



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO MESTRE DE MANUTENÇÃO  
PREVENTIVA PARA A MELHORIA NA EFICIÊNCIA DE LINHAS DE  
ENVASE DE LEITE TIPO UHT: UM ESTUDO DE CASO**

Daniel Bandeira Silva

Lajeado, novembro de 2016

Daniel Bandeira Silva

**IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO MESTRE DE MANUTENÇÃO  
PREVENTIVA PARA A MELHORIA NA EFICIÊNCIA DE LINHAS DE  
ENVASE DE LEITE TIPO UHT: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro Universitário Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Rafael Crespo Izquierdo

Lajeado, novembro de 2016

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Daniel e Maili, que me prepararam para os desafios da vida com muita dedicação, amor e carinho e me ensinaram os reais valores da mesma e a minha querida irmã, Glaucia, pelo carinho e motivação constante.

Ao meu estimado orientador, Prof. Me. Rafael Crespo Izquierdo, por todo auxílio, dedicação, motivação e por me dar a honra de compartilhar os conhecimentos para a elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas da Cooperativa Santa Clara, pelo apoio, disposição e cooperação dedicada neste período, fornecendo-me os dados e as informações necessárias, contribuindo para a realização deste estudo de caso.

A todos os meus amigos, familiares e em especial aos professores Carlos Henrique Lagemann, Cláudio Roberto do Rosário, Manfred Costa e William Jacobs, que com dedicação, companheirismo e presteza estiveram junto comigo em mais esta importante conquista de minha vida.

Meu muito obrigado a todos vocês!

Melhorar geralmente significa fazer algo que nunca fizemos antes.

(Shigeo Shingo)

## RESUMO

Em função do crescimento do mercado consumidor brasileiro, as indústrias de laticínios vêm investindo constantemente no desenvolvimento de novos produtos e embalagens, visando satisfazer as exigências dos consumidores, os quais primam por produtos com qualidade e preço baixo. Diante dessa situação, as empresas deste ramo necessitam de um processo produtivo eficiente, com poucas falhas e quebras em suas máquinas e equipamentos. Nesse sentido, o Plano Mestre de Manutenção Preventiva é uma das ferramentas imprescindíveis para a eficiência do processo produtivo, visto que integra as melhores técnicas de manutenção com enfoque na manutenção preventiva reduzindo, assim, as falhas, quebras e paradas não programadas que impactam diretamente nos custos e nos índices de produção. O presente trabalho tem o propósito de elaborar um Plano Mestre de Manutenção Preventiva para, em futuras aplicações, melhorar a eficiência do processo produtivo de leite tipo *Ultra High Temperature* (UHT). A metodologia desse trabalho baseia-se em aplicar o método PMMP em uma linha de envase, com utilização de um Procedimento de Manutenção Padrão, de Ordens de Serviço específicas, de Mapas de Planejamento das manutenções e de aplicações de indicadores de manutenção. Após a implementação do PMMP, os resultados mostram que o PMMP é uma ferramenta eficaz para a melhoria dos índices de produtividade, já que as simulações realizadas mostram que um acréscimo moderado de 2,33% na eficiência mensal da linha em estudo indica um potencial ganho financeiro para a empresa analisada.

**Palavras-chave:** Manutenção preventiva. Indicadores de desempenho da manutenção. Processo produtivo de leite tipo UHT. Plano mestre de manutenção

## **ABSTRACT**

Due to the growth of the Brazilian consumer market, the dairy industries have been constantly investing in the development of new products and packaging, aiming to fulfill the consumers' demands, who strive for qualified products at low price. Faced with this situation, the companies of this sector need an efficient productive process, with little flaws and breakdowns into their machines and equipment. In this sense, the Preventive Maintenance Master Plan is one of the essential tools for the efficiency of the productive process, once it incorporates the best maintenance techniques with focus on the preventive maintenance, diminishing, this way, the flaws, breakdowns, and non-programed stops, which directly impact on the costs and production rates. This paper proposes to elaborate a Preventive Maintenance Master Plan, to, in future applications, improve the efficiency of the productive process of the milk type Ultra High Temperature (UHT). The methodology of this study consists of applying the PMMP method on a filling line, using a Standard Maintenance Procedure, of Specific Service Orders, Planning Maps of maintenance and maintenance indicators applications. After the implementation of PMMP, the results show that the PMMP is an efficient tool for the improvement of the productive rates, as the simulations carried out demonstrate that a moderate increase of 2,33% in the monthly efficiency from the line under study indicates a potential financial gain for the analyzed company.

**Key-words:** Preventive Maintenance. Maintenance performance indicators. Productive process of the milk type UHT. Maintenance Master Plan.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tarefas das funções de um departamento de manutenção .....	16
Figura 2 - Organograma de organização de uma fábrica.....	18
Figura 3 - Combinação de tipos de manutenção em um automóvel.....	20
Figura 4 - Aplicação dos Recursos na Manutenção .....	23
Figura 5 - Estrutura de um PMMP .....	24
Figura 6 - Modelo de cabeçalho de PMP .....	26
Figura 7 - Modelo de cabeçalho de OS .....	26
Figura 8 - Mapa 52C1 - manutenções anuais (A), semestrais (S) e mensais (M) .....	27
Figura 9 - Mapa 52C2 - básico .....	28
Figura 10 - Tempos de funcionamento e reparação .....	31
Figura 11 - Linha de leite tipo UHT .....	42
Figura 12 - Etapas da Ultrapasteurização de leite tipo UHT.....	43
Figura 13 – Simulação de produção em um mês.....	47
Figura 14 – Regime de operação da indústria .....	47
Figura 15 - Eficiência produtiva da Indústria de Leite Tipo UHT .....	48
Figura 16 - Organograma do setor de manutenção UHT .....	49
Figura 17 - Eficiência produtiva da linha_A .....	54
Figura 18 - Simulação de implementação do PMMP na linha_A.....	55
Figura 19 - Sugestão de planejamento para preventiva 3.000h.....	58

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Máquinas que compõem as linhas de leite tipo UHT.....	46
Tabela 2 - Turnos de trabalho da indústria.....	47
Tabela 3 - Escalas da manutenção UHT.....	50
Tabela 4 - Índice de atuação da manutenção UHT.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
CIP	<i>Clean in Place</i> ou Limpeza no Local
CLP's	Controladores Lógicos Programáveis
HH	Homem Hora
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MM	Manual de Manutenção
OS	Ordem de Serviço
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PMMP	Plano Mestre de Manutenção Preventiva
PMP	Procedimento de Manutenção Padrão
TCBP 70	<i>Tetra Cardboard Packer 70</i>
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
TMPR	Tempo Médio Para Reparos
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> ou Manutenção Produtiva Total
TTS 51	<i>Tetra Tray Shrink 51</i>
UHT	<i>Ultra High Temperature</i> ou Ultra Alta Temperatura

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Tema .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Justificativa .....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Limitações do trabalho.....</b>	<b>14</b>
<b>1.5 Organização do trabalho .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Definição de Manutenção.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 A Engenharia de Manutenção .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 O Planejamento e Controle de Manutenção (PCM).....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Tipos de Manutenção .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Manutenção Preventiva .....</b>	<b>20</b>
<b>2.6 Plano Mestre de Manutenção Preventiva.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.1 Procedimento de Manutenção Padrão (PMP) .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.2 Ordem de Serviço (OS) .....</b>	<b>26</b>
<b>2.6.3 Mapas de planejamento de manutenção preventiva .....</b>	<b>27</b>
<b>2.6.4 Exemplos de implementação do PMMP .....</b>	<b>28</b>
<b>2.7 Indicadores de desempenho da Manutenção .....</b>	<b>29</b>
<b>2.7.1 Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) .....</b>	<b>30</b>
<b>2.7.2 Tempo Médio Para Reparos (TMPR) .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7.3 Disponibilidade de equipamentos .....</b>	<b>33</b>
<b>2.7.4 Custo de manutenção por faturamento .....</b>	<b>34</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 Metodologia de pesquisa .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.1 Quanto aos fins .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.2 Quanto aos meios .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.3 Local do estudo .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.4 Coleta de dados .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.5 Análise dos dados.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.6 Apresentação dos dados .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1.7 Limitações dos métodos .....</b>	<b>49</b>

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 A Empresa .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Descrição do processo produtivo.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.1 Ultrapasteurização de leite tipo UHT .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.2 Envase de leite tipo UHT .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2.3 Acondicionamento de leite tipo UHT .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.4 Limpeza CIP e Regime de operação .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.5 Eficiência produtiva da indústria.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3 Descrição do setor de manutenção .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3.1 PMMP na máquina TP A3/Flex .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3.2 PMMP na máquina Tetra Cardboard Packer 70 .....</b>	<b>52</b>
<b>4.3.3 PMMP na máquina Tetra Tray Shrink 51 .....</b>	<b>53</b>
<b>4.4 Análise do PMMP nas máquinas da linha_A.....</b>	<b>53</b>
<b>4.5 Proposta de melhorias para o setor de manutenção UHT .....</b>	<b>57</b>
<b>4.6 Sugestão de indicadores de desempenho .....</b>	<b>58</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE A - PMP para a máquina TP A3/Flex.....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE B - O.S. para a máquina TP A3/Flex .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE C - PMP para a máquina TCBP 70.....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE D - O.S. para a máquina TCBP 70.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE E - PMP para a máquina TTS 51.....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE F - O.S. para a máquina TTS 51 .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE G - Mapa de planejamento das manutenções preventivas.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO A - Exemplo de Ordem de Serviço para atividades programadas .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO B - Exemplo de cálculo de TMEF em uma indústria têxtil .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO C - Exemplo de cálculo de TMEF .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO D - Exemplo de cálculo de TMPR.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO E - Exemplo de aplicação da Disponibilidade .....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com atuação em mercados competitivos, que apresentam mudanças cada vez mais rápidas e expressivas, a maioria das organizações trabalha focada na busca incessante por qualidade e produtividade. Nesta perspectiva, os setores de manutenção passam a desempenhar um papel estratégico nas indústrias, ocasionando uma forte mudança na consciência administrativa e gerencial acerca dos custos, das despesas, da necessidade de inovações e dos procedimentos de manutenção (SANTOS; COLOSIMO; MOTTA, 2007). Ainda, segundo os autores, a manutenção que, anteriormente era vista pelos gestores industriais de forma negativa, passou a ser apreciada como uma atividade estratégica de extrema importância e indispensável nos processos produtivos, sendo um dos pilares de toda atividade industrial.

Em Seeling (2000), explica-se que, quando mal aplicada, a manutenção oferece soluções tardias e precárias, permitindo que alguns problemas, os quais poderiam ser detectados no estágio inicial, se agravem e afetem o desempenho da produção, onerando os custos da empresa. Por outro lado, quando bem aplicada, a manutenção propicia melhorias na segurança, na performance e na confiabilidade dos equipamentos, maximizando a disponibilidade dos mesmos.

As exigências de confiabilidade e disponibilidade de máquinas e equipamentos são de tal importância que demandam dos Setores de Manutenção e Operação responsabilidades que podem ser realizadas somente com processos adequados de gestão, como o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e o Planejamento e Controle da Produção (PCP) (TAVARES, 1996).

Um bom sistema de Gestão da Manutenção Industrial baseia-se, além das tarefas administrativas de gestão, na utilização dos indicadores de manutenção, os quais fornecem informações importantes para a tomada de decisões desse setor, tais como: o planejamento e execução das manutenções preventivas programadas nas máquinas e equipamentos, a redução nos tempos das intervenções, a redução no tempo de máquinas paradas, os ajustes nos tempos de *setup* e as análises de viabilidade de investimentos (BRANCO, 2008).

Segundo Cavalcante e Almeida (2005), nas indústrias, a grande relevância da manutenção preventiva ocorre pelo fato de que todas as máquinas e equipamentos falham e, conseqüentemente, causam grandes problemas aos processos produtivos. Nos processos de produção de bens, as falhas significam: retrabalho, ineficiência, atraso de produção, horas-extras, desperdício de insumos e matéria prima, estoques elevados; enfim, uma quantidade enorme de prejuízos que impactam no custo da produção. Dessa forma, a alta confiabilidade deixa de ser algo desejável e se torna essencial, passando a ser um objetivo necessário para que uma falha não ocorra em um determinado período de tempo sob condições predeterminadas. Portanto, uma análise da confiabilidade relacionada com o planejamento de custo permite o estabelecimento de uma política de manutenção preventiva com uma estrutura mais sólida, preservando o processo produtivo em estados específicos de performance e eficiência.

Um processo produtivo em larga escala, assistido por um Plano Mestre de Manutenção Preventiva (PMMP) por uma equipe de técnicos capacitados e controlado por indicadores de desempenho de manutenção, possibilita, com baixo custo operacional, melhorias nos índices de eficiência e produtividade, minimizando as perdas que tornam a empresa mais competitiva no mercado. O PMMP promove a redução dos tempos de máquina parada durante a realização das tarefas de manutenção e a redução nos índices de paradas de máquina por falhas e quebras durante o processo produtivo, propiciando a elevação dos índices de eficiência e produtividade, a redução dos custos de produção e o aumento no faturamento da indústria.

## **1.1 Tema**

Este trabalho de conclusão de curso aborda como tema principal o Plano Mestre de Manutenção Preventiva e os seus benefícios para uma linha de envase de leite tipo UHT de uma Cooperativa de Laticínios da Serra Gaúcha que produz leites: integral, desnatado e semidesnatado.

## 1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho consiste em melhorar os índices de eficiência das linhas de envase de leite tipo UHT com a implementação do Plano Mestre de Manutenção Preventiva.

Os objetivos específicos deste trabalho são: (i) estudar a técnica de manutenção preventiva; (ii) consultar literatura e aprofundar conhecimentos sobre PMMP; (iii) descrever o processo produtivo das linhas em questão; (iv) descrever como são programadas e realizadas as atividades de manutenção preventiva na indústria; (v) elaborar o PMP, a OS e os mapas de planejamento de manutenção preventiva para uma linha de produção; (vi) simular os ganhos financeiros com a implementação do PMMP; (vii) sugerir o uso de alguns indicadores de desempenho da manutenção; (viii) propor, caso necessário, melhorias para o setor de manutenção analisado.

## 1.3 Justificativa

Autores como Slack, Chambers e Johnston (2002) comentam que os conceitos de competitividade estão claramente inseridos dentro da operação industrial, uma vez que influenciam diretamente sobre os aspectos de desempenho dos processos produtivos, tais como: entregas rápidas ao cliente, fabricação de produtos sem defeitos, manutenção dos prazos de entrega, oferta de um *mix* de produtos para satisfazer as exigências do cliente e habilidade para alterar volumes ou prazos de entrega, conforme a demanda do cliente.

Segundo Oliveira (2008), a redução das perdas e dos custos nos processos produtivos é essencial para que as organizações se mantenham competitivas. Dessa forma, a indisponibilidade dos equipamentos e as perdas de produtividade devem ser minimizadas ao extremo, para que as indústrias produzam com flexibilidade e atendam as demandas do mercado.

A empresa estudada busca, por meio da tecnologia dos seus processos, atender o mercado consumidor com produtos de qualidade, para manter-se competitiva no setor de laticínios do Estado do Rio Grande do Sul e do Brasil. A produção de leite nas propriedades rurais é diária, de modo que a indústria é comprometida com o produtor perante a captação desse leite, não havendo como descartar o produto em função de problemas no processo

produtivo. Então, entende-se que a implantação de um PMMP é uma alternativa que pode auxiliar no escoamento da produção, visto que a redução das quebras e das falhas proporcionam ganhos de tempo de produção, aumentando a produtividade e o lucro do processo produtivo em questão.

#### **1.4 Limitações do trabalho**

Este trabalho foi desenvolvido com foco exclusivo na manutenção preventiva (PMMP), aplicada em máquinas e equipamentos de linhas de envase de leite tipo UHT, não propondo discussões sobre os métodos relativos à gestão do setor de manutenção.

#### **1.5 Organização do trabalho**

O primeiro capítulo trata sobre a relevância do tema escolhido, bem como os objetivos, o método utilizado, as limitações do estudo e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo refere-se à revisão bibliográfica necessária para o embasamento teórico deste trabalho, abordando conceitos como: manutenção industrial, engenharia de manutenção, PCM, tipos de manutenção, manutenção preventiva programada, PMMP e indicadores de desempenho da manutenção.

No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia do PMMP. O quarto capítulo apresenta os resultados e a análise relativa à implementação do PMMP em uma linha de produção de leite tipo UHT. O quinto capítulo discorre sobre a conclusão do trabalho realizado, apresentando as vantagens e desvantagens do PMMP.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma revisão bibliográfica, como fundamentação teórica para o embasamento inerente ao desenvolvimento do trabalho, será apresentada a seguir. Os temas considerados relevantes são: a definição de manutenção; a engenharia de manutenção; o conceito do PCM; os tipos de manutenção utilizados nas indústrias; o conceito do PMMP e a metodologia de aplicação dos indicadores de desempenho da manutenção.

### 2.1 Definição de Manutenção

A Manutenção possui um conceito amplo, apresentando inúmeras definições e variedade de enfoques, que podem justificar e garantir a sua importância. De acordo com Verri (2007, p. 1), “é evidente, em muitas áreas de atividades não ligadas à manutenção, o desconhecimento dessa atividade, o que leva as pessoas a subestimar sua importância em um processo industrial, principalmente em indústrias que possuem processamento contínuo”.

