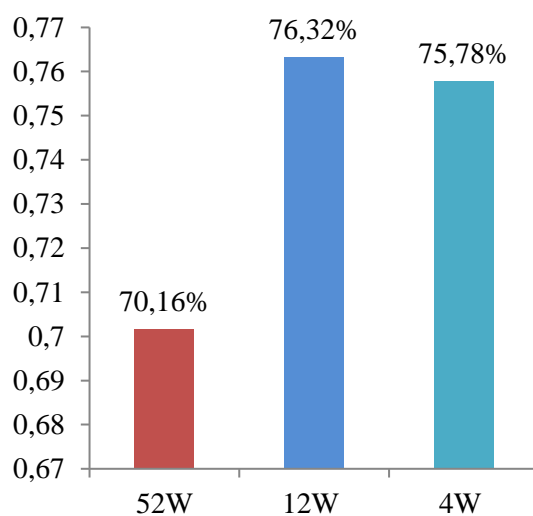


Figura 4.1 - Eficiência da linha no ano de 2019.

Dessa forma tornou-se notório que na linha em questão deveríamos realizar uma ação de intervenção. Logo em seguida realizamos uma análise estruturada de todos os equipamentos da linha, de forma a entender qual o impacto real na linha, traçando as prioridades na aplicação do método de manutenção autônoma. Através do gráfico da Figura 4.2 observamos os principais impactos na linha, por ineficiência de equipamentos, ou seja, soma de todas as paradas no processo produtivo.

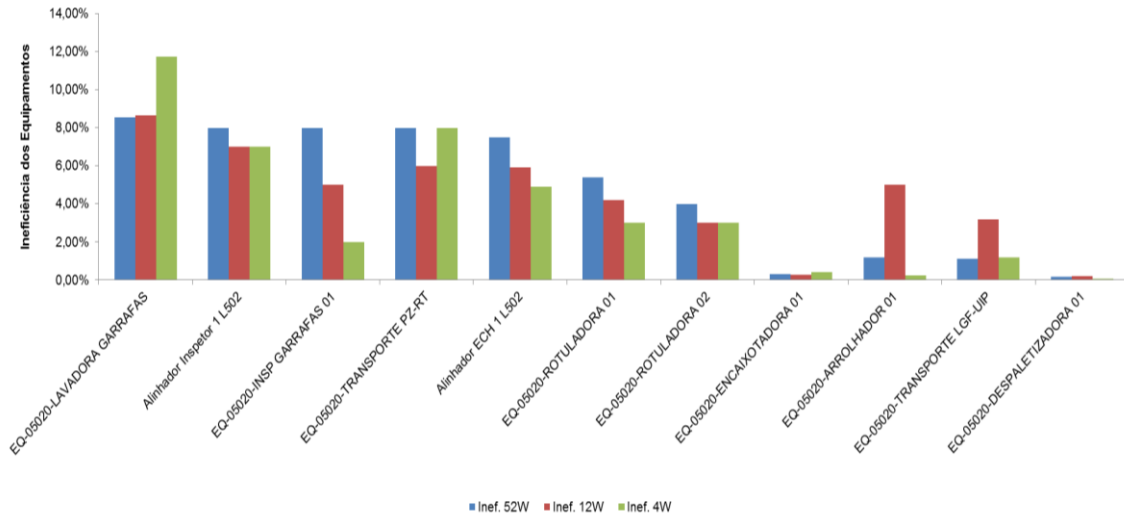


Figura 4.2 - Ineficiência de equipamentos nas semanas.

Portanto, após a análise estruturada de todos os equipamentos da linha, observamos um comportamento preocupante da Lavadora de Garrafas, pois sua ineficiência nas últimas 52 semanas, 12 semanas e nas últimas 4 semanas da análise realizada, demonstrava uma tendência crescente, justificando a aplicação da metodologia de manutenção autônoma. Após a estruturada avaliamos de forma detalhada os subconjuntos do equipamento foco, observamos que existia diversos subconjuntos gerando micro paradas, impactando no rendimento próprio da máquina. O gráfico da Figura 4.3 demonstra o número de ocorrência acima da meta de rendimento próprio por subconjunto, conforme o histórico de falhas dos últimos 3 meses.

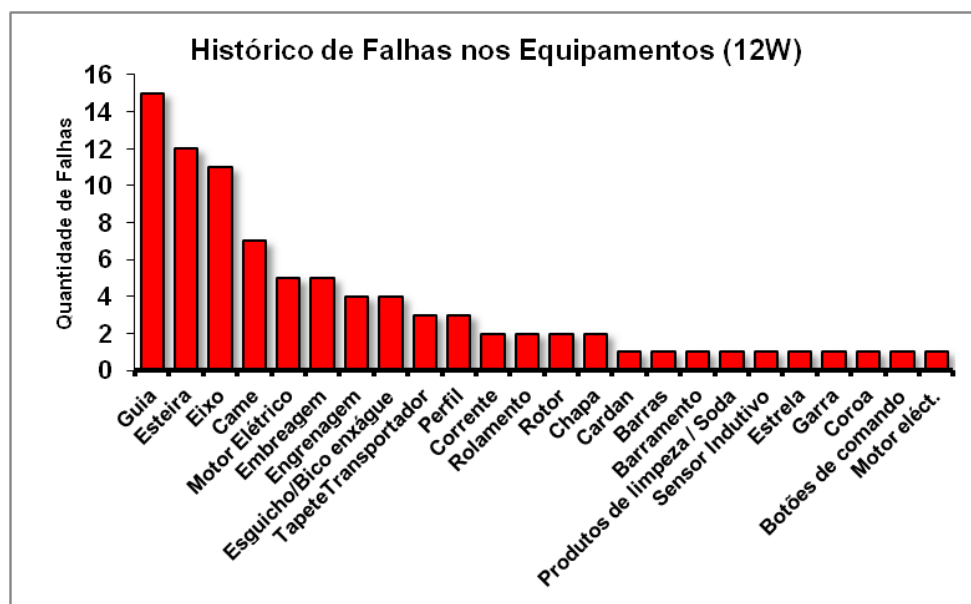


Figura 4.3 - Histórico de falhas nos últimos 3 meses.

Sendo assim, colocamos como objetivo o ganho de performance em cima do rendimento próprio da máquina de 5,72%, conforme observamos no gráfico da Figura 4.4. Como o rendimento próprio é diretamente proporcional a eficiência de linha, logo teríamos o ganho de 5,72% na eficiência da linha.

