



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCINCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

VLADINICE CLEMENTE DE AZEVEDO CARNEIRO

**MANUTENÇÃO PLANEJADA: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em
uma fábrica de garrafas plásticas**

Recife
2019

VLADINICE CLEMENTE DE AZEVEDO CARNEIRO

**MANUTENÇÃO PLANEJADA: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em
uma fábrica de garrafas plásticas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Engenharia de Materiais e Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Maurílio José dos Santos.

Recife
2019

Catalogação na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C289m

Carneiro, Vladinice Clemente de Azevedo.

Manutenção planejada: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em uma fábrica de garrafas plásticas / Vladinice Clemente de Azevedo Carneiro. - 2019.

111 folhas, il., gráf., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Maurílio José dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2019.
Inclui Referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. TPM. 3. Manutenção planejada. 4. Disponibilidade produtiva. I. Santos, Maurílio José dos. (Orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-181

VLADINICE CLEMENTE DE AZEVEDO CARNEIRO

**MANUTENÇÃO PLANEJADA: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em
uma fábrica de garrafas plásticas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: 29 / 01 / 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maurílio José dos Santos. (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Oscar Olímpio de Araújo Filho (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. José Cláudio de Lira Junior (Examinador Externo)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a. Dra. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte (Examinadora Externa)

Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a todos os profissionais da área de manutenção, em especial para aqueles que se dedicam as atividades de planejamento, programação e controle da manutenção.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus pais, Severino e Josefa, por serem os primeiros a acreditarem neste trabalho e por todo o incentivo que me deram durante a sua realização.

A todos os professores do mestrado e em especial aos professores Tiago Rolim, Kleber Gonçalves, Dayse Cavalcanti, Oscar Olímpio e Claudino Lira pelo apoio e pelas oportunidades dadas no decorrer do curso.

A meu orientador Prof. Maurílio, por toda a paciência, apoio e dedicação com que sempre se dispôs em todos os momentos para que este trabalho pudesse ser concluído.

Ao meu amigo de curso, Geraldo Gama que dividiu comigo muitas horas de estudo e me deu entusiasmo nos momentos difíceis.

Ao corpo técnico do departamento de pós-graduação, na pessoa de Jorge que sempre com muita competência e boa vontade ajuda a todos em tudo que pode.

A empresa que me recebeu. Aos amigos de trabalho Elcid Batista, Mauricio Cardoso e Elton Ribeiro que me ajudaram com informações técnicas e orientações sobre o processo de fabricação de garrafas plásticas e em especial ao diretor industrial Romulo Vale que me permitiu a realização deste trabalho e acredитou que através da capacitação profissional, os colaboradores podem chegar a níveis altos de excelência.

“Uma das premissas do modelo oriental de qualidade, é não ter nada por escrito, já que mudamos as coisas todos os dias”. (SHIGEO SHINGO, 2000)

RESUMO

A indisponibilidade dos equipamentos para a produção sempre foi objeto de preocupação nas empresas e se torna um pouco mais quando esta indisponibilidade está correlacionada a problemas que envolvam a manutenção dos seus ativos. Considerando à possibilidade de maximizar a produção e otimizar os custos através da redução e/ou eliminação das paradas emergenciais de manutenção utilizando a implantação de uma metodologia de origem japonesa, este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade da manutenção planejada, em equipamentos pertencentes a uma fábrica de sopro de garrafas plásticas baseado nos conceitos e ferramentas desenvolvidos pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), bem como, analisar se após a implantação desta metodologia a mesma contribui para a redução e/ou eliminação das paradas não planejadas de manutenção, conhecida também como paradas emergenciais e classificadas como uma das oito maiores perdas do processo produtivo. Delineada como estudo de caso, o trabalho coletou e utilizou as informações do banco de dados da manutenção de uma empresa do seguimento de higiene, limpeza, condimentos e inseticidas no período de janeiro de 2017 a setembro de 2018 através do lançamento de informações relativas aos seus ativos, realizado pelas equipes de produção e de manutenção no sistema integrado de gestão da empresa. A metodologia foi aplicada em 06 equipamentos piloto e após a sua implantação foi observado à redução de mais de 20% no tempo de quebra destes equipamentos. Além deste resultado observou-se também a redução de mais de 35% no número de quebras e um percentual de produtividade nestes equipamentos acima dos 75%. Pode-se observar na conclusão do trabalho que o percentual de indisponibilidade apresentado após a implantação da manutenção planejada nos equipamentos pilotos foi menor do que o percentual apresentado antes da sua implantação e com isso pode-se comprovar que a metodologia é aplicável aos equipamentos de sopro de garrafas plásticas e que contribuiu significativamente para a redução das paradas emergenciais de manutenção aumentando desta forma o percentual de disponibilidade dos ativos para a produção.

Palavras-chave: TPM. Manutenção planejada. Disponibilidade produtiva.

ABSTRACT

The unavailability of equipment for production has always been an object of concern in companies and becomes a little more when this unavailability is correlated to problems involving the maintenance of their assets. Considering the possibility of maximizing production and optimizing costs through the reduction and / or elimination of emergency maintenance shutdowns using a methodology of Japanese origin, this work has the objective of evaluating the applicability of the planned maintenance in equipment belonging to a plastic bottle blowing plant based on the concepts and tools developed by the Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), as well as to analyze if after the implementation of this methodology it contributes to the reduction and / or elimination of the unplanned maintenance stoppages known also as emergency stops and classified as one of the eight biggest losses of the productive process. Outlined as a case study, the work collected and used the information from a company's maintenance database for the follow-up of hygiene, cleaning, condiments and insecticides from January 2017 to September 2018 through the launch of information related to its assets, carried out by the production and maintenance teams in the integrated management system of the company. The methodology was applied in 06 pilot equipments and after its implementation was observed the reduction of more than 20% in the break time of these equipments. In addition to this result, it was also observed a reduction of more than 35% in the number of breaks and a percentage of productivity in these equipments above 75%. It can be observed in the conclusion of the work that the percentage of unavailability presented after the implementation of the planned maintenance in the pilot equipment was smaller than the percentage presented before its implantation and with this it can be proved that the methodology is applicable to the blow equipment of plastic bottles and that contributed significantly to the reduction of the maintenance emergency stops increasing in this way the percentage of availability of the assets for the production.

Keywords: TPM. Planned maintenance. Productive availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Evolução da manutenção através das gerações	28
Figura 2 -	Os oito pilares de sustentação da metodologia do TPM	30
Figura 3 -	Sopradora convencional	57
Figura 4 -	Fluxo decisório da classificação ABC	61
Figura 5 -	Árvore de local de instalação dos equipamentos pilotos do 1º ao 4º nível	68
Figura 6 -	Etiquetas fixadas no equipamento	73
Figura 7 -	Quadro de manutenção autônoma	74
Figura 8 -	Fluxo decisório de atendimento emergencial da manutenção	79
Figura 9 -	Árvore de local de instalação do 1º ao 5º nível	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Metas de indisponibilidade de manutenção para a fábrica do sopro ..	71
Gráfico 2 -	Etiqueta aberta versus resolvida – sopradora e testador de furos 4	75
Gráfico 3 -	Etiqueta aberta versus resolvida – sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9	75
Gráfico 4 -	Tempo de quebra: sopradora e testador de furos 4	95
Gráfico 5 -	Número de quebras - sopradora e testador de furos 4	96
Gráfico 6 -	Indisponibilidade dos equipamentos - sopradora e testador de furos 4 nos anos de 2017 e 2018	97
Gráfico 7 -	Produtividade - sopradora e testador de furos 4 nos anos de 2017 e 2018	98
Gráfico 8 -	Volume de caixas produzidas - sopradora e testador de furos 4	99
Gráfico 9 -	Tempo de quebra - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9	100
Gráfico 10 -	Número de quebras - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9 nos anos de 2017 e 2018	101
Gráfico 11 -	Percentual de indisponibilidade - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9 nos anos de 2017 e 2018	102
Gráfico 12 -	Produtividade dos equipamentos - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9	103
Gráfico 13 -	Volume de caixas produzidas - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Os passos do pilar manutenção planejada e as atividades pertencentes a cada passo	32
Tabela 2 - Correlação entre o modelo apresentado pelo JIPM e o modelo implantado nos equipamentos na fábrica de sopro de garrafas plásticas	59
Tabela 3 - Matriz de impacto dos fatores de avaliação	62
Tabela 4 - Resultado da classificação ABC dos equipamentos piloto	63
Tabela 5 - Correlação entre tipo de manutenção e equipamento	65
Tabela 6 - Estrutura da equipe de manutenção	67
Tabela 7 - Padronização da nomenclatura dos planos de manutenção	85
Tabela 8 - Acompanhamento das análises de quebra/falha – Sopradora 04 e testador de furos 04	87
Tabela 9 - Acompanhamento das análises de quebra/falha – Sopradora 09, testador de furos 09, moinho 9 e geladeira	88

LISTA DE SIGLAS

AQF	Análise de Quebra/Falha
EUA	<i>United States of America</i>
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
JIT	<i>Just-In-Time</i>
LPP	Lição Ponto a Ponto
NaClO	Hipoclorito de Sódio
NBR	Norma Brasileira
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PC	PoliCarbonato
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PE	PoliEtileno
PEAD	PoliEtileno de Alta Densidade
PEBD	PoliEtileno de Baixa Densidade
PET	PoliEtileno Tereftalato
PM	<i>Maintenance Prevention</i>
PNP	Parada Não Programada
PP	PoliPropileno
PS	<i>PolyStyrene</i>
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo geral	17
1.1.2	Objetivos específicos	17
1.2	JUSTIFICATIVA	17
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
1.4	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO	20
2.2	O NASCIMENTO DA INDÚSTRIA E A EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	21
2.1.1	A primeira geração da manutenção	21
2.1.2	A segunda geração da manutenção	24
2.1.3	A terceira geração da manutenção	25
2.1.4	O modelo <i>Just-in-time</i> (JIT)	26
2.1.5	O surgimento do <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	27
2.1.6	O <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) no Brasil	29
2.3	O TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE E OS PILARES DE SUSTENTAÇÃO	30
2.3.1	Manutenção autônoma	31
2.3.2	Manutenção planejada	31
2.3.3	Melhoria específica	33
2.3.4	Educação e treinamento	33
2.3.5	Controle inicial	33
2.3.6	TPM Segurança, higiene e meio-ambiente	33
2.3.7	TPM Administrativo	34
2.3.8	Manutenção da qualidade	34
2.4	REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A MANUTENÇÃO PLANEJADA: UM ENFOQUE AO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO	34
3	METODOLOGIA	41

3.1	PASSO 01: AVALIAR O EQUIPAMENTO E ENTENDER AS CONDIÇÕES ATUAIS	42
3.2	PASSO 02: RESTAURAR A DETERIORAÇÃO E CORRIGIR OS PONTOS FRACOS	45
3.3	PASSO 03: CONSTRUIR UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÃO	47
3.4	PASSO 04: CONSTRUIR UM SISTEMA DE MANUTENÇÃO PERIÓDICA	50
3.5	PASSO 05: CONSTRUIR UM SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA	51
3.6	PASSO 06: AVALIAR O SISTEMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA .	52
4	IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA EM EQUIPAMENTOS DE SOPRO DE GARRAFAS PLÁSTICAS	54
4.1	A EMPRESA	54
4.2	OS EQUIPAMENTOS PILOTOS	55
4.2.1	Princípio de funcionamento dos equipamentos pilotos	55
4.3	A EQUIPE DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA	58
4.4	A IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA	58
4.4.1	Passo 01: Avaliar o equipamento e entender as condições atuais	60
4.4.2	Passo 02: Restaurar a deterioração e corrigir os pontos fracos	72
4.4.3	Passo 03: Construir um sistema de gerenciamento de informação	80
4.4.4	Passo 04: Construir um sistema de manutenção periódica	91
4.4.5	Passo 05: Construir um sistema de manutenção preditiva	93
4.5	RESULTADOS OBTIDOS	94
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
5.1	ASPECTOS POSITIVOS DA IMPLEMENTAÇÃO	105
5.2	PRINCIPAIS DIFICULDADES APRESENTADAS NA IMPLEMENTAÇÃO	106
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	108
	REFÊRENCIAS	109

1 INTRODUÇÃO

As empresas brasileiras, atualmente, vivem um momento de desafio devido a um novo cenário econômico vivido no país. Greves, aumento do preço do petróleo, a desaceleração da economia global, piora nas condições financeiras e as incertezas nas eleições são alguns dos fatores que atualmente estão contribuindo negativamente para o crescimento das empresas. Muitas já fecharam as portas, porém outras buscam estratégias que ajudem a se tornarem mais competitivas nos limites de atuação dos seus negócios.

Com esse cenário de crise, uma saída inteligente adotada é a redução dos gastos internos através da eliminação de desperdícios.

As empresas existem, primeiramente, para fornecer algo para alguém, para suprir alguma demanda. A indústria utiliza uma série de recursos na produção de bens, mas nem todos eles agregam valor ao produto final, mesmo assim, seus custos são somados para a composição do valor final do produto. Em contrapartida nenhum cliente irá pagar a mais por um produto, apenas porque a empresa utilizou recursos adicionais para fabricá-lo. A solução para esse impasse é a eliminação das atividades que, elevam o custo da produção e não agregam valor ao produto final. As atividades emergências realizadas pela manutenção nos ativos de uma empresa se encaixam exatamente neste conceito.

Segundo Xenos (1998), a manutenção ainda é vista como um mal necessário dentro das organizações. Em se tratando de sistema de produção o custo com manutenção é extremamente expressivo, pois, diferente de gastos com energia e pessoal que são valores regulados, os gastos com manutenção não tem uma correlação direta com o volume de produção.

Interromper um processo produtivo de forma não planejada para realizar qualquer atividade de manutenção não agraga valor ao produto, pelo contrário, gera um custo adicional não previsto pela produção. Nas empresas japonesas, uma boa parte desses problemas foi solucionada com o uso da metodologia do *Total Productive Maintenance* (TPM), criada pela *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM).

Diante deste cenário, observando os resultados lucrativos que as empresas orientais obtiveram durante décadas em seus parques fabris, as empresas ocidentais perceberam a importância de adotar uma metodologia de gestão focada na manutenção com o objetivo de garantir a disponibilidade dos seus ativos através de atividades planejadas sendo praticadas ao menor custo possível.

Para Kardec (2002), a missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou serviço a baixo custo. Desta forma, com os equipamentos disponíveis para produzir e a manutenção tendo um maior controle dos seus gastos através de gestão baseada em atividades planejadas, as empresas poderão aumentar sua oferta de produtos no mercado a um valor de venda competitivo.

Para Takahashi e Yoshikazu (1993), a manutenção planejada tem sido a metodologia de gestão mais adotada pelas empresas. Seus conceitos e ferramentas são extraídos da metodologia japonesa *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total cujo foco é a integração do operador como parte essencial para o alcance de melhores resultados no processo produtivo.

No Brasil empresas como a Univeler, Schincariol, Nestlé, Eletronorte, entre outras, utilizaram o TPM e obtiveram os resultados esperados com a aplicação da metodologia (JIPM, 2011).

Consciente da necessidade de enfrentar a concorrência das empresas que atuam no mesmo segmento e estão elevando a capacidade dos seus processos produtivos e aumentando o *mix* de produtos ofertados no mercado, a empresa em estudo decidiu implantar o TPM na área de produção, e a manutenção por sua vez, foi responsabilizada por implantar a manutenção planejada, que é um dos pilares de sustentação desta metodologia.

A manutenção planejada trata aspectos importantes da gestão dos equipamentos, engloba métodos para o tratamento de problemas relacionados à substituição, monitoramento e manutenção programada dos ativos e considerando as questões probabilísticas, aumentando o desempenho das atividades e os múltiplos aspectos associados à competitividade.

Ainda de acordo com Takahashi e Yoshikazu (1993), montar estratégias baseados em modelos de gestão como a manutenção planejada, ajuda a acompanhar o funcionamento dos componentes e prevê o fim da sua vida útil, gerando trocas planejadas e evitando deixar que o equipamento fique indisponível para produzir.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos a serem alcançados por este trabalho estão divididos em dois tópicos, a saber:

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é implantar a manutenção planejada, através de um estudo de caso, em uma fábrica de sopro de garrafas plásticas visando avaliar os problemas encontrados na implantação e aprofundar o entendimento da metodologia, entender quais os fatores que dificultam a sua implantação, assim como, dimensionar recursos para a redução da indisponibilidade dos ativos por quebras de manutenção, redução do tempo e do número de quebras emergenciais e aumento da produtividade.

1.1.2 Objetivos específicos

De forma a alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos alguns objetivos específicos, a saber:

- Criar uma sistemática de análise de quebra/falha dos equipamentos;
- Criar planos de manutenção planejada direcionados para a necessidade dos equipamentos e as limitações dos recursos;
- Criar indicadores para acompanhamento dos resultados;
- Analisar e corrigir os desvios da implantação.

1.2 JUSTIFICATIVA

A globalização define um mercado que se apresenta cada vez mais competitivo e as empresas precisam buscar um diferencial para garantir seu espaço. Cada vez mais as empresas precisam se tornar competitivas, pois não só as grandes companhias de classe mundial estão conquistando os mercados, mas também as empresas locais de pequeno e médio porte, que antes não tinham tanta interferência no mercado, porém agora estão aperfeiçoando seus processos e abrindo espaço na concorrência.

A eficiência nos sistemas de produção se tornou de vital importância para as empresas que estão atuando no mercado global e em muitos casos, esta eficiência pode sim ser garantida através de métodos de gestão. Garantir a eficiência nos sistemas produtivos significa atingir sua máxima produtividade empregando a menor quantidade de recursos possível, sejam eles tempo, capital, mão-de-obra, combustível, energia e etc.

Particularmente nas indústrias, ao longo dos seus processos de transformação de matérias-primas em produtos acabados existem perdas, como por exemplo, de: matérias-primas, mão de obra, produtos acabados, energia e taxa de utilização dos ativos que diretamente contribuem para a redução da eficiência nos processos produtivos. Suzuki (1994) cita oito perdas como sendo as maiores responsáveis pela redução do rendimento operacional dos equipamentos.

Para combater essas perdas os japoneses criaram a manutenção planejada, uma metodologia específica para as indústrias de produção em série ou de processamento contínuo, cujo objetivo é reduzir substancialmente as perdas nos equipamentos/instalações a níveis próximos de zero. A manutenção planejada visa à eliminação das perdas que prejudicam o aumento do rendimento operacional, corrigindo as deficiências que envolvem o equipamento, o operador, os materiais e os métodos.

A escolha do tema manutenção planejada para a elaboração desta dissertação justifica-se pela importância do assunto para as indústrias em geral, e em particular para a empresa em estudo, que por ser uma empresa do ramo industrial, vem aplicando esforços na implantação da metodologia da manutenção planejada em seus equipamentos e linhas de produção com o objetivo de reduzir as quebras dos seus ativos e aumentar a produtividade para que desta forma adquira vantagens competitivas no mercado brasileiro de produtos de higiene, limpeza, condimentos e inseticidas ao qual está inserida e por este motivo tornou-se oportuna à realização desta pesquisa.

O tema ainda proporcionou a mestrande, a oportunidade de aprofundar os seus conhecimentos na metodologia da manutenção planejada por meio de pesquisas bibliográficas, estudos de caso, avaliação e participação ativa na aplicação da metodologia em uma fábrica de sopro de garrafas plásticas, e pôde desta forma contribuir com sugestões para solucionar os problemas que estão dificultando a empresa a obter os resultados almejados, além de disponibilizar esta dissertação para os interessados pelo tema e contribuir para a disseminação do conhecimento da metodologia para sua aplicação em outras empresas.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, com o conteúdo apresentado na seguinte sequência. O capítulo 1 apresenta uma introdução ao tema do trabalho, os seus objetivos, a justificativa, a estrutura e as limitações. No capítulo 2 é abordado o tema através da fundamentação teórica subdividido em quatro tópicos de pesquisa, a saber:

- Definições de manutenção, onde é apresentada uma introdução aos conceitos de manutenção.
- O nascimento da indústria e a evolução da manutenção, onde será realizada uma explanação sobre o seu histórico evolutivo através das três primeiras gerações e apresentada a definição dos principais termos utilizados na manutenção.
- O *Total Productive Maintenance* (TPM) e os pilares de sustentação, onde é introduzido à definição da metodologia, dos pilares de sustentação da metodologia, dos objetivos e das características a serem abordadas em cada pilar, dando um foco maior na manutenção planejada que é o objeto de estudo deste trabalho, onde são apresentados os passos para a implantação e as atividades a serem desenvolvidas em cada um deles.
- E a revisão da literatura sobre a manutenção planejada, dando um enfoque ao processo de implantação realizada por empresas de diferentes seguimentos.

O capítulo três aborda a metodologia proposta para implantar a manutenção planejada baseado no modelo utilizado pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM).

O 4º capítulo apresenta a implantação dos conceitos e ferramentas da manutenção planejada através de um estudo de caso e aborda os resultados obtidos com a implantação desta metodologia.

No 5º capítulo destacam-se as conclusões do trabalho e os comentários sobre o atingimento dos objetivos e metas traçadas. E finalmente, no 6º capítulo são apontadas as sugestões para trabalhos futuros.

1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Devido à empresa em estudo possuir uma planta industrial composta por 3 áreas de produção e dentro delas comportarem 6 sistemas de preparação e 19 setores produtivos com um total de 389 equipamentos, ficou inviável, devido aos fatores tempo e recurso humano, implantar a manutenção planejada em todos os equipamentos. Por isso, o estudo de caso apresentado neste trabalho foi limitado a 6 equipamentos pertencentes à fábrica de sopro de garrafas plásticas. Os resultados apresentados neste trabalho serão baseados nos dados coletados no período de janeiro de 2017 a setembro de 2018.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que o presente trabalho atinja seus objetivos, é necessário que se faça uma contextualização acerca da literatura existente cujo propósito será o de dar consistência técnica-científica a este trabalho. Neste sentido, é requerida uma abordagem aos seguintes temas: definições de manutenção, o nascimento da indústria e a evolução da manutenção através das gerações, o *Total Productive Maintenance* (TPM) e os pilares de sustentação e uma revisão da literatura sobre a manutenção planejada, através de um enfoque ao processo de implantação em diferentes segmentos de produção, entende-se, ser o caminho para a análise do problema suscitado neste trabalho.

2.1 DEFINIÇÕES DE MANUTENÇÃO

Pode-se não perceber, mas a manutenção está presente na história da humanidade há eras, desde o momento em que se começou a manusear os instrumentos de produção até aos dias atuais.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 5462 (1994, p.07) define a manutenção como sendo a “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Segundo Marquez (2007), a manutenção é definida como um conjunto de ações técnicas, administrativas e de gestão sobre a vida útil de um ativo, a fim de mantê-lo, ou recuperá-lo, em uma condição em que o mesmo possa realizar a atividade esperada para produzir um determinado produto ou serviço.

Kardec e Nascif (2009, p. 23) definem o ato de manter ou a manutenção industrial como “[...] garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

Moubray (1999) afirma que o objetivo principal da manutenção seria o de assegurar que itens físicos continuem a fazer o que seus usuários desejam que eles façam. Quando o equipamento para de produzir por si próprio a manutenção deixa de exercer sua atividade fim, que é manter o equipamento em operacionalidade levando ao fracasso a estratégia de manutenção planejada adotada pela empresa. Devido a isso, a manutenção deve ser

organizada de tal maneira que o equipamento ou sistema só pare de produzir apenas se for de uma forma planejada.

Com o advento da revolução industrial no final do século XVIII, a sociedade começou a se agigantar, no que se refere à sua capacidade de produzir bens de consumo. No século XX as revoluções foram várias, sendo peculiares às ocorridas no campo da tecnologia, cada vez mais rápidas e impactantes no *modus vivendi* do homem.

2.2 O NASCIMENTO DA INDÚSTRIA E A EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

Desde os tempos pré-históricos, o homem elaborou seus utensílios e armas mediante a transformação dos materiais de que dispunha, como pedras e metais.

À medida que a civilização avançava, a especialização no trabalho aumentava gradativamente dando origem a um novo grupo social, os artesãos. Eram eles que se encarregavam de produzir os objetos de que a sociedade necessitava, como utensílios de cerâmica, tecidos, armas entre outros.

Segundo Hobsbawm (2010) até antes do surgimento das primeiras indústrias, o mais eficiente método de produção era a manufatura doméstica. No fim da idade média, os artesãos agruparam-se em corporações, nas quais se configuraram as categorias de aprendizes, oficiais e mestres e onde os conhecimentos técnicos se transmitiam de pai para filho. Hobsbawm (2010) afirma ainda que a produtividade dessas oficinas era baixa, pois a maior parte do trabalho se realizava manualmente e não existia a divisão técnica do trabalho, isto é, cada produto era realizado totalmente, de início a fim, por um só artesão.

2.2.1 A primeira geração da manutenção

De acordo com Landes (2005) com a invenção das primeiras máquinas de tear automatizadas, construídas a partir de meados do século XVIII, permitiu uma transformação radical no processo industrial. Os burgueses passaram a adquirir esses equipamentos, que eram mais eficientes do que o trabalho artesão, criando as indústrias e com isso reduzindo gradativamente as produções domésticas. Ainda segundo o autor, nas fábricas, a produção era dividida em etapas e cada trabalhador executava uma única tarefa, sempre do mesmo modo, iniciado assim a especialização e a divisão do trabalho.

Para ampliar a produção e garantir uma margem de lucro crescente os operadores chegavam a utilizar estes equipamentos em jornadas de trabalhos que podiam chegar até 17 horas diárias e com isso surgiam às primeiras demandas para as atividades voltadas a manutenção dos equipamentos, com o intuído de não deixar que a produção parasse.

Esse primeiro conjunto de transformações ocorreu entre 1760 e 1860, na Inglaterra dando origem a primeira revolução industrial e atrelado a isso o surgimento da primeira geração da manutenção.

Moubray (1999) reafirma que nesta época a indústria era pouco mecanizada e que os períodos de paralização à espera de recuperação de falhas eram longos. O autor ainda explica que devido à conjuntura econômica da época, a questão da produtividade já era prioritária. Apesar desta necessidade apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra eram realizados nos equipamentos.

Viana (2002) afirma que neste período o fabricante dos equipamentos treinava os novos operários a operar e também manter os equipamentos, assim os mesmos ocupavam os papéis de operadores e mantenedores, pois não havia uma equipe específica de manutenção. A manutenção era fundamentalmente corretiva e a responsabilidade por ela, cabia à área de produção.

A norma NBR 5462 (1994, p.7) define manutenção corretiva como "Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida".

O objetivo da manutenção corretiva é remover o defeito do equipamento no menor tempo possível. Esse tipo de manutenção é caracterizado pela atuação das equipes de manutenção em fatos que já ocorreram, sejam estes fatos ocorridos por desempenhos inferiores ao almejado ou por uma falha. Neste tipo de manutenção quem anuncia a quebra para a manutenção é o próprio equipamento, pois não há nenhum monitoramento que acompanhe a degradação do funcionamento dos componentes para que a equipe possa intervir de modo antecipado a quebra. Por ser tratar de uma ação emergencial não há tempo para a preparação de componentes e nem de planejar o serviço e neste caso, a correção da falha é feita de modo aleatório a fim de evitar outras consequências.

Apesar de ser vista de forma negativa por grande parte dos envolvidos com manutenção, pois gera perda no processo produtivo, perda na qualidade do produto, eleva os custos e aumentam os riscos de acidentes, a manutenção corretiva também tem suas vantagens. Do ponto de vista do custo, esse tipo de manutenção tem custo menor do que o

custo empregado em ferramentas para prevenir falhas nos equipamentos. Porém, pode causar grandes perdas por interrupção da produção. A opção por este tipo de manutenção deve se levar em conta os fatores econômicos, pois há casos em que consertar uma falha é mais barato que tomar uma ação preventiva, se for, a manutenção corretiva é uma boa opção. Porém, não se pode deixar de levar em conta as perdas por paradas de produção, pois a manutenção corretiva pode acabar saindo muito mais cara devido a isso.