Em Quinello e Nicoletti *apud* Monchy (1989), destaca-se que o termo manutenção é originário do vocabulário militar e tem como significado manter, nas unidades de combate, todo o material e todo o efetivo em um nível constante. Na indústria, a palavra manutenção surgiu no ano de 1950, nos Estados Unidos da América e na França. Segundo Viana (2014, p. 1), a manutenção é uma “palavra derivada do latim *manus tere*, que significa manter o que se tem”.

Em Cabral (2006), comenta-se que todo e qualquer conjunto de máquinas está suscetível a um processo de desgaste, oxidação e deterioração. Assim, para que uma instalação industrial tenha produtividade, assegurando a sua função preestabelecida, faz-se necessário que as máquinas, equipamentos, utilidades, dentre outros, sejam mantidos em perfeitas condições de utilização. Para tanto, deve-se realizar inspeções de rotina, reparos

(substituições) de peças (componentes avariados ou desgastados), lubrificações, limpezas e pinturas. Esse conjunto de ações constitui o conceito de manutenção.

## 2.2 A Engenharia de Manutenção

A Engenharia de Manutenção surgiu entre os anos de 1950 e 1960 e, no Brasil, este conceito passou a ser mais evidente a partir dos anos 1990. A Engenharia de Manutenção é responsável pela elaboração e implantação de técnicas de gerenciamento de um setor de manutenção, as quais melhoram o desempenho da manutenção na busca de um padrão de classe mundial e, portanto, aumentam a excelência na prestação de serviços para satisfazer o cliente (PEREIRA, 2009).

Na visão de Branco (2006a, p. 42), a Engenharia de Manutenção é definida como:

Órgão consultivo normalmente a nível de staff, que constitui o sistema de controle da gerência de Manutenção para corrigir e melhorar a gestão. Sua missão é aperfeiçoar as técnicas de organização e os métodos e procedimentos do trabalho, favorecendo a implantação da Política de Manutenção mais adequada e o desenvolvimento de novas idéias, novos métodos de trabalhos e de controle.

Segundo Tavares (1996), um departamento de manutenção deve ser dividido em duas funções: a execução da manutenção e a engenharia de manutenção. As tarefas de cada função podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1 - Tarefas das funções de um departamento de manutenção

<b>Execução da Manutenção</b>	<b>Engenharia de Manutenção</b>
Trocas de peças e componentes Reparos Ajustes Lubrificação Reformas de máquinas e equipamentos	Estudos e análises especiais PCM Gerenciamento da Manutenção Preventiva

Fonte: Elaborado pelo autor.

Seeling (2000) destaca que ambas as funções precisam trabalhar de forma integrada para atingir níveis satisfatórios de eficiência no setor de manutenção. A Engenharia de Manutenção é responsável pela elaboração dos relatórios de performance com informações de indicadores adequados para o gerenciamento desse departamento, assim como para o restante

da organização. Além disso, a Engenharia de Manutenção deve fornecer o suporte necessário para a equipe de execução das tarefas de manutenção, ou seja, planejar e programar as tarefas, providenciando os recursos necessários (ferramentas, materiais, pessoas).

Viana (2014), por sua vez, explica que a Engenharia de Manutenção deve ser formada por uma equipe multidisciplinar de técnicos e engenheiros com visão dialética e foco em resultados. Esta área visa promover o progresso tecnológico da Manutenção, buscando o aprimoramento constante das máquinas (equipamentos), os maiores índices de produtividade e a eliminação de danos ao meio ambiente e dos riscos em segurança do trabalho.

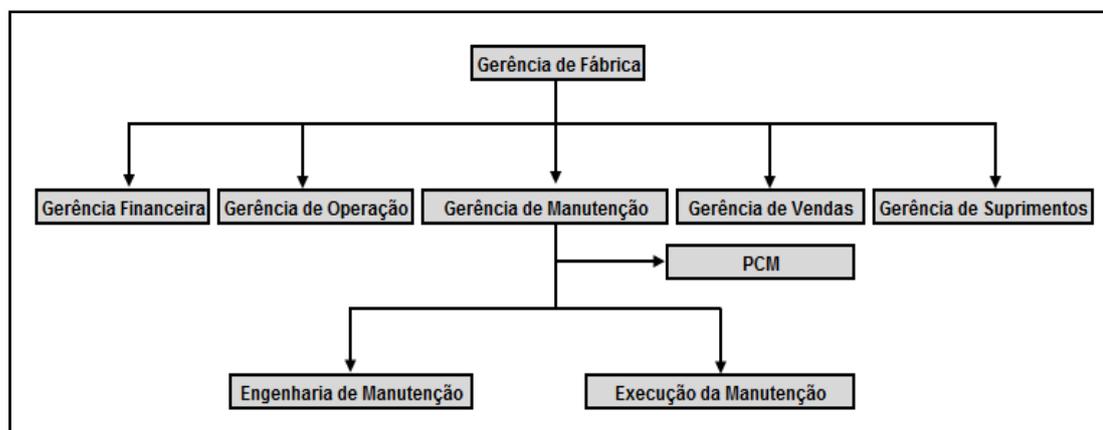
Em termos de Engenharia de Manutenção, algumas pesquisas propõem a implementação deste sistema, destacando a sua importância, como, por exemplo, a pesquisa de Seeling (2000), que propõe a aplicação desse sistema em uma empresa de alimentos do Rio Grande do Sul.

### **2.3 O Planejamento e Controle de Manutenção (PCM)**

Na visão de Tavares (1996), a partir de 1966, com a propagação dos computadores, com o crescimento das Associações Nacionais de Manutenção e com a evolução dos instrumentos de medição e proteção, a Engenharia de Manutenção passou a criar critérios de previsão e predição de falhas para otimizar o desempenho das equipes de manutenção. As técnicas de Manutenção Preventiva ou Preditiva foram associadas a métodos automatizados de planejamento e controle da manutenção, que deram origem ao PCM. Viana (2014, p. 20) define o PCM como “um órgão staff, ou seja, de suporte à manutenção, sendo ligado diretamente à gerência de departamento”.

No setor de PCM, as atividades de gestão das Ordens de Serviço e de planejamento das manutenções preventivas possuem um responsável direto, o planejador de manutenção. Dificilmente a Engenharia de Manutenção sobrevive sem um profissional dedicado para realizar essa atividade. O PCM é considerado de extrema importância para o sucesso dos sistemas preventivos, pois é neste setor que serão gerados os relatórios e os gráficos gerenciais com base nos indicadores de desempenho (PEREIRA, 2009). A Figura 2 ilustra o PCM na organização de uma fábrica.

Figura 2 - Organograma de organização de uma fábrica.



Fonte: Viana (2014, p. 20).

Segundo Seeling (2000), o gerenciamento da manutenção é um tema extremamente importante, pois a indústria precisa tirar o máximo de proveito dos equipamentos e dos seus recursos para ser competitiva. Dessa forma, faz-se necessário o uso de tecnologias e metodologias de gestão voltadas para o planejamento e controle das atividades de manutenção. Além disso, o autor destaca que as Estratégias ou tipos de Manutenção Preventiva devem ser consideradas para garantia de um bom desempenho da produção.

O PCM possui uma relação direta com o PMMP, já que se trata do setor que fornece suporte para o planejamento, a programação e a execução das manutenções preventivas. Assim, a ausência do setor de PCM contribui para a realização das tarefas do PMMP em um período de tempo maior que o previsto nas Ordens de Serviço (OS), devido à falta de planejamento, gerando um aumento da indisponibilidade dos equipamentos para a operação.

## 2.4 Tipos de Manutenção

Com o objetivo “de manter os equipamentos funcionando a maior parte do tempo e a custos mais baixos, a manutenção, dependendo da forma como é executada, pode ser dividida em corretiva, preventiva e preditiva” (SANTOS, 2010, p. 17). De acordo com Branco (2008), existem várias formas de aplicação dos recursos para a obtenção de excelentes resultados durante as intervenções em máquinas e equipamentos.

Autores como Slack, Chambers e Johnston (2002), Branco (2008), Santos (2010), entre outros, descrevem os três tipos de manutenção mais utilizados pelas organizações:

- a) Manutenção Preventiva – é todo serviço de manutenção realizado antes da ocorrência da falha, ou, executado em máquinas e equipamentos que não estejam em modo de falha (condições de operação ou em situação de defeito). Nessa técnica, a manutenção caracteriza-se por um método sistemático, ou seja, é executada em intervalos regulares (horas de operação, quilômetros rodados, ciclos de operação, dentre outros). As inspeções de rotina, as manutenções por oportunidade e as atividades de lubrificação são alguns exemplos de manutenção sistemática.
- b) Manutenção Preditiva – é todo trabalho de monitoramento e acompanhamento das condições da máquina ou equipamento e de sua eventual deterioração e seus parâmetros operacionais. Nesse tipo de manutenção, emprega-se o monitoramento dos componentes das máquinas com as mesmas em funcionamento, buscando a predição das falhas. Utilizam-se técnicas como: termografia, análise de lubrificantes, análise de ruídos, análise de vibrações, ferrografia, dentre outras.
- c) Manutenção Corretiva – é toda a manutenção executada em um sistema operacional, máquina, equipamento, unidade ou item que esteja em situação de falha ou quebra. Esta técnica de manutenção caracteriza-se por devolver ao item sua condição de operação para que ele possa desempenhar a sua função. Algumas das tarefas realizadas na manutenção corretiva são: localização da pane, isolamento da pane, desmontagem de conjuntos de peças, substituição de peças ou componentes, remontagem dos conjuntos de peças, alinhamentos ou ajustes e realização de teste funcional.

A maioria dos processos produtivos adota uma combinação dessas três abordagens, em função das diferentes características dos equipamentos e de suas instalações. Por exemplo, considerando o caso de um automóvel, o qual é apresentado na Figura 3, constata-se que alguns componentes são substituídos somente quando falham como, por exemplo, fusíveis, lâmpadas e buzina (Corretiva). Por outro lado, existem componentes fundamentais de um veículo que não devem operar até falhar, isto é, o óleo, o filtro de óleo e o filtro de ar do motor, tratando-se de itens de manutenção periódica de um carro (Preventiva). Além disso, existe o caso em que os motoristas monitoram as condições do veículo, percebendo ruídos, vazamentos de óleo, vibrações incomuns, verificando os níveis do óleo do motor, da água do

radiador e a profundidade do sulco dos pneus (Preditiva) (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Figura 3 - Combinação de tipos de manutenção em um automóvel.



Fonte: Adaptado pelo autor em 20/09/2016, com base em Slack, Chambers e Johnston (2002, p. 646).

Os tipos e as técnicas de manutenção, para que possam ser aplicadas de maneira eficaz, devem estar no escopo do processo de gestão do setor de manutenção, sendo necessário conhecê-las muito bem (suas particularidades). Além disso, a capacitação e qualificação dos profissionais são de extrema importância para a atuação de cada tipo de manutenção. Por sua vez, o Engenheiro de Manutenção é um profissional fundamental para a implantação das técnicas com base em estudos, análises e definições, sendo que o objetivo das mesmas é o aumento da disponibilidade e confiabilidade das máquinas e equipamentos (PEREIRA, 2009).

## 2.5 Manutenção Preventiva

Esse tipo de manutenção desempenha um controle sobre a máquina ou equipamento, com intuito de reduzir a probabilidade de falhas, levando-se em conta intervalos regulares de manutenção. A grande dificuldade desse tipo de manutenção baseia-se na escolha de um intervalo adequado para a parada da máquina, visto a dificuldade de determinação deste intervalo, que apresenta base aleatória, por experiência ou dados estatísticos (SANTOS, 2010).

De acordo com Seeling (2000, p.64), a Manutenção Preventiva objetiva:

prolongar a vida útil dos equipamentos, atuando sobre os componentes que tendem a se desgastar. O ideal é que tais substituições interfiram o mínimo possível com a operação dos demais componentes, não interrompam a operação normal de produção e ocorram em intervalos que, na medida do possível, excedam o ciclo máximo de operação ou de produção contínua.

A técnica de Manutenção Preventiva mais utilizada nas indústrias é a Manutenção Preventiva Sistemática ou Manutenção Preventiva Baseada em Tempo. Esta técnica caracteriza-se pela substituição de um componente ou pela recuperação do mesmo em intervalos de tempo prefixados. Entre os exemplos de sua aplicação pode-se citar: a troca do óleo do cárter de um veículo a cada 10.000 km rodados, a revisão de um compressor de ar comprimido a cada 6.000 horas de operação, a inspeção semestral de uma caldeira de geração de vapor, dentre outros (SEELING, 2000).

Slack, Chambers e Johnston (2002) citam um exemplo de manutenção em uma aeronave de transporte de passageiros, o qual é muito interessante sob o ponto de vista da avaliação da necessidade da manutenção preventiva. Quando em solo, alguns componentes da aeronave são inspecionados, verificados, limpos e calibrados de acordo com um plano de manutenção periódico, isto é, após um determinado número de horas de voo. No entanto, tirar essa aeronave de sua função para a realização de manutenção preventiva programada é uma opção muito onerosa para a companhia aérea; por outro lado, as consequências de uma falha em voo são consideravelmente sérias. Neste caso, como as aeronaves transportam pessoas e existe o risco de morte em situações de pane, torna-se necessária a aplicação da manutenção preventiva programada nas mesmas. Esse “princípio também é aplicado a instalações com consequências menos catastróficas das falhas” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, p. 645).

De acordo com Santos (2010), antes de implantar a manutenção preventiva nos equipamentos, é necessária uma avaliação da necessidade da mesma, visto que apresenta desvantagens em algumas situações.

As características que devem ser analisadas no equipamento, para a avaliação da necessidade da aplicação da manutenção preventiva, são as seguintes:

- 1) Equipamento valioso para o processo produtivo, cuja falha altera a programação de produção;
- 2) Equipamento do qual depende a segurança das instalações e a segurança pessoal;
- 3) Equipamento que exige muito tempo para reparo após a ocorrência de uma falha;
- 4) Equipamento que implica em perda de parte da produção após a ocorrência de uma falha.

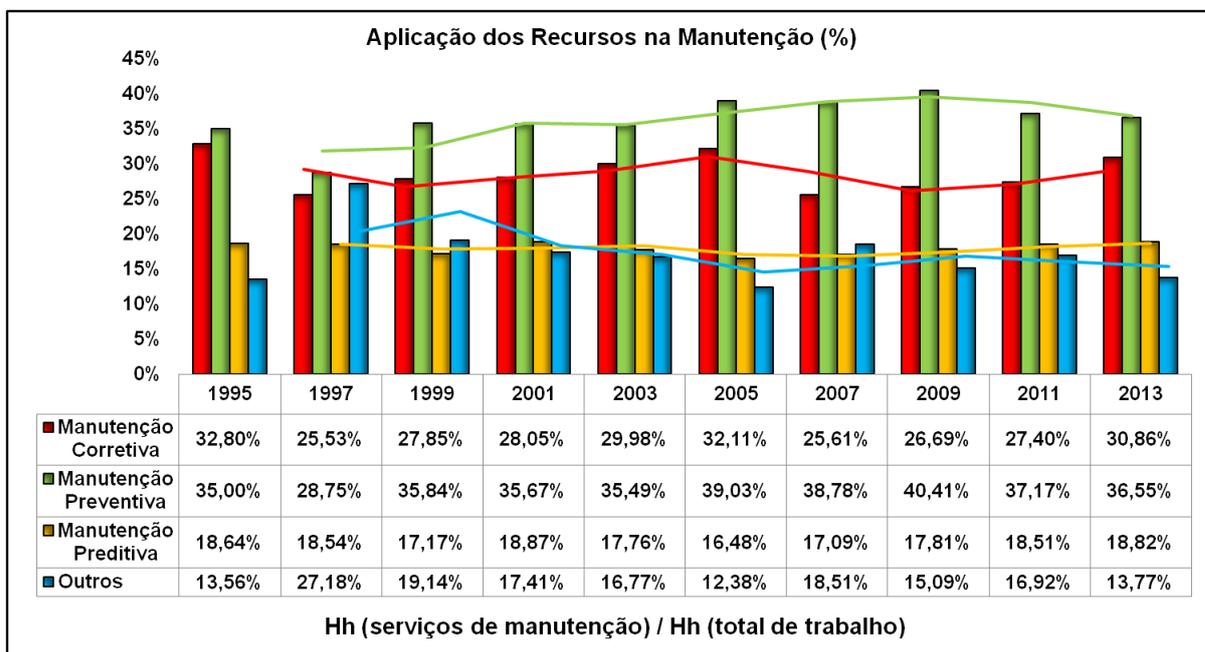
Conforme a visão de Slack, Chambers e Johnston (2002, p. 646):

A maioria das operações produtivas planeja sua manutenção incluindo certo nível de manutenção preventiva regular, o que resulta em uma probabilidade razoavelmente baixa, mas finita, de falhar. Normalmente, quanto mais frequentes os episódios de manutenção preventiva, menor é a probabilidade de ocorrerem falhas.

Na visão de Viana (2014), a manutenção preventiva planejada oferece uma série de benefícios para um processo produtivo, considerando que uma das situações mais indesejadas no cotidiano da produção é a quebra inesperada. A quebra, por consequência, causa a parada no processo produtivo, aumento nos custos de produção e manutenção, mal-estar na equipe de PCM, configurando-se num contraponto do principal objetivo da manutenção. A realização das manutenções preventivas contribui para a redução dessas ocorrências, proporcionando o controle sobre o funcionamento dos equipamentos.

A Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) emite a cada dois anos um Documento Nacional, o qual mede a situação da manutenção no país. Esse documento é elaborado após a compilação de dados e informações geradas por ampla pesquisa realizada entre empresas representantes dos principais setores da economia no Brasil. O último Documento Nacional emitido pela ABRAMAN, publicado em 2013, apresenta as informações importantes sobre a aplicação dos recursos aplicados na manutenção do nosso país, as quais podem ser observadas na Figura 4.

Figura 4 - Aplicação dos Recursos na Manutenção.



Fonte: Adaptado de Abraman (2016)

Analisando os números da tabela da Figura 4, constata-se que desde 1995 o percentual de aplicação dos recursos em manutenção no Brasil é maior na Manutenção Preventiva, seguido por um percentual menor na Manutenção Corretiva. Percebe-se, também, que a Manutenção Preditiva ainda possui um percentual muito baixo de aplicação no país.

## 2.6 Plano Mestre de Manutenção Preventiva

Conforme Viana (2014, p. 97), um Plano Mestre de Manutenção Preventiva “consiste num conjunto de atividades (tarefas), regularmente executadas com o objetivo de manter o equipamento em seu melhor estado operacional”. Na visão de Branco (2006a, p. 97) o PMMP é “o conjunto de atividades de manutenção preventiva sistemática que é colocado em um programa de computador para que na época certa seja emitida uma Ordem de Serviço para execução da tarefa que foi programada para aquela data”.

Segundo Bechtold (2010), a elaboração de planos mestres de manutenção é parte fundamental da estratégia de manutenção preventiva. Alguns fatores importantes como a experiência técnica dos profissionais da empresa, os requisitos técnicos contidos nos manuais dos fornecedores das máquinas e o histórico das mesmas devem ser considerados durante a

elaboração e formatação das OS e seus procedimentos de execução. Esses fatores, tratados de forma conjunta, contribuem para a obtenção de um PMMP adequado.

Para Kardec e Nascif (2009), a implementação do PMMP é definida por três etapas, apresentadas na Figura 5 e descritas a seguir.

Figura 5 - Estrutura de um PMMP



Fonte: Do autor, adaptado de Kardec e Nascif (2009).

Como ilustrado, as etapas para a implementação do PMMP são as seguintes:

- Definição da estratégia de manutenção a ser utilizada;
- Implementar o PMP de acordo com a seguinte metodologia: elaborar os planos preventivos sistemáticos, as rotas de lubrificação e as rotas de inspeção, utilizando os históricos, *check lists*, manuais do fabricante e catálogos das máquinas, em conjunto com o conhecimento dos profissionais de manutenção, para construir o PMMP de cada máquina;
- Elaboração das Ordens de Serviço para as manutenções preventivas, as quais fornecem para o executante as informações necessárias para a realização do serviço.

A seguir, a fim de elucidar as etapas (b) e (c), as quais são fundamentais para a implementação do PMMP, são apresentados os conceitos e métodos relativos ao PMP (Procedimento de Manutenção Padrão) e as OS.

### **2.6.1 Procedimento de Manutenção Padrão (PMP)**

Segundo Branco (2008), inicialmente, para implementar um PMMP, é necessário reunir todos os dados e informações sobre os equipamentos (etapa b) e, com estes, o planejador deve elaborar um arquivo denominado Procedimento de Manutenção Padrão (PMP). O PMP é um documento utilizado pelos profissionais de execução de manutenção, no qual estão descritas e registradas as etapas a serem seguidas durante a execução das tarefas de manutenção preventiva, para a correta intervenção no equipamento. No PMP deve estar descrito quais ajustes que devem ser realizados, os valores dos mesmos, como devem ser efetuados durante as tarefas e as ferramentas ou gabaritos que devem ser utilizados, assim como as verificações, lubrificações, dentre outras ações.

O formato do documento deverá ser definido na Manual de Organização da Manutenção e deverá ser considerada a recomendação do fabricante do equipamento, componente ou peça. Deveremos considerar nossa experiência com este tipo de equipamento em nossa empresa, sua carga de trabalho atual e a experiência de nosso pessoal de manutenção neste equipamento, em equipamentos semelhantes nesta e em outras empresas (BRANCO, 2008, p. 201).

Com relação à codificação, o autor explica que é necessário inserir dígitos suficientes para a identificação do setor ou especialidade para a qual o PMP é destinado. A sequência de tarefas constadas no PMP deve ser a mesma constada na OS, ou seja, as máquinas devem estar descritas no cabeçalho do PMP e da OS. A codificação cruzada é de extrema importância para a prevenção de indicações errôneas em caso de preenchimentos de documentos de forma manual, ou detectar erros de digitação em caso de utilização de softwares de gestão de manutenção. A Figura 6 apresenta um modelo de cabeçalho de PMP, no qual descreve a OS que deve ser utilizada durante o serviço.

Figura 6 - Modelo de cabeçalho de PMP

<b>Empresa de Papéis e Papéis Ltda. Departamento de Manutenção</b>	<b>PMP- E-091-A</b>
<b>Procedimento de Manutenção Padrão para Preventiva. Usar com a O.S. 123456/05</b>	

Fonte: Branco (2008, p. 204).

Branco (2008) exemplifica o PMP-E-091-A (Figura 6) como sendo do setor da elétrica de uma indústria. Os cabeçalhos indicam: PMP do setor da elétrica (E), número noventa e um (091), utilizado em revisões anuais (A) para a O.S.123456/05.

### 2.6.2 Ordem de Serviço (OS)

Para Bechtold (2010), as OS devem conter as atividades que serão executadas, a previsão da quantidade de homem hora necessária, a frequência com que a atividade deve ser executada, a data programada, horários de início e término da execução, dentre outros. Na Figura 7, apresenta-se um modelo de cabeçalho de OS, no qual descreve o PMP que deve ser utilizado durante o serviço. Tavares (1996) exemplifica um modelo de Ordem de Serviço para atividades programadas (ANEXO A).

Figura 7 - Modelo de cabeçalho de OS

<b>Empresa de Papéis e Papéis Ltda. Departamento de Manutenção</b>	<b>O.S. 123456/05</b>
<b>Ordem de Serviço de Manutenção Preventiva Executar com PMP - E-091-A</b>	

Fonte: Branco (2008, p. 204)

Segundo Branco (2008), após a elaboração do PMP e da OS, deve-se iniciar o preenchimento dos mapas de planejamento de manutenção preventiva, que consiste em tabelas ou formulários com inúmeras colunas nas quais são marcadas as datas ou semanas em que a máquina ou equipamento deve iniciar ou estar em manutenção preventiva.

### 2.6.3 Mapas de planejamento de manutenção preventiva

Em Branco (2008), com a finalidade de apresentar os mapas de planejamento das manutenções preventivas, são apresentados os mapas 52C1 (Figura 8) e 52C2 (Figura 9). Ambos recebem esses nomes porque possuem 52 colunas devido as 52 semanas do calendário. O mapa 52C1 deve ser utilizado pelo planejador para a distribuição das tarefas de manutenções preventivas em diversos equipamentos com base na semana do ano. Por sua vez, o mapa 52C2 “possui espaço para marcar a data exata em que será feita a manutenção em um equipamento em especial ou nos equipamentos de uma determinada unidade” (BRANCO, 2008, p.221).

Para cada equipamento inserido no mapa 52C1, o planejador deve marcar as semanas que o mesmo passa por manutenções preventivas e o tempo de trabalho em HH, necessário para a execução de toda a manutenção. No mapa 52C2, o planejador marcará os dias exatos do início e término da manutenção preventiva no equipamento. Além disso, outro fator importante a ser considerado é que o mapa 52C1 marca as manutenções por semana com a finalidade do setor de manutenção se planejar para a carga de tarefas programadas na semana. O mapa 52C2 marca as manutenções por dia e serve para a visualização do operador, que sabe o dia exato que tem que disponibilizar o equipamento para a manutenção programada (BRANCO, 2008).

Figura 8 - Mapa 52C1 - manutenções anuais (A), semestrais (S) e mensais (M)

PLANO MESTRE DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA																										
MÁQUINA	SEMANAS DO ANO																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1-C-TR-01	A				M				M					T				M				M				
1-C-TR-02	M					A				M				M					T					M		
1-C-TR-03		M					M					A				M				M					T	
1-C-TR-04			T					M				M					A				M				M	
1-C-TR-05				M				T					M			M						A				M
1-C-TR-06				M				M						T				M				M				A
1-C-TR-07					S				M					M					T				M			M
1-C-TR-08	M				M						S				M				M					T		
1-C-TR-09			T				M				M					S				M				M		
1-C-TR-10				M				T				M				M					S				M	
TOTAL																										

Fonte: Branco (2008, p. 228).

Figura 9 - Mapa 52C2 - básico

PLANO MESTRE DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA																							
	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB		DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB		DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB
1								19															37
2								20															38
3								21															39
4								22															40
5								23															41
6								24															42
7								25															43
8								26															44
9								27															45
10								28															46
11								29															47
12								30															48
13								31															49
14								32															50
15								33															51
16								34															52
17								35															
18								36															

Fonte: Branco (2008, p. 221).

Para Branco (2008), a programação das tarefas de manutenção depende de uma série de fatores como as demandas de produção, as características operacionais da unidade fabril e *software* que está sendo utilizado. O planejamento e a programação devem ser realizados com antecedência e de comum acordo com o PCP, que também é responsável pelo cumprimento do PMMP, efetuando a parada, preparação e liberação das máquinas para a realização das tarefas de manutenção.

#### 2.6.4 Exemplos de implementação do PMMP

Há na literatura diversas abordagens relativas à elaboração e implementação do Plano Mestre de Manutenção Preventiva no segmento industrial.

Em Seeling (2000) menciona-se a importância da implantação do Plano Mestre de Manutenção Preventiva durante o desenvolvimento de um sistema de gestão da manutenção para uma indústria do ramo alimentício do Rio Grande do Sul.

Baldessar (2006) propõe um plano de manutenção preventiva para os transformadores da rede de distribuição elétrica da concessionária CELESC de Santa Catarina-SC. A autora utilizou a técnica FMEA para analisar as causas das falhas nos transformadores e elaborar o plano de manutenção preventiva para prolongar a vida útil e a melhoria do funcionamento dos transformadores da rede elétrica da CELESC.

Lottermann (2014) apresenta um plano de manutenção para as máquinas do laboratório de usinagem da Faculdade de Horizontina baseado na manutenção preventiva, com suporte de alguns pilares da Manutenção Produtiva Total (TPM). O objetivo principal do trabalho é garantir a disponibilidade e confiabilidade de operação das máquinas quando solicitadas.

Ferreira e Schianti (2015) sugerem um Plano Mestre de Manutenção Preventiva para as máquinas dobradeiras de uma indústria de produtos siderúrgicos da cidade de Bebedouro-SP, com o objetivo de reduzir as horas de parada de máquinas para reparos.

Santos et al. (2016) propõem um plano de manutenção preventiva para máquinas injetoras com a finalidade de reduzir os gastos com manutenção corretiva e prolongar o tempo de produção da mesma durante as jornadas de trabalho.

## **2.7 Indicadores de desempenho da Manutenção**

Um indicador, independentemente da área de aplicação, realiza um apontamento sobre um determinado acontecimento ou característica. Na manutenção, alguns indicadores com formulações teóricas são utilizados pela gestão para indicarem: os tempos dos reparos, o ritmo de ocorrência das avarias, a disponibilidade dos equipamentos, o sucesso das manutenções preventivas, dentre outros (CABRAL, 2006).

Para Kardec, Flores e Seixas (2002), as informações de desempenho são de extrema importância para a eficiência e eficácia do departamento de manutenção, pois podem indicar possíveis oportunidades de melhorias, fornecendo suporte para a gerência de manutenção.

Branco (2006b, p.2) define os Indicadores e Índices de Manutenção da seguinte maneira:

**Indicadores de Manutenção:** Dados estatísticos relativos a um ou diversos processos de manutenção que desejamos controlar. Usados para comparar e avaliar situações atuais com situações anteriores. Servem para medir o desempenho contra metas e padrões estabelecidos.

**Índices de Manutenção:** Relação entre valores e medidas numa empresa, sobre a manutenção, para avaliar situações atuais com as situações anteriores. Servem para medir o desempenho contra metas e padrões estabelecidos.

Segundo Verri (2007), diferente de outras atividades, não existia na Manutenção uma preocupação com medidas de desempenho até alguns anos atrás e, em algumas situações, a avaliação da eficiência da equipe de Manutenção era medida pela correria do dia a dia e pelo estado de preocupação e urgência expresso na face do gerente do setor. Por outro lado, uma quantidade elevada de índices de controle ou indicadores de desempenho pode desmotivar uma equipe de manutenção e, por isso, é importante escolher os indicadores utilizados.

Neste trabalho, para analisar a eficiência de um setor de manutenção, foram selecionados quatro índices de desempenho: a) Tempo Médio Entre Falhas (TMEF), b) Tempo Médio Entre Reparos (TMPR), c) Disponibilidade de Equipamentos; e, por fim, d) Custos de manutenção. Vale ressaltar que, segundo Viana (2014), o TMEF, TMPR e a Disponibilidade de Equipamentos são considerados “Índices de Classe Mundial”, em função de que a maioria dos países do ocidente utiliza os mesmos (VIANA, 2014).

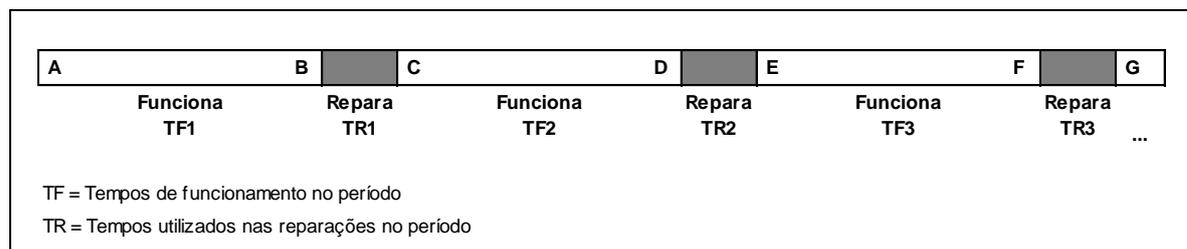
### **2.7.1 Tempo Médio Entre Falhas (TMEF)**

Conforme Viana (2014), o TMEF é o resultado da divisão da soma das horas disponíveis para operação (HD), pelo número de manutenções corretivas realizadas no equipamento no período (NC). Esse índice analisa o comportamento dos equipamentos, diante das intervenções de manutenção. Para exemplificar, se o valor do Tempo Médio Entre Reparos aumenta com o passar do tempo, indica que as manutenções corretivas estão diminuindo e as horas disponíveis para a operação, aumentando. Em síntese, quanto maior o índice do TMEF, menor será o índice de quebras e, conseqüentemente, maior será o índice eficiência do equipamento. Segundo Viana (2014), o TMEF é expresso de acordo com a Equação 1.

$$\text{TMEF} = \frac{\text{HD}}{\text{NC}} \quad (1)$$

Para Cabral (2006), o TMEF revela o tempo médio de bom funcionamento de uma máquina ou equipamento, ou seja, o tempo que transcorre, em média, entre duas falhas consecutivas, ou o tempo médio entre as manutenções corretivas. Na Figura 10, pode-se observar que para medir o TMEF, em geral, adota-se o tempo decorrente entre o fim do último reparo e o início do próximo, como, por exemplo, o TF1, TF2 e TF3.

Figura 10 - Tempos de funcionamento e reparação.



Fonte: Cabral (2006, p. 282).

A medição do tempo entre falhas (avarias) é realizada em termos do tempo em que a máquina deveria estar operando, ou seja, não se trata do tempo de calendário. Em Tavares (1996), exemplifica-se o cálculo de TMEF em uma indústria têxtil com 80 máquinas (com função específica) que operam 24 horas diárias (ANEXO B).

De acordo com Kardec, Flores e Seixas (2002), há outra forma de determinar o TMEF de sistemas de produção e equipamentos num determinado intervalo de tempo. Este método baseia-se no cálculo do TMEF com base no cálculo da Taxa de Falha ( $\lambda$ ), que consiste no número de falhas observadas em um determinado intervalo de tempo, conforme apresentado na Equação 2.

$$\lambda = \frac{n}{T} \quad \lambda = \frac{1}{\text{TMEF}} \quad n = N \cdot \lambda \cdot T \quad (2)$$

Onde:

$\lambda$  = Taxa de Falha

n = Número de Falhas Observadas

N = Número de Equipamentos Operando

T = Intervalo de Tempo

Os autores citam um exemplo de cálculo de TMEF em um sistema com 40 motores elétricos (ANEXO C).

A importância do indicador TMEF deve-se ao fato de que é possível expressar a confiabilidade do equipamento, ou seja, o quanto o equipamento é confiável para operar sem a ocorrência de falhas ou quebras (SEELING, 2000). Na visão de Cabral (2006, p. 284), o

TMEF “é um indicador sugestivo para a gestão pelo que deve ter o seu lugar em qualquer quadro de bordo de gestão da manutenção”.