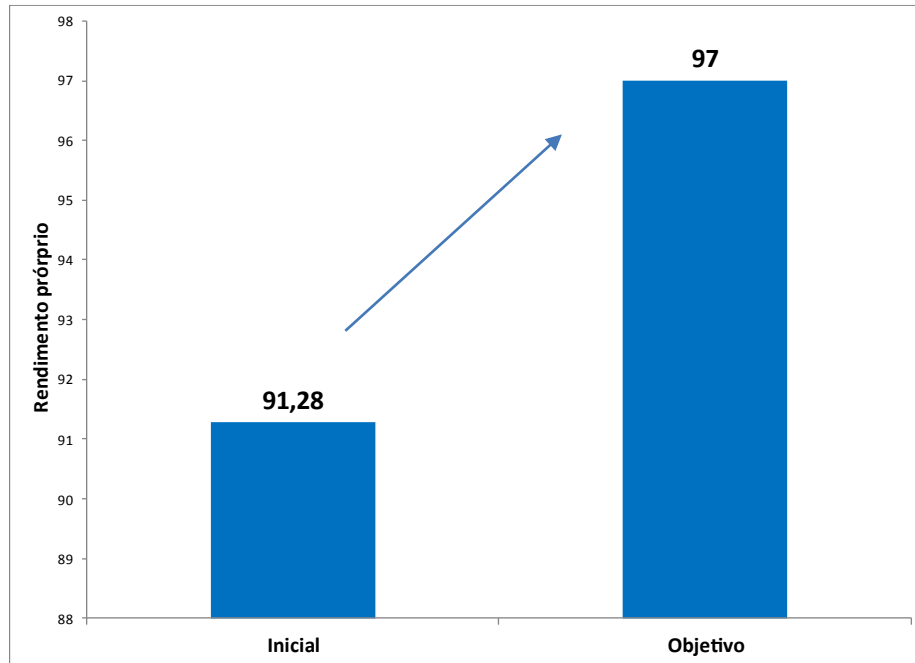


Figura 4.4 - Objetivo do rendimento próprio da lavadora de garrafas.

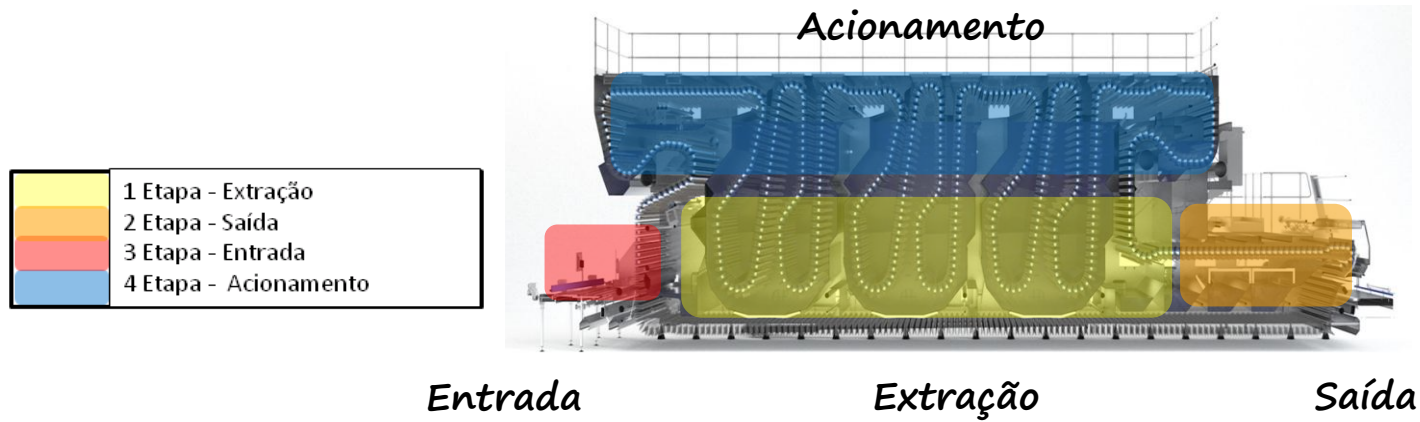
Analisado o impacto na linha e atribuído uma meta sobre o rendimento próprio da máquina, realizamos uma reunião de alinhamento e treinamento com todos os técnicos, operadores, planejadores e engenheiros da máquina, com intuito de planejar o passo seguinte. A seguir na Figura 4.5, alinhamos com o time os objetivos da implantação e definimos as perspectivas após a implantação da MA.



Figura 4.5 - Reunião de alinhamento.

Na reunião de alinhamento criamos um cronograma de implantação e dividimos a máquina em 3 frentes devido à complexidade do equipamento e recursos disponíveis na execução das frentes. O cronograma foi dividido para tratamento no primeiro semestre de 2020, de forma a atuar nas frentes com um planejamento bem estruturado de cada subconjunto crítico, devido a disponibilidade de recurso. Na Figura 4.6 segue cronograma e divisão da máquina.

## CRONOGRAMA



Atividades	JANEIRO			FEVEREIRO				MARÇO				ABRIL			MAIO				JUNHO				
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23
Reunião de kickoff	█																						
Planejamento prévio		█																					
Treinamento			█	█	█																		
Dia D		█	█	█		█	█	█		█	█	█		█	█	█							
Classificação dos subconjuntos				█	█						█	█											
Reunião de alinhamento		█																			█		
Revisão e criação de planos e check list																█	█	█	█	█			
Resultados																					█	█	█

Figura 4.6 - Cronograma de implantação.

O ponto de partida para dar início às atividades no equipamento, foi realizar a situação de qualidade na máquina, de forma bem aprofundada, com a finalidade de melhorar a visualização da máquina para realizar o levantamento das necessidades de manutenção emergencial e identificar pontos de inspeção, limpeza e manutenção, que passariam a ser acompanhados e executados mais de perto por parte dos operadores.

Na segunda semana de janeiro de 2020 (S2) foi iniciado as paradas de linha, especificamente para atuar na Lavadora de garrafas. Todo time foi orientado quanto aos aprendizados nos procedimentos de segurança e sobre os pontos a serem observados durante as atividades. As Figuras 4.7 e 4.8 demonstram as atuações de imediato realizadas sobre os aspectos pontos de vazamento, proveniente de solução caustica vazando pela junta da tubulação de entrada de soda.



Figura 4.7 - Sujidade na lateral.

Figura 4.8 - Pintura e retirada de vazamento.

Na atividade, foi retirado vazamento da junta da tubulação de soda. Quando a bomba entrava em operação, devido forte pressão exercida no sistema mais o desgaste excessivo da junta, direcionava solução caustica na lateral da máquina e provocava umidade na caixa de ligação do motor e na seccionadora de acionamento. Logo após, foi realizada pintura e retirada umidade da caixa de ligação do motor e seccionadora.

As Figuras 4.9 e 4.10 demonstram uma falha no sistema pneumático da prensa rótulo, a borra era destinada no piso, gerando risco de escorregão para operação e deixando o ambiente ao redor da máquina desorganizado. Foi substituída a mangueira de pressão do cilindro do prensador e solucionada a falha, em seguida a operação direcionou todo o material para o ponto de coleta.





Figura 4.9 - Prensa rótulo com falha. Figura 4.10 - Prensa rótulo pós intervenção.

Já as Figuras 4.11 e 4.12 demonstram um problema relacionado a falha no procedimento de lubrificação da máquina, uma deterioração forçada em um rolamento. Mesmo existindo um plano de lubrificação da máquina, nem todos os rolamentos eram descritos no procedimento. De certa forma, isso fazia com que a operação e técnicos de manutenção executassem o plano de forma equivocada.



Figura 4.11 - Rolamento danificado. Figura 4.12 - Rolamento substituído.