Segundo Xenos (1998), é necessário realizar um esforço para identificar as causas fundamentais das falhas e bloqueá-las evitando sua reincidência. É importante ressaltar também que, caso a manutenção corretiva tenha sido escolhida por uma empresa por ser mais vantajosa, não se pode simplesmente se conformar com a ocorrência de falhas dentro de um processo produtivo como um evento já esperado e, portanto, natural.

A partir de 1870, teve início a II revolução industrial, marcada pelo uso de novas fontes de energia, eletricidade e petróleo, pela substituição do ferro pelo aço e pela criação da linha de montagem, idealizada pelo empresário norte-americano Henry Ford, já no século XX. O método ficou conhecido como fordismo. Segundo Mazuchelli (2009), a industrialização criou uma crescente demanda por consumidores, e, com o esgotamento dos mercados internos da Inglaterra, a solução foi buscar compradores em outros países. O autor ainda afirma que havia também, nesta época, a necessidade de mão de obra, matéria-prima e locais de investimento de capital. Essa procura levou os países capitalistas a colonizar outros territórios e a brigar por eles, o que culminou, em 1914, na primeira guerra mundial.

Hobsbawm (2010) afirma que a primeira guerra mundial foi assim chamada por envolver todas as grandes potências do mundo ocidental da época. No esforço de guerra, cada estado assumiu o controle da economia e todos os cidadãos foram recrutados para participar tanto do exército quanto da produção industrial, principalmente de armamentos. Os tanques de guerra, os encouraçados, os submarinos, os obuses de grosso calibre e a aviação, entre outras inovações tecnológicas da época, constituíram artefatos bélicos de um poder de destruição até então inimaginável.

O fim da primeira guerra mundial em 1918 trouxe muitas consequências e apesar do desenvolvimento das indústrias a prática da manutenção corretiva prevaleceu até os últimos anos que antecediam a segunda guerra mundial.

2.2.2 A segunda geração da manutenção

A Segunda guerra mundial foi decorrente de um conjunto de fatores de uma profunda crise econômica e grandes tensões políticas e sociais em vários países. Nesta conjuntura despontaram regimes totalitários, sobretudo na Alemanha, na Itália e no Japão. A ideologia expansionista principalmente destas potências levou-as aos conflitos militares. Nasceu, assim, um clima de tensão internacional que ficou marcado por várias ações belicistas. As indústrias nesta época começavam a sentir o forte apelo ao aumento da mecanização visto a necessidade de maior quantidade de suprimentos para a guerra. Com o fim da segunda guerra em 1945 houve um aumento da demanda por todo tipo de produto. Dentre eles a escassez de bens de consumo e mão de obra para trabalhar nas indústrias.

Segundo Moubray (1999, p.2), "As pressões do período pós-guerra aumentaram a demanda por bens de todos os tipos, enquanto o surgimento da mão de obra industrial diminuiu drasticamente". Neste período além de um forte aumento da mecanização, já existia certa complexidade das instalações industriais. Por volta da década de 1950, o parque de maquinário das indústrias era mais numeroso e complexo. Começa a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade, tudo isto na busca da maior produtividade para atender a demanda do período pós-guerra. A indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas. Isto levou à ideia de que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que resultou no conceito da manutenção preventiva.

A norma NBR 5462 (1994, p.7), define manutenção preventiva como "Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item".

A manutenção preventiva é sistêmica, ou seja, suas atividades são prestadas a intervalos regulares, através de um plano de manutenção previamente elaborado, sejam por: tempo de calendário, quilometragem, horas de funcionamento, ciclos de operação, bateladas entre outros. A equipe de manutenção realizará a intervenção sempre que o equipamento atingir os intervalos regulares previamente definidos.

Ao contrário da manutenção corretiva onde o custo para consertar uma falha é baixo, o custo para manter a manutenção preventiva é relativamente alto. Isto se dá devido à necessidade de um quadro maior de funcionários, de profissionais com capacidade técnica mais elevada e diferenciada, de manter um estoque de peças de reposição para atender ao

plano, compra de ferramentas para atuar nos equipamentos e de contabilizar as horas de paradas para realizar as manutenções.

Porém a médio e longo prazo, o tempo de interrupção por manutenção preventiva reduz superando o de corretiva, pois o tempo torna-se controlado através das atividades que são definidas pelo plano de manutenção e a equipe tem o conhecimento da complexidade e do tempo a investir em cada atividade.

2.2.3 A terceira geração da manutenção

A terceira revolução industrial ocorreu a partir da década de 1960 e foi marcada pelo aparecimento de gigantescos complexos multinacionais e pela informatização, que, ao substituir a mão de obra humana, contribuiu para a eliminação de postos de trabalho.

Afirma Liker (2005) que nas indústrias automobilistas do Japão, surgia o Toyotismo, em oposição ao fordismo, um método de produção mais flexível e diversificado: em vez de produzir grandes séries de um mesmo modelo de automóvel, ele visa à fabricação de séries menores de uma variedade maior de modelos de produção.

A terceira geração da manutenção teve início a partir desta mesma década. Nessa fase a manutenção consistia em intervenções nos equipamentos realizados a intervalos fixos. As indústrias de papel, as petroquímicas, as siderúrgicas e as de cimento, por exemplo, tiveram uma grande evolução de capital e um enorme crescimento de suas plantas. A administração dessas empresas exigiu um aprimoramento das técnicas de execução e de gestão da manutenção, pois a incidência de falhas com interrupção da produção afetaria o faturamento em somas muito elevadas.

A engenharia da confiabilidade surgiu dentro deste contexto e começou a ser aplicada por meio de programas que estabeleciam procedimentos com conteúdo técnico, periodicidade de atuação e montagem de uma logística de apoio às atividades de manutenção. As primeiras preocupações com a disponibilidade e com os custos diretos surgiram nesta época.

Na década de 1970 surgiu a manutenção preventiva condicional através da implantação de técnicas preditivas nas indústrias. A manutenção preditiva, ao analisar os sistemas produtivos, fixar os elementos críticos das cadeias de produção e eleger parâmetros mensuráveis e controláveis dos sistemas, permitia a execução da manutenção preventiva com o mínimo de interferência no programa de produção.

A capacitação dos recursos humanos para o setor foi priorizada, investindo-se no conhecimento de novas tecnologias de manutenção, de processo e no gerenciamento das atividades. Além disso, o controle através de estatísticas e o uso de banco de dados, da microinformática, e a utilização dos sistemas informatizados dedicados à análise de defeitos e elaboração de diagnósticos possibilitaram um grande avanço na gestão da manutenção.

2.2.4 O modelo *just-in-time* (JIT)

A partir da década de 1970, acelerou-se o processo de mudanças nas indústrias. Nesta época a indústria automobilista no Japão despontou com um modelo de produção industrial idealizado por Eiji Toyoda, chamado Toyotismo em resposta ao modelo americano chamado Fordismo. Afirma Liker (2005) que a característica principal desse modelo era de tornar a produção flexível se opondo às premissas do modelo fordista, que defendia a máxima acumulação dos estoques. O Toyotismo priorizava a adequação dos estoques dos produtos conforme a demanda. Quando a demanda por um determinado produto aumentava, a produção aumentava, mas quando essa demanda diminuía, a produção diminuía proporcionalmente.

Segundo Shingo (2000) ainda na década de 1950, Eiji Toyoda visitou algumas fábricas norte-americanas a fim de melhor conhecer os seus respectivos processos produtivos. Lá se deparou com empresas gigantescas que detinham grandes espaços para a estocagem de produtos industrializados. Segundo o autor ao fazer as suas constatações, Toyoda não tardou em perceber que o seu país, o Japão, vivendo um complicado período pós-guerra, não conseguiria se adequar àquele modelo industrial. Esse foi o início para que, mais tarde, ele viesse a idealizar um sistema em que a produção ocorresse de forma mais flexibilizada, ou seja, a criação do modelo de gestão *Just-in-time*, uma das técnicas mais utilizadas por esse modelo industrial e que em português significa, “em cima da hora”.

Esse modelo funciona na combinação entre os sistemas de fornecimento de matérias-primas, de produção e de venda. Assim, apenas a matéria-prima necessária para a fabricação de uma quantidade predeterminada de mercadorias é utilizada, que deve ser realizada em um prazo já estabelecido, geralmente muito curto. Com a adoção do *Just-in-time*, as fábricas passaram a economizar dinheiro e espaço na estocagem de matérias-primas e mercadorias, além de agilizar a produção e a circulação.

Desta forma os resultados concretos do JIT eram estoques mínimos e redução do *lead-time* - tempo que leva um produto para ser produzido, porém para que a sua implantação desse certo os equipamentos precisavam ter disponibilidade para produção, pois qualquer interrupção do processo produtivo gerava atrasos na entrega do produto ao cliente.

Segundo Moubray (1999), na manufatura os efeitos dos períodos de paralização foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas *Just-in-time* devido à adoção de estoques reduzidos, e que pequenas pausas na produção e/ou na entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica. A paralisação da produção - que sempre diminuiu a capacidade de produzir, que aumentava os custos e que afetava a qualidade dos produtos - tornou-se uma preocupação generalizada. A indústria precisava desenvolver uma ferramenta que eliminasse as quebras, os defeitos e os riscos de acidentes. O TPM nasceu dentro deste contexto, com o objetivo de aumentar a disponibilidade e o rendimento dos equipamentos, garantir a qualidade dos produtos fabricados e eliminar os riscos de acidentes.

Em resposta aos problemas encontrados após a implantação do JIT dentro do parque fabril das montadoras, os japoneses, liderados pelo renomado professor Seiichi Nakajima desenvolveram e introduziram o conceito da manutenção produtiva total, inicialmente em 1971. O TPM é um programa que procura maximizar a operação da manufatura com a participação da operação na manutenção dos equipamentos. Esta maximização deve ser alcançada minimizando as perdas nos equipamentos.

2.2.5 O surgimento do *Total Productive Maintenance* (TPM)

Devido ao excelente resultado que a metodologia TPM apresentou frente às necessidades exigidas pelo JIT, as empresas japonesas buscavam implantar a metodologia dentro dos seus parques fabris.

Nakajma (1988) relata que, após a sua visita às empresas dos EUA, para estudar como eram realizadas as manutenções dos equipamentos naquele país, em 1969, foi criado o *Japan Institute of Plant Engineer* (JIPE), ano em que se começou a trabalhar em estreita colaboração com o fabricante de componentes automotivos Nippondenso, um dos importantes fornecedores de componentes elétricos para a *Toyota Car Company*, que decidiu mudar os papéis dos operadores, ao permiti-lhes realizar as manutenções de rotina, tendo sido esse o início do TPM.

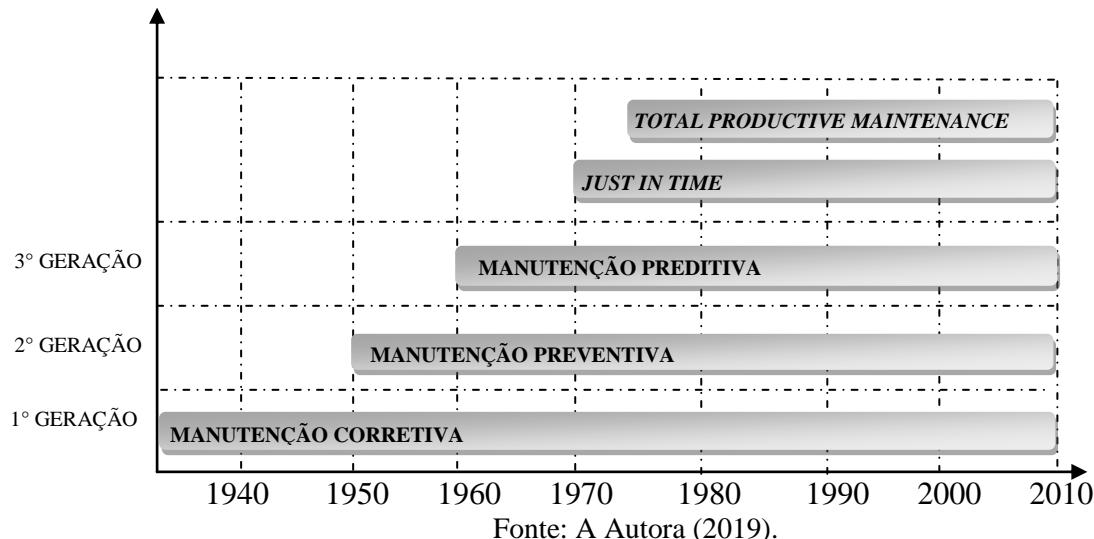
Em 1971, nasceu o *Total Productive Maintenance*, mais conhecida como TPM com a participação de todos os níveis da organização, com o apoio da alta gerência e com as atividades de pequenos grupos.

Neste mesmo ano, a *Nippondenso*, fabricante de componentes automotivos recebeu importante prêmio de excelência no tocante as atividades de prevenção da manutenção pelo *Japan Institute of Plant Engineers* (JIPE), que por volta de 1990 se tornaria o *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), liderado por Seiichi Nakajima (Palmeira e Tenório, 2002).

Os profissionais da *Nippondenso* agregando ao processo produtivo várias técnicas como *kaisen*, *just-in-time*, prevenção da manutenção (PM), técnicas de qualidade típica da cultura japonesa, como as atividades de pequenos grupos, acabariam por formatar junto o JIPM a metodologia ou programa conhecido hoje como TPM.

A figura 1 apresenta a evolução da manutenção através das gerações até chegar à metodologia do TPM.

Figura 1 - Evolução da manutenção através das gerações



O TPM® tornou-se uma marca registrada do JIPM, o instituto que, através de diversos autores, desenvolveu os conceitos e a metodologia do TPM que hoje é adotada por algumas empresas ao redor do mundo.

Segundo Rodrigues e Hatakeyama (2006), o TPM foi concebido dentro da indústria automobilística no Japão e rapidamente se tornou parte da cultura corporativa de companhias como *Toyota*, *Nissan* e *Madza* e seus fornecedores e aliados como uma resposta a um mercado competitivo que obrigou as empresas daquela época a ajustar algumas atividades do seu processo produtivo, eliminando desperdícios, reduzindo o tempo de indisponibilidade dos

equipamentos, aumentando a qualidade dos seus produtos e implantado metas de manutenção mais definidas que garantissem o alta *performance* dos equipamentos.

De acordo com Mobley (2008), a metodologia reuniu e consolidou as boas práticas no tocante à prevenção da manutenção e na eliminação de todo e qualquer desperdício que possa ocorrer no processo produtivo. Ainda segundo o autor, o TPM descreve uma relação de sinérgica entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre produção e manutenção, para melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência operacional, garantia de capacidade e da segurança.

2.2.6 O Total Productive Maintenance (TPM) no Brasil

A metodologia foi apresentada pela primeira vez ao público brasileiro no final do século XX, por Nakajima, que nesta época já era reconhecido como o "pai do TPM" e desde então os seus conceitos e ferramentas do TPM estão sendo cada vez mais compartilhados, tanto pelos dirigentes como pelo pessoal operacional das indústrias.

Segundo Suzuki (1994, p.2),

Há três razões principais porque o TPM se expandiu tão rapidamente entre a indústria Japonesa e porque companhias fora do Japão estão se interessando:
a) Ela garante resultados expressivos, b) visivelmente transforma o local de trabalho e c) aumenta o nível de conhecimento e habilidades dos operadores e mantenedores.

A disseminação da metodologia do TPM no Brasil está ligada à IM & C Internacional com sede em São Paulo. Trata-se de uma empresa de consultoria com fins lucrativos, que realizou fóruns, visitas ao Japão, cursos de capacitação de multiplicadores, facilitadores e instrutores (de acordo com os critérios do JIPM) e consultorias que visaram o processo de premiação TPM Awards concedido pelo JIPM, disponibilização de literatura sobre o tema e atuações devidamente licenciadas pelo *Japan Institute Plant Of Maintenance*.

Graças à troca de informações entre as empresas adotantes da metodologia do TPM e aos expressivos resultados que vêm sendo alcançado pelos praticantes, o número de empresas que se interessa pelo assunto em todo o Brasil tem crescido muito rapidamente.

Conforme Ribeiro (2004, p. 62) “No Brasil, muitas empresas vêm adotando o TPM, tendo como base alguns princípios de trabalho em equipe e autonomia, bem como uma abordagem de melhoria contínua para prevenir quebras”. Ainda segundo o autor algumas

empresas instaladas no Brasil têm o processo de implantação consolidado, inclusive com algumas reconhecidas pelo prêmio da JIPM. São elas: Yamaha, GM, Alcoa, Pirelli Cabos, Pirelli Pneus, Andréas Stihl, Alumar, Texaco do Brasil, FIAT, Copene, Ford, Azaléia, Marcopolo, Multibrás, Editora Abril, Votorantim Celulose e Papel, Eletronorte, Gessy Lever, Tilibra, Cervejaria Kaiser, Ambev, etc.

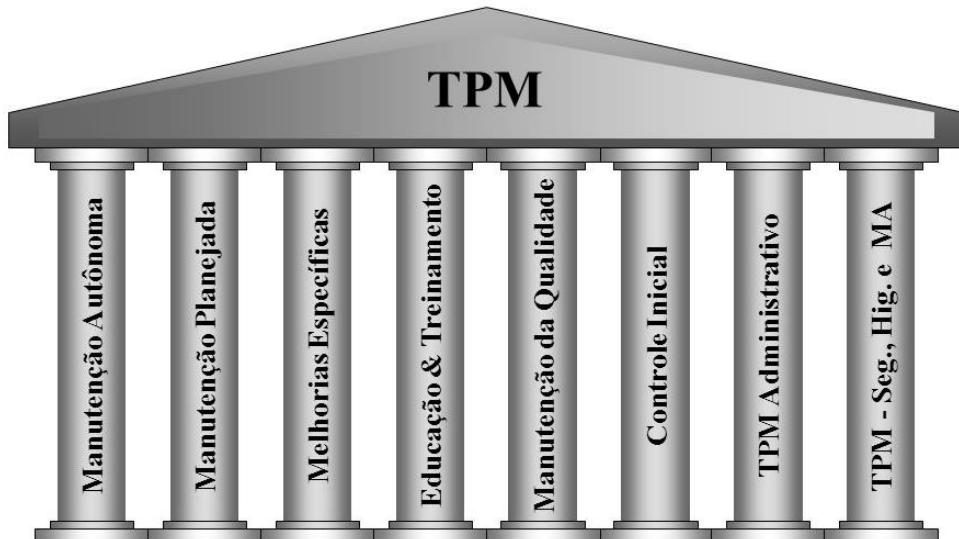
2.3 O TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE E OS PILARES DE SUSTENTAÇÃO

Para que esses resultados fossem alcançados a metodologia precisou ser dividida em partes e cada parte recebeu o nome de pilar. Cada pilar é constituído por critérios cuja implantação está direcionada para um determinado fim levando em consideração o público e os objetivos a serem alcançados.

Segundo Nakajima (1989) existe alguns princípios que toda a empresa deve observar ao implantar a metodologia TPM ao qual chamou de pilares de sustentação do TPM.

A figura 2 apresenta os oitos pilares que sustentam a metodologia do TPM.

Figura 2 - Os oito pilares de sustentação da metodologia do TPM



Fonte: A Autora (2019).

Estes pilares são formados por conceitos e ferramentas que ajudam a combater as perdas e desperdícios que possam estar fazendo parte do processo produtivo reduzindo a eficiência dos ativos e instalações. Estes pilares estão focados em atividades determinadas e caracterizadas para servir de base na construção de um sistema produtivo organizado e eficaz.

Segundo Suzuki (1994) as atividades desenvolvidas nos pilares foram definidas para alcançar excelentes resultados quando apropriadamente usadas, elas são a fundação e o suporte para o desenvolvimento de qualquer programa de sucesso do TPM. Abaixo serão descritas as oito atividades ou pilares que dão sustentação a metodologia.

2.3.1 Manutenção Autônoma

Pilar cujo objetivo é desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos e também a habilidade de inspecionar e detectar anomalias em sua fase inicial e até realizar pequenos reparos, ajustes e regulagens.

Suzuki (1994, p.21) argumenta que "Atividades de manutenção autônoma são tipicamente implementadas em passos e somente são efetivadas se a progressão de um passo para o próximo for estritamente controlada". Dentro desta afirmação a manutenção autônoma é definida e implantada em sete passos, a saber: limpeza inicial, eliminação de fontes de origem de sujeira e locais de difícil acesso, padrões de limpeza, inspeção e lubrificação, inspeção geral, inspeção autônoma, sistema de manutenção autônoma e autocontrole.

2.3.2 Manutenção Planejada

Este pilar não é novidade nas empresas, pois vem da década de 1950. O TPM vem agregar a capacitação dos mantenedores e a melhoria dos papéis do operador e mantenedor devido ao surgimento da manutenção autônoma.

A manutenção planejada tem como foco estabelecer um sistema de gestão eficiente e eficaz de modo a desenvolver os mantenedores juntamente com os operadores para que possam eliminar as perdas relativas às quebras/falhas, retrabalhos de manutenção, falhas de operação, produtos defeituosos e pequenas paradas indesejadas.

Segundo Suzuki (1994, p.21), "A manutenção planejada deveria estabelecer e manter as condições ótimas do processo e do equipamento; ela também deveria ser eficiente e eficaz no custo". Baseado nestas premissas a manutenção precisa planejar e implantar sistematicamente as várias atividades de manutenção planejada. O autor ainda enfatiza que existem seis medidas ou passos que formam uma base excelente para o atingimento da quebra zero e que dão sustentação à metodologia da manutenção planejada e que cada passo possui atividades específicas que devem ser obedecidas para que se possam atingir os resultados almejados.

A tabela 1 apresenta os passos do pilar manutenção planejada e as atividades pertencentes a cada passo.

Tabela 1 - Os passos do pilar manutenção planejada e as atividades pertencentes a cada passo

PASSOS DO PILAR MANUTENÇÃO PLANEJADA	ATIVIDADES PERTENCENTES AO PASSO
Passo 1: Avaliar o equipamento e entender as condições atuais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Classificação ABC dos equipamentos 2. Estruturação da manutenção 3. Cadastro técnico do equipamento 4. Classificação da quebra/falha 5. Indicadores de manutenção
Passo 2: Restaurar a deterioração e corrigir os pontos fracos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Restaurar a deterioração forçada 2. Prevenir a repetição da falha
Passo 3: Construir um sistema de gerenciamento de informação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Criar um sistema para gestão de informações 2. Gerenciar os dados de quebra/falha 3. Informatizar o gerenciamento de orçamento da manutenção 4. Construir um sistema para controlar peças de reposição e unidades reservas
Passo 4: Construir um sistema de manutenção periódica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar os planos de manutenção preventivos
Passo 5: Construir um sistema de manutenção preditiva	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desenvolvimento das tecnologias de diagnóstico preditivo 2. Definir as técnicas preditivas a serem utilizadas
Passo 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar um diagnóstico da implantação

Fonte: Adaptado de Susuki (1994).

A tabela 1 mostra a correlação dos seis passos para a implantação da manutenção planejada com as atividades que são exigidas para cada passo, cuja finalidade é garantir a redução das quebras não planejadas dos equipamentos. A seleção dos passos e das atividades que serão implantadas nos equipamentos vai depender do nível de manutenção em que os equipamentos se encontram em cada empresa.

As empresas com um sistema de manutenção fraco e com falhas frequentes devem implantar cada passo, obedecendo à sequência de implantação que vai do passo 1 ao 6. As empresas que já têm um sistema bastante forte de manutenção devem focalizar seus esforços nos passos projetados para reduzir falhas e com isso aumentar o desempenho dos seus ativos através da eliminação de pontos fracos existentes no processo.

2.3.3 Melhoria Específica

Melhoria específica é o conjunto de atividades que buscam obter a eficiência máxima dos equipamentos pela utilização plena de suas respectivas funções e capacidades.

De acordo com Suzuki (1994), melhoria específica inclui todas as atividades que maximizam a eficácia global do equipamento, processos, e plantas através da eliminação de perdas e da melhoria de desempenho.

2.3.4 Educação e Treinamento

É o pilar cujo objetivo é desenvolver novas habilidades e conhecimentos para o pessoal da manutenção e da produção. Suzuki (1994, p.16) afirma que:

Empregados de indústrias de processo estão cada vez mais escassos, crescentemente extintos, e mais habilitados, por isso, o treinamento deve ser uma parte integrante da carreira de um sistema de desenvolvimento.

De acordo com a metodologia do TPM, habilidade é o poder de agir de forma correta e automática com base em conhecimentos adquiridos e utilizá-los durante um grande período de tempo para solucionar problemas surgidos nas atividades do dia a dia.

2.3.5 Controle Inicial

Pilar cujo objetivo é reduzir o impacto da partida de novos produtos, processos e equipamentos, minimizando a ocorrência das falhas através de um profundo estudo do princípio de funcionamento e comportamento dos produtos, processos e equipamentos contidos na empresa. Assegura também que a elaboração e a execução dos projetos estejam de acordo com as normas técnicas de engenharia e com a política de qualidade, segurança, saúde e meio ambiente da legislação vigente, atendendo ao escopo, ao prazo e ao orçamento preestabelecido.

2.3.6 TPM Segurança, higiene e meio-ambiente.

O objetivo principal do pilar é garantir que os aspectos de segurança, higiene e meio ambiente sejam contemplados na execução dos demais pilares do TPM, garantindo a

confiabilidade dos equipamentos, prevenindo erros humanos e eliminando acidentes. Equipamentos com defeitos são uma fonte de perigo, logo as campanhas de falha e defeito zero melhoram a segurança por meio da aplicação do programa dos cinco senso (seleção, organização, limpeza, saúde e higiene e autodisciplina).

2.3.7 TPM Administrativo

O pilar de administração e escritório tem o objetivo de processar informações de maneira rápida, com qualidade e confiabilidade aperfeiçoando os processos administrativos e reduzindo as perdas administrativas.

2.3.8 Manutenção da Qualidade

O pilar de manutenção da qualidade consiste de atividades que estabelecem condições adequadas dos equipamentos para não comprometer a qualidade intrínseca dos produtos visando o defeito zero, ou seja, a eliminação dos refugos, retrabalhos e produtos fora da especificação inicialmente desejada. Apesar do pilar ser considerado complementar, ele não deixa de ser um pilar técnico, pois influencia diretamente a eficiência global do equipamento. O termo eficiência global, vem do inglês Overall Equipment Effectiveness (OEE) que é uma métrica utilizada na indústria para avaliar se algum processo é eficiente ou não.

2.4 REVISÃO DA LITERATURA SOBRE A MANUTENÇÃO PLANEJADA: UM ENFOQUE AO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO

A manutenção planejada assim como os demais pilares que sustentam a metodologia do TPM foi desenvolvida dentro das indústrias automobilísticas do Japão, porém vem sendo adaptada e utilizada dentro de outros segmentos tais como o setor de petróleo e gás, processos de manufatura industrial, siderúrgicas, cimenteiras, logísticas, entre outros tantos, com o intuído da eliminação das quebras/falhas inesperadas e da redução dos custos com manutenção, isto devido a sua metodologia possuir conceitos e ferramentas que auxiliam na identificação da origem das quebras/falhas e ao mesmo tempo permite identificar a melhor estratégia de manutenção que garanta a disponibilidade de seus ativos ao menor custo possível.

Dentro deste contexto de implantação da manutenção planejada com atividades correlacionadas com a prevenção da manutenção, há trabalhos que se destacam quanto a sua adequação a diferentes tipos de processos.

O objetivo deste capítulo é analisar os processos de implantação da manutenção planejada aplicados a diferentes segmentos, apontando os principais resultados que foram obtidos a partir da sua implantação, as maiores dificuldades que foram encontradas, as atividades mais importantes da implantação e as atitudes que foram tomadas de forma diferente do modelo apresentado pelo JIPM e desta forma identificar os pontos fortes e as oportunidades de melhorias de cada implantação.