### 2.7.2 Tempo Médio Para Reparos (TMPR)

Segundo Viana (2014), o TMPR é o resultado da divisão entre o somatório das horas de indisponibilidade do equipamento para a operação devido à manutenção (HIM) pelo número de manutenções corretivas no período (NC). Assim, pode-se dizer que quanto menor o valor do TMPR no decorrer do tempo, melhor o andamento dos serviços de manutenção, visto que as intervenções corretivas causam impactos menores no processo produtivo. O TMPR é definido conforme a Equação 3.

$$\text{TMPR} = \frac{\text{HIM}}{\text{NC}} \quad (3)$$

De acordo com Cabral (2006), o TMPR de um equipamento mostra o tempo médio necessário para realizar o conserto de uma avaria, ou a média de todos os tempos utilizados nos reparos do período em análise. Este indicador trata da manutenibilidade do equipamento, ou seja, “a sua aptidão para ser restaurado para uma condição de bom funcionamento” (CABRAL, 2006 p. 285). Um fator importante a ser observado é que o tempo do reparo depende de fatores como: a produtividade dos executantes, o planejamento e a sequência do trabalho. A Equação 4, que é proposta por Cabral (2006), é definida por:

$$\text{TMPR} = \frac{\sum \text{TR}_i}{\text{Nav}} \quad (4)$$

Onde:

$\text{TR}_i$  = tempos utilizados nas reparações no período

$\text{Nav}$  = número de avarias no período

Segundo Kardec, Flores e Seixas (2002), há outra forma de determinar o TMPR de equipamentos num determinado intervalo de tempo. Este método baseia-se no cálculo da Taxa de Reparo ( $\mu$ ), que consiste no número de reparos realizados em um determinado intervalo de tempo, segundo a Equação 5.

$$\mu = \frac{r}{T} \quad \mu = \frac{1}{\text{TMPR}} \quad (5)$$

Onde:

$\mu$  = Taxa de Reparo

r = Número de reparos efetuados

T = Intervalo de Tempo

Os autores citam um exemplo de cálculo de TMPR em um conjunto de motores elétricos (ANEXO D).

O valor do Tempo Médio Para Reparos representa a duração de todas as intervenções de manutenção. A medição dos tempos de reparo das intervenções é muito importante para o processo produtivo (SEELING, 2000). Os estudos e análises “destes dados, em combinação com dados de confiabilidade, permitem a comparação de estratégias alternativas de reparo em termos de custos e recursos necessários” (SEELING, 2000, p. 56).

### **2.7.3 Disponibilidade de equipamentos**

Disponibilidade é um indicador de manutenção que serve para indicar a probabilidade de que um equipamento esteja disponível para produção. Dessa forma, um valor de 0,90 (ou 90 por cento) indica que, em média, a máquina está em operação ou disponível para operar em 90% do tempo considerado (BRANCO, 2006b).

De acordo com Kardec, Flores e Seixas (2002), esse indicador visa avaliar o desempenho da manutenção e determinar a probabilidade do equipamento estar em operação num determinado intervalo de tempo. É um indicador que depende da confiabilidade e manutenibilidade do equipamento. A confiabilidade está vinculada ao número de falhas ou paradas não programadas e a manutenibilidade está relacionada ao tempo utilizado para o reparo, ou, o tempo de paralisação. De acordo com Verri (2007, p. 69), “quanto mais confiável for intrinsecamente o equipamento, menor a probabilidade de falha e, portanto, maior a probabilidade de estar disponível para produção”.

Segundo Viana (2014, p. 145), a “fórmula do cálculo da disponibilidade varia de um setor produtivo para outro, e até mesmo de uma empresa concorrente para outra”. Na Equação 6, Kardec, Flores e Seixas (2002) demonstram a disponibilidade operacional, enquanto que, na Equação 7, Viana (2014) demonstra a disponibilidade física.

$$DISP_o = \frac{TMEM}{TMEM+TMP} \quad (6)$$

Sendo:

$DISP_o$  = Disponibilidade operacional

TMEM = Tempo Médio entre Manutenção

TMP = Tempo Médio de Paralisação

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% \quad DF = \frac{HO}{HO+HM} \times 100\% \quad (7)$$

Onde:

DF = Disponibilidade física

HT = Horas trabalhadas

HG = Horas totais no período

HO = Tempo total de operação

HM = Tempo de paralisações, corretivas e preventivas

Kardec, Flores e Seixas (2002) citam um exemplo de aplicação de disponibilidade em quatro empresas distintas (ANEXO E).

Na visão de Verri (2007, p.69), “este é o indicador mais importante para a manutenção. Os números relativos às perdas devido a falhas em equipamentos são enormes, e o objetivo maior da manutenção deve ser propiciar a máxima continuidade operacional através de uma grande disponibilidade”. Com base neste conceito, a manutenção deve trabalhar focada na redução dos tempos de reparo e na mantabilidade, visando à elevação nos tempos entre as falhas. Geralmente as metas de disponibilidades nas indústrias variam entre 90% a 99%, sendo que instalações de alto desempenho trabalham com disponibilidade acima de 98% (VERRI, 2007).

#### **2.7.4 Custo de manutenção por faturamento**

Segundo Viana (2014), com o surgimento do conceito de manutenção de classe mundial, inseriu-se a perda de faturamento e a depreciação na composição dos custos de manutenção, que até 1993 era composta pelos gastos com materiais e contratação de serviços externos e gastos com pessoal. A perda de faturamento é composta pelo somatório dos custos

da perda de produção e dos custos com desperdício de matéria prima. O resultado da relação entre o somatório dos gastos com manutenção e o faturamento da empresa gera o custo de manutenção por faturamento.

Tavares (1996) informa que este índice possui um cálculo de fácil obtenção, visto que os valores do numerador e denominador são geralmente processados e fornecidos pelo departamento de contabilidade da empresa. O autor demonstra o cálculo do custo de manutenção por faturamento na equação 8.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} \times 100 \quad (8)$$

Sendo:

CMFT = Custo de Manutenção por Faturamento

CTMN = Custo Total de Manutenção

FTEP = Faturamento da Empresa no Período

A finalidade desse indicador está no conhecimento das despesas da Manutenção e de manutenção no faturamento da empresa, sendo recomendado um período de apuração igual ao período no qual a mesma encerra os períodos de apuração da sua contabilidade. Para a realização do cálculo, entende-se que o faturamento seja proveniente de todas as entradas de capital resultante das vendas no período (BRANCO, 2006b).

## **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo serão descritos os métodos utilizados para atingir os objetivos do trabalho, as pessoas envolvidas, o local, a coleta e o modo como os dados serão analisados. Também contempla uma breve descrição da empresa analisada, do processo produtivo, do setor de manutenção UHT e dos PMMP's aplicados nas máquinas da linha A.

### **3.1 Metodologia de pesquisa**

Em relação à forma de abordagem do tema, esta pesquisa é definida como sendo qualitativa, pois enfatiza o processo e seu significado. A pesquisa qualitativa busca o que é comum, contudo aceita também a individualidade e os significados múltiplos, em vez de transformá-los em uma média estatística, sendo a fonte direta para a coleta dos dados o ambiente natural e o pesquisador vai a campo para analisar os dados (LAKATOS; MARCONI, 2010).

Em uma segunda etapa, a pesquisa pode ser considerada como quantitativa. Segundo Gil (2006), a pesquisa quantitativa se preocupa em realizar a medição de quantidade, frequência, intensidade e analisar as relações causais entre as variáveis, utilizando-se de uma amostra representativa do universo pesquisado.

#### **3.1.1 Quanto aos fins**

Quanto aos fins, esta pesquisa pode ser considerada exploratória. De acordo com Gil (2006), a pesquisa exploratória visa o estudo de determinado acontecimento através de levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o tema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Este estudo também contempla a pesquisa bibliográfica, a qual, de acordo com Lakatos e Marconi (2010), compreende toda bibliografia disponível referente ao tema de estudo. O objetivo principal é descrever a natureza das variáveis analisadas para obtenção de uma maior compreensão do tema abordado. A pesquisa foi elaborada através de levantamento bibliográfico em livros, monografias, dissertações e internet, buscando uma reflexão mais aprofundada e ampliação do conhecimento sobre o tema escolhido.

### **3.1.2 Quanto aos meios**

Quanto aos meios, este trabalho pode ser considerado um estudo de caso, o qual busca examinar um acontecimento dentro de um contexto e, de acordo com Vergara (2010), necessita de uma teoria bem embasada para orientar a investigação e gerar uma melhor compreensão do tema, tendo por objetivo retratar a realidade de forma profunda e completa.

Os pesquisadores vêm adotando com frequência o estudo de caso quando buscam as respostas para as questões de “como” e “por quê” certos fatos acontecem, quando existe possibilidade limitada de controle sobre os fenômenos pesquisados e quando o foco de interesse é sobre fatos atuais, que só podem ser analisados dentro de algum contexto da realidade (GODOY, 1995).

Para compreensão desse objetivo, Gil (2006) descreve as quatro fases que delineiam um estudo de caso:

- a) Delimitação do estudo-caso;
- b) Coleta de dados;
- c) Seleção, análise e interpretação dos dados;
- d) Elaboração do relatório.

### **3.1.3 Local do estudo**

O estudo foi realizado na empresa Cooperativa Santa Clara Ltda, situada em Carlos Barbosa-RS, nas linhas de envase de leite UHT. O pesquisador, colaborador da empresa na qual foi efetuado o trabalho, atua no setor de engenharia, desenvolvendo atividade de coordenador de projetos para as indústrias de laticínios. Durante o estudo, o pesquisador realizou as atividades de levantamento de dados, elaboração do PMMP, sugestão dos indicadores de manutenção e implementação das técnicas propostas na revisão de literatura.

### 3.1.4 Coleta de dados

Na visão de Marconi e Lakatos (2010), a coleta de dados é a “etapa da pesquisa em que se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas, a fim de se efetuar a coleta dos dados previstos”. Os autores salientam que esta etapa do trabalho leva mais tempo do que se planeja, sendo bem exaustiva. Dessa forma, torna-se fundamental a paciência, esforço pessoal, perseverança e atenção do pesquisador ao registrar e apontar os dados.

As evidências resultantes de um estudo de caso podem ocorrer de seis fontes distintas: entrevistas, registros em arquivo, observação participante, observação direta, documentos e elementos físicos. O pesquisador tem que saber usar estas seis fontes, que exigem habilidades, conhecimento e procedimentos metodológicos diferentes.

A coleta de dados deste estudo foi realizada através de registros em arquivo, observações diretas, documentos, entrevistas e diálogos informais com os técnicos e o encarregado de manutenção, responsáveis pelas intervenções de manutenção na indústria. Também foram utilizadas planilhas dos Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) das linhas de envase, livros (diários) da manutenção, e *check lists* para a contribuição no processo de coleta de dados.

### 3.1.5 Análise dos dados

Segundo Gil (2009), a análise e entendimento dos dados nos estudos de caso é um processo que geralmente ocorre simultaneamente à sua coleta. Cada novo palpite, informação ou hipótese que surge direciona a nova fase do processo de coleta de dados, que conduz ao consecutivo refinamento ou reformulação das questões da pesquisa.

Durante a análise dos dados deste trabalho procurou-se, sempre que possível, que a mesma fosse simultânea à aplicação do método. Contudo, no final da pesquisa, todos os resultados foram sintetizados, gerando as propostas para a melhoria da eficiência das linhas de envase de leite tipo UHT.

### **3.1.6 Apresentação dos dados**

Conforme Gil (2009), o modelo clássico de análise e apresentação dos dados de um estudo de caso consiste na identificação de alguns tópicos-chave e na consequente elaboração de um texto discursivo. Dessa forma, o pesquisador deve possuir habilidades analíticas e discursivas.

Esta etapa possibilita a utilização de ferramentas analíticas para sumarizar, organizar e relacionar os dados. Tabelas, quadros, figuras, gráficos, mapas, matrizes, diagramas e redes são ferramentas que contribuem para a análise, interpretação e apresentação desses dados em um estudo de caso, principalmente quando o pesquisador tem como objetivo transcender o nível exploratório de investigação (GIL, 2009). Para realizar a análise final deste trabalho e apresentar os dados, o autor fez uso de algumas ferramentas antes citadas.

### **3.1.7 Limitações dos métodos**

Em todo método há possibilidades e limitações e, dessa forma, faz-se necessária a antecipação às críticas que o leitor poderá fazer a este trabalho, especificando as limitações do método em questão, mas, que ainda assim fazem com que ele seja o mais adequado para o mesmo (VERGARA, 2010).

O método escolhido para este trabalho possui as limitações abaixo:

- a) Curto período de tempo disponível para a coleta, análise e compilação dos dados e sugestão de melhorias, o qual ocorreu em seis (06) meses. Uma das limitações é não se ter a noção exata da eficácia da implementação do PMMP, visto que o mesmo não pôde ser implementado, ou seja, somente poderá ser medido com precisão após sua implementação. Segundo Gil (2009), o tempo utilizado em estudos de caso tende a ser maior que o tempo utilizado em outras modalidades de pesquisa;
- b) Possibilidade de falta de informações, informações incompletas, dados imprecisos ou dados arquivados sobre o tema do trabalho. Salientando que não há registros e histórico das atividades do setor de manutenção em um sistema informatizado;

- c) Confiabilidade dos dados e informações coletadas. Os sujeitos da pesquisa possuem conhecimentos, habilidades e forma de execução das tarefas de modo diferente, não garantindo em algumas situações a validade e fidedignidade dos dados e informações coletadas.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 A Empresa**

O principal ramo de atuação da Cooperativa Santa Clara Ltda é na indústria de laticínios. Possui três indústrias deste segmento, sendo duas localizadas no município de Carlos Barbosa e uma no município de Getúlio Vargas, todas no Estado do Rio Grande do Sul. Além dessas indústrias, a empresa também possui um frigorífico de suínos, uma fábrica de rações, uma cozinha industrial, quatro unidades produtoras de leitões, sete centros de distribuição, 14 supermercados e 15 mercados agropecuários.

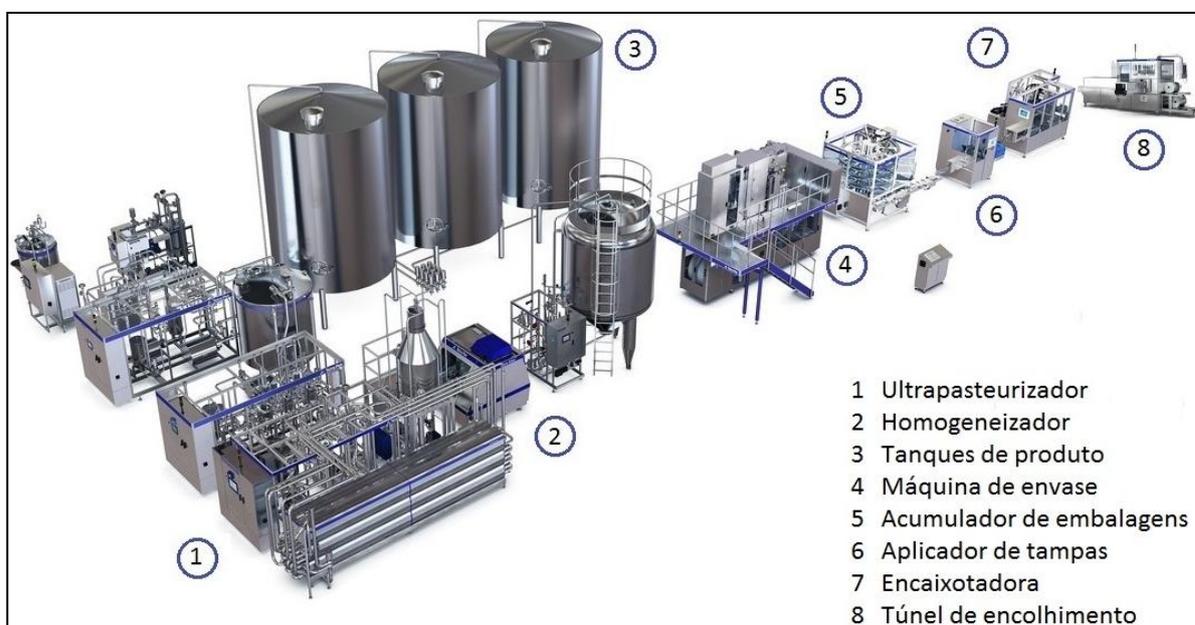
A Unidade Industrial de Leite Longa Vida (UHT) foi inaugurada aos vinte e sete dias do mês de março de 2002, em comemoração aos 90 anos da Cooperativa Santa Clara. No início, a indústria processava 6 milhões de litros de leite ao mês e, a partir de outubro de 2005, iniciou o processamento de cerca de 10 milhões de litros. Com a ampliação de abril de 2016, o processamento mensal passou a ser de 12 milhões de litros. Dentre estes estão: o integral, o desnatado e o semidesnatado. A indústria conta com 66 colaboradores que trabalham em quatro turnos de seis horas, garantindo o escoamento da produção em vinte e quatro horas diárias de trabalho contínuo, durante seis dias de cada semana.

### **4.2 Descrição do processo produtivo**

O processo de fabricação do leite UHT baseia-se em três etapas: (a) ultrapasteurização, que consiste na esterilização do leite pasteurizado; (b) envase, o qual se refere ao enchimento e à formação da embalagem do leite; e, por fim, (c) acondicionamento, etapa de produção das bandejas e aplicação do filme de proteção. A Figura 11 representa o *layout* de uma linha de

envase de leite tipo UHT similar às instaladas na indústria em estudo. É importante ressaltar que a linha\_A não utiliza o Acumulador de embalagens e o Aplicador de tampas.

Figura 11 - Linha de leite tipo UHT



Fonte: Adaptado de *Tetra Pak* (2016).