As lubrificações na máquina eram executadas, porém em diversos pontos localizamos bicos graxeiros com entupimento. Mesmo lubrificando, a graxa não chegava em todo subconjunto e consequentemente direcionava o material para fora do subconjunto, conforme as Figuras 4.13 e 4.14 na qual podemos perceber tal falha e corrigi-la. Somado com a falta de conhecimento da operação, observamos muitos problemas relacionados a lubrificação.

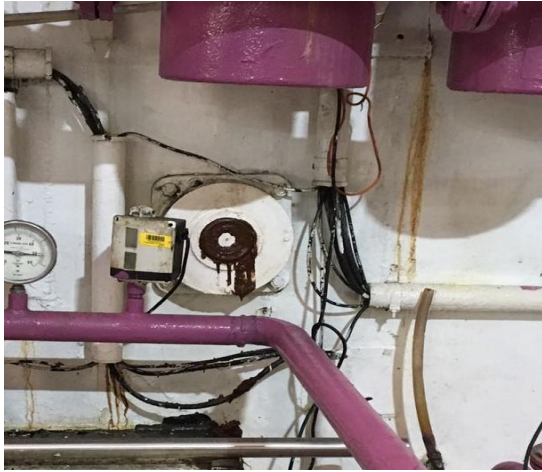


Figura 4.13 - Erro de lubrificação.



Figura 4.14 - Correção da lubrificação.

Dentro do cenário encontrado da máquina, um dos pontos relevantes percebidos no decorrer do trabalho que muitos problemas já tinham tornado paisagem para operação, ou seja, aquele aspecto de máquina crítica já estava como sendo o estado normal na linha. Problemas graves de segurança foram tratados de imediato. Nas Figuras 4.15 e 4.16 identificamos pontos de eletrocabos com cabos expostos, que de imediato foram resolvidos, retornando o estado original da máquina. Vale ressaltar, que nesse acesso identificamos sinais de presença de roedores que possivelmente estavam provocando falhas relacionadas à rede de comunicação da máquina devido mau contato nos cabos.



Figura 4.15 - Quadro elétrico aberto.



Figura 4.16 - Fechamento do quadro.

Em um dos motores da extração de rótulos identificamos a seccionadora de acionamento danificada, conforme a Figura 4.17 que prontamente foi substituída por uma nova, conforme Figura 4.19, eliminando uma condição insegura para operação.





Figura 4.17 - Seccionadora quebrada.

Figura 4.18 - Substituição por nova.

Em outra parte da máquina localizamos um motor da escova da malha, sem a proteção da ventoinha gerando um risco eminente a operadores e técnicos durante acesso a máquina. Por não apresentar nenhuma parada de máquina, esse tipo de falha muitas vezes só é identificado quando algum colaborador se acidenta ou quando acontece alguma auditoria de segurança. Conforme as Figuras 30 e 31 observamos a anomalia e fizemos o tratamento recolando uma proteção nova no subconjunto.



Figura 4.19 - Proteção da ventoinha quebrada.



Figura 4.20 - Substituição por nova.

Com base nas atividades realizadas, nos impactos levantados em campo e nas evidências das possíveis causas levantadas, algumas medidas foram definidas através da análise dos 5 porquês, como identificado na Figura 4.21 abaixo. Foram levantadas as causas para certos efeitos evidentes, tais como: excesso de garrafas caindo na saída da lavadora, desacoplamentos por guia de saída, garrafas caindo na mesa de entrada, sujeidade aparente saindo nos extratores e sujeidade aparente saindo na lateral.

Diante do exposto, pode-se identificar que o maior impacto está na manutenção autônoma, que contempla tanto a limpeza quanto a lubrificação da lavadora.

## ANÁLISE DE 5 PORQUÊS

Problema	1º PQ	2º PQ	3º PQ	4ºPQ	5º PQ	6M's	SDCA	Ações
Sujidade aparente no Extrator 3	Devido vazamento de soda na parte superior do extrator	1 - Tampa superior sem vedação 2 - Malha parou e turbina rodando	1 - Falha de projeto 2 - Falha no intertravamento da malha com a turbina			Material	Não	Trocar tampa do extrator com vedação
						Método	Sim	Realizar Intertravamento das malhas com a turbinas
Base dos extratores escorregadia	Devido graxa no local	Devido a de limpeza dos rolamento não ser efetiva	A mesma é realizada apenas uma vez por semana	Falta de check list de limpeza diária		Máquina	Não	Retirar Vasamento do redutor da malha 02 (19582447)
						Método	Sim	Criar o check list de limpeza dos rolamentos com frequência de limpeza diariamente
Seccionadora Quebrada	Devido a má fixação da mesma	Fixação com fita hellerman	Falha conceitual de atuações corretivas			Máquina	Não	Acertar a fixação de todas as seccionadoras
						Método	Sim	Treinar nas trocas de turnos técnicos quanto ao conceito de fazer o correto durante as intervenções
Grfs de saindo da LGF Rotulos	Malha do Extrator 03 parou	Cabo de ligação motor da malha em curto	Erro montagem dos cabos (Cabo por fora do leito da eletrocalha)			Material	Não	Trocar cabo de alimentação do motor da malha e recolocar por dentro da eletrocalha (26789196)
						Mão de obra	Não	Treinar nas trocas de turnos técnicos quanto ao conceito de fazer o correto durante as
						Método	Sim	Treinar operadores no check list de limpeza profunda e inspeção
1. Atrito entre guia e garrafas e sujidades 2. Garrafas fora do padrão	1. Desgaste forçado dos componetes	Plano de inspeção não contempla inspeção no componente				Material	Não	Substituição das guias da costela;
						Método	Sim	Incluir no plano de Inspeção mecanica a integridade do componente
Devido falha na execução do procedimento Lubrificação da lavadora	Falta de sentimento de Dono					Mão de Obra	Não	Realizar treinamento com Operadores Rejano e Rycherd no item de lubrificação da SkAP
						Método	Não	1. Aplicar fluxo de consequencia no operador dono; 2. Intensificar check de manutenção autonoma na entrada da lav
Devido excesso de graxa escorrendo do rolamento do eixo dos cames	Alteração da viscosidade da graxa devido a alta temperatura do equipamento causando escorrimento	falta de bandeija coletora de graxa no equipamento (eliminar fonte de sujeira e direcionar para a bandeija)				Máquina	Não	Colocar bandeja coletora de sujidade
						Método	Sim	Criar o check list de limpeza da bandeja coletora com frequência de limpeza diariamente
Cardans da engrenagem de saída estão folgados	Parafusos de fixação folgados	Falha no procedimento de reaperto da máquina	Procedimento não contempla o ponto do cardan			Método	Sim	Incluir no check list de inspeção o check de fixação dos cardans
						Máquina	Não	Fixar parafuso do cardan da saída
Sujidade aparente na lateral(saída) Volante de saída	Devido excesso de umidade no local	Vazamento de água na válvula dos esguichos finais	Reparo interno da válvula danificado	Item não parametrizado no estoque		Método	Não	Incluir no Estoque os reparos de manutenção da válvula
						Máquina	Não	Realizar a troca da válvula dos esguichos finais

Figura 4.21 - Análise dos 5 Porquês.

A Figura 4.22 demonstra algumas etiquetas criadas no dia da atividade. Essas foram criadas em determinados subconjuntos durante a limpeza devido a otimização necessária de recursos, como, material disponível, mão de obra, e disponibilidade de parada de produção.