Azevedo *et al.* (2017) realizaram um estudo de caso em uma empresa do ramo de logística cujo objetivo do trabalho era fazer uma análise da situação atual real do sistema de manutenção planejada que estava sendo aplicado nas empilhadeiras e transpaleteiras elétricas utilizadas na movimentação logística da empresa. Os autores constataram após a análise que a empresa estudada pratica um sistema de manutenção que não aproveita os métodos mais eficientes, não destina um montante financeiro adequado ao setor de manutenção e não promove a capacitação dos operadores e mantenedores. Os autores ainda concluíram que a empresa precisa rever suas diretrizes no que se refere ao setor de manutenção e apontaram no seu estudo onze fatores que influenciam no sucesso da implantação da manutenção planejada, estes são:

- a) A realização o cadastro técnico dos equipamentos.
- b) A classificação a quebra/falha dos equipamentos.
- c) A criação dos indicadores de manutenção.
- d) A criação das inspeções operacionais e de manutenção para restauração da deterioração forçada.
- e) A criação de um sistema para a gestão das informações de manutenção.
- f) O gerenciamento dos dados de quebra/falha.
- g) O controle do orçamento da manutenção.
- h) O gerenciamento das peças de reposição e unidades reservas.
- i) A elaboração dos planos preventivos.
- j) O desenvolvimento e a definir das técnicas preditivas.
- k) A realização do diagnóstico da implantação da metodologia.

Estender *et al.* (2015) implantaram a manutenção planejada através de um estudo de caso na empresa Serveng Transporte que opera com frotas de veículos e o objetivo desta implantação estava focado na redução dos custos com pneus. Ao final da implantação da metodologia a empresa obteve um resultado favorável quanto à redução dos custos com pneus, pois a troca que era realizada a cada 45.000 km passou a ser realizada entre 70.000 a 90.000 km.

Segundo Estender *et al.* (2015) os fatores que influenciam no insucesso da implantação da manutenção planejada são:

- a) Não classificar os equipamentos que são potencialmente críticos com relação ao seu impacto no processo produtivo.
- b) Equipe de manutenção subdimensionada para atender a estruturação de manutenção definida para os equipamentos da empresa.
- c) Falta de análise das quebras/falhas ocorridas nos equipamentos.
- d) Falta de cumprimento dos planos preventivos.

Couto *et al.* (2003), Aragaki *et al.* (2004) e Gerônimo *et al.* (2017) utilizaram a metodologia da manutenção planejada para aplicá-la em equipamentos hospitalares. Couto *et al.* (2003) adequaram o modelo do JIPM para ser utilizado em equipamentos de raios x. Aragaki *et al.* (2004) utilizaram o modelo do JIPM para implementar um programa de manutenção planejada para aparelhos de facoemulsificação e Gerônimo *et al.* (2017) utilizaram o modelo do JIPM para implantar um sistema de gestão de manutenção em equipamentos hospitalares de diferentes tipos. O principal objetivo dos três estudos de caso era o de adequar a metodologia desenvolvida pelo JIPM aos diferentes equipamentos hospitalares para obter redução das quebras e dos custos com a manutenção dos equipamentos. Para os autores as principais causas das dificuldades na implantação da manutenção planejada são:

- a) Envolvimento da alta gerência.
- b) Falta de informação técnica sobre os equipamentos.
- c) Falta de treinamento adequado para a equipe de manutenção.
- d) Inexistência de gerenciamento das informações de manutenção.
- e) Não implantação das práticas de manutenção preventiva e preditiva.

Viana e Ribeiro (2017) utilizaram a metodologia da manutenção planejada, através de um estudo de caso, aplicado em equipamentos de uma empresa mineradora. Os autores tinham como objetivo principal desenvolver um método de gestão para a manutenção que fosse adaptável aos equipamentos pertencentes à empresa mineradora e para isso adaptaram o modelo do JIPM aos equipamentos e chamaram esta implementação de “plano diretor para a manutenção”.

Para os autores o fator crítico de sucesso foi não copiar o modelo já implantado em outras empresas e sim adaptar a metodologia do JIPM às reais necessidades dos equipamentos respeitando as particularidades de cada processo produtivo. Apesar de todas as atividades apresentadas pelo modelo do JIPM serem possíveis de implantação em equipamentos de mineração algumas atividades não foram implantadas por decisão da própria equipe de gestão, tais como:

- a) Análise das quebras/falha ocorridas nos equipamentos.

A análise de quebra/falha é uma ação que visa avaliar uma não conformidade ocorrida em um equipamento ou processo. Ela busca identificar a causa raiz que originou a perda da função padrão do equipamento e propõe ações de bloqueio para eliminá-las. Porém para que esta ferramenta funcione adequadamente, a equipe de manutenção precisa ter um bom conhecimento técnico do equipamento e da metodologia para que não ocorra erro na análise do problema. Algumas empresas não optam por esta implantação devido à falta de conhecimento técnico da equipe e pela dificuldade de entendimento da metodologia muitas vezes adotada para a análise do problema.

- b) Participação dos operadores na gestão dos equipamentos.

O TPM tem como precisa a participação tanto dos mantenedores como dos operadores na gestão ativa dos equipamentos. Porém em algumas empresas, como no estudo de caso apresentado por Estender *et al.* (2015) e por Viana e Ribeiro (2017), os operadores não são autorizados a fazerem manutenção autônoma nos equipamentos que operam, pois, as empresas acreditam que eles podem criar uma situação de perigo ou parar o funcionamento dos equipamentos devido à falta de conhecimento das suas funcionalidades.

c) Implantação de técnicas preditivas nos equipamentos.

Algumas empresas não optam por esta implantação devido ao custo com equipamentos específicos e a necessidade de capacitação ou contratação de mão de obra especializada ou até mesmo a terceirização dela. Porém o JIPM destaca a importância desta prática para evitar quebra/falha nos equipamentos.

Na implantação do modelo de manutenção planejada realizado na empresa mineradora foi observada uma atividade que não foi realizada em nenhum dos estudos de casos apresentados neste trabalho. A empresa antes de começar a implantação do modelo de gestão montou uma equipe multidisciplinar ao qual chamou de “grupo focado”. A composição do “grupo focado” foi feita de forma a reunir especialistas que atuam diretamente com as atividades de manutenção e operação (planejamento e execução) tais como: gerentes de manutenção e de operação, engenheiros de manutenção e operação, analista de recursos humanos, área de suprimentos, tecnologia da informação, supervisores de planejamento e controle da manutenção e mantenedores. O grupo focado tinha um líder indicado, onde o mesmo funcionou como coordenador das atividades e responsável pela entrega das atividades de implantação. A formação de uma equipe multidisciplinar não é uma premissa para a implantação da manutenção planejada, porém algumas empresas utilizam este meio de trabalho para distribuir as atividades e reduzir a possibilidade de erro no momento da implantação, pois devido a muitas visões sobre o mesmo assunto as possibilidades de erros diminuem.

Vilarouca (2008) utilizou a metodologia de manutenção planejada através de um estudo de caso em equipamentos de uma empresa do setor plástico. O objetivo do autor era implantar a manutenção planejada utilizando indicadores de desempenho como norteadores no setor de manutenção de máquinas injetoras e moldes de injeção para a produção de componentes plásticos. Para Vilarouca (2008), os fatores que influenciam no sucesso da implantação da manutenção planejada são:

- a) A criação de planos de manutenção baseados nos manuais técnicos, na experiência dos mantenedores e na análise das quebras/falhas ocorridas nos equipamentos.
- b) Equipe de manutenção dimensionada e capacitada para realizar as manutenções.
- c) Disponibilidade de peças de reposição e unidades reserva para a execução da manutenção preventiva.

- d) Liberação dos equipamentos por parte da produção para realização das manutenções.
- e) Planejamento das atividades de manutenção para execução, com suas devidas priorizações e recursos.

De acordo com o estudo realizado por Vilarouca (2008), nos três primeiros meses iniciais da implantação da manutenção planejada, a disponibilidade apresentou uma sensível melhora, atingindo um percentual de 88 % onde antes era de 70 %. E cerca de sete meses após o início do trabalho, os indicadores de disponibilidade de molde e máquinas injetora já apresentavam valores próximos à meta de 95 %. Ao longo deste período, o autor explica que o indicador de custo do processo manutenção manteve-se estável, porém ainda acima da meta estabelecida que previa uma redução de 20 % do valor do mês corrente.

Alguns pontos apesentados pelos sete estudos de caso mostraram um contexto bem interessante. Foi observado que as empresas optam em colocar mais foco nas atividades do passo 1 (Avaliar o equipamento e entender as condições atuais), do passo 3 (Construir um sistema de gerenciamento de informação) e do passo 4 (Construir um sistema de manutenção periódica) por acreditarem que as atividades que pertencem a esses passos dão um resultado mais rápido do que as outras dos demais passos. Porém de acordo com a metodologia cada atividade possui sua importância dentro do modelo proposto e a seleção dos passos e das atividades que serão implantadas nos equipamentos vai depender do nível de manutenção em que os equipamentos se encontram em cada empresa.

As empresas com um sistema de manutenção fraco e com falhas frequentes devem implantar cada passo, obedecendo à sequência de implantação que vai do passo 1 ao 6. As empresas que já têm um sistema bastante forte de manutenção devem focalizar seus esforços nos passos projetados para reduzir falhas e com isso aumentar o desempenho dos seus ativos através da eliminação de pontos fracos existentes no processo.

Outro ponto observado nos estudos foi a não implantação do passo 5 (Construir um sistema de manutenção preditiva), que faz referência às técnicas preditivas. Algumas empresas não optam por esta implantação devido ao custo com equipamentos específicos e a necessidade de capacitação ou contratação de mão de obra especializada ou até mesmo a terceirização dela. Porém o JIPM destaca a importância desta prática para evitar quebra/falha nos equipamentos.

No contexto geral, analisando os sete estudos de casos, pode-se chegar a uma conclusão de que, em se tratando de equipamentos logísticos, hospitalares e industriais o

modelo de manutenção planejada apresentada pelo JIPM que foi originalmente desenvolvido para aplicação em empresas automobilísticas no Japão pode ser aplicável a outros processos produtivos, adaptando o modelo às particularidades de cada processo.

3 METODOLOGIA

Conforme apresentado anteriormente, o TPM é uma metodologia que traz uma abordagem inovadora para otimizar a eficácia do equipamento, eliminar avarias e promover a manutenção autônoma do operador durante as atividades do seu dia-a-dia. Foi citado também, que a implantação da manutenção planejada tem como foco estabelecer um sistema de gestão eficiente e eficaz de modo a desenvolver os mantenedores juntamente com os operadores para que possam eliminar as perdas relativas às quebras/falhas, retrabalhos de manutenção, falhas de operação, produtos com defeito e pequenas paradas indesejadas.

A partir destes dois conceitos acima citados e dos demais apresentados na fundamentação teórica o objetivo deste tópico é apresentar o modelo de implantação da manutenção planejada baseado nos critérios do TPM desenvolvidos pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM).

Segundo Suzuki (1994, p.161), "Estabelecer um sistema de manutenção planejada exige uma preparação cuidadosa e muito trabalho". Tentar fazer tudo de uma só vez é ineficaz. Ainda segundo o autor (1994), a implantação das atividades de manutenção planejada baseado nos critérios da TPM desenvolvidos pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) deve ser desenvolvida através de seis passos, a saber:

Passo 1: Avaliar o equipamento e entender as condições atuais

Passo 2: Restaurar a deterioração e corrigir os pontos fracos

Passo 3: Construir um sistema de gerenciamento de informação

Passo 4: Construir um sistema de manutenção periódica

Passo 5: Construir um sistema de manutenção preditiva

Passo 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada

Cada um dos passos da implantação tem a função de contribuir para o gerenciamento eficiente da manutenção. Este conjunto de métodos e funções visa garantir a disponibilidade dos equipamentos para produção, bem como, frear o desgaste pré-maturo dos seus componentes através do tratamento da quebra/falha, padronização e planejamento da manutenção. A seguir será apresentado cada passo que constitui o pilar manutenção planejada e apresentado seus conceitos e ferramentas.

3.1 PASSO 01: AVALIAR O EQUIPAMENTO E ENTENDER AS CONDIÇÕES ATUAIS

O primeiro passo para a implantação da manutenção planejada é a base para começar toda a estruturação da manutenção. Neste passo deve-se realizar o levantamento dos equipamentos e compreender a situação atual em que se encontra a manutenção. Suzuki (1994) destaca cinco atividades a serem desenvolvidas para suportar esta estruturação, a saber:

a) Classificação ABC dos equipamentos

Assim como em qualquer outra área de atuação a manutenção também possui recursos limitados e uma saída para esse problema é realizar a priorização dos equipamentos visto que em um processo produtivo os equipamentos não possuem o mesmo grau de importância tomado como parâmetro o seu impacto na indisponibilidade do equipamento para produzir. Por esta razão se dá a importância da priorização. Segundo Suzuki (1994, p.166) "Os critérios de classificação vão variar dependendo do processo, então os departamentos de manutenção, produção, engenharia de produção e de segurança devem cooperar na avaliação de cada atributo".

O objetivo desta fase é identificar os equipamentos que são potencialmente críticos com relação ao seu impacto no processo produtivo e classifica-los como A, B ou C de acordo com seu grau de impacto para o processo.

Branco filho (2006, p.20) define equipamento classe A como sendo,

[...] equipamentos cuja parada interrompe o processo produtivo, e com isso leva à perdas de produção, podendo levar a perdas no faturamento, se houver encomendas não atendidas devido a esta parada, e por isso devem ter o seu programa de manutenção preventiva rigorosamente cumprida.

Ou seja, os equipamentos classe A são os equipamentos mais críticos dentro do processo produtivo de uma empresa e por isso a manutenção deve encontrar e identificar esses tipos de equipamentos e dar tratamento adequado à sua criticidade. Segundo ainda Branco filho (2006, p.20) ele define equipamentos classe B como sendo "[...] equipamentos que participam do processo produtivo, porém a parada destes equipamentos não interrompe a produção e por isso devem possuir um programa de manutenção preventiva que deve ser

executada dentro de uma faixa determinada de tempo". Desta forma os equipamentos tidos como B são aqueles de criticidade média. Já os equipamentos tidos como C são os de menor criticidade e de acordo com Branco filho (2006, p.21) são definidos como sendo "[...] equipamentos que não participam do processo produtivo e cuja manutenção preventiva pode deixar de ser executada".

b) Estruturação da manutenção

Uma vez avaliada a criticidade é necessário ser definida a estratégia de manutenção a ser adotada para cada equipamento de acordo com as práticas disponíveis na empresa e estruturar a equipe de manutenção para atender estas práticas. A estrutura da manutenção pode assumir uma variedade de formas, sendo a mais aplicável a uma determinada situação aquela que resulta da consideração dos diversos fatores que a influenciam, muito dos quais relacionados entre si.

O critério de definição da estratégia depende muito de cada empresa, pois envolve custo e com isso deve-se avaliar muito bem a relação custo x benefício, pois quanto mais manutenção preventiva for implantada maior será o custo para manter esta condição, por isso a necessidade de avaliar bem, o que é melhor para a empresa e implantar o que se definiu como estratégia.

Suzuki (1994) sugere que para os equipamentos classificados como A e B as manutenções planejadas devam ser realizadas, bem como para aqueles os quais a zero quebra/falha seja uma exigência legal. Para novos equipamentos deve se estabelecer inicialmente a manutenção preventiva e a análise das falhas pela manutenção, realizando o monitoramento para evitar recorrências.

A segunda etapa destina-se a adequar a equipe para atender a demanda da manutenção com relação à estratégia que foi definida pela empresa. Esta etapa é muito importante porque também envolve custo, pois quanto mais preventiva for implantada nos equipamentos, mais recursos serão necessários para realizá-la. Do mesmo modo a inspeção preditiva, que além de requerer mão de obra especializada e equipamentos específicos para a sua realização, algumas análises, como as de óleo lubrificante e isolante são realizadas com mão de obra contratada. Para a adequação da equipe a estratégia de manutenção alguns critérios precisam ser levados em consideração, tais como: definir as atividades a serem executadas, definir a especialidade

do mantenedor, determinar a carga de trabalho por especialista, e definir a composição e localização das equipes de trabalho.

Deve-se gastar tempo analisando os profissionais que irão compor as equipes. Uma boa equipe precisa ser eficiente e eficaz, ter bom relacionamento entre os membros e estar focada nos problemas a serem resolvidos.

c) Cadastro técnico dos equipamentos

O cadastro técnico refere-se à montagem de uma estrutura que tem por objetivo armazenar todas as informações dos ativos em um sistema técnico. Estas informações são organizadas de maneira formal, onde encontram-se cadastrados dados que seguem uma estrutura lógica e hierárquica. Segundo Suzuki (1994), os dados técnicos dos equipamentos são informações básicas que ajudam na avaliação dos equipamentos. O cadastro do equipamento deve conter dados importantes do seu ciclo de vida mostrando os históricos da manutenção e da operação do equipamento.

Nesta etapa deve-se montar a estrutura hierárquica e definir o local de instalação para cada equipamento e/ou instalação da empresa. O local de instalação representa o lugar em que a intervenção de manutenção é realizada. Ele representa a localização física do equipamento na área. Em seguida a equipe deve definir quais equipamentos estão correlacionados a este local de instalação e fazer uma associação.

No terceiro passo define-se os subconjuntos dos equipamentos e ao final deve-se montar a lista de sobressalentes para cada sub-conjunto. Esta hierarquia normalmente é montada dentro do *software* de gestão definido pela empresa, porém nada impede que seja utilizada planilha e/ou tabela dinâmica para este fim.

d) Classificação da quebra/falha

Quando um equipamento perde sua função padrão e ocorre uma parada não planejada associa-se isso a uma quebra, porém existem quebras que necessitam de um tempo de reparo maior que outras. O objetivo desta fase é definir os conceitos e níveis de quebra/falha. Para isso deve-se utilizar um gatilho de tempo para definir o que é quebra e o que são pequenas paradas do processo produtivo, chamadas na literatura de *chokotei*. Suzuki (1994) sugere que

as quebra/falhas sejam classificadas como maior, intermediaria ou menor dependendo do seu impacto no equipamento.

Em algumas empresas os registros das quebras são realizados por supervisórios instalados nos equipamentos. Basicamente, um sistema supervisório destina-se a capturar e armazenar em um banco de dados, informações sobre um processo de produção. As informações vêm de sensores que capturam dados específicos, conhecidos como variáveis de processo. No caso da manutenção a variável a ser controlada será a parada do equipamento por falha de manutenção nos seus componentes.

e) Indicadores de manutenção

Medir é uma necessidade fundamental à gestão. A empresa que opta por uma política de valorização dos tangíveis precisa de indicadores que possam medir resultados no fim de um período, pois, de acordo com Kaplan e Norton (1997), o que não é medido, não pode ser gerenciado. Tanto os indicadores quanto as suas metas são de extrema importância e precisam ser definidos de forma adequada em conjunto com o planejamento estratégico. Suzuki (1994) sugere que para compreender a situação dos equipamentos faz-se necessário fazer um levantamento das informações atuais, tais como, taxa de falhas e tempo de falha para assim estabelecer metas de modo a reduzir os resultados através da implantação da manutenção planejada. Além de medir, os indicadores ajudam a verificar o atingimento ou não das metas traçadas, eles são ferramentas básicas para o gerenciamento do sistema organizacional da manutenção e as informações que fornecem são essenciais para o processo de tomada de decisão. A função primordial da manutenção é garantir a disponibilidade dos equipamentos para produção a um menor custo possível, por isso os indicadores precisam estar alinhados deste contexto.

3.2 PASSO 02: RESTAURAR A DETERIORAÇÃO E CORRIGIR OS PONTOS FRACOS

Neste passo a manutenção tem um papel fundamental no apoio à manutenção autônoma, pois precisa eliminar as anomalias e colocar o equipamento em condições ideais de funcionamento, restaurar as condições básicas e iniciar a capacitação operacional. Duas atividades devem ser trabalhadas para a implantação desta fase, a saber:

a) Restaurar a deterioração forçada

Restaurar a deterioração de um equipamento necessita de uma integração forte entre a operação e a manutenção. Esta última deve tirar proveito da manutenção autônoma implantada pela produção. Suzuki (1994, p.168) afirma que:

[...] o primeiro passo no programa de manutenção planejada é apoiar as atividades de manutenção autônoma dos operadores pela restauração da deterioração acelerada, pela correção dos pontos fracos do projeto e pela restauração do equipamento em sua condição ótima.

O operador por passar a maior parte de sua jornada de trabalho em contato com o equipamento possui a vantagem de detectar anomalias de uma maneira mais rápida, ao contrário dos mantenedores. Com esse viés, o objetivo desta fase é utilizar a ferramenta de abertura de etiquetas da manutenção autônoma, por parte do operador para tornar conhecidas as anomalias e planejar sua resolução. Com isso, a manutenção e a operação devem restaurar as condições básicas dos equipamentos detectando as anomalias, resolvendo e retirando as etiquetas dos equipamentos. Com o aprendizado que vai se adquirindo com essas etiquetas, que são colocadas e retiradas, a manutenção deve começar a transferir o conhecimento para a operação capacitando eles a resolverem pequenos problemas e isso deve ser feito por meio de uma ferramenta chamada Lição Ponto a Ponto (LPP) e transferindo conhecimento para a própria manutenção aonde os mantenedores mais experientes devem capacitar os mantenedores menos experientes em problemas um pouco mais complexos e dar orientações para pequenas melhorias.

Uma outra ferramenta importante que deve ser implantada nesta fase para a detecção de anomalias é a manutenção preventiva realizada através das inspeções pela própria manutenção com o equipamento em funcionamento.

Branco filho (2006, p.65) define inspeção como sendo "Análise crítica efetuada em um item, verificando seu estado real em comparação com o exigido". A inspeção deve ser elaborada com uma periodicidade e um roteiro pré-definido e o mantenedor deve verificar se há a presença de anomalias nos pontos indicados. Se isso ocorrer o mantenedor deve removê-la tão imediata quanto possível, restaurando as condições básicas. Caso não seja possível à remoção imediata deve-se planejá-la para uma data próxima.

Viana (2002) afirma que as inspeções visuais devem monitorar os aspectos de funcionamento dos equipamentos, com um período de realização pré-definido, para que desta

forma possa ser possível detectar qualquer mudança mesmo que seja de pequena proporção que possa surgir nos equipamentos.

b) Prevenir a repetição da quebra/falha

O objetivo desta fase é iniciar a análise da quebra/falha propriamente dita. Esta ferramenta é uma das mais importantes da manutenção planejada para redução e eliminação da quebra/falha. Seu objetivo é investigar a quebra/falha ocorrida até encontrar a causa raiz que a originou e com isso implantar ações de bloqueio impedindo o seu ressurgimento. Suzuki (1994) sugere iniciar o uso da análise para tratar a quebra/falha intermediaria e a de grande potencial que param as linhas de produção.

Para isso, duas atividades devem ser desenvolvidas, a saber: a primeira é a definição de um fluxo para abertura e análise da quebra/falha e a segunda é a definição de um formulário padrão que vai servir como ferramenta de apoio para que os mantenedores sigam uma linha de raciocínio que os levem a encontrar a causa raiz da quebra/falha ocorrida nos equipamentos e propor ações de bloqueio para eliminá-las.

3.3 PASSO 03: CONSTRUIR UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÃO

Em uma indústria de processo existe uma grande variedade de equipamentos que precisam de manutenção, e os vários processos exigem diferentes regimes de manutenção e gerenciar esta quantidade de informações manualmente muitas vezes torna-se inviável. Neste passo deve-se definir um sistema que facilite o acesso rápido e confiável de todas as informações importantes para área de manutenção e as principais atividades a serem gerenciadas nesta etapa são:

a) Criar um sistema para gestão de informações

Os principais objetivos de criar um sistema de gestão da informação é para realizar o planejamento e a programação das atividades de manutenção, o controle dos indicadores, a gestão dos sobressalentes e a gestão da documentação técnica.

As informações precisam estar guardadas de forma organizada para que facilite a sua busca e precisa ser confiável para que a análise gere um diagnóstico fidedigno com a situação atual do equipamento.

O objetivo desta etapa é criar um sistema de gestão de informação eficiente. Isto não implica necessariamente ter algo computadorizado, embora à maioria das empresas assim prefira, pela facilidade e rapidez em obter os dados. De acordo com Suzuki (1994) a empresa deve estabelecer um sistema computadorizado de processamento de dados e alguns pontos chaves devem ser observados tais como: definir a tecnologia a ser utilizada para o armazenamento das informações, definir a forma de organização e padronização das informações e capacitar os usuários quanto à forma correta de informar os dados, para que estes possam ser transformados em informações úteis para uma tomada de decisão. Quanto mais simples forem estas definições, mais eficaz será o sistema de gerenciamento.

Os benefícios de uma gestão de informação eficiente são notórios, pois para que se possa tomar qualquer decisão, a manutenção precisa possuir informações organizadas e acessíveis de imediato. Estas informações servirão como base para os dados estatísticos, que uma vez expostos de forma clara e objetiva, servem de subsídios para que o gestor tenha o conhecimento pleno do comportamento dos ativos da organização de ponta a ponta. Ainda de acordo com Suzuki (1994), a empresa deve considerar os seguintes pontos chaves com relação ao gerenciamento das informações de manutenção, a saber:

b) Gerenciar os dados de quebra/falha

Neste tópico deve ser definido um sistema de gerenciamento sobre a quebra/falha ocorrida, que inclua os relatórios diários dos registros de quebra dos equipamentos, o número de quebras ocorridas e quantas destas quebras atingiram o gatilho definido pela empresa para serem utilizados nas reuniões de análise de quebra/falha.

Segundo Suzuki (1994, p.173),

Estas informações devem ser analisadas e disponibilizadas em intervalos regulares na forma de resumos periódicos das falhas. Isso ajuda a equipe a determinar a frequência da falha, o tempo inativo, e assim por diante para processos individuais ou equipamentos.

Deve ser criado também um relatório acumulativo referente aos registros de todas as quebras ocorridos em um determinado intervalo de tempo, com o objetivo de avaliar e priorizar trabalhos para redução da indisponibilidade dos equipamentos.

c) Informatizar o gerenciamento de orçamento da manutenção

Acompanhar e controlar os gastos da manutenção é uma atividade importantíssima para o sucesso de qualquer sistema de gestão da manutenção. Os recursos financeiros são limitados e a definição da estratégia de manutenção para os equipamentos escolhida pela empresa precisa ser seguida a risca.

Neste tópico deve ser definido um meio para acompanhar e controlar os gastos realizados através das contas de manutenção nos centros de custos definidos pela empresa. Segundo Suzuki (1994) um sistema de gerenciamento informatizado para o orçamento da manutenção deve gerar resumos de orçamento para tipos diferentes de trabalho de manutenção que permitam comparar a elaboração do orçamento e gastos reais sobre o mesmo período em anos diferentes para tipos diferentes de trabalho de manutenção ou sistema orçamentário. Os gastos devem obedecer o limite orçado para cada conta de despesa e a análise deve ser realizada para cada desvio deste limite.

As empresas querem cada vez mais produzir e reduzir os gastos, portanto a necessidade de se ter este controle dos custos de forma diária na manutenção é fundamental usando a estratégia definida de acordo com a relação custo-benefício.

O indicador de custo deve ser composto pelo somatório de todos os gastos com sobressalente, lubrificantes, aluguel de máquinas e equipamentos e serviço de mão de obra contratada. O valor orçado para as contas de manutenção pode ser definido anualmente, alinhado com as estratégias da empresa porém o seu acompanhamento deve ser no mínimo mensal.

O acompanhamento deste indicador deve ser feito comparando o gasto realizado no mês versus o valor orçado para a referida conta contábil de despesa.