#### 4.2.1 Ultrapasteurização de leite tipo UHT

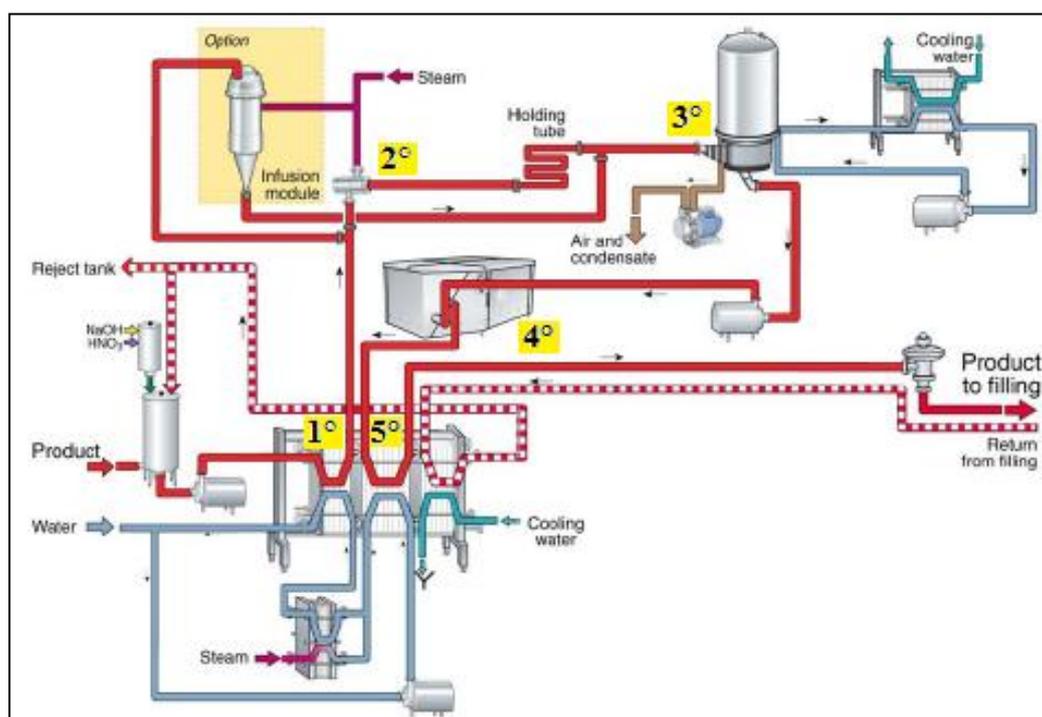
Ao chegar à indústria, o leite cru resfriado é armazenado em silos com capacidade de 100.000 litros e, durante a estocagem, o mesmo permanece refrigerado com temperatura inferior a 4°C até ser liberado para a pasteurização. No processo de pasteurização, o leite é aquecido numa temperatura entre 72°C a 75°C por 15 a 20 segundos, refrigerado a uma temperatura inferior a 4°C, padronizado em um teor de gordura conforme o tipo de produto a ser elaborado (Integral, Semidesnatado ou Desnatado) e, posteriormente, é armazenado em outros silos com capacidade de 100.000 litros. O leite pasteurizado é enviado com auxílio de uma bomba centrífuga até o tanque de equilíbrio do ultrapasteurizador onde é ultrapasteurizado. Em síntese, o processo de Ultrapasteurização do leite UHT baseia-se nas seguintes etapas:

- 1º) **Pré-aquecimento:** o leite é enviado por outra bomba centrífuga do tanque de equilíbrio até o trocador de calor tubular onde é pré-aquecido à temperatura aproximada de 80°C;

- 2º) **Ultrapasteurização:** o leite pré-aquecido é ultrapasteurizado através de injeção direta de vapor culinário, que eleva instantaneamente a temperatura do mesmo a 142°C. O produto permanece nesta temperatura durante 4 segundos;
- 3º) **Resfriamento I:** na etapa de resfriamento, o vapor culinário injetado durante a ultrapasteurização é retirado. Neste processo, o leite passa por uma câmara de vácuo onde é resfriado imediatamente e o vapor é retirado em forma de condensado com o auxílio de uma bomba de vácuo, onde o leite atinge uma temperatura aproximada de 80°C;
- 4º) **Homogeneização:** após o resfriamento, o produto passa por um homogeneizador, para que ocorra a redução dos glóbulos de gordura, onde é homogeneizado em condições assépticas a uma pressão de 220 bar e a 80°C de temperatura;
- 5º) **Resfriamento II:** na sequência do processo de homogeneização, o leite retorna ao trocador de calor tubular para sofrer outro resfriamento onde atinge temperatura aproximada de 30°C para o envase.

A Figura 12 ilustra as etapas necessárias para a ultrapasteurização do leite UHT.

Figura 12 – Etapas da Ultrapasteurização de leite tipo UHT



Fonte: Adaptado de *Tetra Pak* (2016).

#### 4.2.2 Envase de leite tipo UHT

O leite ultrapasteurizado é enviado para as máquinas de envase asséptico através de tubulação de aço inoxidável. Insere-se um rolo de material de embalagem no magazine da máquina de envase e, a seguir, ocorrem as seguintes etapas:

- a) O material é desenrolado e forma-se um pulmão de material de embalagem;
- b) Aplica-se uma fita para a realização da selagem longitudinal em uma das bordas do material de embalagem;
- c) O material passa por um banho de peróxido de hidrogênio para esterilização;
- d) Após o banho o material entra em uma câmara asséptica e o excesso de peróxido de hidrogênio é removido por rolos espremedores emborrachados e por um sopro de ar estéril a 140°C;
- e) O material entra na seção de formação do tubo, onde há três anéis com roletes e que possuem circunferências diferentes, formando um tubo;
- f) O tubo passa por um elemento de selagem longitudinal que realiza a emenda entre as bordas do material;
- g) Após selado, o tubo recebe o leite, o qual é dosado em tubulação de aço inoxidável;
- h) Já com o leite, o tubo passa pelo sistema de mandíbulas. Neste sistema ocorre a selagem transversal de topo e fundo da embalagem e são realizados os vincos que dão formato à embalagem;
- i) Na sequência, a embalagem passa por um sistema dobrador de abas, o qual dobra e sela as abas de topo e fundo.

Assim que as embalagens saem da máquina de envase através de uma esteira transportadora, passam por uma unidade datadora e recebem a impressão com os dados de lote, data de fabricação e data de validade.

### 4.2.3 Acondicionamento de leite tipo UHT

As embalagens das linhas A e B são conduzidas através de esteiras transportadoras até as máquinas encaixotadoras para serem acondicionadas em bandejas de papelão contendo 12 unidades. As bandejas são transportadas por esteiras transportadoras até o túnel de encolhimento, onde recebem uma película de plástico termorretrátil e são acondicionadas em paletes de madeira pelo sistema de paletização automática composto por uma célula com robô.

Já as embalagens das linhas C e D são encaminhadas através de esteiras transportadoras até as máquinas acumuladoras de embalagens, passam pelas máquinas aplicadoras de tampas e seguem até as máquinas encaixotadoras para serem acondicionadas em bandejas fechadas de papelão com 12 unidades. As bandejas são transportadas por esteiras transportadoras e são acondicionadas em paletes de madeira pelo sistema de paletização automática composto por outra célula com robô. Após a montagem, os paletes das quatro linhas recebem um filme de proteção denominado *stretch*, são identificados e são armazenados em um sistema de *drive-ins* estáticos, permanecendo neste local aguardando liberação por parte do laboratório da Indústria de Leite tipo Longa Vida.

Há em operação quatro linhas (A, B, C e D) de máquinas de envase asséptico, as quais são alimentadas por dois ultrapasteurizadores, ou seja, existe um ultrapasteurizador para cada duas máquinas de envase. As máquinas que compõem cada linha de envase de leite tipo UHT podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Máquinas que compõem as linhas de leite tipo UHT

Máquina	Função	Embalagem (Formato)	Linha (s)	Capacidade (l/h)
Tetra Pak VTIS	Ultrapasteurizador	Brik	A e B	15.000
Tetra Pak A3 Flex	Envasadora	Brik	A	7.000
Tetra Cardboard Packer 70	Encaixotadora	Brik	A	7.000
Tetra Tray Shrink 51	Túnel de encolhimento	Brik	A e B	7.000
Tetra Pak A3 Flex	Envasadora	Brik	B	7.000
Tetra Cardboard Packer 70	Encaixotadora	Brik	B	7.000
Tetra Tray Shrink 51	Túnel de encolhimento	Brik	A e B	7.000
Robô 1	Paletização automática	Brik	A e B	14.000
Tetra Pak VTIS Lactenso	Ultrapasteurizador	Brik	C e D	18.000
TP A3 Flex	Envasadora	Edge	C	8.000
Tetra Accumulator 30	Acumulador	Edge	C	8.000
Tetra Cap Applicator 25	Aplicador de tampas	Edge	C	8.000
Tetra Cardboard Packer 32	Encaixotadora	Edge	C	8.000
TP A3 Flex	Envasadora	Edge	D	8.000
Tetra Accumulator 30	Acumulador	Edge	D	8.000
Tetra Cap Applicator 25	Aplicador de tampas	Edge	D	8.000
Tetra Cardboard Packer 32	Encaixotadora	Edge	D	8.000
Robô 2	Paletização automática	Brik	C e D	16.000

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.2.4 Limpeza CIP e Regime de operação

As produções de leite tipo UHT ocorrem em ciclos de 35 horas contínuas, sendo que ao final de cada ciclo há a necessidade de parada para limpeza CIP nas tubulações de produto e nova ultrapasteurização para o restabelecimento da produção. O tempo total da parada para a realização da limpeza CIP é de 5 horas, sendo que, desse total, 3 horas são para a realização da limpeza e 2 horas são para a realização dos passos do ultrapasteurizador para o ciclo subsequente.

No momento em que ocorre o término do ciclo de produção, as máquinas de envase também realizam uma limpeza CIP de 1,5 horas e as outras máquinas da linha ficam paradas, recebendo cuidados de limpeza manual pelos operadores. Realizou-se uma simulação da operação da indústria em um mês, com os tempos de produção e parada para limpeza CIP, com base de cálculo de quatro semanas conforme procedimento do PCP, os quais podem ser observados na Figura 13.

Figura 13 - Simulação de produção em um mês

SIMULAÇÃO DE PRODUÇÃO/MÊS															
Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4			
Produção (h)	CIP (h)	Produção (h)	CIP (h)	Produção (h)	CIP (h)	Produção (h)	CIP (h)	Produção (h)	CIP (h)	Produção (h)	CIP (h)	Produção (h)	CIP (h)	Produção (h)	CIP (h)
35	5	35	5	35	5	35	5	35	5	35	5	35	5	35	5
144				144				144				144			
Produção/mês (Ciclos)	CIP/mês (Ciclos)	Produção/semana (h)	CIP/semana (h)	Produção/mês (h)	CIP/mês (h)			Produção/mês (h)	CIP/mês (h)						
16	12	129	15	516	60										

Fonte: Elaborada pelo o autor.

A indústria opera de segunda-feira a sábado, com folga aos domingos, ou seja, seis dias semanais de operação e um dia semanal sem atividade. O regime de operação da mesma pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 - Regime de operação da indústria

Regime de operação da indústria			
Dias de operação (semana)	Horas de operação (dia)	Regime de operação/semana (h)	Regime de operação/mês (h)
6	24	144	576

Fonte: Elaborada pelo o autor.

A indústria opera em quatro (04) turnos de trabalho de 6 horas cada um, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Turnos de trabalho da indústria

Turno	Período (h)
1°	00h às 06h
2°	06h às 12h
3°	12h às 18h
4°	18h às 00h

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se que neste regime de trabalho com quatro turnos, há quatro operadores diferentes operando cada máquina, em cada dia de operação.

#### 4.2.5 Eficiência produtiva da indústria

A fim de analisar o PMMP na linha\_A, o qual é descrito no seguinte capítulo, é necessário analisar a eficiência deste processo. As metas de produção da indústria são elaboradas pelo PCP, após demanda enviada pelo departamento de vendas. Realiza-se uma análise dos números de produção das quatro linhas de envase, dos anos 2015 e 2016, os quais podem ser observados na Figura 15.

Figura 15 - Eficiência produtiva da Indústria de Leite Tipo UHT

<b>Eficiência Produtiva - Indústria de Leite Tipo UHT</b>				
<b>Capacidade instalada</b>	Dias 30	Horas/dia 24	Litros/h 30.000	Litros/mês 21.600.000
<b>Capacidade de Produção</b>	Horas/sem 129	Litros/h 30000	Qtd/sem 4	Litros/mês 15.480.000
<b>Produção Real (Média)</b>	Dias 24	Horas/dia 16	Litros/h 30.000	Litros/mês 11.520.000
<b>Eficiência Produtiva (Atual)</b>	$\frac{15.480.000}{11.520.000}$	$\frac{100}{X}$		74,42%

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura anterior mostra que a capacidade produtiva da indústria é de 15.480.000 litros de leite por mês, porém, a média de produção mensal é de 11.520.000 litros de leite, tendo uma eficiência de 74,42%. Isso ocorre devido ao alto índice de paradas de máquinas por falhas ou por quebras mecânicas e elétricas. Vale lembrar que existem alguns eventos externos que também causam paradas não programadas nas linhas de envase e contribuem para a queda na eficiência produtiva, apesar da ocorrência desses eventos serem pequenas e dos números não serem muito representativos. Os eventos estão relacionados ao provimento das utilidades, como: problemas no fornecimento de vapor, ar comprimido, água gelada e água potável.

### 4.3 Descrição do setor de manutenção

Na indústria de leite tipo UHT, as máquinas e os equipamentos possuem uma plaqueta de identificação do fabricante. Essa identificação é utilizada pelo setor de manutenção UHT para os registros de ocorrências. Esse setor não utiliza o programa SILMAN para realizar o controle das atividades do PCM, realizando o controle em planilhas do *Microsoft Excel* e anotações em livros de registro dos equipamentos. O setor de manutenção UHT é administrado por um encarregado de manutenção, o qual é subordinado do Gerente da Manutenção Industrial. A equipe é composta pelo encarregado e cinco técnicos de manutenção, conforme mostrado na Figura 16, os quais executam as manutenções corretivas e preventivas nas máquinas e equipamentos e as manutenções prediais (elétrica, mecânica e hidráulica) necessárias na indústria. As funções do PCM e do controle do almoxarifado das peças de reposição são realizadas pelo encarregado do setor.

Figura 16 - Organograma do setor de manutenção UHT



Fonte: Elaborada pelo autor.

A manutenção atua em escalas de horários diferentes que compreendem as 24 horas de cada dia, conforme exposto na Tabela 3, com intuito de sempre estar presente durante o regime de operação da indústria. Cada profissional goza de um intervalo de 1 hora e 10 minutos.

Tabela 3 - Escalas da manutenção UHT

<b>Período (h)</b>	<b>Profissional</b>
07h às 10h e 38min – 11h e 50min às 17h	Encarregado de manutenção
07h às 10h e 38min – 11h e 50min às 17h	Técnico em Mecânica
07h às 12h – 13h e 10min às 17h	Eletrotécnico
07h às 12h – 13h e 10min às 17h	Técnico em Mecatrônica
12h às 17h e 50min – 19h às 21h e 58min	Técnico em Mecatrônica
20h às 02h – 03h e 10min às 05h e 58min	Técnico em Mecatrônica

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como ilustrado na Tabela 4, o maior índice de atuação dos profissionais do setor está concentrado nas manutenções corretivas, com baixo índice de realização de manutenções preventivas periódicas programadas. Este fator ocorre pelos altos volumes de matéria prima que entram na indústria, dificultando o planejamento das paradas programadas para a realização das manutenções preventivas. O fabricante dos equipamentos fornece *check lists* de manutenção para serem executados em intervalos de 250h e os mesmos não são executados para que não ocorra a parada da máquina, a qual interrompe a produção. Por outro lado, uma quantidade elevada de falhas ou quebras param as máquinas e contribuem para baixos índices de eficiência e performance das linhas de envase.

Tabela 4 - Índice de atuação da manutenção UHT

<b>Tipo de Manutenção</b>	<b>Índice de atuação</b>	<b>Atividades</b>
Corretiva não programada	25%	Reparar quebras nos equipamentos e utilidades.
Corretiva programada	45%	Troca de mangueiras, vedações, rolamentos, peças e componentes diversos, realizar pequenos ajustes, apertos de parafusos e conexões, trocar lâmpadas, reparar tubulações das utilidades, etc.
Preventiva	15%	Executar a manutenção preventiva programada nas máquinas, equipamentos e utilidades.
Instalações	15%	Elétricas, hidráulicas e mecânicas prediais.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Realiza-se a cada ano, de forma escalonada, uma manutenção preventiva programada de cinco (05) dias nas máquinas e equipamentos de cada linha. Essas manutenções preventivas são programadas para iniciar em uma segunda-feira e são concluídas na sexta-feira da mesma semana. Geralmente ocorrem das 8h às 17h e no período das 17h às 8h a máquina fica parada, sem assistência de manutenção. Conforme observações dos profissionais do setor, após a manutenção preventiva, as máquinas operam em média durante quatro (04) meses sem apresentação de falhas ou quebras mecânicas, apresentando as primeiras paradas a partir do quinto mês. Os profissionais alegam que isso ocorre devido ao desgaste prematuro de algumas peças ou componentes.