LISTA DE ETIQUETAS - DEMAIS ETIQUETAS				
Seq	N. NOTA	Descrição	Data abertura	Status
1	19810316	BC - Trocar roletes de retorno.	13/01/2020	AND
2	19810299	BC - Trocar bucha desgastada.	13/01/2020	AND
3	19810281	BC- Revisar sistema de lubrificação.	13/01/2020	AND
4	19810258	BC - Alinhar unhas da mesa de carga.	13/01/2020	AND
5	19810215	BC- Soldar tubulação de sabão.	13/01/2020	AND
6	19810191	BC- Retirar vazamento tubulação de sabão	13/01/2020	AND
7	19810171	BC - Trocar rolamento estourado.	13/01/2020	AND
8	19811054	BC retira folga do volante mesa de	13/01/2020	AND
9	19811055	BC desempena unha da guia do primeiro	13/01/2020	AND
10	122664637	BC revisar motor com baixa isolamento	13/01/2020	AND
11	122683421	BC -realiza troca da bucha do mancal	14/01/2020	AND
12	19929617	BC - trocar perfil plastico da guia da m	15/01/2020	AND
13	19893585	BC- revisar engrenagem do volante do batedor	16/01/2020	AND
14	19893588	BC- soldar pentes danificados da LGF	17/01/2020	AND
15	19893554	BC-trocar chapas de saida da LGF	18/01/2020	AND

Figura 4.22 - Lista de etiquetas.

Além do desenvolvimento da ferramenta de análise de falhas 5 porquês mais a lista de etiquetas, desenvolvemos uma listagem referente aos pontos de sujidade, conforme Figura 4.23 em conjunto com o mapa de contaminação da máquina.

### LISTA DE ETIQUETAS - FONTES DE SUJIDADE

Seq	N. NOTA	Descrição	Data abertura	Status
1	19528309	BC- trocar borrachas de vdação filtro tq	20/01/2020	OK
2	19528305	BC- trocar borrachas de vdação filtro tq	20/01/2020	OK
3	122573012	BC-Adequar tampa do extrator 03.	20/01/2020	OK
4	122573080	BC-sanar vazamento de solução.	20/01/2020	OK
5	122574160	BC instalar painel acrilico para proter	20/01/2020	OK
6	122572992	BC-fixar base da trava da porta.	20/01/2020	OK
7	19501907	BC-sanar Vazamento no extrator 05.	20/01/2020	OK
8	122574160	BC instalar painel acrilico para proter	20/01/2020	OK
9	19582322	BC- trocar valvula do filtro do tq-02	20/01/2020	OK
10	19582113	BC- trocar proteção da engrenagem da sai	20/01/2020	OK
11	19582137	BC- trocar manípulos dos tq de agua L/D	20/01/2020	OK
12	19582399	BC- fixar trava da escotilha superior t	20/01/2020	OK
13	19582447	BC- retirar vazamento do redutor da mal	20/01/2020	OK
14	19651668	BC- redutor 502 da malha extra 02 com v	20/01/2020	OK
15	19587564	BC- retirar vazamento do redutor - 506 e	20/01/2020	OK

Figura 4.23 - Lista de etiquetas – Fontes de sujidade.

A Figura 4.24 demonstra o mapeamento dos pontos de contaminação realizado no dia D, pela operação e técnicos. Cada ponto foi identificado, sendo analisada as possíveis soluções. Existia excesso de graxa escorrendo do rolamento do eixo dos cames na entrada da máquina, em alguns pontos foram identificadas alterações na viscosidade da graxa devido alta temperatura, falta de pontos de coleta de graxa na entrada e saída da máquina. A partir desse monitoramento foram realizadas ações nessas frentes e adicionado os itens a serem verificados no plano de limpeza, inspeção e lubrificação.



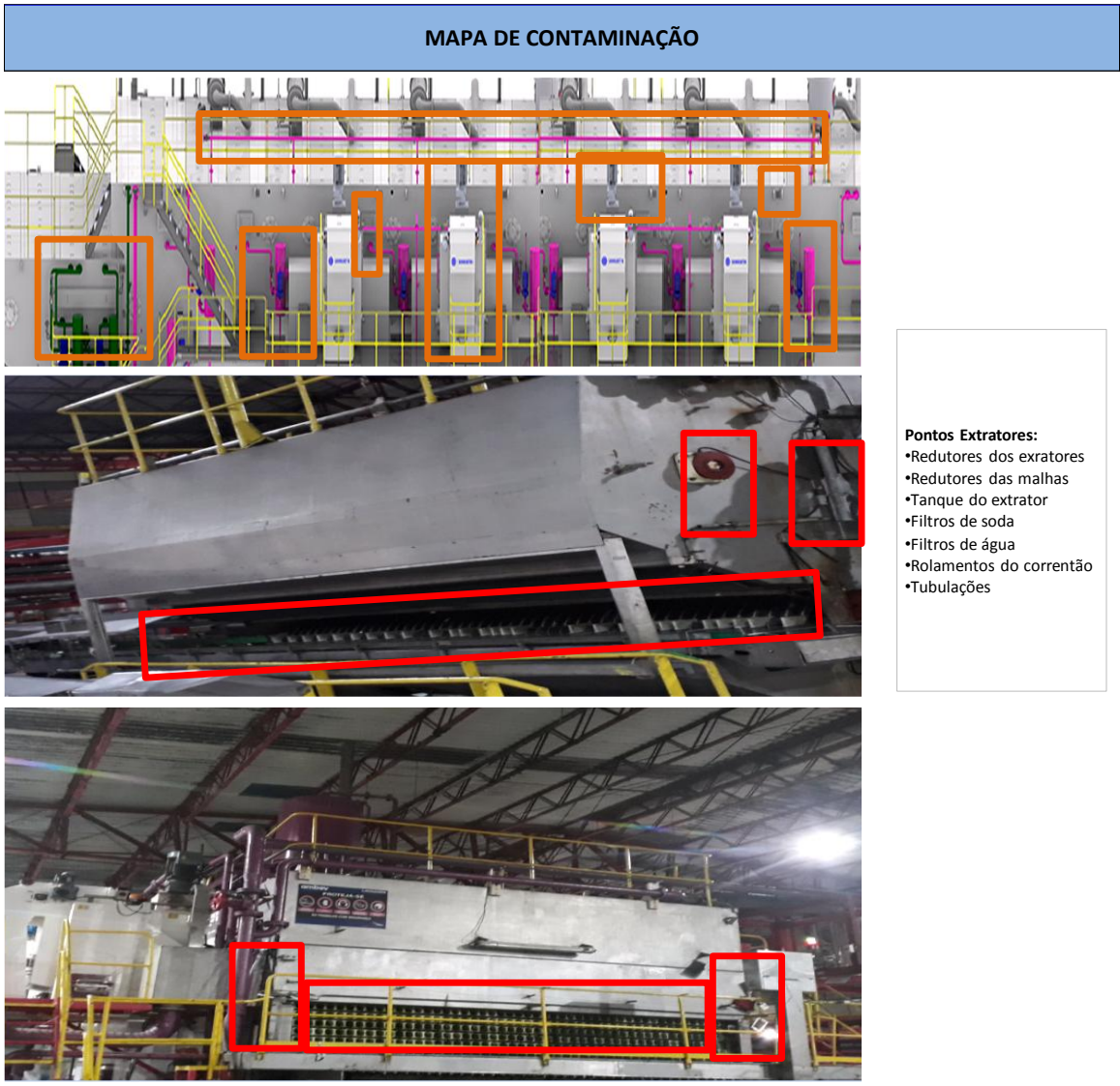


Figura 4.24 - Mapa de lubrificação.