Um ponto importante que precisa ser feito nesta fase é manter essa informação em gestão à vista para que seja de conhecimento de toda a equipe e esta possa contribuir de modo a não ocorrer gastos desnecessários.

d) Construir um sistema para controlar peças de reposição e unidades reservas

O dimensionamento do estoque de sobressalentes é uma das mais críticas etapas no planejamento dos recursos de manutenção, em função do impacto destes estoques sobre o desempenho dos equipamentos, através dos tempos de manutenção e do montante financeiro

envolvido. As atividades desenvolvidas nesta fase tem o objetivo de criar um gerenciamento para quantificar uma reserva técnica que garanta um nível de desempenho especificado pelo equipamento e auxilie na decisão do dimensionamento de sobressalentes através da definição da margem de segurança. Segundo Suzuki (1994) nesta fase devem ser implantadas tarefas para garantir a gestão das peças de reposição e unidades reservas, a saber:

- Parametrizar o estoque de peças conforme a frequência de manutenção;
- Determinar o ponto de segurança;
- Determinar a quantidade de peças em estoque;
- Definir os estoques mínimo e máximo;
- Definir os locais de armazenamento de acordo com a frequência de uso;
- Criar um fluxo de recuperação de peças danificadas e armazenamento e;
- Criar um banco de dados com informações técnicas dos equipamentos (peças específicas, desenhos e especificações técnicas).

Nesta fase deve ser inicializada a estruturação do estoque de peças reservas para atender às necessidades de troca dos itens dos equipamentos em manutenção, conforme a demanda, tanto para estoque de peças novas quanto para estoque de peças recuperadas.

3.4 PASSO 04: CONSTRUIR UM SISTEMA DE MANUTENÇÃO PERIÓDICA

Para este passo deve ser estruturada a manutenção preventiva. Este tipo de manutenção deve ser realizado baseado em um escopo de atividade pré-definido, chamado plano de manutenção, e obedecendo a intervalos periódicos para sua execução. Segundo Viana (2002, p.87) "Os planos de manutenção são o conjunto de informações necessárias, para a orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva". Com esta estratégia, a manutenção consegue prevê desgastes ou quebras que poderiam ocorrer nos equipamentos antecipando-se ao evento, mantendo desta forma as condições básicas do equipamento. A manutenção preventiva deve ser considerada a atividade mais importante da manutenção em uma empresa, pois envolve atividades sistemáticas baseadas no tempo e/ou na condição dos componentes que previnem as quebras. É por se tratar de ações preventivas a sua execução deve ter caráter obrigatório.

Nesta etapa deve ser realizada a elaboração dos planos de manutenção preventivos e alguns critérios antes desta elaboração devem ser respondidos com o objetivo de facilitar a implantação, a saber: (i) quais manutenções serão feitas? (ii) em quais equipamentos? (iii) com que frequência? (iv) por quem serão feitas? (v) como serão feitas? e (vi) com qual duração?.

Segundo Suzuki (1994, p.179), "Quando o equipamento falhar antes do intervalo de manutenção estabelecido, análise as razões e use os resultados para revisar o intervalo de manutenção e as tarefas antes do próximo serviço". Existem algumas maneiras que podem ser adotadas para se elaborar um bom plano de manutenção preventivo porém isto vai depender da quantidade e da qualidade das informações disponíveis que a empresa tem sobre os seus equipamentos. De qualquer forma, independente da maneira adotada o plano deve ser simples, funcional, objetivo e ter baixo custo para a sua execução.

3.5 PASSO 05: CONSTRUIR UM SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

Na manutenção preditiva são realizadas manutenções periódicas para verificar as condições atuais de funcionamento dos equipamentos, por isso ela também é chamada de manutenção baseada na condição.

A manutenção baseada na condição só acontece quando se encontra uma anomalia nas condições de funcionamento dos equipamentos. Existem duas importantes ferramentas para inspecionar a condição dos equipamentos. A primeira é a inspeção operacional autônoma, onde o próprio operador faz a inspeção de alguns componentes durante a limpeza. A segunda é a inspeção preventiva, onde o mantenedor faz a inspeção de vários componentes periodicamente, seguindo um roteiro previamente planejado. A prática da preditiva é um tipo de manutenção preventiva, onde um técnico especializado faz a inspeção de vários componentes com equipamentos específicos e de alta precisão, também de forma periódica. Na implantação da manutenção preditiva duas atividades devem ser desenvolvidas, a saber:

a) Desenvolvimento das tecnologias de diagnóstico preditivo

Nesta fase deve ser desenvolvida a tecnologia para o diagnóstico preditivo através do levantamento de informações do perfil de perdas e das análises de quebra/falha relativas aos equipamentos.

De acordo com Suzuki (1994, p.191),

Para conduzir a manutenção baseada nas condições ou a preditiva deve ser possível avaliar características que indiquem a confiabilidade da deterioração (conhecidas como características substitutas). Tais características devem incluir vibração, temperatura, pressão, taxa de fluxo, contaminação do lubrificante, redução da espessura da parede, crescimento do defeito metalúrgico, taxa de corrosão e resistência elétrica.

A preditiva deve ser implantada na manutenção com o intuito de monitorar a condição dos ativos fazendo uma previsão das falhas incipientes e assim, administrar o momento mais indicado para que a equipe de manutenção faça a intervenção no equipamento.

Além do monitoramento das condições do equipamento, a preditiva pode ser usada para o recebimento de máquinas novas, ou para a aceitação das mesmas após reparos, já que consegue identificar as anormalidades presentes.

b) Definir as técnicas preditivas a serem utilizadas

Existem no mercado técnicas preditivas disponíveis para a prevenção do surgimento de quebra/falha, porém não é necessário utilizar todas em um mesmo equipamento. É preciso analisar o custo benefício e verificar se a técnica realmente se aplica ao equipamento. O objetivo deste tópico é definir a técnica de manutenção preditiva a ser utilizada e em quais equipamentos aplicá-la. As técnicas preditivas devido ao seu alto custo são implantadas em equipamentos classe A, porém caso haja necessidade e recurso disponível pode ser utilizado em equipamentos classe B, não sendo recomendado utilizá-las em equipamentos classe C, devido à baixa importância deles.

3.6 PASSO 06: AVALIAR O SISTEMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA

Nesta etapa deve ser realizada uma avaliação para constatar se tudo que foi construído nas etapas anteriores está contribuindo para alcançar a quebra zero. De acordo com Suzuki (1994, p.195), "[...] o ponto crucial da avaliação do sistema de manutenção é avaliar quanto bem os departamentos de manutenção e produção trabalham juntos".

Deve ser verificado o que está contribuindo e o que não está, e corrigir os desvios sempre tomando como base os indicadores de desempenho implantados na manutenção. A atividade a ser desenvolvida nesta etapa é:

a) Elaborar um diagnóstico da implantação

Nesta fase deve ser criado um documento com critérios e parâmetros para avaliar os requisitos solicitados em cada etapa de implantação.

O objetivo do diagnóstico é verificar se as atividades de manutenção que foram desenvolvidas durante a implantação de cada etapa estão atingindo os resultados esperados.

A implantação de qualquer modelo de gestão pode carregar em si, erros que poderão afetar os resultados almejados. O diagnóstico de implantação é utilizado para nortear as diversas atividades da manutenção, e se corretamente interpretado, pode ser utilizado como estratégia no alcance das metas e dos objetivos traçados. Os benefícios do diagnóstico estão muito relacionados à sua área de aplicação, contudo os mais interessantes para a empresa estão ligados àqueles derivados das ações propostas após o diagnóstico, que por sua vez devem estar alinhados à estratégia.

Assim, podemos afirmar que, o diagnóstico de implantação é uma ferramenta importante para o desenvolvimento e crescimento da manutenção. Através dele é possível ter um auxílio real na tomada de decisão, que possibilita solucionar problemas, melhorando os resultados e criando condições para o sucesso da empresa.

Suzuki (1994, p.195) que "O objetivo da manutenção planejada não é meramente planejar o tempo e as técnicas de manutenção, mas também dar confiabilidade e funcionalidade esperada ao equipamento".

Neste contexto, um aspecto importante da manutenção planejada é que ela busca sistematizar as técnicas de manutenção mais eficazes nas eliminações das falhas que conduzem a deterioração ou perda total das funções de produção do equipamento.

O desempenho da produção nas empresas é fortemente influenciado pela manutenção, no que diz respeito ao planejamento da manutenção ao qual envolvem tarefas significativas como a realização das inspeções, lubrificação, ajustes, reparos e substituições de componentes que possam garantir a confiabilidade operacional, a qualidade do produto final e a segurança das pessoas, maquinários e instalações. O papel dos equipamentos na produção torna-se um fator importante e por isso, é vital mantê-los em uma condição ideal de uso e operando efetivamente. Para este atingimento as empresas de manufatura esforçam-se continuamente para aumentar a eficiência e a eficácia nos processos de gerenciamento de manutenção. O foco é colocado na eliminação das falhas inesperadas que causam custos desnecessários e provocam as perdas de produção.

4 IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA FÁBRICA DE GARRAFAS PLÁSTICAS

O objetivo deste capítulo é apresentar a implantação dos conceitos e ferramentas da manutenção planejada através de um estudo de caso realizado em seis equipamentos pertencentes a uma fábrica de sopro de garrafas plásticas.

A implantação destes conceitos e ferramentas ocorre em seis passos, conforme apresentado no capítulo 3 e avança gradativamente através dos equipamentos piloto de acordo com a metodologia proposta para a implantação e em conformidade com as decisões tomadas pela equipe de implantação.

Além disso, em cada passo da manutenção planejada, os conceitos e as ferramentas são implantados de maneira gradativa, para facilitar o entendimento e a aplicação pelos mantenedores e operadores.

4.1 A EMPRESA

A empresa observada trata-se de uma empresa nacional presente em 5 estados brasileiros onde opera em 4 segmentos do mercado e está a 72 anos atuando no Brasil. A empresa é composta por quatro unidades, estrategicamente distribuídas pelo Brasil: uma matriz, em Paulista/PE, e filiais em Salvador/BA, Rio de Janeiro/RJ, Pará/PA e Fortaleza/CE. Juntas, tem a capacidade instalada para produzir, anualmente, 140 mil toneladas de água sanitária, 18 mil toneladas de sabonetes, 50 mil toneladas de vinagre, 20 mil toneladas de detergente entre outros produtos. Dentre os 350 produtos existentes no portfólio, a empresa detém, entre as líderes de mercado, as marcas Brilux, Even, Sonho, além do vinagre Minhoto. Com mais de 6 mil clientes ativos, o grupo gera atualmente mais de 2.500 empregos diretos e mais de 500 profissionais de vendas.

A planta industrial onde o estudo de caso foi realizado é uma fábrica de produtos de limpeza doméstica, higiene pessoal, condimento e inseticida localizada em Pernambuco no município de Paulista. A planta é composta por 3 áreas de produção e dentro delas comportam 6 sistemas de preparação e 13 setores produtivos com um total de 388 equipamentos. A área de fabricação de garrafas plásticas, foco deste trabalho, possui 117 equipamentos distribuídos em 3 setores produtivos chamados de polietileno 1, polietileno 2 e PET. Deste total, 36 estão localizados no polietileno 1, 48 no polietileno 2 e 33 no setor PET.

As garrafas sopradas no setor de polietileno 1 são destinadas ao envase de produtos clorados, as do polietileno 2 são destinadas ao envase dos não clorados e as do PET são para ambos os envases, porém diferem dos outros dois setores devido ao tipo de resina utilizada na fabricação. A água sanitária é um produto que pertence à classe de produtos chamados de clorados devido à utilização do hipoclorito de sódio (NaClO) na sua fabricação. Os amaciadores, detergentes e lava louças são exemplos de produtos pertencentes à classe dos não clorados, pois não utilizam o hipoclorito de sódio (NaClO) em sua fabricação.

4.2 OS EQUIPAMENTOS PILOTOS

Alinhada com a estratégia de vendas e lucratividade dos seus produtos, foram escolhidos 25 equipamentos de 3 diferentes áreas de produção como equipamentos piloto para a implantação da manutenção planejada. Dentre os 25 equipamentos escolhidos, 6 deles estão localizados no setor do sopro polietileno 1 que foi a área de estudo deste trabalho. Os equipamentos escolhidos do setor do polietileno 1 para a implantação da manutenção planejada foram:

Duas máquinas de sopro, chamadas de sopradora 4 e sopradora 9;

Duas máquinas para verificação da existência de furos em garrafas, chamadas de testador de furos 4 e 9;

Um moinho, chamado de moinho 9 e

Uma geladeira, chamada de geladeira 9.

4.2.1 Princípio de funcionamento dos equipamentos pilotos

O sopro convencional é o tipo de processo utilizado nos equipamentos piloto para a fabricação de garrafas no setor do polietileno 1.

De acordo com a *AOKI Technical Laboratory* (2005) o processo de moldagem por sopro convencional é empregado quando se deseja a fabricação de produtos ocos e recipientes que podem variar de tamanho, peso e geometria. Este processo também é conhecido por processo de extrusão continua, pois, a rosca da extrusora funciona continuamente, plastificando o granulado e bombeando a resina fundida através do cabeçote e da matriz para produzir o *parison* vertical que flui da matriz.

O processo por sopro convencional é simples e consiste na transformação da resina termoplástica em um tubo de plástico maleável chamado *parison* que é insuflado dentro de um molde resfriado, moldando assim a sua forma final. Neste processo a forma final do produto depende exclusivamente do molde. Segundo a *AOKI Technical Laboratory* (2005) o processo de moldagem por sopro convencional pode ser subdividido em três partes, cada uma com suas características e importância.

Fusão/plastificação da resina: Ocorre dentro da extrusora (cilindro/rosca) e o perfil de temperatura depende do tipo de resina que é utilizado.

Formação do *parison*: Neste estágio a resina deve estar totalmente plastificada, sendo a temperatura da massa, que depende do tipo de resina, o controle mais importante como forma de evitar os efeitos visco-elásticos (escorramento, variação de tamanho, inchamento, etc.) no *parison*.

Sopro do *parison*: Essa etapa é feita num molde onde o produto assume sua forma reproduzindo a cavidade do molde que é resfriado geralmente com água gelada.

Após o *parison* ter sido formado pela rosca extrusora, as duas metades do molde fecham-se em sua cavidade, a qual possui a geometria do produto desejado. O conjunto então é soprado internamente com ar comprimido, pressionando o *parison* contra as paredes internas do molde, forçando a assumir a forma onde em seguida é cortado por uma faca. A pressão interna é mantida em torno de 6 kg/cm², com o molde fechado por algum tempo para que o plástico, em contato com o molde geralmente resfriado com água gelada se solidifique. Neste tipo de processo a matéria prima mais utilizada é o Polietileno de Alta (PEAD), média e baixa densidade.

As duas sopradoras piloto a 4 e a 9 fabricam garrafas utilizando o processo de sopro convencional. Elas são compostas pelo sistema de alimentação de resina, pela rosca extrusora, pelo conjunto formador da garrafa e pelo sistema de transporte.

A capacidade de produção nominal da sopradora 4 é de 2.400 caixas/hora e cada caixa contém 12 garrafas de 1 litro. A capacidade de produção nominal da sopradora 9 é de 4.800 caixas/hora e cada caixa contém 12 garrafas de 1 litro.

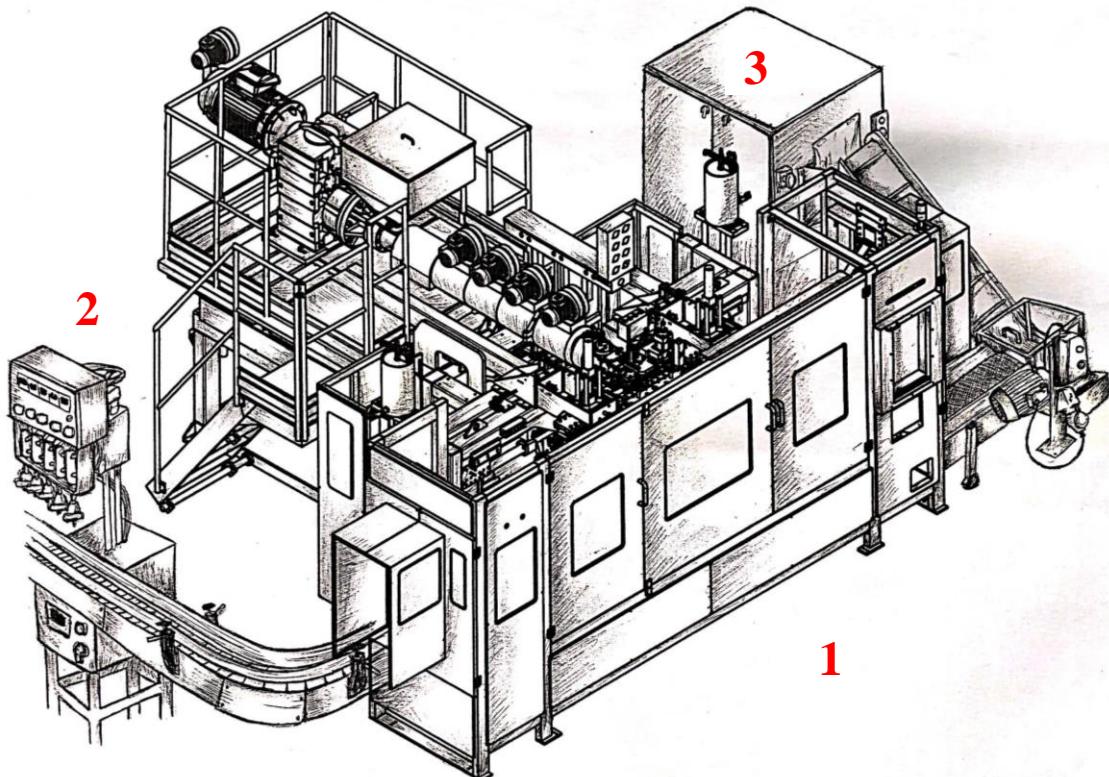
O testador de furos é um equipamento cuja função é a de realizar o teste de vazamento nas garrafas através da injeção de ar comprimido em baixa pressão. Ele fica instalado no final

da esteira de transporte por onde passam as garrafas fabricadas e ao constatar uma queda de pressão após a injeção de ar comprimido dentro da garrafa, este sistema provocar a rejeição e expulsão automática da garrafa por vazamento.

O moinho tem a função de fragmentar as rebarbas que são descartadas após o processo de formação das garrafas transformando-as em pequenas partículas que serão misturadas as resinas, nas suas devidas proporções e reutilizadas na fabricação de novas garrafas.

A geladeira é um equipamento utilizado para resfriar a água utilizada durante o processo de moldagem das garrafas. As sopradoras 4 e 9 diferenciam uma da outra devido ao tamanho físico e a capacidade de produção, porém nos demais aspectos são idênticas. Através da figura 3 podemos observar a sopradora 9 juntamente com o testador de furos e o moinho.

Figura 3 – Sopradora convencional



Fonte: Lima (2017).

O ponto 1 representa a parte frontal da sopradora, onde fica o sistema de moldagem e o sopro das garrafas. O ponto 2 representa o testador de furos que fica no final da esteira transportadora de garrafas e o ponto 3 representa o moinho de rebarbas que fica no final da esteira transportadora de rebarbas.

4.3 A EQUIPE DE IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA

Com a implantação do TPM os pilares que sustentam a metodologia foram divididos e coube a gerência da manutenção apoiada pela secretaria do TPM e por uma consultoria externa realizar a implantação da manutenção planejada nos equipamentos piloto escolhidos pela empresa. Para obter êxito na implantação, a observação de duas premissas, fora essencial. A primeira delas foi à formação de uma equipe multifuncional e a segunda foi o conhecimento do processo de fabricação de garrafas plásticas por essa equipe além do conhecimento do princípio de funcionamento dos equipamentos, sistemas e subsistemas funcionais em que esses estão inseridos. Desta forma a implantação iniciou-se com a formação da equipe.

O objetivo de montar uma equipe multifuncional era ter profissionais que detivessem habilidades e conhecimentos específicos em suas áreas de atuação para analisar os aspectos e impactos da implantação e validar os conceitos e ferramentas da manutenção planejada encontrando a maneira mais eficiente e eficaz de implantá-las nos equipamentos piloto escolhidos pela empresa. A equipe escolhida foi composta pelo gerente, dois supervisores, dois encarregados, um planejador e um almoxarife todos pertencentes ao quadro da manutenção e um supervisor pertencente ao quadro da produção. As reuniões do pilar aconteciam semanalmente com duração de 2 horas e com registro em ata para que a cada reunião realizada os assuntos tratados fossem relembrados e caso houvesse a necessidade fossem discutidos novamente.

A formação de uma equipe multidisciplinar foi o diferencial para o sucesso do projeto. Apesar do apoio de uma consultoria externa com a disposição de um profissional com grande experiência no assunto, a maior parte das atividades foi totalmente desenvolvida pela equipe interna da empresa através das discussões realizadas nas reuniões semanais. A contribuição através do conhecimento dos membros desta equipe proporcionou além da redução de erros que poderiam ter sido cometidos devido ao não conhecimento da ferramenta, gerou um ganho de tempo com relação a fazer a adequação da ferramenta à realidade dos equipamentos.

4.4 A IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA

A implantação da manutenção planejada seguiu o modelo descrito no capítulo 3 deste trabalho. Através da tabela 2 pode-se ter um comparativo do modelo apresentado pelo JIPM

com a descrição dos passos e das atividades com o modelo implantado nos equipamentos da fábrica de sopro de garrafas plásticas.

Tabela 2 - Correlação entre o modelo apresentado pelo JIPM e o modelo implantado nos equipamentos na fábrica de sopro de garrafas plásticas.

PASSOS	MODELO JIPM	MODELO APLICADO A EQUIPAMENTOS DE SOPRO DE GARRAFAS PLÁSTICAS
Passo 1: Avaliar o equipamento e entender as condições atuais	1. Classificação ABC dos equipamentos 2. Estruturação da manutenção 3. Cadastro técnico do equipamento 4. Classificação da quebra/falha 5. Indicadores de manutenção	1. Implantado 2. Implantado 3. Implantado 4. Implantado 5. Implantado
Passo 2: Restaurar a deterioração e corrigir os pontos fracos	1. Restaurar a deterioração forçada 2. Prevenir a repetição da falha	1. Implantado 2. Implantado
Passo 3: Construir um sistema de gerenciamento de informação	1. Criar um sistema para gestão de informações 2. Gerenciar os dados de quebra/falha 3. Informatizar o gerenciamento de orçamento da manutenção 4. Construir um sistema para controlar peças de reposição e unidades reservas	1. Implantado 2. Implantado 3. Implantado 4. Implantado
Passo 4: Construir um sistema de manutenção periódica	1. Elaborar os planos de manutenção preventivos	1. Implantado
Passo 5: Construir um sistema de manutenção preditiva	1. Desenvolvimento das tecnologias de diagnóstico preditivo 2. Definir as técnicas preditivas a serem utilizadas	1. Implantado 2. Implantado
Passo 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada	1. Elaborar um diagnóstico da implantação	1. Não implantado

Fonte: A Autora (2019).

Através da tabela 2 pode ser observado que todas as atividades pertencentes aos passos 1, 2, 3, 4 e 5 foram implantadas. O passo 6 faz referência à elaboração e realização de um diagnóstico da implantação da metodologia da manutenção planejada. O objetivo deste diagnóstico é elaborar um inventário para que possa ser observados os desvios na implantação da metodologia e posteriormente corrigi-los. A implantação da manutenção planejada na fábrica de sopro foi concluída, porém necessitava de um prazo após a implantação para que a prática consolida-se e houvesse dados suficientes para a realização do diagnóstico da

implantação. Devido a este motivo, até o termo deste trabalho a atividade pertencente ao passo 6 não havia sido concluída. Abaixo serão escritas as atividades pertencentes a cada passo e apresentado o modo como elas foram implantadas nos equipamentos pertencentes a fábrica de sopro de garrafas plásticas.

4.4.1 Passo 01: Avaliar o equipamento e entender as condições atuais

O início da implantação dos passos originou-se com a atividade de priorização dos equipamentos. A empresa onde o estudo foi realizado utiliza diferentes tipos de equipamentos e mesmo que as unidades e componentes destes equipamentos sejam do mesmo tipo, eles têm uma importância diferente, dependendo da sua função no processo.

Apesar da empresa já ter definido os equipamentos piloto que seriam implantados a manutenção planejada, a orientação dada à equipe pela gerência da manutenção, foi a de obedecer a todos os passos e atividades da implantação da metodologia para que desta forma pudesse ser observada as dificuldades e assim validar as soluções além de gerar o aprendizado para toda a equipe.

Para validar os equipamentos que receberiam a manutenção planejada, foi implantado os cadastros e os diários dos equipamentos para que depois, com base nas informações fornecidas pelos diários e pelos responsáveis pelos diferentes setores, a priorização dos equipamentos pudesse ser feita de acordo com os critérios pré-estabelecidos.

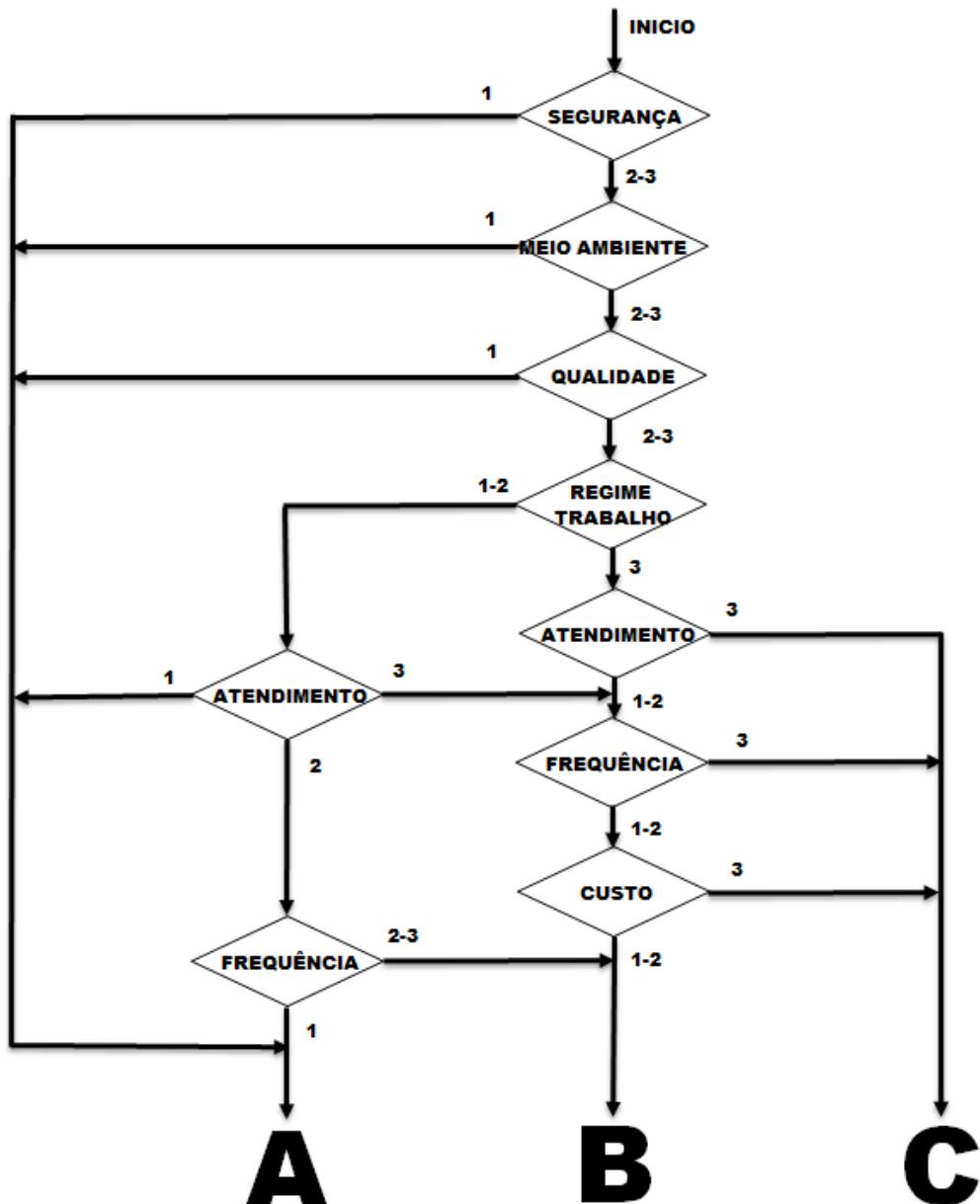
a) Classificação ABC dos equipamentos

Neste trabalho foi utilizado o método de classificação ABC, também conhecida como curva ABC ou pareto 80-20, como ferramenta decisória para classificar os equipamentos e desta forma direcionar os esforços e a estratégia de manutenção a ser adotada para cada um. Para utilizar o método de classificação ABC foi necessário montar um fluxo decisório com os fatores de avaliação relevantes para a empresa e definir uma tabela de graduação para cada fator. Desta forma ao final da classificação baseado na visão estratégica da empresa foi feita a definição do conceito de equipamento A, B e C.