Constatou-se durante os diálogos e entrevistas com os técnicos de manutenção e operadores de máquinas que os ultrapasteurizadores são equipamentos que apresentam baixíssimo índice de paradas por falhas ou quebras. Por outro lado, máquinas de envase, as encaixotadoras e os túneis de encolhimento apresentam um índice mais elevado de paradas que geralmente são causadas por pequenas falhas pontuais, as quais poderiam ser minimizadas se os conjuntos geradores dessas falhas fossem inspecionados antes do início de cada ciclo de produção. Quando ocorre uma parada da máquina de envase, os técnicos têm 40 minutos para sanar o problema, do contrário, a máquina perde a sua esterilização, o programa deve ser passado ao passo zero e uma limpeza CIP de 1h e 30min deve ser realizada na mesma. Além de aumentar o custo operacional, as paradas das máquinas de envase contribuem para a ineficiência do processo produtivo.

#### **4.3.1 PMMP na máquina TP A3/Flex**

Para a elaboração do PMMP da máquina de envase TP A3/Flex, segue-se os seguintes procedimentos:

- a) Como estratégia, define-se a aplicação da manutenção preventiva;
- b) Realiza-se uma pesquisa com coleta de dados e informações nos históricos das máquinas, *check lists*, manuais do fabricante e catálogos das mesmas;
- c) Realiza-se entrevistas e diálogos com os técnicos de manutenção acerca da elaboração do PMP e OS para a máquina;

- d) Elabora-se um mapeamento dos pontos de lubrificação e limpeza que deveriam ser inseridos no PMP e OS;
- e) Elabora-se um mapeamento dos pontos de verificação e inspeção que deveriam ser inseridos no PMP e OS;
- f) Elabora-se um mapeamento dos pontos de ajustes que deveriam ser inseridos no PMP e OS.

Após a realização das etapas do roteiro acima, elabora-se no *Microsoft Excel* um PMP (APÊNDICE A), vinculado a uma OS (APÊNDICE B) para a realização de manutenção preventiva na máquina de envase TP A3/*Flex* da linha A, durante as 5 horas de parada para CIP no ultrapasteurizador. O procedimento foi elaborado com a utilização de informações do manual de manutenção (MM) da máquina e com base no conhecimento técnico e prático dos colaboradores do setor de manutenção UHT. Estes solicitaram que os documentos fossem elaborados de forma simplificada, sem imagens, figuras ou tabelas e deveriam mencionar os documentos de referência do MM da máquina para cada ponto de intervenção da OS e do PMP.

Foram inseridos no PMP os principais pontos de verificação, ajuste e limpeza, que geram a maior quantidade de paradas por falhas pontuais na máquina. O tempo total para a execução das tarefas da OS ficou em 210 minutos, ou seja, 3 horas e 30 minutos, salientando que o tempo de execução de todas as tarefas constadas na OS deveria ser menor ou igual a 5 horas, visto que esse é o tempo total de parada para CIP no ultrapasteurizador. Após a elaboração do PMP e da OS, foi elaborado o mapa de planejamento das manutenções preventivas programadas (APÊNDICE G) para as primeiras quinze (15) semanas do ano de 2017. O mapa traz informações das intervenções que serão realizadas, como: data, semana e horário.

#### **4.3.2 PMMP na máquina *Tetra Cardboard Packer 70***

O primeiro passo para a elaboração do PMMP na encaixotadora foi a realização de um roteiro idêntico ao do tópico 3.2.4, no qual definiu-se a estratégia de manutenção a ser adotada, fez-se pesquisas, entrevistas, coletas de dados e informações e o mapeamento dos pontos de lubrificação, de limpeza, de verificação e de ajustes a serem inseridos no PMP e OS. Após a realização das etapas do roteiro, elaborou-se no *Microsoft Excel* o PMP

(APÊNDICE C) e a OS (APÊNDICE D) para a máquina encaixotadora seguindo o mesmo modelo de pesquisa realizado na elaboração dos documentos da máquina de envase, ou seja, com a utilização de informações provenientes dos diálogos e pesquisas realizadas com os colaboradores da indústria e com a utilização do manual MM da máquina.

No PMP da encaixotadora *Tetra Cardboard Packer 70* (TCBP 70) foram inseridos os principais pontos de verificação, ajuste e limpeza, que geram a maior quantidade de paradas por falhas pontuais na mesma. O tempo total para a execução das tarefas da OS ficou em 135 minutos, ou seja, 2 horas e 15 minutos. Após a elaboração do PMP e da OS, foi elaborado o mapa de planejamento das manutenções preventivas programadas (APÊNDICE G) para as primeiras quinze (15) semanas do ano de 2017.

#### **4.3.3 PMMP na máquina *Tetra Tray Shrink 51***

Da mesma forma que as outras máquinas da linha A, elaborou-se o roteiro com as seis (06) etapas e, posteriormente, no *Microsoft Excel*, o PMP (APÊNDICE E) e a OS (APÊNDICE F) para o túnel de encolhimento *Tetra Tray Shrink 51* (TTS 51). Utilizou-se de informações provenientes dos diálogos e pesquisas realizadas com os colaboradores da indústria, com a utilização do manual MM da máquina. Foram inseridos os principais pontos de verificação, ajuste e limpeza, que geram a maior quantidade de paradas por falhas pontuais na mesma. O tempo total para a execução das tarefas da OS ficou em 75 minutos, ou seja, 1 hora e 15 minutos. Após a elaboração do PMP e da OS, foi elaborado o mapa de planejamento das manutenções preventivas programadas (APÊNDICE G).

#### **4.4 Análise do PMMP nas máquinas da linha\_A**

Após a elaboração do PMMP para as três (03) máquinas da linha\_A, foram analisados os índices de produção desta linha, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Eficiência produtiva da linha\_A

<b>Eficiência Produtiva - Linha_A</b>				
<b>Capacidade instalada</b>	Dias 30	Horas/dia 24	Litros/h 7.000	Litros/mês 5.040.000
<b>Capacidade de Produção</b>	Horas/sem 129	Litros/h 7000	Qtd/sem 4	Litros/mês 3.612.000
<b>Produção Real (Média)</b>	Dias 24	Horas/dia 14	Litros/h 7.000	Litros/mês 2.352.000
<b>Eficiência Produtiva (Atual)</b>	$\frac{3.612.000}{2.352.000}$	$\frac{100}{X}$	65,12%	
<b>Lucro Unitário (Médio)</b>	R\$ 0,154			
<b>Resultado (Mensal)</b>	Lucro R\$ 0,154	Litros/mês 2.352.000	Lucro/mês R\$ 362.208,00	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como pode-se observar, a capacidade de produção da linha\_A é de 5.040.000, porém a média de produção mensal é de 2.352.000 litros de leite, constituindo uma eficiência de 65% em função do elevado índice de paradas das máquinas por falhas ou por quebras. A média do lucro unitário da venda de leite tipo UHT realizada entre os meses de janeiro a julho de 2016 é de R\$ 0,154. Multiplicando o valor do lucro unitário de R\$ 0,154 pela média de produção mensal, constata-se que essa linha de envase gera para a empresa um lucro médio mensal de R\$ 362.208,00. Os valores apresentados tratam-se de estimativas para analisar o potencial do PMMP na linha em estudo. Com a utilização destes números, realiza-se uma simulação da implementação do PMMP na linha\_A, a qual pode ser observada na Figura 18.

Figura 18 – Simulação de implementação do PMMP na linha\_A

<b>CUSTOS E DESPESAS</b>				
<b>Custos e Despesas Mensais do Plano em atividade</b>				
Recursos	Qtd	Custo Unitário/H	Horas Trabalhadas	Total
Planejador PCM	1	R\$ 25,00	36	R\$ 900,00
Técnico de Manutenção	2	R\$ 35,00	60	R\$ 4.200,00
Computador	1	R\$ 0,081	100	R\$ 8,10
Impressora	1	R\$ 0,034	100	R\$ 3,40
Material de escritório				R\$ 30,00
				<b>R\$ 5.141,50</b>

<b>PRODUÇÃO</b>				
<b>Capacidade de Produção da Indústria</b>				
Capacidade de Produção	Nº Horas/mês	x Litros/h	x Nº semanas	= Litros/mês
	129	7000	4	3.612.000
<b>Média de Produção do ano de 2016</b>				
Produção de 2016 (Real)	Nº dias	x Horas/dia	x Litros/h	= Litros/mês
	24	14	7.000	2.352.000
<b>Simulação com acréscimo de 1,5 hora diária na produção</b>				
Simulação de acréscimo na Produção	Nº dias	x Horas/dia	x Litros/h	= Litros/mês
	24	14,5	7.000	2.436.000

<b>EFICIÊNCIA</b>			
<b>Eficiência Produtiva Mensal de 2016 (Real)</b>			
<u>3.612.000 litros/mês (Capac. Produção)</u>	100%	→	<b>65,12%</b>
2.352.000 litros/ mês (14h/dia)	X		
<b>Simulação da Eficiência com acréscimo de 1,5 hora na produção</b>			
<u>3.612.000 litros/mês (Capac. Produção)</u>	100%	→	<b>67,44%</b>
2.436.000 litros/ mês (14,5h/dia)	X		
<b>Acréscimo na Eficiência</b>			<b>→ 2,33%</b>

**LUCRO LÍQUIDO DA VENDA POR LITRO DE LEITE = R\$ 0,154**

<b>SIMULAÇÃO DOS RESULTADOS</b>			
Resultado Mensal de 2016 (Real)	Lucro	Litros/mês	Lucro/mês
	0,154	2.352.000	R\$ 362.208,00
Simulação do lucro na venda, com acréscimo na eficiência em 2,33%	Lucro	Litros/mês	Lucro/mês
	0,154	2.436.000	R\$ 375.144,00
<b>Acréscimo no lucro, com o aumento da eficiência em 2,33%</b>			<b>R\$ 12.936,00</b>
<b>Resultado (lucro - (custos + despesas))</b>			<b>R\$ 7.794,50</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme pode-se observar na Figura 18, para a implementação do PMMP nas máquinas da linha\_A existe a necessidade de um planejador de PCM, um computador com impressora, material de expediente e utilização de dois técnicos de manutenção que trabalhem em horário flexível. Um dos técnicos deve ficar dedicado para a máquina de envase, visto que o tempo de manutenção preventiva na mesma é de 3 horas e 30 minutos e, o outro, deve ficar

dedicado para as duas máquinas do setor de acondicionamento, totalizando 3 horas e 30 minutos de trabalho.

Realiza-se uma simulação da implementação do PMMP na linha\_A, com um percentual de acréscimo moderado de 2,33% na eficiência da mesma. O custo mensal do PMMP é de R\$ 5.141,50. Se o plano contribuir para o aumento moderado de 2,33% na eficiência mensal da linha, existe um ganho mensal de R\$ 7.794,00, o qual justifica a viabilidade de implementação do PMMP. Utiliza-se um percentual de acréscimo moderado na simulação, justamente para avaliar a viabilidade da implementação, sendo que, estando o PMMP em operação, quanto maior o percentual de acréscimo na eficiência da linha, maior é o ganho financeiro da empresa.

Observa-se que o PMMP propicia benefícios para a indústria de leite tipo UHT, tais como:

- a) As manutenções preventivas programadas, quando aplicadas nas máquinas da linha\_A, no período de CIP do ultrapasteurizador, não impactam na produção comercial;
- b) Os técnicos de manutenção têm mais contato com as máquinas. Estão mais atentos ao comportamento das mesmas, analisando folgas, desgastes, vazamentos, ruídos, odores estranhos, dentre outros;
- c) A frequência da execução das manutenções preventivas programadas durante o período de CIP do Ultrapasteurizador faz com que as máquinas falhem ou quebrem cada vez menos;
- d) Índices menores de falhas ou quebras propiciam melhores índices de eficiência e produtividade para a linha de envase;
- e) O custo para a implementação na linha\_A é baixo, e há ganho financeiro, mesmo com um acréscimo moderado no percentual de eficiência produtiva.

Uma vez que os resultados da implementação do PMMP na linha\_A são satisfatórios, é possível realizar uma análise de custos para a implementação nas outras três linhas de envase. No caso da linha\_B podem ser utilizadas as mesmas planilhas de PMP e OS da linha\_A, visto que as linhas são idênticas. Já nas linhas\_C e D, devem ser elaboradas

planilhas de PMP, OS e mapas de planejamento de manutenção preventiva. A elaboração do PMMP para ser aplicado durante a parada de CIP do Ultrapasteurizador é uma ideia que teve como objetivo principal o aproveitamento das cinco (05) horas de máquina parada e, dessa forma, não interferir no processo produtivo. Por outro lado, somente o PMMP implementado no CIP não garante as funcionalidades da máquina, ou seja, com o tempo de uso, as peças e componentes que não estão contemplados no PMMP de CIP devem apresentar desgaste, sendo necessário o planejamento de parada para a substituição dessas peças, realização de ajustes, dentre outras intervenções de manutenção preventiva programada.

#### **4.5 Proposta de melhorias para o setor de manutenção UHT**

- a) Utilizar o software SILMAN, o qual já está em uso no setor de Manutenção Industrial. O uso deste *software* de manutenção propicia benefícios como o armazenamento do histórico das máquinas, facilidade no manuseio e gestão dos dados e informações, cálculo e gestão dos indicadores de manutenção, dentre outros;
- b) Contratar um profissional para realizar o PCM. Planejador de PCM;
- c) Alterar o regime de operação para três turnos diários de trabalho. Quanto menor a quantidade de pessoas manuseando um equipamento, menor será a probabilidade de problemas operacionais;
- d) Criar um departamento de Engenharia de Manutenção;
- e) Realizar, a cada seis (06) meses, manutenções preventivas programadas de intervalos de 3.000h. Executá-las em dois (02) dias consecutivos, utilizando o horário das 17h às 8h, conforme exemplo da Figura 19, para não impactar nos índices de produtividade e manter a máquina em condições de operação;
- f) Implantar indicadores de desempenho da manutenção para medir a eficiência do PMMP e do setor de manutenção UHT.

A Figura 19 apresenta uma proposta para o planejamento de manutenções preventivas periódicas de intervalos de 3.000h, as quais complementam as ações preventivas descritas nas ações de PMMP.

Figura 19 - Sugestão de planejamento para preventiva 3.000h

MODELO ATUAL												
Dia	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado						
Período	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 05:00	05:00 23:59				
Tempo	24h	24h	24h	24h	24h	5h	19h					
Emb. produzidas	0	0	0	0	0	0	133.000					
MODELO SUGERIDO												
Dia	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado						
Período	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 05:00 05:00 23:59	00:00 16:00 21:00 16:00 21:00 23:59	00:00 23:59	00:00 08:00 13:00 08:00 13:00 23:59						
Tempo	24h	24h	5h 19h	16h 5h 3h	24h	8h 5h 11						
Emb. produzidas	0	0	0 133.000	112.000 0 21.000	168.000	56.000 0 77.000						
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> Linha parada</div> <div><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Linha em CIP</div> <div><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: cyan; border: 1px solid black;"></span> Linha em produção comercial</div> </div>												

Fonte: Elaborada pelo autor.

No modelo atual trabalha-se somente das 8h às 17h e a parada de 5 dias totaliza 120 horas sem operação. Há somente 19 horas de produção, com 133.000 embalagens produzidas na semana. No modelo proposto, trabalha-se com dois turnos de 12 horas cada um, a parada é de 2 dias, totalizando 48 horas sem operação e 81 horas de produção, com 567.000 embalagens produzidas na semana.

#### 4.6 Sugestão de indicadores de desempenho

Para que se possa medir a eficiência do PMMP, sugere-se a implantação de quatro indicadores de desempenho da manutenção:

- a) Tempo Médio Entre Falhas;
- b) Tempo Médio Para Reparos;
- c) Disponibilidade de equipamentos;
- d) Custo de manutenção por faturamento.

Estes indicadores fornecem para o PCM informações como: o tempo médio de ocorrência de paradas por falhas, o tempo médio que os técnicos levam para consertar as máquinas, o tempo em que a máquina está disponível para operação e o custo das

manutenções preventivas e corretivas sobre o faturamento da indústria. Entende-se que esses indicadores são importantes para o auxílio na gestão da manutenção UHT, já que fornecem as informações essenciais para a implementação de ações corretivas, preventivas e preditivas em sistemas produtivos.

## 5 CONCLUSÕES

As práticas de manutenção preventiva nas linhas de envase de leite UHT podem ser alternativas para o aumento de produtividade, visto que o período de limpeza CIP do Ultrapasteurizador possibilita programar e aplicar técnicas de manutenção preventiva, como o PMMP.

As melhorias estabelecidas pelo PMMP mostram-se adequadas para o aumento da eficiência das linhas de envase de leite tipo UHT, já que as atividades de melhoria propostas são adequadas com o período de limpeza CIP do Ultrapasteurizador e as especificações das ações de manutenção são estabelecidas por manutentores que conhecem o princípio de funcionamento das máquinas.

Para implementar o PMMP, contata-se que, em sua etapa inicial, é necessário conhecer as características e funcionalidades do processo produtivo em questão. Neste trabalho, uma vez estabelecida a linha\_A, é possível descrever como são programadas e realizadas as atividades de manutenção preventiva na indústria, elaborar o PMP, OS e os mapas de planejamento de manutenção preventiva para a linha de produção.