Com a estrutura do mapa de contaminação, foi realizado em paralelo o mapa de lubrificação da máquina, constando a localização de todos os pontos de lubrificação do equipamento, com a numeração e descrição (mancal, rolamento, lubrificação centralizada etc.). Dessa forma trouxe agilidade no acesso de informações para os operadores durante a atividade de lubrificação de forma clara e objetiva. A Figura 4.25 demonstra o mapa de lubrificação conforme layout da máquina.



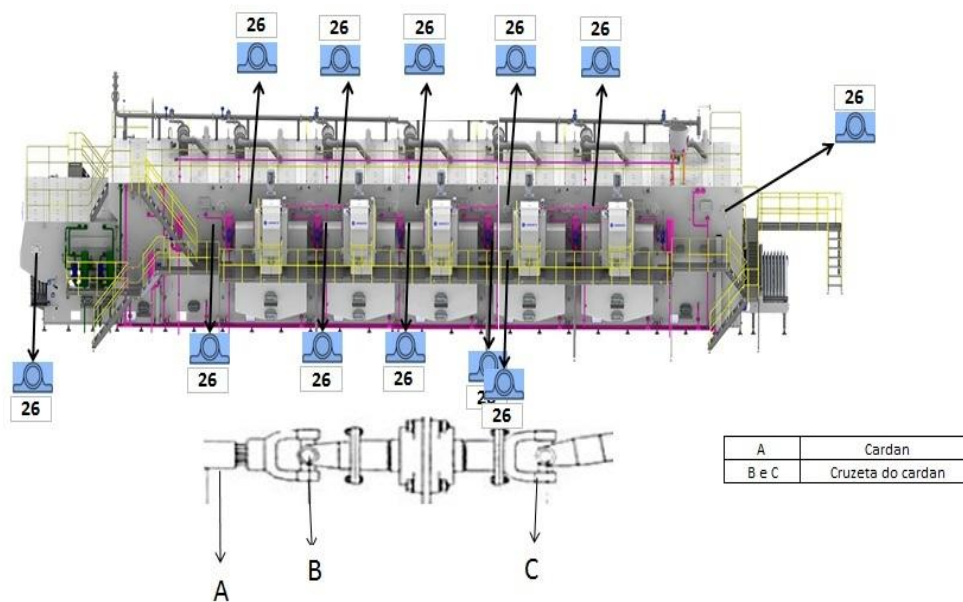


Figura 4.25 - Mapa de contaminação.

O Plano de Lubrificação foi revisado de forma a conter na descrição a frequência de lubrificação, os tipos de lubrificantes que devem ser utilizados para cada tipo de subconjunto, foram restabelecidos cores de identificação para os bicos graxeiros e as bombas de lubrificação de acordo com o tipo de óleo utilizado, seguindo as formas corretas de armazenamento do produto e de lubrificação evitando contaminação cruzada. Portanto, o foco do plano é prevenir falhas decorrentes da má lubrificação ou a falta de lubrificação, além de garantir a conservação dos equipamentos conforme determina o fabricante.

Os operadores nesse ponto passaram a ser protagonistas da ação, com papel fundamental no controle dos processos atuando como responsáveis pelas condições de funcionamento do equipamento e também pela a sinalização através de etiquetas, o que facilitaria também o trabalho da equipe de manutenção no momento do reparo.

#### 4.2 - MELHORIAS GERADAS

Como relatado no descritivo 3.2 através da estratificação das paradas notamos uma evolução no MTBF da máquina, conforme o gráfico da Figura 4.26 identificamos entre os meses de janeiro a maio um crescimento em minutos do MTBF da lavadora de garrafas. O correto planejamento das atividades de manutenção, baseado nos principais modos de falhas estratificados nos relatórios nos demonstrou que estávamos atuando de forma assertivas nas causas.

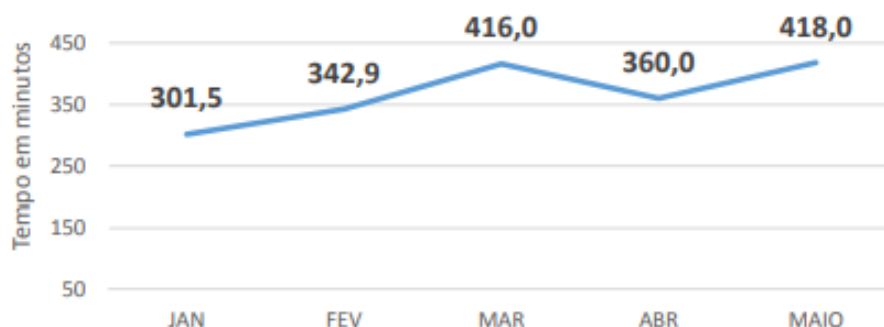


Figura 4.26 - MTBF.

Conseqüentemente o MTTR, através dos treinamentos para operação e técnicos, reforço dos modos de operação da máquina, características de operação, controle de variáveis da máquina e o sentimento de dono por parte da operação, começou a ter resultados mais sustentáveis dentro do processo. Conforme observamos no gráfico da Figura 4.27 notamos uma queda no indicador, nos mostrando que o tempo de reparo caiu em relação aos meses analisados durante a implantação da MA.