Na montagem do fluxo decisório foram considerados sete fatores, a saber: (i) segurança; (ii) meio-ambiente, (iii) qualidade; (iv) regime de trabalho; (v) atendimento; (vi) frequência e (vii) custo. Estes fatores foram organizados dentro de um fluxo, do maior para o

menor, de acordo com o grau de importância e levando em consideração a política estratégica da empresa. A figura 4 mostra o fluxo decisório utilizado para a classificação ABC dos equipamentos.

Figura 4 – Fluxo decisório de classificação ABC



Fonte: Adaptado de Suzuki (1994).

Após a definição do fluxo decisório foi criada uma matriz para avaliar qual o impacto que o fator avaliativo possuía no processo. Este impacto foi graduado em três níveis, sendo o grau 1 o de maior impacto, o grau 2 moderado e o 3 de baixo impacto. A tabela 3 apresenta a matriz dos fatores avaliativos juntamente com suas respectivas graduações. As lacunas dos

fatores de atendimento, frequência e custo sofreram variações de acordo com cada equipamento avaliado devido ao nível de seu impacto no processo produtivo.

Tabela 3 - Matriz de impacto dos fatores de avaliação

FATORES DE AVALIAÇÃO	GRADAÇÃO		
	GRAU 1	GRAU 2	GRAU 3
SEGURANÇA Riscos potenciais para as pessoas e equipamentos/instalações	A falha provoca graves efeitos sobre o homem e equipamentos/instalações.	A falha acarreta riscos ao homem e/ou equipamentos/instalações	A falha não produz consequências
MEIO AMBIENTE Riscos potenciais para o meio ambiente	A falha produz aspectos que causam severo impacto ao meio ambiente, requer estudo detalhado e investimento significativo para a sua regularização.	A falha produz aspectos que causam impacto moderado ao meio ambiente, requer estudo e investimento para a sua regularização.	A falha produz aspectos que causam impacto de fácil reversibilidade ao meio ambiente com pouco investimento
QUALIDADE Efeito da quebra/falha dos equipamentos sobre a qualidade do produto	A falha afeta muito a qualidade gerando produtos fora do especificado.	A falha faz variar a qualidade do produto	A falha não produz efeito sobre a qualidade do produto
REGIME DE TRABALHO Tempo de operação do equipamento quando programado	É exigido em tempo integral	É exigido aproximadamente a metade do período	Uso ocasional
ATENDIMENTO Efeito da falha sobre as interrupções do processo produtivo	A falha provoca interrupção que pode resultar em arada geral da fábrica.	A falha causa intervenções que podem resultar em parada de uma linha específica	A falha não provoca interrupções no processo produtivo ou existe componente reserva
FREQUÊNCIA Quantidade de falhas por período de tempo (Taxa de falhas)	Muitas paradas devido a quebras Mais de três por ano.	Paradas ocasionais por quebras De duas a três por ano	Paradas pouco frequentes Menos de duas por ano
CUSTOS Mão de obra e materiais envolvidos no reparo da função	Custos elevados (Mais de U\$\$. 2 Mil)	Custos médios (Entre U\$\$. 500 a 2 Mil)	Custos baixos (Menos de U\$\$. 500)

Fonte: Adaptado de Suzuki (1994).

Em seguida foi realizado a avaliação dos 6 equipamentos da fábrica de sopro de garrafas plásticas. Para facilitar a aplicação do fluxo decisório foi montada uma planilha em *Excel* contendo os equipamentos a serem avaliados e em seguida eram pontuados de acordo com o grau dos fatores avaliativos, tendo no final o resultado da classificação ABC. Através do fluxo decisório tem-se a tomada de decisão para cada fator conforme o grau definido na tabela de impacto dos fatores de avaliação.

Tomando como exemplo a classificação da sopradora 4, observa-se que:

Com relação ao fator de avaliação “segurança” o equipamento foi avaliado com grau 3 de gradação, pois caso ocorra uma falha no equipamento, está falha não provocará consequências para as pessoas e nem para os equipamentos/instalações. De acordo com o fluxo decisório de classificação, caso o equipamento tenha sido avaliado como grau 3 no fator de avaliação “segurança”, ele também precisa ser avaliado com relação ao fator de avaliação “meio-ambiente”.

Com relação ao fator de avaliação “meio-ambiente” o equipamento foi avaliado com grau 3 de gradação, pois caso ocorra uma falha no equipamento, está falha pode produzir aspectos que causam impacto de fácil reversibilidade ao meio ambiente com pouco investimento. De acordo com o fluxo decisório de classificação, caso o equipamento tenha sido avaliado como grau 3 no fator de avaliação “meio-ambiente”, ele precisa também ser avaliado com relação ao fator de avaliação “qualidade”.

Com relação ao fator de avaliação “qualidade” o equipamento foi avaliado com grau 1 de gradação, pois caso ocorra uma falha no equipamento, está falha pode afetar muito a qualidade gerando produtos fora do especificado. De acordo com o fluxo decisório de classificação, caso o equipamento tenha sido avaliado como grau 1 no fator de avaliação “qualidade” automaticamente ele é classificado como um equipamento tipo A. Desta mesma forma foram avaliados todos os equipamentos pilotos pertencentes à fábrica de sopro de garrafas. A tabela 4 mostra em número absoluto o resultado da classificação ABC dos 6 equipamentos piloto da fábrica de sopro de garrafas plásticas.

Tabela 4 – Resultado da classificação ABC dos equipamentos piloto

EQUIPAMENTO	CLASSIFICAÇÃO ABC		
	A	B	C
Sopradora 4	1	-	-
Testador de furos 4	1	-	-
Sopradora 9	1	-	-
Testador de furos 9	1	-	-
Moinho 9	-	-	1
Geladeira 9	1	-	-
Total	5	0	1

Fonte: A Autora (2018).

Após a aplicação do fluxo decisório e da matriz de impacto dos fatores de avaliação pode-se observar através do resultado da classificação ABC que: 83% dos equipamentos avaliados foram classificados como A, 17% classificados como C e nenhum classificado como B.

Após a classificação ABC foi necessário realizar a definição do conceito de equipamento A, B e C. De acordo com o plano estratégico da empresa estudada, foram definidos como A os equipamentos de confiabilidade máxima, como B os de disponibilidade máxima e como C os de custo mínimo, conforme a definição abaixo:

Equipamento A: São aqueles onde sua quebra/falha interrompe o processo produtivo, podendo causar acidentes, danos ambientais e perda de qualidade. São equipamentos que demandam alta confiabilidade;

Equipamento B: São aqueles de uso ocasional, que em caso de quebra/falha podem ocasionar parada no processo produtivo. Sua disponibilidade deve ser alta;

Equipamento C: São aqueles necessário ao processo produtivo, mas que sua quebra/falha não traz nenhum transtorno ao processo produtivo. A eles se aplicará a política do custo mínimo.

b) Estruturação da manutenção

Tendo concluído a classificação ABC dos equipamentos, as atividades seguintes foram: definir o tipo de manutenção a ser adotado para cada equipamento de acordo com a criticidade e estruturar a equipe de manutenção para atender cada estratégia adotada. A tabela 5 mostra a correlação entre o tipo de manutenção adotado e a classificação ABC dos equipamentos.

Tabela 5 – Correlação entre tipo de manutenção e equipamento

Tipos de Manutenção	Equip. (A)	Equip. (B)	Equip. (C)	Total	Implantação
Preditiva (baseado na condição)	4	0	0	4	67%
Preventiva (baseado no tempo)	5	-	1	6	100%
Inspeção operacional autônoma	5	0	1	6	100%
Manutenção corretiva	0	0	0	0	0%

Fonte: A Autora (2018).

Podemos observar, de acordo com a tabela 5, a distribuição dos 4 tipos de manutenção definidos pela manutenção de acordo com a classificação ABC dos 6 equipamentos piloto.

Para a classe de equipamento tido como A foi feita a adoção da manutenção preditiva, preventiva e inspeção operacional autônoma.

Para a classe tida como B foram definidos os tipos de manutenção preventiva e inspeção operacional autônoma.

E para os equipamentos da classe tida como C, foi definida a adoção da manutenção preventiva. A manutenção corretiva foi adotada para a parte de iluminação onde a troca das lâmpadas só era realizada mediante a sua queima.

A definição da estratégia de manutenção a ser adotada pela empresa em estudo foi o norteador das atividades da manutenção. O sistema foi estruturado em atividades preventivas e corretivas e através da classificação ABC dos equipamentos pôde-se priorizar e implantar os tipos de manutenção existentes na literatura.

c) Estruturar a equipe de manutenção:

Com a conclusão da classificação ABC e a definição das estratégias para cada classe de equipamento, a etapa seguinte foi realizar a adequação da equipe de manutenção para atender de forma eficiente a estas estratégias. Para isso foi necessário realizado o levantamento de algumas informações, a saber: as atividades a serem executadas, o tempo de execução de cada atividade, a periodicidade de cada atividade levantada e a definição da carga horária de trabalho de cada mantenedor.

A fábrica de sopro funciona das 6 horas da manhã da segunda-feira às 6 horas da manhã do domingo. Considerando que uma semana tem 7 dias de 24 horas, ou seja, 168 horas, e que a fábrica pára 24 horas por semana, calcula-se que em uma semana, a fábrica funciona 144 horas.

Devido à existência de paradas emergenciais nos equipamentos cuja origem está correlacionada a problemas de manutenção, fez-se necessário dividir a equipe de manutenção que atende a área em duas frentes de atuação. Uma destinada ao atendimento emergencial e a outra destinada às atividades planejadas. Cada mantenedor deve cumprir uma carga horária semanal de 44 horas, que pode ser administrada através dos regimes de trabalho disponibilizados pelo setor de recursos humanos.

Atualmente para o atendimento às ocorrências emergenciais que podem ocorrer durante as 144 horas de funcionamento dos equipamentos em regime de trabalho de 6X1, ou seja, 6 dias funcionando e 1 parado, a manutenção disponibiliza de 2 mecânicos e 4 eletricistas plantonistas. Os mecânicos seguem o regime de trabalho 6x1 e os eletricistas seguem o regime de trabalho 12x36, ou seja, trabalham 12 horas e folgam 36 horas. A diferença no regime de trabalho de ambas as equipes ocorre devido aos mecânicos atenderem exclusivamente os equipamentos deste setor e os eletricistas atenderem além destes equipamentos aos demais que compõe a empresa.

Para o atendimento as atividades preventivas, foram disponibilizados 3 mecânicos e 2 eletricistas. E para o atendimento da preditiva foi destinado um eletricista especializado. O regime de trabalho destes é de segunda a sábado das 07h30min às 16h30min.

Para a realização das análises de quebra/falha, por estar vinculada as ocorrências emergências, foi adicionada as atividades dos plantonistas com o apoio do supervisor e do encarregado de manutenção elétrica, visto que o setor não disponibiliza de encarregado para dar suporte técnico à manutenção mecânica.

A tabela 6 mostra a estrutura de mão de obra necessária para atender a estratégia de manutenção adotada, tomando como base para o cálculo o tempo total para execução das atividades e a carga horaria de trabalho de cada mantenedor.

Tabela 6 – Estrutura da equipe de manutenção

Atividades de manutenção	Tempo total para execução da atividade (Horas)	Carga horária mantenedor/dia (Horas)	Periodicidade da atividade (Dias)	Nº de mantenedor p/ execução da atividade	Especialidade	Regime de trabalho
Preditiva ELE (Baseado na execução)	8	8	90	1,0	Eletricista	Administrativo
Preventiva MEC (baseado no tempo)	20	8	30	2,5	Mecânico	Administrativo
Preventiva ELE (baseado no tempo)	16	8	30	2,0	Eletricista	Administrativo
Inspeção operacional autônoma	1	8	7	0,1	Operador	Revezamento (6x1)
Atendimento emergencial	24	8	1	3,0	Mecânico	Revezamento (6x1)
	48	12	1	4,0	Eletricista	Revezamento (12x36)

Fonte: A Autora (2018).

De acordo com a tabela 6, a quantidade de recurso humano necessário para a execução da manutenção preventiva seria de 2,5, porém como o recurso de mão de obra não pode ser fracionado, este número foi arredondado para 3. Outra observação se faz quando ao número do recurso da mão de obra necessária para o atendimento emergencial das ocorrências mecânica. De acordo com o cálculo, seriam necessários 3 mecânicos e atualmente a área só dispõe de 2. A ausência deste terceiro recurso acarreta horas extras e o desvio da mão de obra destinada para as atividades de manutenção preventiva para o atendimento as corretivas emergenciais. Devido à falta deste recurso, por mês é registrado uma média de 250 horas de equipamento parado aguardando manutenção.

d) Cadastro técnico dos equipamentos

O cadastro técnico dos equipamentos referente à estruturação da hierarquia dos equipamentos foi à atividade seguinte realizada para implantação da etapa. O objetivo desta tarefa foi de transferir as informações dos equipamentos da planilha de classificação ABC para dentro do *software* de gestão da empresa. O *software* permite que os equipamentos, conjuntos e subconjuntos sejam organizados por hierarquia formando desta maneira a árvore de local de instalação. O objetivo de criar a árvore de local de instalação é de identificar e

localizar os equipamentos, conjuntos, subconjuntos e demais periféricos adquiridos pela empresa dentro da planta industrial.

Antes de iniciar o cadastro foi necessário fazer uma padronização das informações para se obter uma harmonia com as informações incluídas no sistema. O *software* de gestão da empresa oferece quatro níveis hierárquicos para o cadastro da árvore de local de instalação. Os níveis possuem um limite de 15 caracteres para inclusão de informações e sobre esta premissa foi definido os códigos para informar o estabelecimento, a área, o setor e a linha/equipamento de produção pertencente à empresa.

A nomenclatura utilizada para identificar cada hierarquia foi definida através de uma sequência de números e letras, da seguinte forma: Nível 1: Estabelecimento (NNN) com três números, Nível 10: Área (NNNXXX) com três números e três letras, Nível 20: Setor (NNNXXX-XXXX) com três números e sete letras e Nível 999: Linha/Equipamento (NNNXXX-XXXX-XXNN) com cinco números e nove letras.

A figura 5 mostra a árvore de local de instalação dos equipamentos piloto, do 1º ao 4º nível, criada dentro do *software* de gestão da empresa.

Figura 5 – Árvore de local de instalação dos equipamentos piloto do 1º ao 4º nível



Fonte: Sistema *Totvs* – Datasul (2018).

Para o nível tido como 1 foi criado o local de instalação 101 fazendo referência à unidade matriz, com sede em Pernambuco. Para o nível tido como 10 foi criado o local 101SOP fazendo referência à área do sopro. Para o nível 20 foram criados 03 locais de instalação fazendo referência às três fábricas de sopro (polietileno 1, polietileno 2 e PET) e

para o nível 999 foram criados 03 locais de instalação fazendo referência aos 3 setores internos de cada fábrica.

e) Classificação da quebra/falha

Outra atividade desenvolvida nesta etapa foi a definição do conceito e níveis de quebra/falha. Neste trabalho de implantação foi definido como quebra/falha as interrupções nos equipamentos com tempo de reparo superior a 10 minutos, com ou sem troca de componentes. Porém nos casos em que o tempo de reparo é de até 10 minutos, definiu-se estas paradas não planejadas como *chokotei*. Para se chegar a este valor de interrupção foram levados em consideração: o tempo de comunicação da ocorrência entre o operador e o mantenedor, o tempo de deslocamento da equipe de manutenção e o tempo efeito para repor o equipamento na sua condição padrão de funcionamento.

Em se tratando de quebra/falha, ou seja, paradas maiores que 10 minutos, foi definido critérios e gatilhos para priorizar os níveis de quebra/falha. Neste trabalho foram definidos os níveis de quebra em (i) grave, (ii) média e (iii) leve e os gatilhos em unidade de tempo de interrupção.

Quebra grave: Gatilho (Paradas maiores que 1h30min);

Quebra média: Gatilho (Paradas entre 31min e 1h30min);

Quebra leve: Gatilho (Paradas entre 11min e 30min).

Para definir o valor do gatilho da quebra grave foi realizado o levantamento do tempo e do número de ocorrências de interrupção de manutenção não planejada dos 6 equipamentos piloto da área do sopro de garrafas plásticas no período de 6 meses. Foi feita a soma destes tempos e divido este resultado pela quantidade de ocorrências registradas neste mesmo período, obtendo desta forma uma média da interrupção. Para os demais gatilhos foi realizado um escalonamento de valores. A empresa utiliza um supervisório que capta e armazena através de sensores instalados nos equipamentos as interrupções de manutenção. Através do supervisório a equipe de manutenção consegue acompanhar de forma *on line* as quebras nos equipamentos e os seus respectivos tempos de interrupção.

f) Indicadores de manutenção

Com os dados das interrupções disponíveis o próximo passo foi definir os indicadores de manutenção. A partir do desdobramento do plano estratégico da empresa foram montados os indicadores e definido as metas. Oficialmente, para medir a *performance* da manutenção foram definidos dois indicadores, a saber: indisponibilidade com sua unidade de medida em percentual (%) e o custo com sua unidade de medida em reais (R\$). Para o gerenciamento interno da manutenção foram desenvolvidos outros indicadores como: horas-extras, número de acidentes de trabalho, cumprimento das ordens de manutenção entre outros, porém para a comprovação da eficácia da metodologia adotada para este trabalho, foram considerados os resultados dos indicadores de indisponibilidade, de tempo máquina parada, do número de quebras e da produtividade dos equipamentos pilotos da fábrica de sopro de garrafas.

Indisponibilidade

Para a empresa, o cálculo do índice de indisponibilidade foi definido como sendo a razão entre a soma total das paradas não planejadas de manutenção (PNP) e o tempo total programado de produção. Foram consideradas como paradas não planejadas de manutenção aquelas provocadas por: defeito mecânico, defeito elétrico, falta de água, falta de ar comprimido, falta de energia, defeito em datador e aguardando manutenção. Para o cálculo do tempo total de produção foi considerado o tempo total de calendário (24 horas x 30 dias) subtraído dos tempos com: sanitização, paradas por programação, manutenção programada (preventivas e inspeções) e equipamento fora de turno. A equação matemática para o cálculo do índice de indisponibilidade pode ser vista na fórmula.

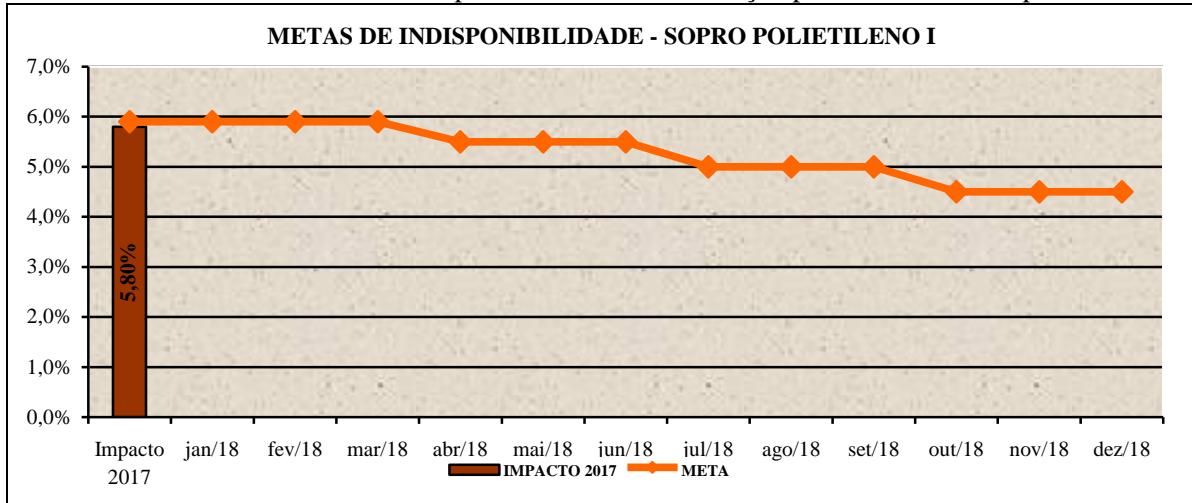
$$\text{INDISPONIBILIDADE} = \frac{\text{TEMPO TOTAL DE P.N.P DE MANUTENÇÃO}}{\text{TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO}} \quad (1)$$

O tempo total de PNP de manutenção é o tempo de interrupção real dos equipamentos expresso em porcentagem do tempo operacional total. O tempo total de produção expressa à taxa de produção real como uma porcentagem da taxa padrão de produção. O resultado desta razão mede a eficácia pela qual o equipamento está sendo usado para adicionar valor à empresa. Após a definição da fórmula de cálculo da indisponibilidade foi estabelecida uma

meta para a fábrica de sopro. A definição da meta para o ano de 2018 foi baseada no resultado da média de indisponibilidade da fábrica no ano de 2017. O objetivo era reduzir em 22% o resultado de 2017 de forma escalonada ao longo do ano de 2018.

O gráfico 1 mostra as metas de indisponibilidade definida para a fábrica de sopro.

Gráfico 1 – Metas de indisponibilidade de manutenção para a fábrica do sopro



Fonte: A Autora (2018).

Como a manutenção, no início de 2018, ainda não tinha implantado todos os tipos de manutenção na fábrica e a prática de análise de quebra/falha ainda não estava consolidada, optou-se por iniciar o ano com uma meta de 5,9% partindo do pressuposto que nos 3 primeiros meses do ano de 2018 o resultado da média de 2017 fosse repetido. Desta forma, a cada 3 meses ocorriam à redução da meta até fechar o quarto trimestre com uma meta de 4,5% alcançando a redução de 22% esperada.

Custos

Com relação ao indicador de custos, foi definido que todos os gastos realizados pela manutenção deveriam ser alocados em centros de custo. Os centros de custos por sua vez eram compostos por contas contábeis. A manutenção era responsável por nove contas contábeis, a saber: gastos com material de máquinas e equipamentos, serviço de máquinas e equipamentos, material de manutenção predial, serviço de manutenção predial, material de veículos, serviço de veículos e pneus. A meta estabelecida para os custos não seguiu a mesma linha de raciocínio do indicador de indisponibilidade. Os valores orçados pela manutenção para serem investidos nos equipamentos para o período de 2018 precisou ser aprovado pela

diretoria industrial após passar por várias premissas. Ao final da aprovação do orçamento, o valor orçado tornou-se o limitante para os gastos com o processo manter e melhorar da manutenção. O acompanhamento deste indicador era feito comparando o gasto realizado versus o valor orçado no mês para a referida conta contábil de despesa. Um ponto importante desenvolvido nesta fase foi a gestão a vista das informações. Os indicadores da manutenção eram atualizados semanalmente e expostos em quadros para que toda a equipe tomasse ciência dos valores.

4.4.2 Passo 02: Restaurar a deterioração e corrigir os pontos fracos

Para restaurar as condições básicas de um equipamento é imprescindível que as anomalias sejam detectadas e posteriormente removidas, repondo desta forma, o equipamento nas condições ótimas de funcionamento. O objetivo deste passo é promover ações para restaurar as deteriorações e corrigir as fraquezas de forma a melhorar os pontos deficientes dos equipamentos. Por isso, no segundo passo da implantação da manutenção planejada, deve-se dar um forte apoio às atividades de manutenção autônoma dos operadores principalmente a tarefa de resolução de etiquetas vermelhas, buscando desta forma restaurar a deterioração acelerada, corrigir os pontos fracos ocasionados por falhas de projeto e restabelecer as condições ótimas do equipamento. Para garantir que as anomalias sejam detectadas e removidas duas atividades, descritas abaixo, foram importantes para isso.

a) Restaurar a deterioração forçada

Para restaurar as condições básicas de um equipamento é imprescindível que as anomalias sejam detectadas e posteriormente removidas, repondo desta forma, o equipamento nas condições ótimas de funcionamento. Para a detecção e remoção destas anomalias o pilar utilizou a prática da manutenção preventiva através da execução das inspeções com o equipamento em funcionamento e tirou proveito da implantação da manutenção autônoma através das práticas de inspeção operacional autônoma e do registro de etiquetas realizados pelos operadores.

Inspeção operacional autônoma

Na implantação da manutenção autônoma os operadores foram instruídos em como realizar a inspeção operacional autônoma utilizando um *check list* contendo os pontos do equipamento a serem inspecionados tendo como foco a detecção de anomalias. As inspeções operacionais eram realizadas semanalmente pelos operadores e quando eles encontravam uma anomalia no equipamento fazia o registro utilizando a etiqueta de manutenção autônoma. Cada anomalia encontrada através da inspeção operacional autônoma era registrada através de uma etiqueta. A etiqueta de cor vermelha era utilizada pelo operador para o registro de anomalias que ele próprio não conseguia resolver. Desta forma, a manutenção ficava responsável por sua resolução. A etiqueta de cor azul era utilizada para registro de anomalias em que o próprio operador poderia solucionar. As etiquetas possuíam duas vias. Uma era fixada próximo ao ponto de anomalia do equipamento e a outra era depositada no quadro autônomo.

A figura 6 mostra a afixação das etiquetas de manutenção autônoma em um equipamento realizado pelos operadores.

Figura 6 – Etiquetas fixadas no equipamento



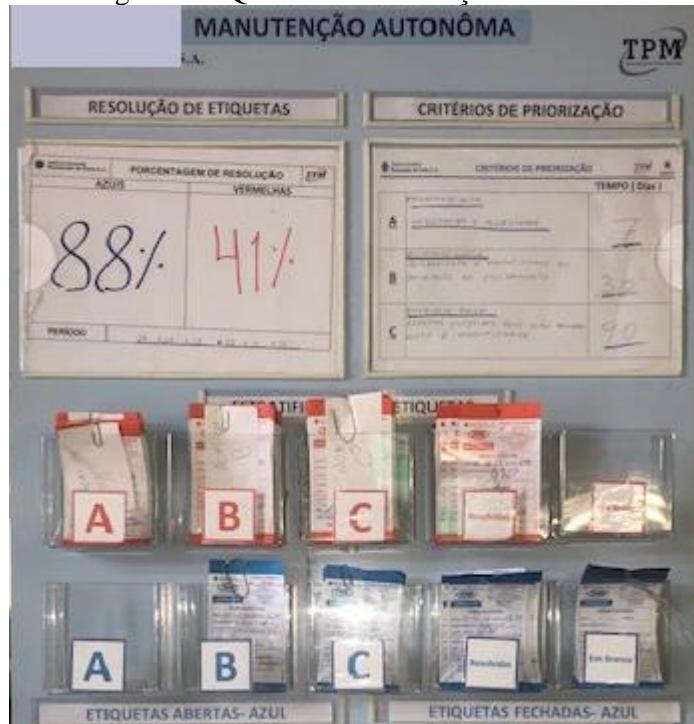
Fonte: A Autora (2017).

Devido ao ambiente agressivo das áreas produtivas as etiquetas eram confeccionadas em papel plastificado e desta forma tinha uma maior resistência permanecendo intactas durante todo o período necessário para a sua remoção.

As etiquetas que eram depositadas nos quadros autônomos, eram separadas por cor e prioridade. A etiqueta que possuía prioridade tipo A era resolvida no prazo máximo de 7 dias, as do tipo B em até 30 dias e as C em até 90 dias. Caso o operador identifica-se uma anomalia diretamente relacionada a risco de segurança, está era registrada como tipo A e sua resolução era feita no prazo de até 24 horas.

A figura 7 mostra o quadro de manutenção autônoma utilizado para o gerenciamento das etiquetas e das demais informações pelo grupo autônomo.