As simulações realizadas após a implementação do PMMP possibilitam representar e mensurar os benefícios desta ferramenta no processo produtivo da indústria em questão. Os resultados mostram que, com um acréscimo moderado de 2,33% na eficiência mensal da linha em estudo, o qual considera a eficiência obtida pelo PMMP, é possível obter um potencial ganho financeiro para a empresa analisada.

Levando-se em conta os procedimentos estabelecidos pelo PMMP, é possível estabelecer melhorias nos processos produtivos. O presente estudo possibilita criar um novo

procedimento padronizado para a realização das manutenções preventivas programadas, criar um departamento de Engenharia de Manutenção para gerenciar o setor, organizar as atividades do setor por meio de um software de manutenção e mensurar a eficiência do PMMP implantado, com a utilização de indicadores de desempenho.

A fim de comprovar a eficiência do PMMP aplicado durante o CIP nas linhas de produção, faz-se necessário implantar e monitorar os indicadores de desempenho propostos, antes e após a implementação do método. Para tanto, é essencial que haja um comprometimento por parte da gerência e dos demais envolvidos no processo produtivo.

Como sugestões de trabalhos futuros, com base na continuidade do desenvolvimento e implementação das melhorias propostas neste trabalho, indica-se os seguintes tópicos:

- a) Estudar a viabilidade de implementação da Manutenção Produtiva Total, do inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), para contribuir na eliminação das perdas geradas no processo produtivo e nas atividades do PMMP;
- b) Utilizar as ferramentas: 5 porquês e Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) para analisar e encontrar as causas das principais falhas e quebras que ocorrem nas máquinas e equipamentos, de forma a evitar redundância.

## 6 REFERÊNCIAS

BALDESSAR, Maria Patrícia. **Estudo para a implantação de um plano de manutenção preventiva nos transformadores da rede de distribuição elétrica – CELESC – Joinville.** 2006. 74 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2006.

BRANCO Filho, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

\_\_\_\_\_. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006a.

\_\_\_\_\_. **Indicadores e Índices de Manutenção.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006b.

BECHTOLD, Maurício José. **Manutenção mecânica.** Florianópolis: SENAI/SC, 2010.

CABRAL, José Paulo Saraiva. **Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática.** 6. ed. Lisboa: Lidel, 2006.

CAVALCANTE, Cristiano Alexandre Virgínio; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Modelo multicritério de apoio para o planejamento de manutenção preventiva utilizando Promethee II em situações de incerteza. **Revista Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, mai./ago. 2005, p. 279-296. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v25n2/25710.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2015.

FERREIRA, Marcus V. Duarte; SCHIANTI, Vinicius. **Plano de manutenção preventiva: estudo de caso em uma empresa metal-mecânica.** 2015. 55 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos - UNIFEB, Barretos, 2015.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GIL, Antonio C. **Estudo de caso.** São Paulo: Atlas, 2009.

GODOY, Arilda S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo: EAESP/FGV, mai./jun. 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n3/a04v35n3.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2015.

KARDEC Alan; FLORES Joubert F.; SEIXAS Eduardo. **Gestão Estratégica e Indicadores de Desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitmark: ABRAMAN, 2002.

KARDEC Alan; NASCIF Julio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitmark: Petrobrás, 2009.

LOTTERMANN, Antônio Adriano. **Elaboração de um plano de manutenção para máquinas de usinagem de laboratório de estudos da Fabor**. 2014. 52 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Horizontina, Horizontina, 2014.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

OLIVEIRA, Rodrigo J. et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

QUINELLO, Robson; NICOLETTI, José Roberto. Inteligência Competitiva nos Departamentos de Manutenção Industrial no Brasil. **Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação**, São Paulo, v. 2, n. 1, 2005, p. 21-37. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/jistm/v2n1/03.pdf](http://www.scielo.br/pdf/jistm/v2n1/03.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2015.

SANTOS, Duarte dos. et al. **PLANO DE MANUTENÇÃO EM INJETORAS PLÁSTICAS**. 2016. 32 Folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Pitágoras, Governador Valadares, 2016.

SANTOS, Valdir Aparecido dos. **Prontuário para Manutenção Mecânica**. 1. ed. São Paulo: Ícone, 2010.

SANTOS, Wagner B. dos; COLOSIMO, Enrico A.; MOTTA, Sérgio B. Tempo ótimo entre manutenções preventivas para sistemas sujeitos a mais de um tipo de evento aleatório. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 1, 2007, p. 193-202. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/gp/v14n1/15.pdf](http://www.scielo.br/pdf/gp/v14n1/15.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2015.

SEELING, Marcelo Xavier. **Desenvolvimento de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa de alimentos do Rio Grande do Sul**. 2000. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Tradução de Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TAVARES, Lourival Augusto. **Excelência na Manutenção: estratégias, utilização e gerenciamento**. 2. ed. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

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

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: planejamento e controle da manutenção**. 6. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A - PMP para a máquina TP A3/Flex

COOPERATIVA SANTA CLARA LTDA Setor de Manutenção UHT						PMP - UHT-01-CIP
Procedimento de Manutenção Padrão para Preventiva durante parada para CIP Usar com a O.S. 01 / 2017						
Data de Emissão:						01/01/2017
UN. PROCESSO: INDÚSTRIA DE LEITE TIPO UHT SETOR: ENVASE				MANUAL DE REFERÊNCIA: Doc.NºMM-81748-0706		
EQUIPAMENTO: TP A3/FLEX_LINHA_A			ATIVIDADE: PREVENTIVA CIP			
Ponto	Grupo	Doc. Referência	Conjunto	Ação	Tempo (min)	Procedimento
1	Superestrutura	1.2-1	Sessão de formação	Verificação Limpeza Ajuste	10	1) Verificar a superfície dos roletes dos anéis de formação 2) Desmontar, limpar e lubrificar os eixos dos roletes 3) Montar e verificar se os roletes rodam livremente 4) Ajustar a folga 0,05-0,15mm entre roletes. Doc. 1.1.3-1 5) Substituir os eixos e buchas conforme Doc. 1.2-2, caso necessário
2	Superestrutura	1.2.5-1	Selagem Longitudinal	Verificação Limpeza	5	1) Verificar desgaste nos roletes 2) Desmontar, limpar e lubrificar os eixos dos roletes 3) Limpar a placa de selagem 4) Substituir os eixos dos roletes conforme Doc. 1.2.5-2, caso necessário
3	Superestrutura	1.3-1	Câmara Asséptica	Verificação	10	1) Verificar avarias no rolo de encurvamento 2) Verificar avarias nos rolos espremedores 3) Verificar avarias no rolo pendular, Doc. 1.3.9-1 4) Substituir rolamentos e anéis dos rolos, caso necessário, Docs. 1.3.1-3 ; 1.3.5-2 ; 1.3.4-1 ; 1.3.7-1 ; 1.3.6-2
4	Superestrutura	1.4.3-1	Filtro e Flutuador do Separador de água	Limpeza Ajuste	15	1) Remover as abraçadeiras TC do separador de água 2) Tirar o flutuador e efetuar limpeza 3) Tirar o filtro, limpá-lo com uma solução de ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ) - 5-10% 4) Reinstalar e ajustar conforme Doc.1.4.3-3
5	Superestrutura	1.4.9-1	Válvula de fluxo constante	Verificação Limpeza	5	1) Remover a válvula de fluxo constante 2) Efetuar limpeza no interior do mesmo 3) Verificar se os anéis de borracha não estão avariados. Substituir caso necessário 4) Reinstalar a válvula de fluxo constante
6	Superestrutura	1.5.4-1	Purgadores de vapor	Limpeza	10	1) Remover os dois (02) purgadores de vapor 2) Abrir e efetuar a limpeza no interior dos mesmos 3) Fechar e reinstalar os purgadores
7	Superestrutura	1.7.3-1	Rolo inferior Banheira de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Verificação Limpeza	5	1) Remover a tampa inferior da Banheira de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 2) Verificar avarias na junta de vedação da tampa 3) Remover resíduos e efetuar limpeza no rolo 4) Verificar a folga nas buchas e substituir caso necessário Doc. 1.7.3-2 5) Reinstalar a tampa da Banheira de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
8	Superestrutura	1.8.2-2	Filtro da aspersão de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Limpeza	10	1) Desmontar o alojamento do filtro 2) Tirar o filtro e efetuar limpeza com água destilada 3) Reinstalar o filtro e montar o alojamento do mesmo
9	Corpo da Máquina	2.1.2.2-1	Tubulação de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Verificação Limpeza	10	1) Desmontar o alojamento do filtro 2) Tirar o filtro e efetuar limpeza com água destilada 3) Reinstalar o filtro e montar o alojamento do mesmo 4) Verificar se há vazamentos nos flanges dos tubos. Substituir os anéis de vedação se for necessário.
10	Corpo da Máquina	2.2.2.1-1	Unidade Hidráulica	Verificação	5	1) Verificar visualmente se há vazamentos no sistema 2) Verificar o aperto das conexões 3) Verificar o nível do tanque do óleo. Caso necessário, completar o nível com o óleo Mobil DTE Oil 13
11	Corpo da Máquina	2.2.3.1-2	Unidade Lubrificação Central	Verificação	5	1) Verificar visualmente se há vazamentos no sistema 2) Verificar o aperto das conexões 3) Verificar o nível do tanque do óleo. Caso necessário, completar o nível com o óleo Mobil Mobilgear 632

12	Unidade de Acionamento	3-6	Polias e Correias de transmissão	Verificação Ajuste	10	1) Verificar desgaste nas polias e correias de transmissão e trocar peças avariadas caso necessário 2) Verificar o alinhamento das correias de transmissão 3) Verificar folgas axiais e radiais nas polias 4) Substituir polias, correias ou rolamentos caso necessário 5) Conferir o ajuste de tensão das correias, conforme Doc. 3-7; deverá estar entre 44 - 45 Hz. Utilizar tensiômetro TP N° 90459-2181. Ajustar caso necessário
13	Sistema de Mandíbulas	4-10 4-12 4-13	Mandíbulas de corte e pressão	Verificação Ajuste	30	1) Verificar desgastes nas mandíbulas de pressão e de corte. Trocar peças avariadas caso necessário 2) Verificar a folga de 1,5 mm entre mandíbulas com auxílio da mola de compressão TP N° 72846-0101 e de um calibrador de folgas 3) Ajustar a folga entre as mandíbulas caso necessário 4) Verificar o alinhamento do corte e ajustá-lo caso necessário 4) Verificar a altura entre as mandíbulas com o auxílio de um micrômetro tubular e ajustá-la caso necessário. Altura LD sobre LE = Altura LE sobre LD
14	Sistema de Mandíbulas	4-14 4-15	Mecanismo de Correção do Desenho Impresso (DCS)	Verificação Ajuste	15	1) Verificar desgastes no mecanismo DCS e trocar peças avariadas caso necessário conforme Doc. 4.1.5.2-1 2) Verificar os ajustes do mecanismo DCS. Ajustá-lo caso necessário 3) Verificar a folga de 0,9 mm das abas de dobrar com auxílio de um calibrador de folgas 4) Ajustar a folga das abas de dobrar caso necessário
15	Sistema de Mandíbulas	4.2.3-1	Facas de Corte	Verificação Lubrificação	10	1) Desmontar os conjuntos das facas de corte e verificar desgastes nos mesmos. Trocar as peças avariadas caso necessário 2) Lubrificar as facas com graxa de silicone grau alimentício TP N° 90296-0009 3) Montar os conjuntos na ordem inversa
16	Dobrador Final	5-2 até 5-20	Sincronização do Dobrador Final	Verificação Ajuste	10	1) Verificar o sincronismo dos sensores de sobrecarga e ajustá-lo caso necessário 2) Verificar o sincronismo da posição inicial do indexador e ajustá-lo caso necessário 3) Verificar o sincronismo mecânico do Dobrador Final e ajustá-lo caso necessário
17	Dobrador Final	5.4-8 5.5-8 5.10-3	Correias de transmissão	Verificação	5	1) Verificar a condição das correias de transmissão do Dobrador Final e substituí-las caso necessário
18	Dobrador Final	5.5-5	Prensa de embalagens	Verificação	5	1) Verificar desgaste e folgas nas buchas, eixos, cames de transmissão e articulações. Trocar peças avariadas caso necessário
19	Dobrador Final	5.8	Descarregador de embalagens	Verificação	5	1) Verificar desgaste e folgas nas buchas, eixos, batentes, molas e guias. Trocar peças avariadas caso necessário
20	Unidade de Serviço	6.1-1	Sistema de água de refrigeração	Verificação Ajuste	5	1) Verificar a presença de vazamentos de água gelada. Sanar os vazamentos caso necessário 2) Verificar o funcionamento da bomba de circulação 3) Verificar o funcionamento dos medidores de fluxo.
21	Unidade de Serviço	6.3-2 6.4.1-4	Painel Hidráulico Unidade Pneumática	Verificação Limpeza	10	1) Verificar e limpar os filtros de água potável 2) Verificar e limpar os filtros de ar comprimido 3) Verificar a presença de vazamentos de água potável. Sanar os vazamentos caso necessário 4) Verificar a presença de vazamentos de ar comprimido.
22	Unidade de Emenda Automática	8.8-1	Magazine	Verificação	10	1) Verificar se os rolos rodam livremente. Substituir os rolamentos dos rolos caso necessário
23	Geral	N.A	Todos	Liberação	5	1) Após a execução dos 22 pontos (tarefas) acima, retirar o cartão de aviso de preventiva e liberar a máquina para o operador 2) Finalizar o preenchimento da O.S. 3) Limpar a área de trabalho. Guardar as ferramentas, instrumentos e gabaritos utilizados 4) Acompanhar o reinício da produção



## APÊNDICE C - PMP para a máquina TCBP 70

COOPERATIVA SANTA CLARA LTDA Setor de Manutenção UHT						PMP - UHT-02-CIP
Procedimento de Manutenção Padrão para Preventiva durante parada para CIP Usar com a O.S. 02 / 2017						
Data de Emissão:						01/01/2017
UN. PROCESSO: INDÚSTRIA DE LEITE TIPO UHT			SETOR: ACONDICIONAMENTO			
EQUIPAMENTO: TCBP 70_LINHA_A			MANUAL DE REFERÊNCIA: Doc.NºMM-585779-0701			
			ATIVIDADE: PREVENTIVA CIP			
Ponto	Grupo	Doc. Referência	Conjunto	Ação	Tempo (min)	Procedimento
1	Sessão Inferior	1.1.4-1	Eixo principal traseiro	Verificação Lubrificação	5	1) Verificar o estado dos rolamentos seguidores de came e do came de transmissão. Substituí-los caso necessário 2) Lubrificar os rolamentos com graxa TP Nº 90296-0068
2	Sessão Inferior	1.1.5-1	Eixo principal dianteiro	Verificação Lubrificação	5	1) Verificar o estado dos rolamentos seguidores de came e do came de transmissão. Substituí-los caso necessário 2) Lubrificar os rolamentos com graxa TP Nº 90296-0069
3	Sessão Inferior	1.1.5-2	Eixo principal traseiro	Verificação Ajuste	10	1) Verificar a posição dos cames de transmissão 2) Ajustar a posição dos cames de transmissão - Dobrador de abas Lado Esquerdo 50° - Dobrador de abas Lado Direito 40° - Dobrador de abas central 0° - Conjunto de pressão (prensa) 135°
4	Sessão Inferior	1.1.6-1	Braço de operação do magazine	Verificação Lubrificação	5	1) Verificar o estado dos rolamentos seguidores de came, came de transmissão, rótulas e molas de tração. Substituí-los caso necessário 2) Lubrificar os rolamentos com graxa TP Nº 90296-0068
5	Sessão Inferior	1.1.7-1	Aba de dobragem	Verificação Lubrificação	5	1) Verificar o estado dos rolamentos seguidores de came, came de transmissão, rótulas e molas de tração. Substituí-los caso necessário 2) Lubrificar os rolamentos com graxa TP Nº 90296-0068
6	Sessão Inferior	1.1.8-1	Conjunto de pressão	Verificação Lubrificação	5	1) Verificar o estado dos rolamentos seguidores de came, came de transmissão, rótulas e molas de tração. Substituí-los caso necessário 2) Lubrificar os rolamentos com graxa TP Nº 90296-0069
7	Sessão Inferior	1.1.9-1	Dobrador de abas	Verificação Lubrificação	5	1) Verificar o estado dos rolamentos seguidores de came, came de transmissão e rótulas. Substituí-los caso necessário 2) Lubrificar os rolamentos com graxa TP Nº 90296-0070
8	Sessão Inferior	1.1.9-2	Dobrador de abas	Ajuste	5	1) Ajustar distância A = $87 \pm 1$ mm, conforme Doc. 1.1.9-2
9	Sessão Inferior	1.1.12-1 1.1.12-2 1.1.2-1	Codificador angular (Encoder)	Verificação Ajuste	10	1) Verificar a presença de folgas no acoplamento e na engrenagem de transmissão. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar o codificador angular conforme Doc. 1.1.12-2
10	Unidade de Acionamento	1.2.3-2	Motor principal	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado da corrente de transmissão e substituí-la caso necessário 2) Ajustar a tensão da corrente de transmissão
11	Unidade de Acionamento	1.2.4-1	Embreagem de segurança	Ajuste	5	1) Ajustar a distância da mola de compressão em 55mm, conforme Doc. 1.2.4-1
12	Unidade de Alimentação	1.3-1 1.3-2	Unidade de alimentação	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado das correntes transportadoras de banjeas, transportadores e rolamentos. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar as distâncias A = 150mm e B= comprimento da bandeja = medida C, conforme Doc. 1.3-2
13	Unidade de Alimentação	1.3.7-1 1.3.7-2	Eixo da abra de dobragem	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado dos rolamentos, rótulas e retentores. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar as distâncias A = $165\text{mm} \pm 1$ mm ; B= $50 \pm 2$ mm e C = $90 \pm 2$ mm, conforme Doc. 1.3.7-2
14	Unidade de Alimentação	1.3.8-1 1.3.8-2	Eixo do conjunto de pressão	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado dos rolamentos, rótulas e retentores. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar a distância A = 130mm. Medir a distância B e reduzi-la em 4mm, conforme Doc. 1.3.8-2