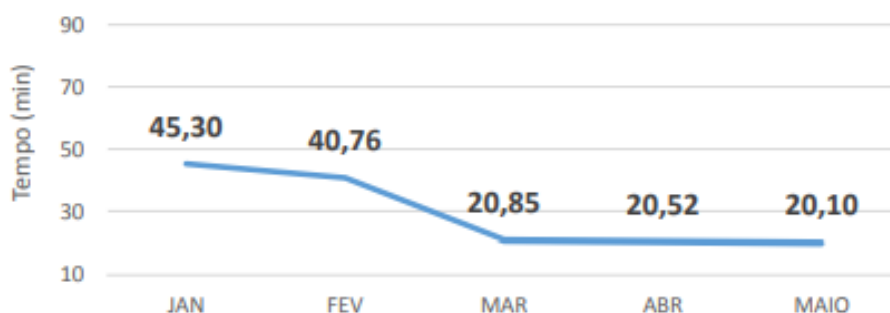
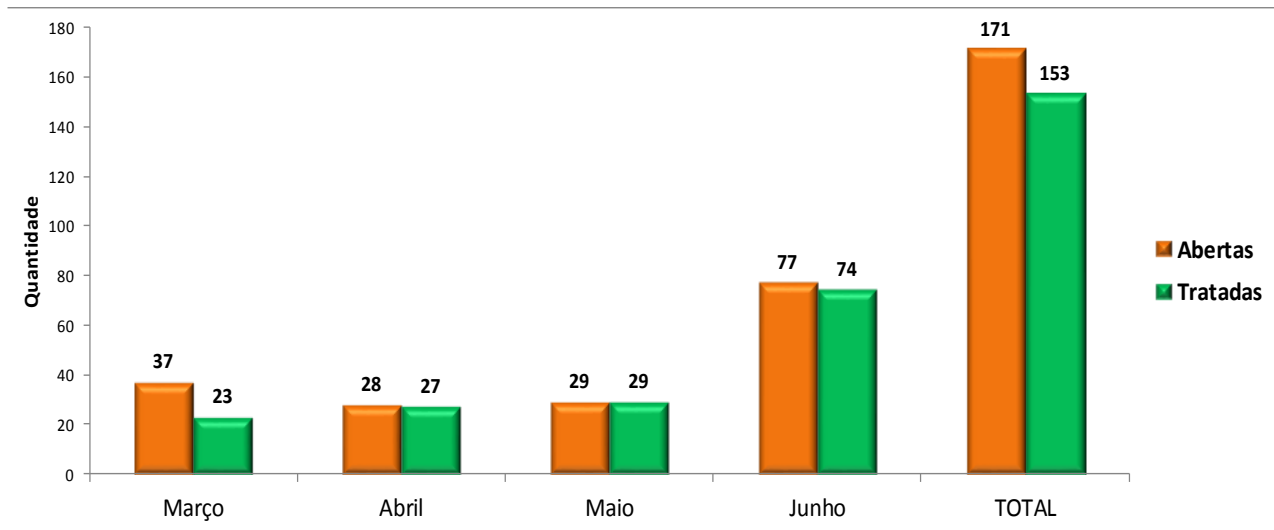


Figura 4.27 - MTTR.

Em paralelo iniciamos os tratamentos das etiquetas abertas pela operação e técnicos de forma priorizada e planejada com base no plano de manutenção revisado e valorizado. Com todos os materiais de troca já descritos, com o tempo de execução definido e com o método a ser utilizado durante a atividade. No gráfico da Figura 4.28 notamos as aberturas x etiquetas tratadas ao longo dos primeiros meses após início da implantação da MA. Em março, praticamente metade das etiquetas abertas não eram tratadas, demonstrando uma fragilidade na manutenção. Porém como percebemos em junho praticamente todas as notas abertas foram tratadas, demonstrando total interesse da operação e técnicos na resolução dos problemas da máquina.

## ETIQUETAS ABERTAS x TRATADAS



Etiquetas abertas vs tratadas	Março		Abril		Maio		Junho		TOTAL	
	Abertas	Tratadas	Abertas	Tratadas	Abertas	Tratadas	Abertas	Tratadas	Abertas	Tratadas
Total	37	23	28	27	29	29	77	74	171	153

Figura 4.28 - Etiquetas abertas x tratadas.

Com intuito de melhorar os procedimentos de limpeza, lubrificação e manutenção revisamos todos os planos da máquina e valorizamos cada item. Definindo de forma correta os tempos estimados, materiais a serem usados, passo a passo das execuções e planos de manutenção a periodicidade de troca mandatória, eliminando assim possíveis quebras inesperadas dos subconjuntos. A seguir, a Figura 4.29 demonstra a realização do FEMEA como base para tomada de decisão das ações. No FEMEA demonstra para cada subconjunto da máquina, a função, a falha funcional, o modo de falha, o efeito e consequência da falha, os níveis de severidade, ocorrência e detecção e descrevemos para qual tipo tarefa de manutenção podemos bloquear as causas.

SUBSISTEMA (BLOCO)	FUNÇÃO DO SUBSISTEMA (BLOCO)	COMPONENTE / SUBCONJUNTO	QUANTIDADE DO ITEM	FUNÇÃO DO COMPONENTE (Verbo+Objeto+Parâmetro de desempenho)	FALHA FUNCIONAL DO COMPONENTE (NEGAÇÃO DA FUNÇÃO)	TIPO DE DETERIORAÇÃO (Natural ou Forçada)	MODO DE FALHA DE DETERIORAÇÃO NATURAL	EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	RPN - Risk Priority Number	EVIDENTE	OCULTO	TIPO DE ATIVIDADE	TAREFAS DE MANUTENÇÃO (Ação+Objeto+Método+Medida Padrão)
									3	3	1	9	x			
Sistema pneumático	Acionar as válvulas de controle dos fluídos	Reguladora de ar/unidade de conservação	1	Regular a passagem de ar comprimido e garantir a qualidade do ar para acionamento da moduladora.	Não Melhorar a qualidade do ar que atua a válvula moduladora de Co2	Natural	obstrução	restringir o fluxo de ar, falha na modulação da válvula de produto.	3	3	1	9	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Limpar e inspecionar filtro.
		Agitador	48	Auxilia na organização e distribuição das garrafas na entrada da maquina	Não Auxilia na organização e distribuição das garrafas na entrada da maquina	Natural	Desgaste das hastes	Desgaste nas hastes impossibilitando a organização das garrafas	3	1	3	9	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Inspeccionar as hastes do mexedor da mesa de carga, verificando o desgaste e desalinhamento.
		Filtro dos esguichos	20	Filtrar solução que vai para o esguicho	Não Filtrar solução que vai para o esguicho	Natural	saturação	Obstruir fluxo de Solução, ineficiência na lavagem	3	3	3	27	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Realizar limpeza e inspeção do filtro dos esguichos conforme procedimento
		Esguicho		Esguicha a água na garrafa	Não esguicha a água na garrafa	Natural	Desgaste da bucha	Ineficiência na lavagem por baixa pressão	2	5	1	10	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Limpar, desentupir e ajustar de acordo com o centro dos copos e garrafas
		Bomba	11	Enviar solução para os esguichos.	Não Enviar solução para os esguichos.	Natural	Vazamento	Perda de pressão, ineficiência da lavagem das garrafas e queima de motor	4	3	3	36	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Inspeccionar bombas quanto a existência de vazamentos limpando a carcaça da mesma externamente.
		Válvula de Controle de Temperatura TQ	4	Modular entrada de vapor para os tanques da lavadora	Não Modular entrada de vapor para os tanques da lavadora	natural	Vazamento	falha de modulação, aquecimento demasiado ou deficiente nos tanques	3	3	3	27	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Inspeccionar válvulas de controle de vapor, verificando a existência de vazamentos e funcionamento.
		Escotilha (vedação)			Não	Natural	Descalibragem		5	1	3	15	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Inspeccionar vedações das escotilhas quanto a desgaste.
		Rótula da manivela	2	Movimentar o eixo da bandeirola	Não Movimentar o eixo da bandeirola	Natural	Folga na rótula	Perda no sincronismo da bandeirola	4	3	3	36	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Lubrificar os pontos de acionamento do eixo da bandeirola; limpar e inspecionar as rotulas, braço e mancais da bandeirola da mesa de descarga
		Bloco de distribuição	1	Garantir a chegada de lubrificante nos pontos distintos	Não Garantir a chegada de lubrificante nos pontos distintos	Natural	Vazamento	Perda de pressão, ineficiência da lubrificação	1	1	1	0	x		LIMPEZA, INSPEÇÃO (CIL)	Inspeccionar integridade das conexões e tubos do distribuidor de graxa. Identificando possíveis vazamentos.
		Válvula manual de bloqueio	5	Bloquear manualmente fluxo de fluido	Não Bloquear manualmente fluxo de fluido	Natural	desgaste	Travamento, falha no bloqueio	4	3	3	36	x		LUBRIFICAÇÃO > 1 MÊS (TAM 303)	Limpar e lubrificar com graxa o fuso das válvulas manuais de bloqueio

Figura 4.29 - FEMEA.