Figura 7 – Quadro de manutenção autônoma

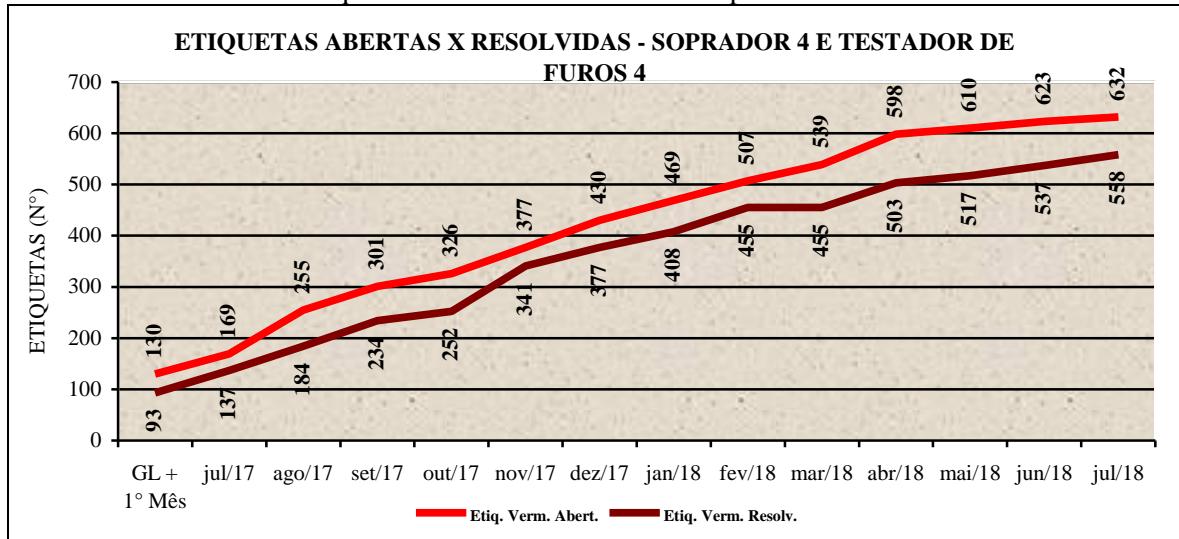


Fonte: A Autora (2017).

Semanalmente em frente ao quadro acontecia o encontro do grupo autônomo. O grupo autônomo era composto pelos operadores e pelos padrinhos de manutenção mecânica, elétrica e caldeiraria dos equipamentos. O objetivo do grupo era discutir as etiquetas abertas, os principais problemas apresentados pelo equipamento além da transmissão do conhecimento técnico ao operador através das Lições Ponto a Ponto.

A cada encontro do grupo autônomo frente ao quadro, os padrinhos da manutenção analisavam as etiquetas junto com os operadores e planejavam a sua execução conforme a priorização definida. Os gráficos 2 e 3 mostram o gerenciamento das etiquetas vermelhas abertas versus resolvidas para os 6 equipamentos pertencentes a fábrica de sopro.

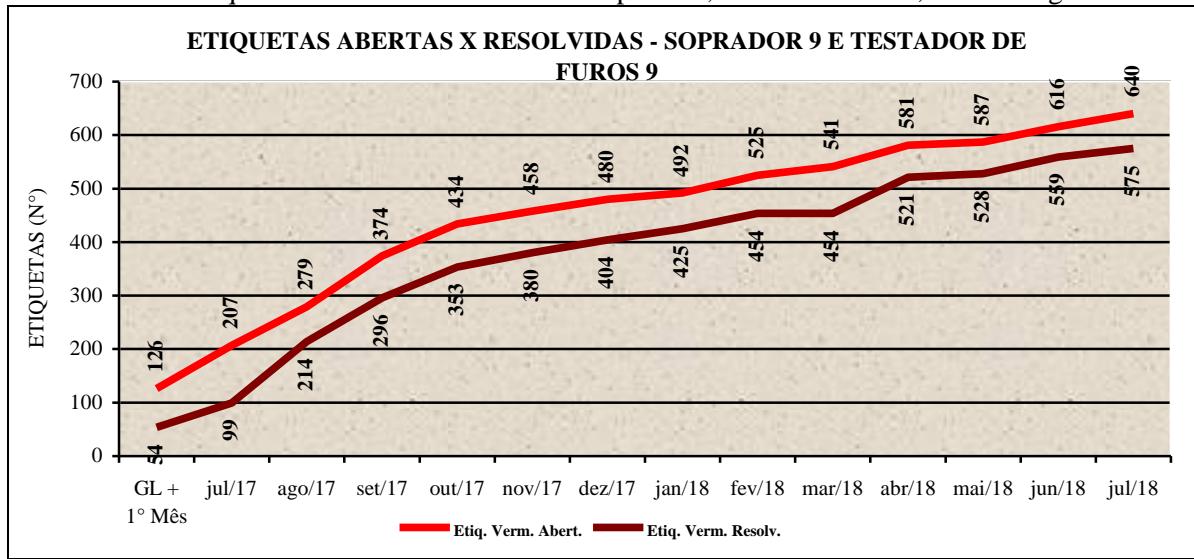
Gráfico 2 – Etiqueta aberta versus resolvida – sopradora e testador de furos 4



Fonte: A Autora (2018).

O que se pode observar, através do gráfico 2 é que no início da implantação da manutenção autônoma foram abertas 130 etiquetas para os 2 equipamentos piloto e no decorrer dos meses este número foi diminuindo e se estabilizando. Isso se deve ao fato de que, à medida que as anomalias iam sendo identificadas no equipamento e as ações de bloqueio para elas iam sendo implementadas dificilmente elas reapareciam e a tendência foi à redução deste número de etiquetas.

Gráfico 3 – Etiqueta aberta versus resolvida – sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9



Fonte: A Autora (2018).

O mesmo comportamento pode ser observado através no gráfico 3, onde foram abertas 126 etiquetas para os 4 equipamentos piloto e no decorrer dos meses este número também foi

diminuindo e se estabilizando. Isso também se deve ao fato de que, à medida que as anomalias iam sendo identificadas no equipamento e as ações de bloqueio para elas iam sendo implementadas dificilmente elas reapareciam e a tendência foi à redução deste número de etiquetas. O gerenciamento das etiquetas iniciou-se partir do dia da grande limpeza do equipamento realizada em junho de 2017. Semanalmente a manutenção se reunia para avaliar os números e direcionar os recursos caso a demanda de abertura fosse superior à de resolução. O encontro operacional era o momento em que os mantenedores além de discutirem com os operadores os problemas relacionados ao equipamento e realizar a priorização da resolução das etiquetas vermelhas aproveitavam para realizavam a capacitação dos operadores através das Lições Ponto a Ponto (LPP). A necessidade de criação de uma LPP era levantada no encontro operacional ou na análise de quebra/falha do equipamento realizada com base nas interrupções de manutenção. As LPP's poderiam ser elaboradas pelos mantenedores ou pelos operadores. Uma vez criada uma LPP, no caso da manutenção, o mantenedor padrinho do equipamento, ficava na responsabilidade de treinar os operadores ou os demais mantenedores da equipe, transmitindo desta forma o conhecimento técnico necessário para manter o equipamento em bom estado de funcionamento. O anexo B mostra um exemplo de uma LPP's elaborada pelo operador e o anexo C mostra o verso de uma LPP onde era utilizado para registro dos treinamentos.

O registro das anomalias encontradas nos equipamentos através das etiquetas vermelhas de manutenção autônoma realizada pelos operadores contribuiu muito para a redução das quebras. No início da implantação do pilar manutenção autônoma o volume de abertura de etiqueta para um único equipamento chegou a 130 unidades, porém no decorrer dos meses esse número foi reduzindo e se estabilizando devido à remoção definitiva das anomalias.

A capacitação dos mantenedores e operadores através da utilização da ferramenta de Lição Ponto a Ponto (LPP) foi bastante proveitosa. A ferramenta mostrou-se bastante simples e de fácil elaboração e entendimento. Muito do conhecimento que os colaboradores mais antigos possuíam sobre os equipamentos foram repassados aos mais novos através da elaboração das LPP's. Desta forma, além da transmissão do conhecimento entre os colaboradores, as informações foram captadas e padronizadas e assim servirão para futuros treinamentos.

Inspeção preventiva

Outra atividade desenvolvida nesta etapa foi à inspeção preventiva. Esta inspeção possuía um roteiro pré-definido com uma periodicidade de até quinze dias e eram realizadas pelos mantenedores com o equipamento em funcionamento. O objetivo destas inspeções era detectar anomalias em pontos em que a inspeção operacional autônoma não tinha abrangência. Os roteiros eram compostos por pontos de inspeção parametrizados e/ou sensitivos, ou seja, pontos em que eram utilizados instrumentos para obter os valores de medição e/ou pontos em que as anomalias eram observadas utilizando os cinco sentidos humano. Após a realização das inspeções, as anomalias encontradas eram registradas no sistema integrado de gestão da empresa chamado *Totvs* através de ordens de manutenção e eram gerenciadas pelo planejador de manutenção como uma atividade de corretiva programada. As atividades de corretiva programada eram priorizadas nas reuniões de planejamento de atividades de manutenção e executadas tão imediatas quanto possível.

Desta forma a manutenção com o apoio da produção se empenhava para restaurar as condições básicas do equipamento mantendo-os o mais próximo de suas condições ideais.

b) Prevenir a repetição da quebra/falha

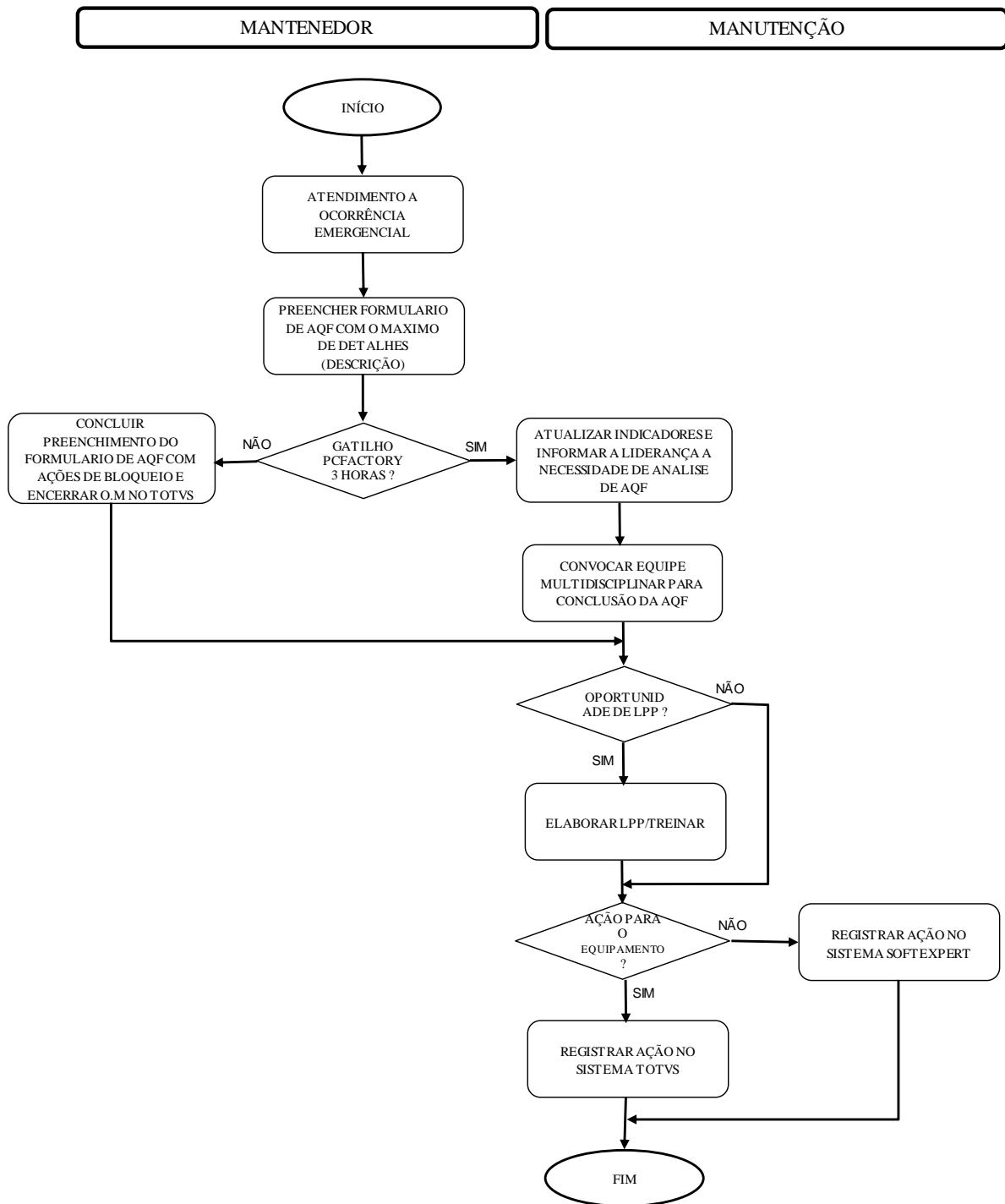
Para dar início à utilização da metodologia de análise de quebra/falha dos equipamentos piloto a equipe de implantação teve que desenvolver duas atividades que foram primordiais para a garantia da funcionalidade da ferramenta. A primeira foi à definição da metodologia que seria utilizada para a análise da quebra/falha e a segunda foi à montagem do fluxo de trabalho para o atendimento das solicitações de intervenção emergencial incluindo os registros da AQF.

Para a definição da metodologia que seria utilizada para a análise da quebra/falha foi inicialmente sugerido a utilização do diagrama de *Ishikawa* que é uma das sete ferramentas da qualidade que tem como objetivo fazer as pessoas pensarem sobre causas e efeitos possíveis que fazem com que um problema ocorra. Apesar da ferramenta ser bastante robusta quando se trata da análise de problemas, a equipe de manutenção precisava de uma ferramenta que fosse mais dinâmica e que desse mais velocidade na conclusão da análise. A segunda opção foi utilizar a árvore dos porquês. O método da árvore dos porquês baseia-se na teoria de sistemas, a qual aborda o evento como um fenômeno complexo, com diversas causas e que revela as variações e desvios ocorridos. Este método também não se mostrou adequado, pois

direcionava o mantenedor para várias frentes de análise e o objetivo era analisar fenômenos simples com apena uma causa fundamental. A terceira tentativa e a que foi escolhida pela equipe devido à facilidade de utilização e a adequação ao que se necessitava no momento para a implantação do pilar foi a utilização do método dos 5 porquês. A ferramenta consiste na repetição da pergunta "Por quê?" diante de um problema a ser analisado, cujo objetivo final é chegar à causa raiz com clareza.

A montagem do fluxograma tinha por objetivo apresentar de forma rápida e descomplicada o fluxo de informações e ações da sequência operacional do atendimento emergencial dos equipamentos. Através da representação gráfica do fluxograma os mantenedores poderiam compreender a transição das atividades a serem executadas e quais elementos participavam do processo. A figura 8 apresenta o fluxograma que foi desenvolvido para atender esta demanda de implantação do passo 2.

Figura 8 – Fluxo decisório de atendimento emergencial da manutenção



Fonte: A Autora (2018).

O fluxograma inicia com a chamada do mantenedor, pela equipe de produção para um atendimento emergencial em um equipamento. Após o atendimento emergencial o mantenedor deve realizar o preenchimento prévio do formulário de AQF com o máximo de

informações possíveis relativos às atividades que foram realizadas por ele para repor o equipamento em sua condição normal de operação.

Caso o tempo de parada do equipamento fosse igual ou superior ao gatilho pré-estabelecido como quebra grave, o planejador de manutenção tinha a responsabilidade de informar a liderança da manutenção sobre a necessidade da abertura da AQF e convocar uma equipe multidisciplinar para ajudar nesta análise. No ato do preenchimento da AQF caso fosse observado à necessidade da criação de uma lição ponto a ponto, o mantenedor se encarregava de elaborar e treinar a quem se destinava a LPP.

Outra informação na sequência do fluxo era com relação às ações de bloqueio proposta para eliminar a causa fundamental. Caso essas ações fossem destinadas ao equipamento, tais como, substituição de itens, melhorias e etc, estas ações eram registradas no *Totvs* através de uma ordem de corretiva programada. Caso as ações fossem destinadas a pessoas, tais como: realizar treinamento, comprar um item sobressalente e etc, estas eram registradas no software *SoftExpert*. O objetivo da separação das informações era para evitar que o sistema *Totvs* ficasse com registros que não eram importantes para a gestão do equipamento e, além disto, manter todas as informações úteis ao equipamento em um único sistema de informações. Ao final desta atividade o fluxo era encerrado.

A ferramenta de análise de quebra/falha mostrou-se bastante útil não só pelo fato de ajudar na identificação da causa raiz e na elaboração do plano de ação, mas também por propor para a criação de um pensamento sistêmico entre os mantenedores contribuindo para interromper o ciclo vicioso da quebra que tanto desgasto os equipamentos, elevam os custos e comprometem a segurança das pessoas. Os mantenedores passaram há investir mais tempo na análise da quebra junto ao equipamento no momento que ela ocorre na área de produção do que na remoção propriamente dita da quebra. Com esta estratégia eles conseguem entender melhor a causa do problema e tem maior rapidez na hora de repor o equipamento em funcionamento.

4.4.3 Passo 03: Construir um sistema de gerenciamento de informação

Para poder realizar o planejamento e a programação das atividades de manutenção, bem como realizar o controle dos indicadores, a gestão dos sobressalentes e da documentação técnica dos equipamentos é de fundamental importância ter informações precisas sobre qual é a real condição dos ativos da empresa.

Para que isso pudesse acontecer de forma sistemática foi necessário estruturar o sistema de informações da manutenção de uma forma que se pudessem extrair os dados necessários para produzir informações que servisse de base para as tomadas de decisão frente aos equipamentos piloto. As atividades desenvolvidas nesta etapa podem ser vistas nos tópicos abaixo.

a) Criar um sistema para gestão de informações

O primeiro passo tomado para estruturar o controle das informações e dados relativos à manutenção foi criar um sistema de gestão eficiente e para isso precisou-se definir a tecnologia que iria ser utilizada para o armazenamento dos dados.

A empresa em estudo possui 4 *softwares* para armazenamento de dados que são: *PcFactory*, *Totvs*, *SoftExpert* e o *VerdeGaia* onde todos foram adquiridos com um único objetivo: gerenciar as informações relacionadas com os diferentes processos da empresa. Para a manutenção foi definido que seria utilizado o *software Totvs* da empresa *DataSul*.

O *Totvs* foi utilizado para o armazenamento dos dados técnicos relacionados aos ativos da empresa, por se tratar do sistema integrado de gestão adotado por ela e com isso integra todos os dados e processos da organização em um único sistema e os demais *softwares* foram utilizados para outros controles, tais como: indicadores, documentos, padrões gerenciais e armazenamento de dados relacionados às ações voltadas para pessoas.

Além deste software foi utilizado o *Windows Explorer*, como ferramenta de apoio para a organização das informações, e o pacote *Office*, como ferramenta para a criação de procedimentos gerenciais e operacionais para a garantia da padronização das informações.

O segundo passo foi definir a forma de organização e padronização dos dados dentro dos *softwares*. No caso do *Totvs* vários dados precisaram ser padronizados e cadastrados dentro do sistema para que o mesmo pudesse executar suas funcionalidades.

Definição do calendário de manutenção

Após a criação da árvore de local de instalação apresentado na implantação do passo 1 deste trabalho foi necessário a criação do calendário de manutenção. O objetivo do calendário é montar um sistema para contagem e agrupamento de dias com a visão de atender às necessidades de parada dos ativos para manutenção.

Através do calendário foi feita a definição dos dias e horários úteis de trabalho e desta forma as manutenções ficariam restritas a esses intervalos de tempo. Para isso consolidou-se que todos os dias e horários do ano seriam considerados úteis para a manutenção incluindo também os feriados.

Definição do grupo de máquinas

Após a criação do calendário de manutenção, a próxima atividade foi criar os grupos de máquinas. O objetivo desta criação é agrupar equipamentos, conjunto e subconjunto que pertençam a um mesmo setor. Com este agrupamento as informações dos equipamentos pertencentes a um setor são obtidas de forma mais rápida e reduz a possibilidade de erros nos relatórios. O *Totvs* permite apenas 9 caracteres para descrever o nome de um grupo de máquina então foi padronizada para este cadastro uma codificação com números e letras de modo que fosse possível identificar o estabelecimento, a área e o setor o qual o equipamento/conjunto/subconjunto pertença. Cada grupo de máquinas criado obedeceu a seguinte estrutura: estabelecimento com 1 número, área com 3 letras e setor com 4 letras. Para a descrição do código do grupo em extenso foi utilizado letras maiúsculas e escrito o nome do setor ao qual o equipamento/conjunto/subconjunto pertença. Para a fábrica do sopro foi necessário criar três grupos de máquinas, a saber:

1SOP-PO01: POLIETILENO 1

1SOP-PO02: POLIETILENO 2

1SOP-PETI: PET

Definição da família de equipamentos

Definido a padronização do grupo de máquinas foi necessário definir também a criação da família. O objetivo de criar a família é a de agrupar equipamentos, conjunto e subconjunto que possuam características semelhantes. Para isso podemos citar o exemplo das bombas, balanças, redutores, sopradoras entre outros. Com este agrupamento as informações dos equipamentos pertencentes a uma mesma família são obtidas de forma mais rápida e reduzindo a possibilidade de erros nos relatórios. Foi padronizada para este cadastro uma sequência numérica iniciada em 0001 a 9999, seguida da descrição do equipamento, conjunto e subconjunto em letras maiúsculas.

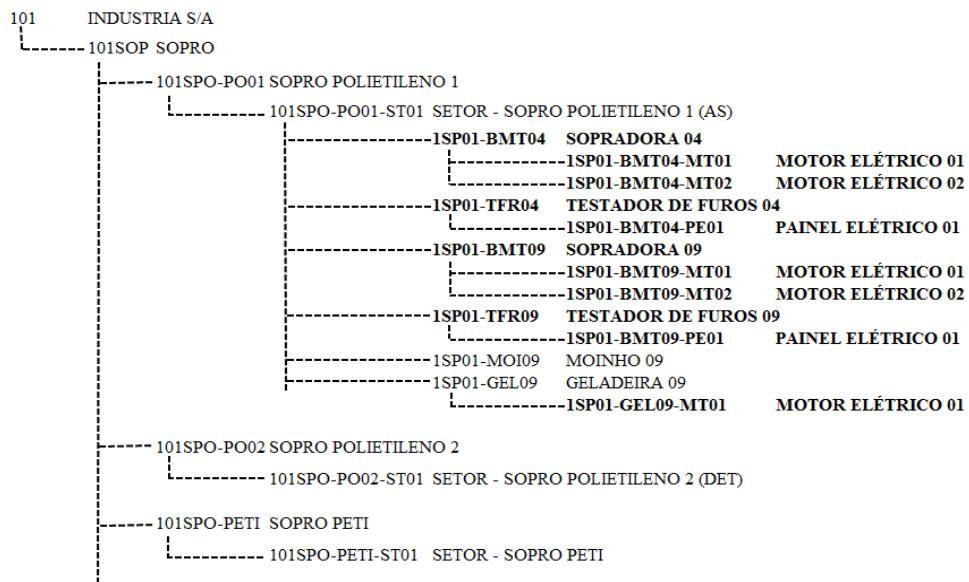
Definição do planejador de manutenção

A atividade seguinte foi realizar o cadastro do planejador de manutenção. O objetivo deste cadastro é criar um responsável pelo planejamento da área/setor. Na primeira tentativa de criação deste cadastro foi utilizado a matrícula do colaborador que possuía este cargo, porém quando o colaborador deixava de exercer o cargo por algum motivo o registro da matrícula tinha que ser alterado em todas as informações que fora inclusa e isso gerava retrabalho. Para solucionar este problema foi criado um cadastro de planejador por setor produtivo, desta forma caso alterasse o colaborador, o código de cadastro não precisaria ser alterado. Para a fábrica de sopro foi criado o código 03 – Planejador sopro.

Definição dos equipamentos, conjuntos e subconjuntos

Logo em seguida foi definida a criação dos equipamentos, conjuntos e subconjuntos que iriam compor o 5º nível do local de instalação. O cadastro da informação no 5º nível possibilita o usuário criar ordem de manutenção para os ativos, além de facilitar a localização dos equipamentos, conjuntos, subconjuntos e periféricos na planta industrial. Para isso foi definida uma sequência alfa numérica de 16 caracteres, obedecendo ao espaçamento limite do sistema, definida como NXXNN-XXXNN-XXNN, onde N significa números e X significa letras. Através da figura 9 podemos observar a padronização utilizada para a criação de um equipamento/conjunto/subconjunto.

Figura 9 - Árvore de local de instalação do 1º ao 5º nível



Fonte: *Software Totvs* da empresa DataSul (2018).

Um cuidado tomado nesta tarefa foi padronizar o nome dos conjuntos e subconjuntos dos equipamentos, já que alguns deles como, por exemplo, os motores, redutores e balanças são normalmente encontrados em vários setores produtivos. Para isso foi elaborado uma nomenclatura padrão para defini-los.

Nomenclatura dos planos de manutenção

Após a criação dos equipamentos/conjuntos/subconjuntos foi realizada a padronização da nomenclatura dos planos de manutenção cujo objetivo é fazer uma chamada rápida para o conteúdo do plano. Com esta padronização dois problemas no planejamento da manutenção deixaram de existir. O primeiro era a demora em localizar um determinado plano dentro do *software Totvs*, pois como o nome descritivo do plano era muito genérico, o planejador tinha que abrir cada plano para saber quais eram as atividades que estavam vinculadas aquele plano. O segundo era o excesso de reprogramação e não execução do plano.

Como o plano não possuía nenhuma identificação da sua periodicidade, os mantenedores tinham a falsa ideia de que, se reprogramasse ou cancelasse um plano de manutenção em um tempo relativamente curto eles se repetiriam, porém na prática, isso não acontecia. Com a descrição da periodicidade na chamada do plano, os mantenedores tornaram-se mais críticos em solicitar uma reprogramação ou cancelamento. Caso um plano com periodicidade de dois meses fosse cancelado o equipamento passaria quatro meses sem

manutenção, abrindo um espaço para que as anomalias se agravassem levando o equipamento a uma quebra.

Pensando nesses dois fatores ficou definido que o leiaute deveria levar em consideração quatro informações básicas, a saber: a periodicidade, o tipo de manutenção, a equipe e a descrição do equipamento.

Um cuidado tomado foi na descrição da periodicidade do plano de manutenção. Para planos com periodicidade até 365 dias foi mantido o número de dias seguido da letra D, representando "dias" com um traço indicando a sequência. Para a periodicidade maior que 365 dias foram utilizados o número de anos mais a letra A representando "anos". Ex: 2A, 3A, 4A e etc.

O tipo de manutenção foi descrito com quatro letras mais um ponto no final para indicar a abreviatura e para o tipo de equipe foi utilizado três letras mais um ponto no final para indicar a abreviatura. Não foi utilizado espaçamento no cadastro para que pudesse ser aproveitado todo o espaço oferecido pelo sistema. O resultado da padronização dos planos pode ser observado na tabela 7.

Tabela 7 - Padronização da nomenclatura dos planos de manutenção

EQUIPE DE MANUTENÇÃO	SOPRADORA 4	SOPRADORA 9	MOINHO 9	GELADEIRA 9
MECÂNICA	14D-INSP.LUB BMT04	14D-INSP.LUB BMT09	14D-INSP.MEC MOI09	14D-INSP.MEC GELADEIRA BMT09
	14D-INSP.MEC BMT04	14D-INSP.MEC BMT09		70D-PREV.MEC GELADEIRA BMT09
	14D-PREV.LUB BMT04	14D-PREV.LUB BMT09		
	14D-PREV.MEC BMT04	14D-PREV.MEC BMT09		
	28D-PREV.LUB BMT04	28D-PREV.LUB BMT09		
	28D-PREV.MEC BMT04	28D-PREV.MEC BMT09		
ELÉTRICA	28D-PREV.USI BMT04	28D-PREV.USI BMT09		
	14D-INSP.ELE BMT04	14D-INSP.ELE BMT09	14D-INSP.ELE MOI09	
	28D-INSP.ELE BMT04	28D-INSP.ELE BMT09		
	28D-PREV.ELE BMT04	28D-PREV.ELE BMT09		

Fonte: A Autora (2018).