15	Unidade de Alimentação	1.3.10-1 1.3.11-1	Correntes transportadoras de bandejas	Ajuste	10	1) Ajustar a distância A = largura da bandeja, conforme Doc. 1.3.10-1. Ajustar os transportadores para 90° 2) Ajustar distância A = 807mm, conforme Doc. 1.3.11-1. Ajustar os transportadores para 90°
16	Superestrutura	1.4.3-1	Copo de sucção (ventosas)	Verificação	5	1) Verificar o estado das ventosas e molas de compressão. Substituí-los caso necessário
17	Superestrutura	1.4.5-1 1.4.5-2	Suporte de dobragem	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado dos eixos, rótulas e buchas. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar o suporte conforme Doc. 1.4.5-2
18	Equipamento de Cola Quente	1.5.1-2 1.5.1-3	Unidade de cola quente	Ajuste Limpeza	10	1) Ajustar as temperaturas do tanque, pistolas e mangueira de cola quente, conforme Doc. 1.1.1-2 2) Limpar o filtro e os bicos de cola quente
19	Armário Pneumático	2.1.11-2 2.1.11-4 2.1.11-6	Unidade pneumática	Ajuste Limpeza	5	1) Limpar o filtro do ar comprimido e substituí-lo caso necessário 2) Ajustar as pressões dos reguladores de pressão conforme Doc. 2.1.11-4 3) Ajustar o pressostato do ar comprimido conforme Doc. 2.1.11-6
20	Unidade de Transferência	2.2.3-1 2.2.3-2	Empurrador do agrupamento	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado dos eixos, rótulas, rolamentos e cremalheira. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar o empurrador conforme Doc. 2.2.3-2
21	Unidade de Transferência	2.2.5-1	Freio de alimentação	Ajuste	5	1) Ajustar o freio para a distância A = distância B - 2mm, conforme Doc. 2.2.5-1
22	Unidade de Transferência	2.2.9-1 2.2.9-2	Placa de transferência	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado dos eixos, molas, buchas, suportes, cilindro e rótula. Substituí-los caso necessário
23	Geral	N.A	Todos	Liberação	5	1) Após a execução dos 22 pontos (tarefas) acima, retirar o cartão de aviso de preventiva e liberar a máquina para o operador 2) Finalizar o preenchimento da O.S. 3) Limpar a área de trabalho. Guardar as ferramentas, instrumentos e gabaritos utilizados 4) Acompanhar o reinício da produção



## APÊNDICE E - PMP para a máquina TTS 51

COOPERATIVA SANTA CLARA LTDA Setor de Manutenção UHT					PMP - UHT-03-CIP	
Procedimento de Manutenção Padrão para Preventiva durante parada para CIP Usar com a O.S. 03 / 2017						
					Data de Emissão: 01/01/2017	
UN. PROCESSO: INDÚSTRIA DE LEITE TIPO UHT			SETOR: ACONDICIONAMENTO			
EQUIPAMENTO: TTS 51_LINHA_A			MANUAL DE REFERÊNCIA: Doc.Nº MM-585718-5002			
			ATIVIDADE: PREVENTIVA CIP			
Ponto	Grupo	Doc. Referência	Conjunto	Ação	Tempo (min)	Procedimento
1	Empurrador	1.1-1 1.1-3	Empurrador	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado das buchas, rótula e cilindro. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar a distância A ≈ 10mm e os sensores de proximidade, conforme Doc. 1.1-3
2	Magazine Superior	1.2.2-1 1.2.2-3	Tensionador do filme	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado dos rolamentos, suportes, molas de compressão, tirantes e flanges guia. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar a distância A ≈ 50mm, os sensores de proximidade, e as flanges guia conforme Doc. 1.2.2-3
3	Magazine Superior	1.2.3-1	Rolo de alimentação	Verificação	5	1) Verificar o estado dos rolamentos e da engrenagem de transmissão. Substituí-los caso necessário
4	Magazine Superior	1.2.5-1	Suporte do cilindro	Verificação	5	1) Verificar o estado dos rolamentos, molas de tração, anéis de borracha e buchas flangeadas. Substituí-los caso necessário
5	Magazine Inferior	1.4.3-1 1.4.3-3	Tensionador do filme	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado dos rolamentos, suportes, molas de compressão, tirantes e flanges guia. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar a distância A ≈ 50mm, os sensores de proximidade, e as flanges guia conforme Doc. 1.4.3-3
6	Unidade de Acionamento	1.5-1	Unidade de acionamento	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado da corrente e do motor de transmissão. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar a tensão da corrente conforme Doc. 1.5-1
7	Equipamento Transporte	1.6.1-1 1.6.1-3	Batente	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado dos rolos e buchas flangeadas. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar a distância A, 2 - 4mm, conforme Doc. 1.6.1-3
8	Mandíbula de Solda	2.5-1 2.5-4	Mandíbula de selagem	Verificação Ajuste	10	1) Verificar o estado dos rolamentos, roletes guia, buchas, cremalheiras, cilindros, faca de corte, barra TPC, tira de borracha de contra pressão e fita de teflon. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar a mandíbula de selagem conforme Doc. 2.5-4
9	Mandíbula de Solda	2.5-7	Cortinas de luz	Limpeza	5	1) Limpar os sensores da cortina de luz
10	Unidade de Encolhimento	3.4-1	Rolo de guia	Verificação	5	1) Verificar se o rolo gira livremente. Substituir os rolamentos caso necessário
11	Unidade de Encolhimento	3.5-1 3.6-1	Rolo de tração	Verificação Ajuste	5	1) Verificar o estado do rolo emborrachado, corrente, engrenagem e motor de transmissão e rolamentos de mancal. Substituí-los caso necessário 2) Ajustar a tensão da corrente
12	Unidade de Encolhimento	3.8-1	Rolos de guia	Verificação	5	1) Verificar se os rolos giram livremente. Substituir os rolamentos caso necessário
13	Unidade de Encolhimento	3.11.1-2 3.12-1	Unidade pneumática	Ajuste Limpeza	5	1) Limpar o filtro do ar comprimido e substituí-lo caso necessário
14	Geral	N.A	Todos	Liberação	5	1) Após a execução dos 13 pontos (tarefas) acima, retirar o cartão de aviso de preventiva e liberar a máquina para o operador 2) Finalizar o preenchimento da O.S. 3) Limpar a área de trabalho. Guardar as ferramentas, instrumentos e gabaritos utilizados 4) Acompanhar o reinício da produção



**APÊNDICE G - Mapa de planejamento das manutenções preventivas**

PLANO MESTRE DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA																																								
UN. PROCESSO: INDÚSTRIA DE LEITE TIPO UHT										ATIVIDADE: PREVENTIVA CIP										ANO: 2017																				
LINHA DE ENVASE: LINHA_A																																								
MÁQUINA	SEMANA 1								SEMANA 2								SEMANA 3								SEMANA 4								SEMANA 5							
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5					
	A3 FLEX		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00						
	TCBP 70		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00						
TTS 51		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00							
MÁQUINA	SEMANA 6						SEMANA 7						SEMANA 8						SEMANA 9						SEMANA 10															
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
	A3 FLEX		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00						
	TCBP 70		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00						
TTS 51		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00							
MÁQUINA	SEMANA 11						SEMANA 12						SEMANA 13						SEMANA 14						SEMANA 15															
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
	A3 FLEX		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00						
	TCBP 70		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00						
TTS 51		11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00				11:00		03:00	19:00							

## **ANEXOS**

## ANEXO A - Exemplo de Ordem de Serviço para atividades programadas

ORDEM DE SERVIÇO PARA ATIVIDADES PROGRAMADAS - OS								
						Data de Emissão: 15/04/96		
UN. PROCESSO: FÁBRICA SÃO JORGE		SETOR: MECÂNICO		Nº OS / ANO: 10.098 / 96				
EQUIPAMENTO: BOMBA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO		CÓDIGO: 1.01.AB.BA.01.B						
LOCALIZAÇÃO: GALPÃO 1 - UTILIDADES		ATIVIDADE: PREVENTIVA SISTEMÁTICA						
<b>PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA:</b> DESLIGAR O MOTOR DO EQUIPAMENTO, INSERINDO CARTÃO DE AVISO. FECHAR REGISTROS DE ALIMENTAÇÃO E SAÍDA. DESPRESSURIZAR A REDE.						<b>MÁQUINA FERRAMENTA</b>  Apalpador, torquímetro, etc		
<b>CCM</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>SERVIÇO</b>	<b>IM</b>	<b>FRM</b>				
<b>EX</b>								
BM	ROTOR E CARCAÇA	Examinar retentor, acoplamento de pistões, molas e filtros. Reg. Em F	B01	B01	[ ]			
		Inspecionar carcaça para corrosão e falhas metálicas.			[ ]			
Periodicidade:	ANUAL	Medir folga dos mancais externos e intermediários. Reg. Em FRM			[ ]			
		Medir folga rodízio/carcaça no local do anel de desgaste. Reg. Em FRM			[ ]			
Cód. Material:	03.52.4814	Examinar válvulas distribuidoras de retorno e de segurança			[ ]			
	03.52.3319	Trocar, analisar ou adicionar lubrificante de acordo com tabela			[ ]			
	88.13.2231	Substituir gaxeta se necessário			[ ]			
	88.15.6733	Examinar válvulas de retenção			[ ]			
					[ ]			
					[ ]			
					[ ]			
					[ ]			
					[ ]			
Reprogramação					[ ]			
Sem Mot					[ ]			
[ ] [ ]					[ ]			
<b>OCORRÊNCIAS:</b>								
<b>EFEITO</b>			Efe	Causa	Ação	Compl.		
<b>CAUSA</b>			[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
<b>AÇÃO</b>								
<b>COMPLEMENTO</b>								
<b>POSIÇÃO</b>								
<b>EFEITO</b>			Efe	Causa	Ação	Compl.		
<b>CAUSA</b>			[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
<b>AÇÃO</b>								
<b>COMPLEMENTO</b>								
<b>POSIÇÃO</b>								
<b>OBSERVAÇÕES:</b>								
<b>Semana Base:</b>		<b>Próx. Re progr.</b>		<b>Lim. Re progr.</b>				
Sem.	Ano	Sem.	Ano	Sem.	Ano	Sem.	Ano	
[35]	[96]	[35]	[96]	[35]	[96]	[35]	[96]	
<b>Avaliação do Cliente:</b> Plenamente <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Reserviço <input type="checkbox"/> Não atendido <input type="checkbox"/> No Prazo: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>								
Horímetro	Encarregado	Supervisor	Início			Término		
			Mês	Dia	Hora	Mês	Dia	Hora

**ANEXO B - Exemplo do cálculo de TMEF em uma indústria têxtil**

**A indústria possui 80 máquinas (com função específica) que operam 24 horas diárias. Neste caso, no mês de maio, falharam 3 máquinas, somando 46 horas de parada para reparo. Para calcular o TMEF, efetuam-se as operações abaixo:**

$$80 \text{ (máquinas)} \times 24 \text{ (horas)} \times 31 \text{ (dias)} = 59.520 \text{ horas de operação} \quad (\text{A1})$$

$$59.520 \text{ (horas de operação)} - 46 \text{ (horas de parada para reparo)} = 59.471 \text{ horas} \quad (\text{A2})$$

$$\frac{59.471 \text{ horas}}{3 \text{ (falhas)}} = 19.823,7 \text{ horas para as 80 máquinas} \quad (\text{A3})$$

$$\text{Cálculo do TMEF de cada máquina: } \frac{19.823,7 \text{ horas}}{80 \text{ máquinas}} = 247,8 \text{ horas} \quad (\text{A4})$$

### ANEXO C - Exemplo do cálculo de TMEF

**Análise de um sistema com 40 motores elétricos no período de um mês (720 horas), com a constatação de 13 falhas no período. Assim, conhecendo esses dados, pode-se determinar a taxa de falha de todo sistema, assim como a taxa de cada motor, de acordo com a metodologia descrita a seguir:**

1) A taxa de Falha ( $\lambda$ ) de cada motor é dada por

$$n = N \cdot \lambda \cdot T \rightarrow 13 = 40 \cdot \lambda \cdot 720 \rightarrow \lambda = \frac{13}{28.800} = 0,000451 \text{ falhas/h} \quad (\text{B1})$$

2) TMEF de cada motor:

$$\lambda = \frac{1}{\text{TMEF}} \rightarrow 0,000451 = \frac{1}{\text{TMEF}} \rightarrow \text{TMEF} = \frac{1}{0,000451} = 2.215,38 \text{ horas} \quad (\text{B2})$$

3) A Taxa de Falha ( $\lambda$ ) do sistema formado por 40 motores:

$$\lambda = \frac{n}{T} = \frac{13}{720} = 0,018056 \text{ falhas/h} \quad (\text{B3})$$

4) O TMEF do sistema formado por 40 motores:

$$\lambda = \frac{1}{\text{TMEF}} \rightarrow 0,018056 = \frac{1}{\text{TMEF}} \rightarrow \text{TMEF} = \frac{1}{0,018056} = 55,38 \text{ dias} \quad (\text{B4})$$

**ANEXO D - Exemplo do cálculo de TMPR**

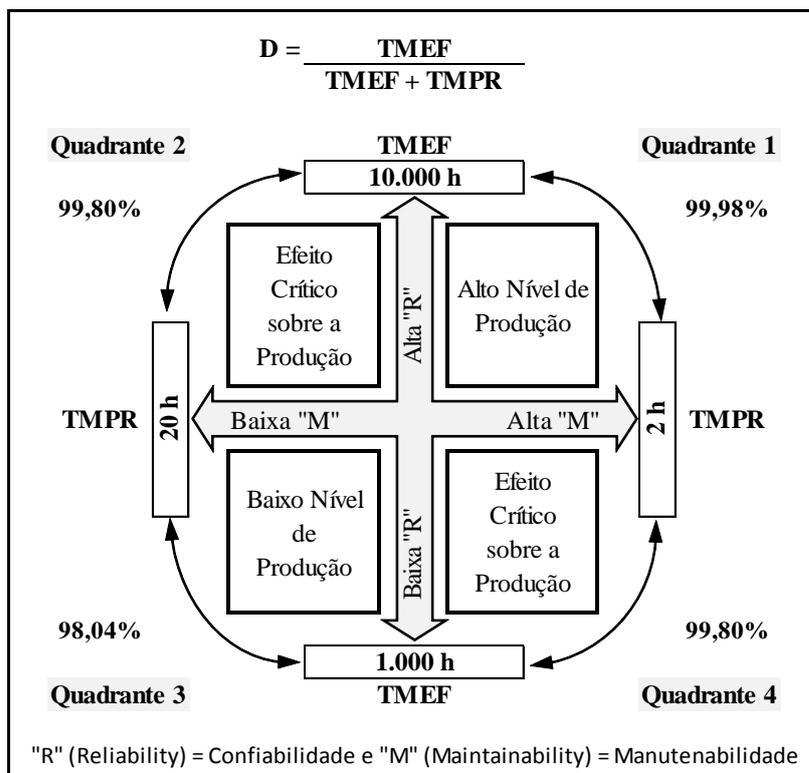
**Análise de um conjunto de motores elétricos, o qual apresentou 12 falhas no mês de Janeiro, 16 falhas no mês de fevereiro e 9 falhas no mês de março. Sabe-se que os Tempos Médios Para Reparo foram: 2,5 horas em janeiro, 3,4 horas em fevereiro e 2,7 horas em março. Assim, o TMPR neste trimestre é definido como:**

$$\text{TMPR} = \frac{n_1 \times \text{TMPR}_1 + n_2 \times \text{TMPR}_2 + n_3 \times \text{TMPR}_3}{n_1 + n_2 + n_3} \quad (\text{C1})$$

$$\text{TMPR} = \frac{12 \times 2,5 + 16 \times 3,4 + 9 \times 2,7}{12 + 16 + 9} \quad (\text{C2})$$

$$\text{TMPR} = 2,94 \text{ horas} \quad (\text{C3})$$

## ANEXO E - Exemplo de aplicação da Disponibilidade



Fonte: Kardec, Flores e Seixas (2014, p. 52).

A figura mostra que o segundo e o quarto quadrantes apresentam o mesmo valor, porém, neste exemplo, as duas empresas passam por problemas totalmente distintos. A empresa que apresenta o TMEF de 1.000 horas e o TMPR de 2 horas, provavelmente fabrica produtos com baixa qualidade, visto que seu processo de fabricação apresenta paradas frequentes por falhas. Já, a empresa que possui o TMEF de 10.000h e o TMPR de 20 horas, provavelmente enfrentará problemas relacionados ao fornecimento de seus produtos, visto que o processo produtivo apresenta falhas, tornando o tempo de restabelecimento do processo elevado.