A seguir, a Figura 4.30 demonstra de forma simplificada um antes e um pós implantação do método de manutenção autônoma na máquina. Nota-se que saímos de um total de 50 planos de manutenção para 71 planos, pois conforme íamos analisando as causas dos problemas, percebíamos que não existiam planos para determinados itens. Revisamos planos de calibração, inspeção preventiva, lubrificação e troca mandatória. Habitualmente, só percebíamos o item depois da quebra do mesmo. Outro ponto relevante dessa Figura 4.30 é o aumento do custo de manutenção preventivo da máquina. Valorizamos os itens, definimos as substituições dentro do prazo de vida útil de cada componente, eliminando as quebras inesperadas. Contudo, ganhamos no aumento de disponibilidade, confiabilidade da máquina e reduzimos os custos em relação a manutenção corretiva, correspondendo uma diminuição nesse custo de aproximadamente 45%.



Figura 4.30 - Resumos dos planos.

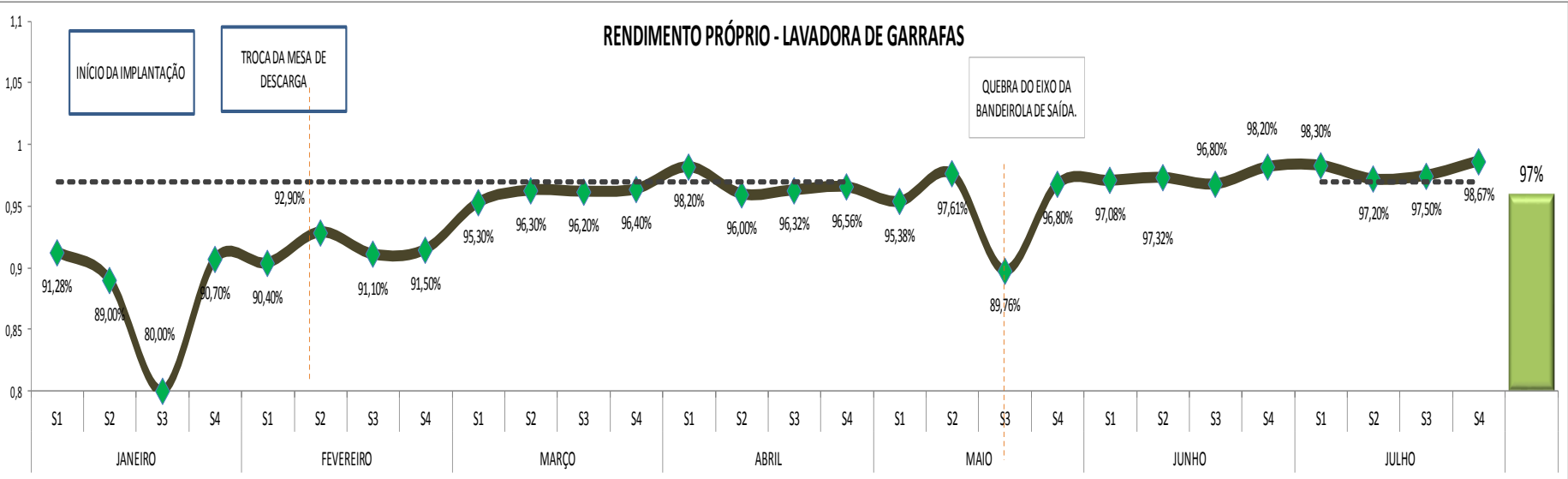
Além dos planos de manutenção revisados e valorizados, foram criados os procedimentos de limpeza, inspeção e lubrificação conformes as necessidades vistas nas

fases de implantação, seguindo as saídas das ações dos 5 porquês. Os planos são apresentados nos anexos 1.

Conforme já mencionado os passos implementados apontaram resultados significativos nos indicadores de MTBF e MTTR e aos colaboradores. Contudo, conforme o andamento do planejado o rendimento próprio da máquina começou a estabilizar e apresentar uma crescente atingindo o objetivo traçado no início da implantação.

A Figura 4.31 demonstra o acompanhamento do rendimento próprio da máquina, observamos que durante os dois primeiros meses o indicador ainda estava longe da meta e com diversas oscilações, mostrando uma fragilidade da manutenção da máquina. No mês de fevereiro fizemos a primeira ação macro, vinda dos 5 Porquês, que foi a troca da mesa de descarga na máquina, diminuindo consideravelmente a queda de garrafas na saída do equipamento e a quantidade de desacoplamentos. Nota-se que no mês de maio tivemos uma queda brusca no rendimento, devido a quebra repentina do eixo da bandeirola da saída, o mesmo foi substituído, discutido os aprendizados e ajustado o plano. Logo após a quebra, começamos atingir o objetivo e estabilizar o indicador, atingindo dessa forma o desafio proposto.

## EVOLUÇÃO DO OBJETIVO



Meta		JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO				ABRIL				MAIO				JUNHO				JULHO				Total
<b>97%</b>		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
<b>Total</b>		91,28%	89,00%	80,00%	90,70%	90,40%	92,90%	91,10%	91,50%	95,30%	96,30%	96,20%	96,40%	98,20%	96,00%	96,32%	96,56%	95,38%	97,61%	89,76%	96,80%	97,08%	97,32%	96,80%	98,20%	98,30%	97,20%	97,50%	98,67%	95,9%

Figura 4.31 - Evolução do objetivo.

Em relação a todos os passos implementados da metodologia, seu desenvolvimento foi muito flexível e mobilizou operadores e técnicos, suas atividades foram revisadas e procedimentos criados para facilitar e transmitir uma maior autonomia a eles. Vale ressaltar que as atividades não foram dificultadas, apenas foi garantido que o padrão fosse mantido em todos os turnos para os novos colaboradores. Por essa razão, não houve relutância por parte dos colaboradores na implementação, visto que suas atividades se mantiveram e suas opiniões podiam ser expressadas a qualquer momento para solicitar qualquer melhoria que eles identificassem necessária. Para o time, a metodologia facilitou muito o trabalho e os ajudou no repasse de informações aos novos funcionários, com o auxílio dos treinamentos realizados em cada passo houve uma evolução pessoal significativa, mantendo-os sempre informados e bem treinados para executar suas atividades.



## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES**

#### **5.1 - CONCLUSÕES**

Com o desenvolvimento da metodologia, o objeto de estudo aborda as fases de implementação da manutenção autônoma na lavadora de garrafas, que ao serem executadas no equipamento, alcançaram os objetivos propostos.

Diante da grande competitividade do mercado, as indústrias devem buscar métodos de manutenção que agreguem diferenciais. Nesse cenário houve uma enorme disseminação da metodologia Manutenção Autônoma.