Foram criados 24 planos de manutenção para atender as necessidades do processo “manter” dos equipamentos. Para o equipamento testador de furos não foi criado plano de manutenção, devido as suas atividades estarem incluídas no plano de manutenção de suas respectivas sopradoras.

Programação semanal das atividades de manutenção

Ao final da padronização dos dados no *Totvs* foi elaborada a planilha de programação semanal das atividades da manutenção ou carteira de serviços como também é conhecida.

Viana (2002, p.118) afirma que "A carteira tem fundamental importância para o PCM, pois representa o universo de trabalho a ser realizado pela manutenção; logo, o serviço que não estiver contido na carteira não existirá no mundo do planejamento, não sendo então foco de mobilização para correção". Desta forma, o objetivo da programação semanal é fazer o levantamento das necessidades dos serviços de manutenção a serem executados nos equipamentos, priorizar e programar a execução junto aos responsáveis. Para isso foi padronizada uma planilha em formato *Excel* com informações necessárias para que os executores pudessem realizar a atividade na área produtiva.

Após definido a forma de organização e padronização das informações, foram realizados os treinamentos para capacitar os usuários da manutenção quanto à forma correta de informar os dados.

b) Gerenciar os dados de quebra/falha

Com os usuários já capacitados quanto à forma correta de informar os dados no *Totvs* foi definido o modo como o seria feito o gerenciamento dos dados de quebra/falha dos equipamentos.

Os registros das quebras/falhas eram feitos através de ordens de manutenção pelos mantenedores após a sua intervenção nos equipamentos. As ocorrências após o registro eram transferidas do *Totvs* para um banco de dados em *Excel* e de posse destes dados eram montados gráficos de acompanhamento onde se obtinham informações sobre a quantidade de quebras ocorridas, o tempo em minutos que o equipamento permaneceu parado, a quantidade de paradas que atingiram o gatilho de análise e a quantidade de análises de quebras/falhas que

foram realizadas. Desta forma foi possível organizar as informações permitindo o fácil acesso aos dados.

Para cada quebra ocorrida acima de 1h30min era de responsabilidade do mantenedor em iniciar o registro descrevendo o máximo de informações possíveis sobre o fato ocorrido. Quando o mantenedor não conseguia encontrar a causa fundamental realizando a análise sozinho, ele solicitava o apoio de mais pessoas para ajudá-lo. Estas pessoas solicitadas poderiam ser da própria manutenção ou de outras áreas como: produção, engenharia e qualidade. O objetivo da convocação destas pessoas era para que as mesmas de acordo com suas especialidades ajudassem a encontrar a causa fundamental do problema e a propor as ações de bloqueio para resolver o problema. Uma vez concluída a AQF a equipe era desfeita.

As tabelas 8 e 9 mostram o acompanhamento das análises de quebra/falha realizadas nos equipamentos piloto.

Tabela 8 - Acompanhamento das análises de quebra/falha – Sopradora 04 e testador de furos 04

SOPRADORA 4 E TESTADOR DE FUROS 4	QUEBRAS OCORRIDAS (Nº)	QUEBRAS ACIMA DE 1H30MIN (Nº)	TEMPO DE INTERRUPÇ ÃO (MIN)	AQF REALIZ ADAS (Nº)	AÇÕES DE BLOQUEIO PROPOSTA (Nº)
JAN/18	13	5	14	2	3
FEV/18	12	8	16	2	1
MAR/18	11	1	05	1	2
ABR/18	5	1	01	1	1
MAI/18	13	3	14	3	4
JUN/18	3	2	05	2	2

Fonte: A Autora (2018).

Através da tabela 8 podemos observar que nos primeiros meses do ano a quantidade de quebras que atingiram o gatilho de 1h30min não corresponde a quantidade de AQF registradas. Nos meses de janeiro e fevereiro houve 16 quebras com tempo igual ou superior ao gatilho, porém deste total de quebras apenas 04 AQF foram realizadas. Isso se deve a dificuldade inicial que a equipe de mantenedores teve para utilizar a ferramenta.

Tabela 9 – Acompanhamento das análises de quebra/falha – Sopradora 09, testador de furos 09, moinho 9 e geladeira 9

SOPRADORA 9, TESTADOR DE FUROS 9, MOINHO 9 E GELADEIRA 9	QUEBRAS OCORRIDAS (Nº)	QUEBRAS ACIMA DE 1H30MIN (Nº)	TEMPO DE INTERRUPÇ ÃO (MIN)	AQF REALIZ ADAS (Nº)	AÇÕES DE BLOQUEIO PROPOSTA (Nº)
JAN/18	15	10	2201	5	7
FEV/18	13	3	469	0	0
MAR/18	15	3	278	2	2
ABR/18	16	10	1469	10	7
MAI/18	6	4	741	4	2
JUN/18	6	2	252	2	1

Fonte: A Autora (2018).

Do mesmo modo através da tabela 9 podemos observar que nos primeiros meses do ano a quantidade de quebras que atingiram o gatilho de 1h30min não corresponde a quantidade de AQF registradas. Nos meses de janeiro e fevereiro houve 13 quebras com tempo igual ou superior ao gatilho, porém deste total de quebras apenas 05 AQF foram realizadas. Isso também se deve a dificuldade inicial que a equipe de mantenedores teve para utilizar a ferramenta.

O modo como o formulário foi desenvolvido com foco na busca da causa raiz através da análise dos 5 porquês e propondo ações de bloqueio para a causa encontrada, proporcionou uma rápida assimilação da ferramenta e facilidade do seu uso.

c) Informatizar o gerenciamento de orçamento da manutenção

Após estruturar o gerenciamento dos dados de quebra/falha foi a vez de estruturar outra informação importante para a manutenção, que é o sistema orçamentário.

Em 2017 não tivemos um processo de orçamento bem executado e algumas atividades importantes da manutenção foram esquecidas. Com a implantação do TPM novas demandas surgiram, mais uma vez pressionando os custos.

O sistema orçamentário da empresa em estudo é organizado por meio de centros de custo e contas contábeis. O objetivo dos centros de custo era o de separar a empresa em vários setores, cada um deles com uma parcela de responsabilidade operacional, financeira e econômica. Todos os centros de custos juntos representavam a empresa inteira, mas cada um possuía independência quando comparado com o outro. Por sua vez os centros de custos eram agrupados em 5 diretorias: administrativa, comercial, industrial, logística e marketing e elas se diferenciavam entre si devido as suas atividades fins.

Já as contas contábeis tinham a finalidade de registrar as movimentações de receitas e despesas, expressa de forma monetária. A manutenção respondia pelos gastos em 7 contas contábeis: material de máquinas e equipamentos, serviço de máquinas e equipamentos, material de manutenção predial, serviço de manutenção predial, material de veículo, serviço de veículos e pneus, independente de qual centro de custo ocorre-se a movimentação financeira.

As ordens de serviço eram utilizadas pela manutenção para realizar a aquisição de materiais e serviços. Através dela a equipe podia realizar compras externas e movimentar matérias do almoxarifado. No ato de criação de uma ordem de serviço era obrigatório informar o centro de custo e a conta contábil para que as despesas fossem alocadas e debitadas de forma correta. Semanalmente os planejadores de manutenção faziam o levantamento de todos os gastos das sete contas contábeis da manutenção em todos os centros de custos da empresa. Isso era feito através de relatórios oriundos do *Totvs* e organizados em uma planilha de *excel*. Baseado na informação do gasto real e do valor orçado a liderança da manutenção analisava os valores e caso fosse necessário, solicitavam as correções através das reclassificações contábeis que podiam acontecer entre centros de custos e/ou entre contas contábeis. A área do sopro é composta por 3 centros de custos que representa as 3 fábricas que compõe a área, ou seja, sopro PET, polietileno 1 e polietileno 2 que por sua vez está ligada diretamente a diretoria industrial devido a sua atividade fim ser a de fabricação de produtos. De acordo com o tipo de gasto realizado os valores vão se agrupando através das contas contábeis que por sua vez estão atreladas aos centros de custos. Através deste acompanhamento pode-se obter informações sobre o valor real gasto que pode ser comparado com o valor orçado, o desvio existente entre o valor orçado e o real e a porcentagem deste desvio.

d) Construir um sistema para controlar as peças de reposição e unidades reservas

Outra atividade desenvolvida nesta etapa foi à definição de um modelo de gerenciamento para os sobressalentes da manutenção. Esta estruturação foi feita baseada na necessidade de quantificar os sobressalentes de modo a garantir que em caso de necessidade de substituição de um item no equipamento o mesmo estivesse disponível dentro do almoxarifado, na quantidade necessária e em condições ideais de uso.

A primeira atividade desenvolvida para este fim foi à organização física dos itens dentro do almoxarifado. A princípio, a forma como a manutenção armazenava fisicamente os itens dificultava a localização, aumentava a possibilidade de perda do item e gerava o erro de dupla localização, ou seja, o mesmo material poderia estar armazenado em dois locais ao mesmo tempo.

A solução encontrada para este problema foi montar um sistema cartesiano em que o item ficasse posicionado na intercessão da linha com a coluna da estante. Deste modo só existiria uma única possibilidade de localização do item evitando dupla localização e perda do item dentro do almoxarifado. Para a montagem do sistema cartesiano foi montada uma sequência que definia o piso/anexo, a estante, a prateleira e a coluna onde o item se encontrava montando desta forma o endereço de localização do item.

Definido o endereço de localização e realizado o cadastrado do item no sistema *Totvs* a etapa seguinte foi organizar os locais de armazenamento de acordo com a classe de família e a frequência de consumo dos itens.

O objetivo de armazenar por classe de família é a de agrupar no mesmo local os itens que possuam características semelhantes, como por exemplo, a família de lubrificantes, de rolamentos, de itens pneumáticos entre outras facilitando assim sua localização. Ao mesmo tempo em que foi realizado o agrupamento dos itens por família foi reorganizado o posicionamento dos itens de acordo com a frequência de uso. Os itens que possuíam maior rotatividade foram colocados próximos ao balcão de entrega e aqueles que possuíam menor rotatividade em locais mais afastados. Esta prática reduzia o tempo de espera dos colaboradores para adquirirem as peças solicitadas.

Uma terceira atividade desenvolvida nesta etapa foi a parametrização do sistema *Totvs* quanto a definição do estoque mínimo e máximo e o ponto de segurança dos itens. Para a realização desta atividade foram coletadas as informações referentes ao prazo de atendimento do fornecedor, média de consumo e a capacidade de armazenamento do item dentro do almoxarifado.

Definido estes dois parâmetros as compras eram realizadas sempre que o sistema sinalizava o atingimento do ponto de segurança garantindo desta forma que o item não viesse a faltar no estoque.

O *software* de gestão empresarial adotado pela empresa foi um ponto negativo apresentado no início da implantação. Havia um desconhecimento grande por parte dos usuários da manutenção e principalmente por parte do setor de planejamento e controle da

manutenção das suas funcionalidades. O sistema era muito complexo e cheio de detalhes obrigando o usuário a possuir uma expertise muito grande nas suas funcionalidades. Outro problema foi a não existência de empresas no estado que possua o módulo de manutenção industrial implantado e funcionado para a realização de visitas de *benchmarking*. A solução encontrada foi contratar a empresa desenvolvedora do *software* para a realização de treinamento para a equipe de planejadores, para que estes se tornassem multiplicadores internos disseminando o conhecimento aprendido para os demais colaboradores da manutenção. Após este treinamento houve uma aceleração na estruturação do controle de informações e dados referente à manutenção.

4.4.4 Passo 04: Construir um sistema de manutenção periódica

Para definir a estruturação da manutenção preventiva foram levados em consideração dois requisitos: a classificação ABC dos equipamentos e a definição da estratégia de manutenção ambas definidas e apresentadas na implantação do passo 1 deste trabalho.

De acordo com Almeida (2001, p.215) "Há duas abordagens para políticas de substituição: por idade e em bloco". Montar um plano de preventiva baseado por idade, ou na condição, como também é definido em algumas literaturas, consiste na troca do item quando ele alcança o fim de sua vida útil ou quando o item falha, deixando de exercer sua função padrão. No caso de falha, o item é substituído no momento da falha e começa a contar o tempo de vida a partir deste instante. Esta política tem as seguintes características: ser mais eficiente e ter menor custo. A substituição em bloco, ou a intervalos fixos consiste em substituir todos os componentes a um intervalo fixo. Há uma escala programada de substituições. Este tipo de manutenção é mais oneroso, porém é mais eficaz, pois não corre o risco do item falhar antes da próxima preventiva. Em ambos os modelos, o objetivo é realizar a manutenção preventiva ao menor custo possível gerando disponibilidade produtiva dos equipamentos.

Elaboração dos planos de manutenção

Os planos de manutenção preventiva, elaborados para os equipamentos fábrica de sopro, pela equipe de planejamento foram baseados nestes dois modelos, por idade e em bloco. Os planos eram compostos por atividades que eram realizadas hora com o equipamento em funcionamento, hora com o equipamento parado. Estas atividades eram voltadas para

inspeções e/ou troca de componentes, obedecendo aos intervalos fixos definidos pela periodicidade dos planos ou baseados na condição. Quando no plano continham atividades baseado na condição, o item era analisado e caso o seu funcionamento estivesse preservado o mesmo não era substituído. Este tipo de manutenção requer um menor custo comparado ao modelo por troca por tempo fixo, porém caso a avaliação não seja criteriosa, corre o risco do item falhar antes da próxima preventiva gerando uma corretiva emergencial e com isso aumento da indisponibilidade do equipamento para produção. Para a montagem dos planos, primeiramente foram considerados todos os pontos contidos no manual do fabricante. A ideia era seguir integralmente as recomendações do fabricante, para garantir que o equipamento não viesse a apresentar falhas ou quebras no intervalo de uma preventiva a outra. Porém na primeira rodada de testes, os planos precisaram ser ajustados, devido a problemas com: falta de sequência lógica das atividades, geração de um número grande de planos, dificuldade de identificar o item descrito no plano no equipamento e itens que não estavam sendo contemplados no plano. A falta de sequência lógica nas atividades do plano fazia com que os mantenedores dessem varias voltas em torno do equipamento até conseguirem concluir todo o plano. Desta forma o tempo planejado de um roteiro era sempre menor do que o tempo real de execução. Outro ajuste feito foi na quantidade de planos gerados. O manual do fabricante sugeria uma periodicidade diferente para os itens pertencentes ao equipamento e com isso foram criados vários planos de manutenção. Trabalhando desta maneira as idas do mantenedor até o equipamento eram aumentadas. A ideia adotada neste caso foi agrupar os itens que possuíam periodicidades próximas reduzindo assim a quantidade de planos. A dificuldade de identificar no equipamento o item contemplado no plano foi outro ponto observado. Isso ocorreu, pois na criação do plano foi feito uma lista de pontos a inspecionar e estes pontos não traziam a referência do conjunto do equipamento a que pertenciam. Com a divisão do equipamento em conjuntos este problema também foi sanado. Ao final foi observado também pelos mantenedores que havia itens no equipamento que não estavam sendo contemplados nos planos e de acordo com as solicitações dos mesmos os itens foram sendo acrescentados. Outra fonte utilizada para elaboração dos planos foi às ações de bloqueio das análises de quebra/falha. De um modo geral as fontes de informações para criação dos planos de manutenção foram: o manual do fabricante, a experiência dos mantenedores e as análises de quebra/falha.

A revisão dos planos de manutenção foi de grande contribuição para a redução das quebras. Os planos de manutenção da área sopro haviam sido revisados em 2017, mas ainda

sem considerar as inspeções com equipamento rodando, o que contraria o princípio da detecção das anomalias como prioridade.

4.4.5 Passo 05: Construir um sistema de manutenção preditiva

Implantar a manutenção preditiva, através das técnicas disponíveis no mercado, além de ajudar no monitoramento das anomalias prevenindo a quebra/falha nos equipamentos, pode ser utilizado como argumento na hora de negociar descontos do prêmio de seguro empresarial ou pedir aumento da indenização. Várias práticas podem ser implantadas com estes dois intuios, porém as práticas mais comumente utilizadas nas indústrias são: a termografia, a análise de vibração, análise do óleo, o ultrassom e a própria prática de inspeção operacional utilizando os cinco sentidos.

a) Desenvolvimento das tecnologias de diagnóstico preditivo

A implantação das inspeções preditiva nos equipamentos pertencentes à empresa em estudo já havia sido definida há algum tempo atrás por isso, não foi necessário fazer um estudo para definir quais as técnicas preditivas que deveriam ser utilizadas nos equipamentos. Porém mesmo com as práticas já implantadas e sendo realizadas há algum tempo não existia uma estruturação das práticas e nem uma sistemática de execução.

Inicialmente a termografia era realizada a cada quatro meses por uma empresa terceirizada que executava a termografia e enviava um relatório com os pontos realizados e as anomalias encontradas. A empresa já possuía um termovisor da marca FLIR modelo E5, porém o mesmo por ser simples e básico não permitia a realização de análise termografia mais precisa. Não existia um plano cadastrado no sistema de gestão da empresa com a periodicidade e a descrição do roteiro com os pontos que a empresa contratada teria que realizar. Com isso não existia histórico de execução da termografia, nem informações relacionadas às anomalias encontradas e muito menos o planejamento para remoção delas. Para solucionar este problema a manutenção mudou a estratégia e resolveu realizar a termografia com recurso próprio. Primeiro adquiriu outro termovisor da marca FLIR modelo T530 o qual permitia a realização de análise termográfica com uma maior precisão, segundo ela direcionou um eletricista que possuía conhecimento e experiência nas práticas de preditiva

especialmente em termografia e em terceiro criou os planos de preditiva dentro do sistema de gestão com a definição de periodicidade e de roteiro de inspeção.

A análise de vibração também era realizada a cada quatro meses por uma empresa terceirizada. Do mesmo modo que a termografia, não existia plano de manutenção, históricos de suas realizações e nem das anomalias encontradas e removidas. Atualmente as análises de vibração continuam sendo realizadas pela mesma empresa terceirizada e mediante os mesmos procedimentos.

A análise de óleo isolante de transformador era realizada nas subestações elétricas a cada ano também por uma empresa terceirizada e semelhante à termografia e a análise de vibração não possuía plano e nem históricos. Atualmente as análises de óleo continuam sendo realizadas pela mesma empresa terceirizada e mediante os mesmos procedimentos. A análise preditiva de óleo hidráulico não era realizada, apesar de existirem ocorrências de quebras de bombas e atualmente continuam não sendo realizadas.

Desta forma, de todas as técnicas de análise de preditiva disponíveis no mercado a empresa utiliza a termografia, a análise de vibração, a análise de óleo isolante de transformadores e a inspeção visual realizada pelos mantenedores através de inspeções oriundas de planos com o equipamento em funcionamento.

As técnicas de manutenção preditiva implantadas na empresa foram à termografia, a análise de vibração e a análise de óleo isolante de transformadores nas subestações elétricas, mas que ainda não faz parte do plano cadastrado no sistema operacional de gestão da empresa e consequentemente está fora do controle do PCM e não possui histórico de suas execuções e anomalias encontradas. A manutenção ainda não executa análise de óleo hidráulico apesar de termos ocorrências de quebras de bombas.

4.5 RESULTADOS OBTIDOS

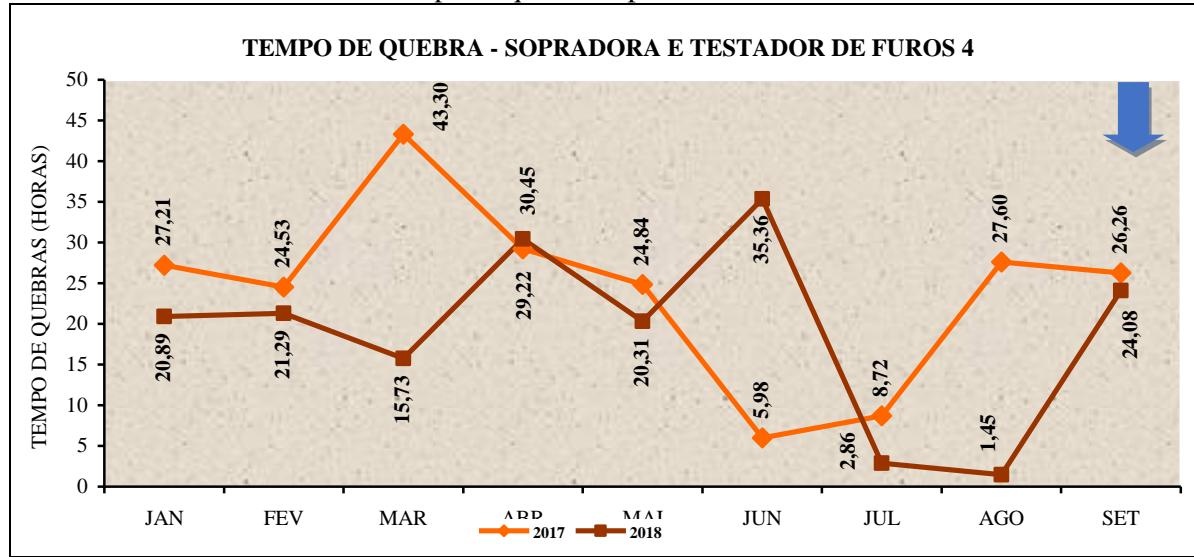
O marco inicial da implantação da manutenção planejada na empresa em estudo foi em maio de 2017, porém somente a partir de outubro de 2017 os equipamentos pilotos começaram a apresentar seus primeiros resultados. Desta forma, para este trabalho, foram considerados os valores apresentados pelos equipamentos entre o período de janeiro a setembro de 2017 como período anterior a implantação da manutenção planejada e os valores apresentados no período de outubro de 2017 a setembro de 2018 como período pós a implantação.

Os valores analisados foram copilados em quadro indicadores, a saber: tempo de quebra (min), número de quebras (un.), indisponibilidade do equipamento por quebras de manutenção (%) e produtividade (%). Os resultados podem ser observados através dos gráficos abaixo.

a) Tempo de quebra - sopradora e testador de furos 4

O gráfico 4 faz um comparativo do comportamento do tempo de quebra dos equipamentos, sopradora e testador de furos 4, entre os anos de 2017 e 2018.

Gráfico 4 - Tempo de quebra: sopradora e testador de furos 4



Fonte: A Autora (2018).

Ao analisar o comportamento do tempo de quebra dos equipamentos pode-se observar que o tempo de quebra em todos os meses referentes ao ano de 2018 foram menores comparados com o tempo de quebra dos mesmos meses referente ao ano de 2017 com exceção dos meses de abril e Junho.

No mês de abril houve uma quebra elétrica cujo tempo de interrupção chegou há 26 horas e 09 min devido a um mau funcionamento da régua potenciométrica da mesa 2. Já no mês de Junho, houve uma quebra mecânica cujo tempo de interrupção chegou há 26 horas e 14 min devido a um mau funcionamento do testador de furos. Em ambos os casos o defeito foi pontual, porém o tempo para resolução da quebra foi alto.

Através dos resultados acumulados entre os anos de 2017 e 2018, que foram 217,67 horas em 2017 e 172,43 horas em 2018, observa-se uma redução de 20,78 % do tempo de

máquina parada em 2018 com relação a 2017. Baseado nos números apresentados, podemos afirmar que em 2018 os equipamentos quebraram menos que no ano de 2017.

A seta na cor azul no lado direito do gráfico indica o sentido “melhor” dos resultados, ou seja, a seta direcionada para baixo significa que quanto menor os valores, melhor o resultado e a seta direcionada para cima indica quanto maior os valores, melhor o resultado.

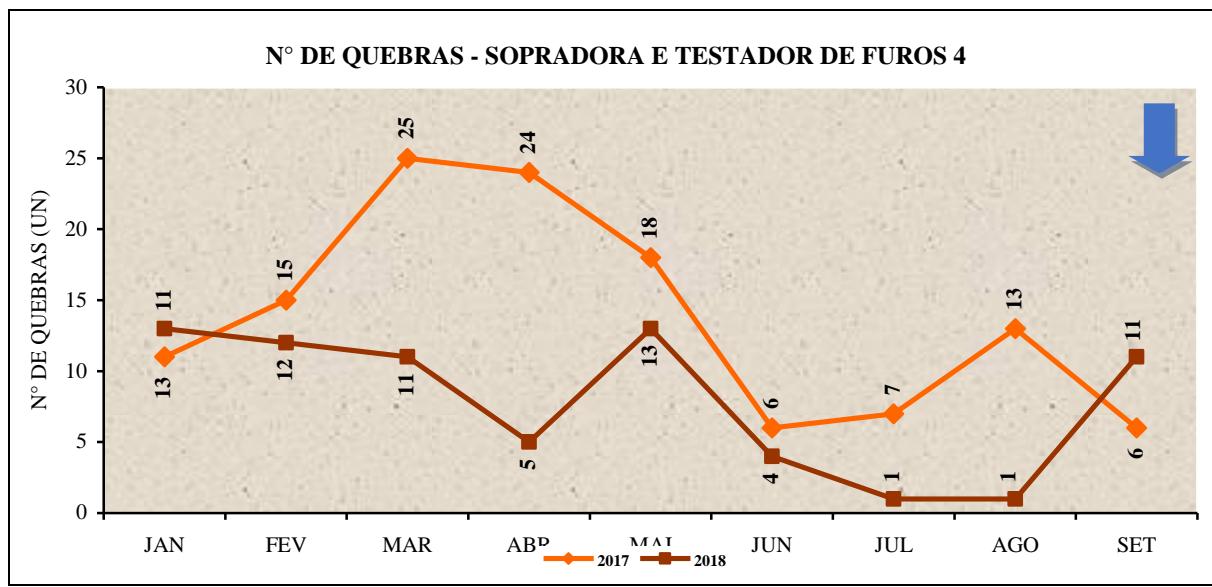
b) Número de quebras - sopradora e testador de furos 4

Do mesmo modo, ao analisar o comportamento do número de quebras entre os anos de 2017 e 2018, pode-se observar que em todos os meses referentes ao ano de 2018, com exceção dos meses de janeiro e setembro, o número de quebras foi menor comparado com os mesmos meses referentes ao ano de 2017.

Nos meses de janeiro e setembro houve várias interrupções, de curta duração, devido à falta de energia elétrica e temperatura alta da água de resfriamento do molde provocando interrupção no equipamento.

Através do gráfico 5 podemos observar estes resultados.

Gráfico 5 - Número de quebras - sopradora e testador de furos 4



Fonte: A Autora (2018).