Dessa forma, por meio dos resultados apresentados nota-se que as quatro fases implantadas apresentam resultados significativos ao longo do processo, permitindo melhorias nos indicadores de MTBF, MTTR e RP, a partir da diminuição das paradas na linha de produção, além da maior qualidade ao ambiente de trabalho. Sem contar que os próprios funcionários foram beneficiados, passando a ter mais autonomia perante à máquina, onde suas atividades foram padronizadas e passaram a ser mais organizadas, de fácil realização e com possibilidade de respostas mais rápidas quando necessária qualquer intervenção.

Esses ganhos se deram em virtude das análises estruturadas através dos impactos do equipamento, do uso das ferramentas de análise de falhas e das ações para resolução das causas raízes dos problemas encontrados. Os passos dados na melhoria do processo, eram construídos e monitorados conforme planejado. Nas etapas iniciais da utilização da ferramenta, a equipe começou a despertar uma maior preocupação com a organização e limpeza na máquina, devido aos treinamentos e aos constantes feedbacks. O time foi se destacando nos cuidados com a máquina e difusores da ideia de manter a área organizada para o bem dos mesmos.

A partir da implantação dos procedimentos iniciais de limpeza e inspeção, foram surgindo várias ideias de melhoria no equipamento e aumento na autoestima dos técnicos e operadores. Os constantes diálogos e discussões sobre as melhorias do processo gerou um grande ganho de conhecimento técnico entre operadores e técnicos.

Os principais resultados foram:

- O aumento do rendimento próprio e MTBF da máquina, redução do MTTR e subsequentemente o aumento da produtividade da linha operacional da fábrica;
- Os custos de manutenção corretiva reduziram-se significativamente, dada a diminuição de compras de peças em regime de urgência e o número de quebras;
- A manutenção autônoma reduziu a quantidade de falhas crônicas nos equipamentos, que passaram a apresentar maior estabilidade nos processos, com reflexos significativos na qualidade dos produtos acabados e redução de retrabalho.

Portanto, conclui-se que através de uma análise estruturada, com o uso metodologia de manutenção autônoma, somado com o sentimento de dono por parte dos envolvidos e um bom planejamento, podemos ter ganhos no processo produtivo, de forma a sustentar um indicador e poder ter embasamento para replicar a metodologia para os próximos equipamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462/1994 **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

BARRINGER, P. **An Overview of Reliability Engineering Principles**. Houston, 1996.

COSTA, M. de A. **Gestão Estratégica da Manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

COSTA, T.; MENDES, M. **Análise da causa raiz: Utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura**. X Simprod, 2018.

FIDELIS, N.; RESENDE, A.; GUIMARÃES, M.; TANNUS, S. **O papel da manutenção autônoma no processo de implantação da TPM em uma empresa do setor automobilístico**. Fortaleza: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015.

FLOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2009.

FUENTES, F. F. E. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica), Florianópolis, 2006.

GOMES, P.; LEITE, J.; MEDEIROS, A. e MACIEL, P. **Manutenção autônoma aplicada na melhoria dos processos industriais: Um estudo de caso em uma empresa do pólo industrial de Manaus**. Manaus: VII Congresso Nacional em Excelência em Gestão, 2011.

GROSH, D. **A primer of reliability theory**. New York: John Wiley & Sons, 1989.

HENLEY, E. J.; KUMAMOTO, H. **Reliability Engineering and Risk Assessment**. Prentice-Hall, Inc., 1981.

HIGGINS, R. **Maintenance engineering handbook**. New York: Mc. Graw-Hill, 2001.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3ª edição - Editor de Desenvolvimento Gerencial; 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. A. **Manutenção – Função estratégica**. 4.ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2015.

KARDEC, A.; RIBEIRO, H. **Gestão estratégica e manutenção autônoma**. 1, Ed., ABRAMAN, 2002.

LEE, W.; GROSH, D.; TILLMAN, F.; LIE, C. **Fault tree analysis, methods, and applications - A review**. IEEE Transactions on Reliability, vol. 34, 1985.

LIMA FILHO, L. M. A. **Controle estatístico de qualidade**. Departamento de Estatística Centro de Ciências Exatas e da Natureza - Universidade Federal da Paraíba, 2015.

MESQUITA FILHO J.; SILVA, M. **Pesquisa ação sobre o uso de indicadores de desempenho do equipamento em uma fábrica de geradores**. Unesp, São Paulo, 2011.

MOUBRAY, J. **Introdução à manutenção centrada na confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 1996.

NAKASATO, K. **Manutenção autônoma**. In: SUZUKI, T. (Org). TPM em indústrias de processos, New York, Ed. Productivity Press, 1994.

NETTO, W. A. C. **A Importância e a aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas indústrias**. 2008. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2008.

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

PIRES NETO, V.; KITZBERGER, J.; DUCLOS, L.; FRAZZON, E. **Estudo da Integração do BSC e TPM para a Gestão do Processo de Manutenção Industrial em uma Empresa de Galvanização**. ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves, RS, Brasil. Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012.

RIBEIRO, G. L. M.; PAES, R. L.; NETO, F. J. K. **Aplicação da metodologia OEE para análise do processo de descobertura de carvão mineral em uma mina a céu aberto.** 2010.

RODRIGUES, E. **A participação da produção na manutenção autônoma como ferramenta de qualidade no aumento da produtividade.** 2010. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2004.

SAKURADA, E. Y.; DIAS, A. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Arvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos.** UFSC, Florianópolis, 2001.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da Qualidade: As Ferramentas Essenciais.** Curitiba: Ibplex, 2012.

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

SILVA C. P.; SILVA, A. L. **Manutenção autônoma aplicada na melhoria de processos: Um estudo de caso em uma indústria de cosméticos.** Unicamp, Limeira, 2014.

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

SOUZA, M. S. de. A Importância do Planejamento e Controle da Manutenção: um estudo na Afla indústria de bebidas. **Revista Eletrônica da Faculdade José Augusto Vieira**, Lagarto, v. 7, n. 5, p.1-22, set. 2012.

SOUZA, V. C. **Organização e gerencia da manutenção.** 2º ed. All Print, 2007.

TAVARES, L. A. **Administração moderna de manutenção.** 1ª edição. Rio de Janeiro: Novo Polo, 2000.

TONDATO, R.; FOGLIATO, F. S. **Manutenção Produtiva Total na Indústria de Processos Gráficos. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Porto Alegre**, RS, Brasil. 29 out. a 01 de nov. de 2005.

**VANOLLI, K. Gestão da manutenção nas cooperativas agrícolas: uma análise no Estado do Paraná.** TECPAR, Curitiba, 2003.

**VIANA, H. R. G. PCM planejamento e controle da manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

**VOITTO, Treinamento green belt em lean seis sigma.** Voitto – Treinamento e Desenvolvimento, 2014.

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

**WERKEMA, M. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

**WINDROCK, Windrock 6400 Portable Analyzer.** [Online]. Disponível em: <<https://windrock.com/products/6400portableanalyzer/>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2019.

**XENOS, H. G. Gerenciando a manutenção produtiva.** Belo Horizonte: Editora DG, 1998.

## **APÊNDICE A**

### **CHECK – LIST DO PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO**

## **APÊNDICE B**

### **PROCEDIMENTOS DE LUBRIFICAÇÃO**