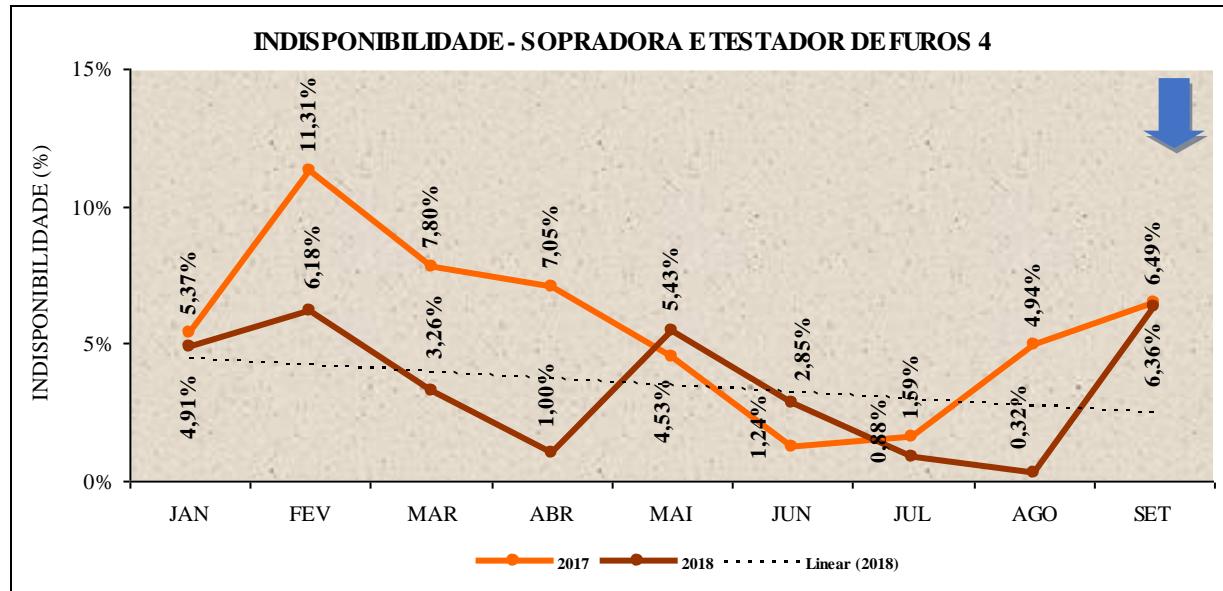
Através do resultado acumulado entre os anos de 2017 e 2018, que foram 125 quebras em 2017 e 71 quebras em 2018, pode-se observar uma redução de 43,20 % do número de

quebras em 2018 com relação a 2017. Baseado nos números apresentados, podemos afirmar que em 2018 os equipamentos tiveram uma redução das quebras com relação ao ano de 2017.

c) Indisponibilidade - sopradora e testador de furos 4

O indicador de indisponibilidade mostra o percentual de interrupção dos dois equipamentos, por motivos relacionados à manutenção, com relação ao tempo total programado para produzir.

Gráfico 6 - Indisponibilidade dos equipamentos - sopradora e testador de furos 4 nos anos de 2017 e 2018.



Fonte: A Autora (2018).

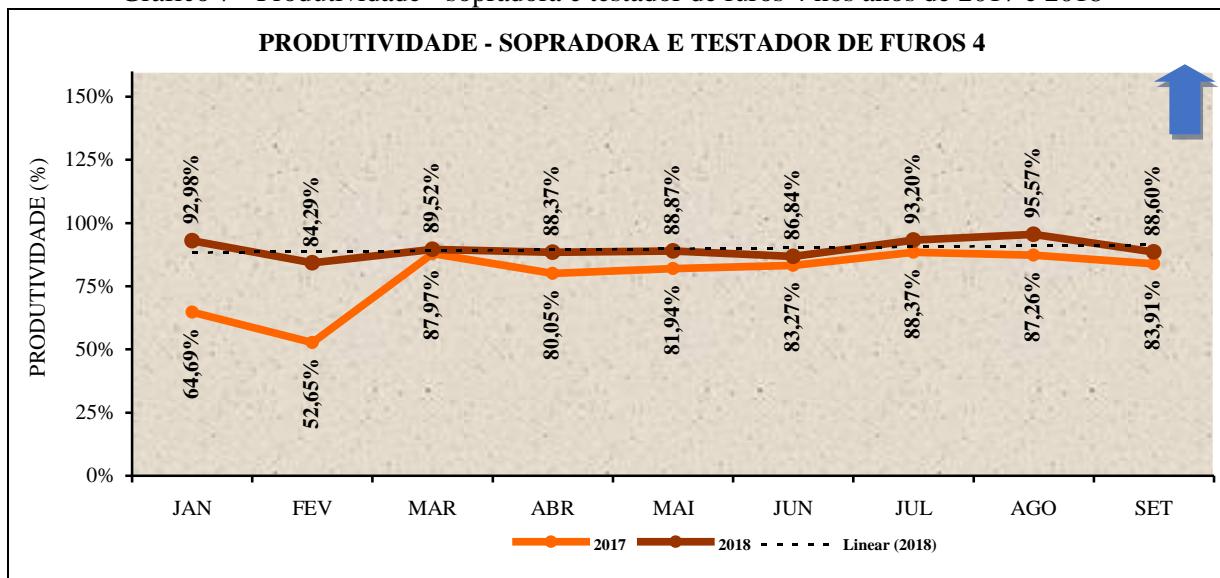
Observa-se através do gráfico 6, que em 2018 com exceção dos meses de maio e junho todos os percentuais obtidos no ano foram menores dos que os percentuais obtidos nos respectivos meses relacionados ao ano de 2017. No mês de maio, houve uma redução do tempo programado para produção devido à baixa demanda. No mês de junho o percentual foi alto devido o tempo elevado de máquina parada por quebra de manutenção, cujo valor foi em torno de 35,36 horas.

De acordo com a linha de tendência aplicada aos valores obtidos em 2018, esta aponta uma redução acentuada para os próximos meses do ano ao que se refere aos resultados de indisponibilidade.

d) Produtividade - sopradora e testador de furos 4

A redução do tempo e do número de quebras dos equipamentos reflete em uma maior disponibilidade dos equipamentos para a produção. Desta forma, quando menor os indicadores de tempo e de número de quebras maior deverá ser a produtividade destes equipamentos. O indicador de produtividade refere-se ao percentual de eficiência na utilização dos equipamentos, ou seja, é a relação entre a entrada de produto e a saída de bens.

Gráfico 7 - Produtividade - sopradora e testador de furos 4 nos anos de 2017 e 2018



Fonte: A Autora (2018).

Observa-se através do gráfico 7 que em 2018 todos os percentuais obtidos no ano foram maiores do que os percentuais obtidos nos respectivos meses relacionados ao ano de 2017. De acordo com a linha de tendência aplicada aos valores obtidos em 2018, esta aponta um aumento acentuado para os próximos meses de 2018 ao que se refere aos resultados de produtividade.

e) Volume de caixas produzidas - sopradora e testador de furos 4

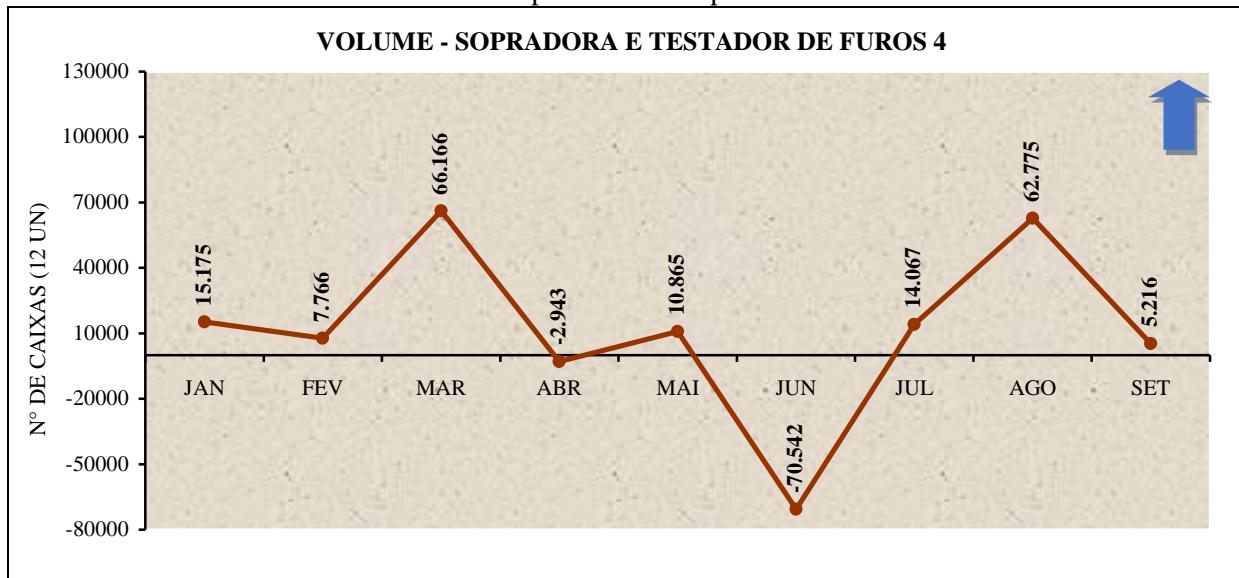
O volume nominal de produção da sopradora e do testador de furos 4 é de 2.400 caixas por hora onde cada caixa produzida possui 12 unidades de garrafas sopradas de 1 litro.

Para analisar o volume ganho em caixas produzidas baseado na redução do tempo de quebra que os equipamentos obtiveram em 2018 com relação aos valores obtidos em 2017 foi

realizada a multiplicação entre a capacidade nominal de produção dos equipamentos e a redução obtida do tempo de quebra nos referidos meses dos anos de 2017 e 2018.

O gráfico 8 mostra o volume de caixas produzidas tendo como base a capacidade nominal de produção dos equipamentos.

Gráfico 8 - Volume de caixas produzidas - sopradora e testador de furos 4



Fonte: A Autora (2018).

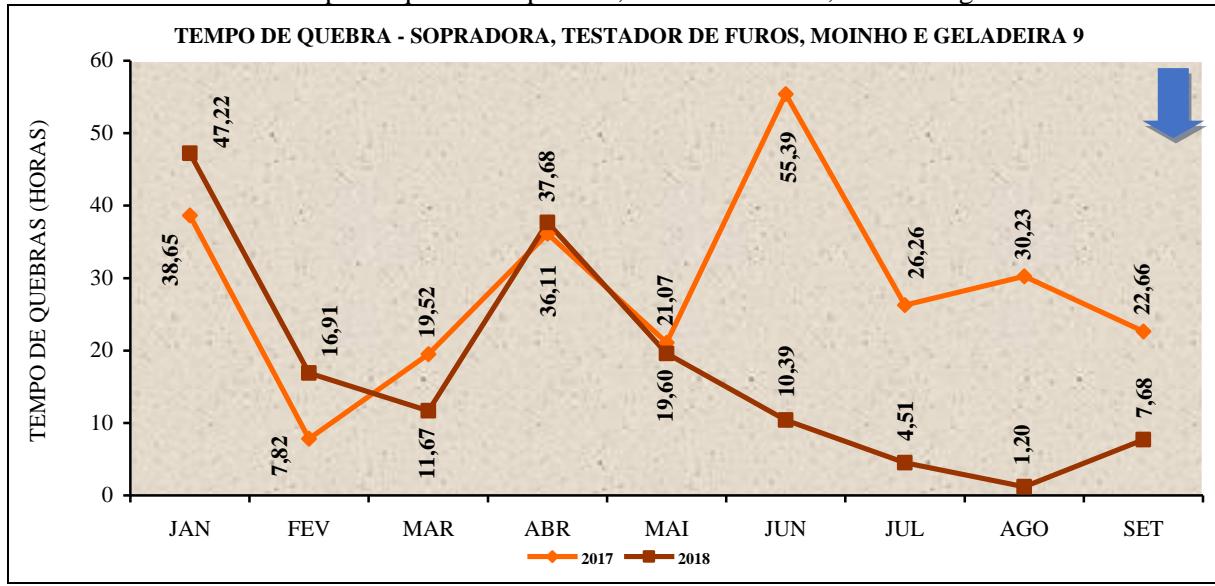
Através do gráfico 8 podemos observar que, de acordo com o tempo ganho devido a redução das quebras em 2018 comparadas com o ano de 2017, os equipamentos ficaram com uma maior disponibilidade para produzir e isso resultou no aumento do volume de caixas produzidas.

Caso o PCP tivesse programado a produção levando em consideração a capacidade nominal dos equipamentos que é de 2.444 caixas/hora os equipamentos teriam produzido no período de janeiro a setembro de 2018 o volume de 108.580 caixas a mais. Nos meses de abril e junho não houve aumento na produção, pois em abril de 2018 tivemos 30,45 horas de equipamento parado e em junho de 2018 tivemos 35,36 horas de equipamento parado, ou seja, não houve redução do tempo de quebra e com isso foi deixado de produzir o volume de 73.485 caixas.

f) Tempo de quebra - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9

O gráfico 9 mostra o comportamento do tempo de quebra dos equipamentos, sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9, entre os anos de 2017 e 2018.

Gráfico 9 - Tempo de quebra - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9



Fonte: A Autora (2018).

Ao analisar o comportamento do tempo de quebra dos equipamentos: sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9 entre os anos de 2017 e 2018, através do gráfico 9 observa-se que o tempo de quebra referente ao ano de 2018, com exceção dos meses de janeiro, fevereiro e abril, foram menores comparados com os mesmos meses referentes ao ano de 2017.

No mês de janeiro houve uma parada mecânica devido à quebra da base do cilindro de elevação que durou 13 horas e 35 min. Em fevereiro houveram várias paradas por falta de energia elétrica que somaram 7 horas e 25 min e em abril houveram várias paradas mecânicas correlacionadas com falha de atuação do cilindro da mesa 2 que somaram 19 horas e 06min.

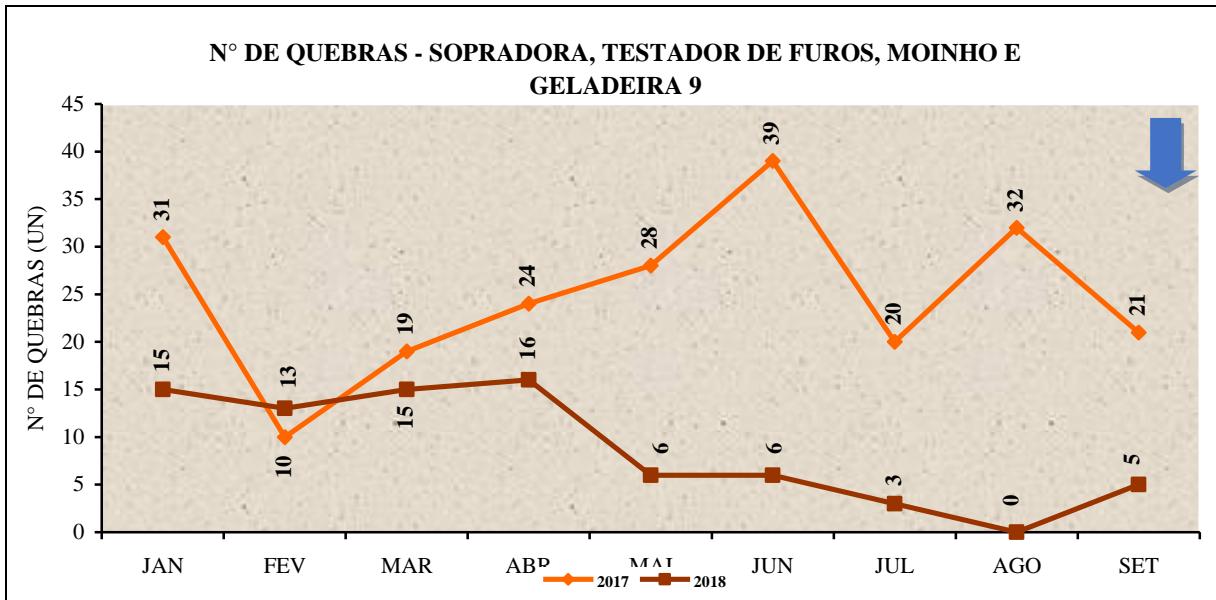
Comparando o resultado acumulado entre os anos de 2017 e 2018, que foram 258,0 horas em 2017 e 157,0 horas em 2018, observa-se uma redução de 39,13 % do tempo de máquina parada em 2018 com relação a 2017. Baseado nos números apresentados, podemos afirmar que em 2018 estes equipamentos pararam menos que no ano de 2017.

g) N° de quebras - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9

Do mesmo modo, ao analisar o comportamento do número de quebras para os mesmos equipamentos entre os anos de 2017 e 2018, através do gráfico 10, observa-se que em todos os meses referentes ao ano de 2018, com excesso do mês de fevereiro que houve três quebras

a mais que o mesmo mês do ano de 2017, o número de quebras foi menor comparado com os mesmos meses referentes ao ano de 2017.

Gráfico 10 - Número de quebras - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9 nos anos de 2017 e 2018



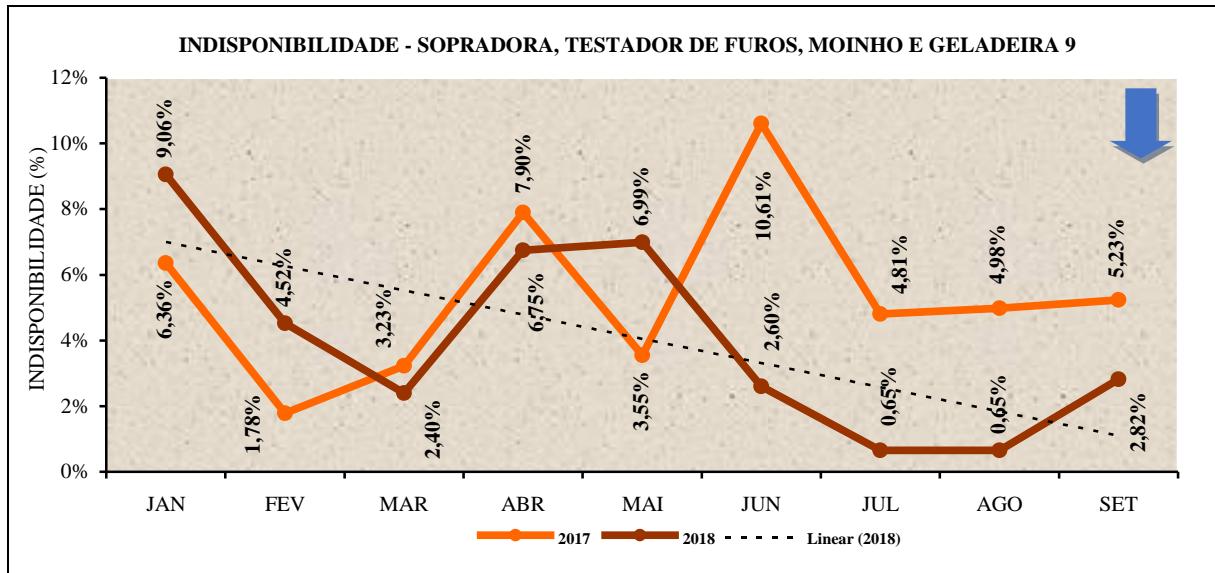
Fonte: A Autora (2018).

Através do resultado acumulado entre os anos de 2017 e 2018, que foram 224 quebras em 2017 e 79 quebras em 2018, pode-se observar uma redução de 64,73 % do número de quebras em 2018 com relação a 2017. Baseado nos números apresentados, podemos afirmar que em 2018 os equipamentos tiveram menos quebras do que no ano de 2017.

h) Indisponibilidade - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9

O indicador de indisponibilidade, igualmente calculado, aos equipamentos anteriores mostra o percentual de interrupção dos quatros equipamentos, por motivos relacionados à manutenção, com relação ao tempo total programado para produzir.

Gráfico 11 - Percentual de indisponibilidade - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9 nos anos de 2017 e 2018



Fonte: A Autora (2018).

Observa-se também através do gráfico 11, que em 2018, com exceção dos meses de janeiro, fevereiro e maio todos os percentuais obtidos no ano foram menores dos que os percentuais obtidos nos respectivos meses relacionados ao ano de 2017.

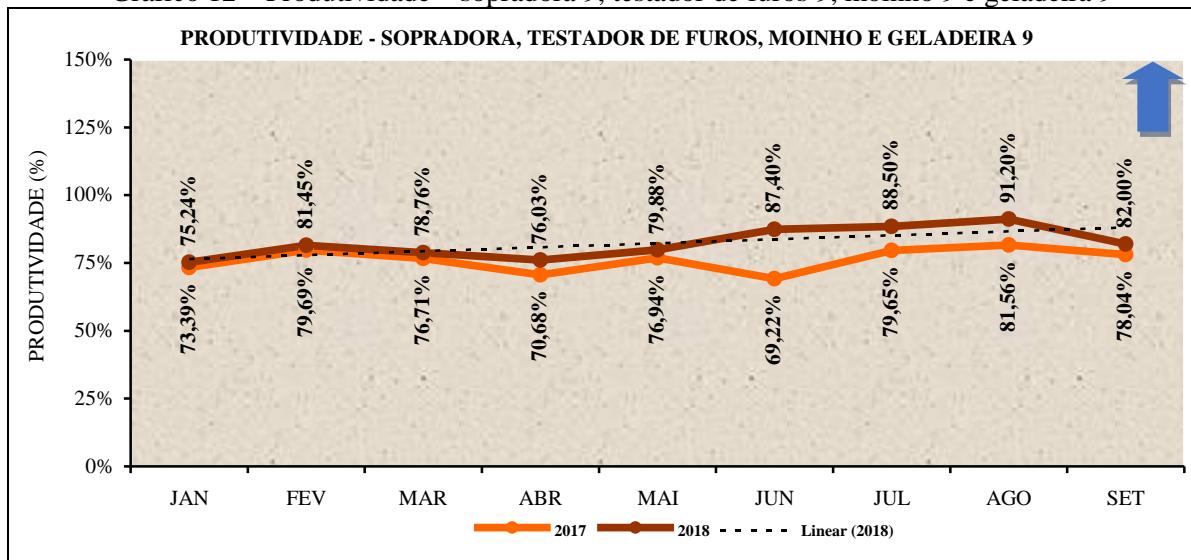
Com relação ao meses de janeiro e fevereiro o aumento no percentual de indisponibilidade foi devido ao tempo elevado quebras, que foi de 47,22 horas e 16,91 horas respectivamente. Já no mês de maio o percentual alto foi devido à redução do tempo programado para produção devido à baixa demanda de mercado.

De acordo com a linha de tendência aplicada aos valores obtidos em 2018, esta aponta uma redução acentuada para os próximos meses do ano ao que se refere aos resultados de indisponibilidade.

i) Produtividade - sopradora 9, testador de furos 9, moinho 9 e geladeira 9.

A redução do tempo e do número de quebras dos equipamentos reflete em uma maior disponibilidade dos equipamentos para a produção. Desta forma, quando menor os indicadores de tempo e de número de quebras maior deverá ser a produtividade destes equipamentos. O indicador de produtividade refere-se ao percentual de eficiência na utilização dos equipamentos, ou seja, é a relação entre a entrada de produto e a saída de bens.

Gráfico 12 – Produtividade – sopradora 9, testador de furos 9, moinho 9 e geladeira 9



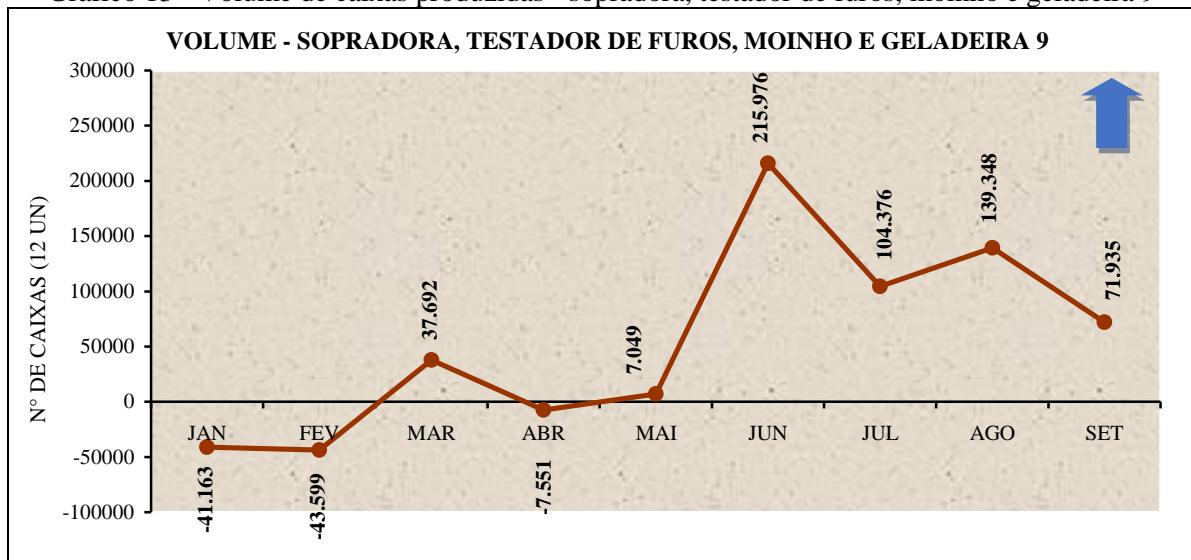
Através do gráfico 12, podem ser observados que em 2018 todos os percentuais obtidos no ano foram maiores do que os percentuais obtidos nos respectivos meses relacionados ao ano de 2017.

De acordo com a linha de tendência aplicada aos valores obtidos em 2018, esta aponta um aumento acentuado para os próximos meses de 2018 ao que se refere aos resultados de produtividade.

j) Volume produzido - sopradora 9, testador de furos 9, moinho 9 e geladeira 9.

O volume nominal de produção da sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9 é de 4.800 caixas por hora onde cada caixa produzida possui 12 unidades de garrafas sopradas de 1 litro. Para analisar o volume ganho em caixas produzidas baseado na redução do tempo de quebra que os equipamentos obtiveram em 2018 com relação aos valores obtidos em 2017 foi realizada a multiplicação entre a capacidade nominal de produção dos equipamentos e a redução obtida do tempo de quebra nos referidos meses dos anos de 2017 e 2018.

Gráfico 13 - Volume de caixas produzidas - sopradora, testador de furos, moinho e geladeira 9



Fonte: A Autora (2018).

Através do gráfico 13 podemos observar que, de acordo com o tempo ganho devido à redução das quebras em 2018 comparadas com o ano de 2017, os equipamentos ficaram com uma maior disponibilidade para produzir e isso resultou no aumento do volume de caixas produzidas.

Caso o PCP tivesse programado a produção levando em consideração a capacidade nominal dos equipamentos que é de 4.800 caixas/hora os equipamentos teriam produzido no período de janeiro a setembro de 2018 o volume de 484.064 caixas a mais.

Nos meses de janeiro, fevereiro e abril não houve aumento na produção devido ao elevado tempo de máquina parada por quebras de manutenção. Foram 47,44 horas, 16,91 horas e 37,68 horas respectivamente os tempos de interrupção e isso impactou em uma redução de 92.313 caixas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização deste trabalho, algumas considerações finais sobre os aspectos positivos e sobre as principais dificuldades encontradas neste processo de implantação da manutenção planejada na fábrica de sopro de garrafas plásticas não poderiam deixar de serem feitas.

5.1 ASPECTOS POSITIVOS DA IMPLANTAÇÃO

A decisão de montar uma equipe multidisciplinar focada na implantação da metodologia pela empresa em estudo foi um diferencial que ajudou dando velocidade e eliminando possíveis erros na implantação. Esta decisão, de montar uma equipe multidisciplinar, também fez parte do estudo de caso apresentado por Viana e Ribeiro (2017) que implantou a metodologia nos equipamentos de uma empresa nacional de mineração. Os autores afirmam que “A composição do grupo focado foi feita de forma a reunir especialistas que atuam diretamente com as atividades de manutenção (planejamento e execução) [...].”.

A participação dos operadores dos equipamentos pilotos na implantação da metodologia foi outro ponto positivo para o sucesso do programa. Através das inspeções autônomas os operadores detectavam as anomalias e registavam as mesmas utilizando as etiquetas vermelhas. De posse destas etiquetas os mantenedores eram direcionados para a sua resolução removendo-as tão rápido quanto possível, eliminando a possibilidade de quebra dos equipamentos. No estudo de caso apresentado por Azevedo *et al.* (2017) que implantou a metodologia nos equipamentos de uma empresa nacional de logística, os autores concluíram que muitas das quebras ocorridas nas empilhadeiras e transpaleteiras elétricas poderiam ser evitadas se os operadores realizassem atividades como inspeção e limpeza. Os autores ainda afirmam que “Os operadores não são autorizados a fazerem manutenção autônoma nos equipamentos que operam, pois, a empresa acredita que eles podem criar uma situação de perigo ou parar o funcionamento dos equipamentos devido à falta de conhecimento das suas funcionalidades”.

A implantação da manutenção planejada proporcionou uma integração maior entre a manutenção e a operação. A comunicação entre as duas equipes se tornou mais direta e sem ruídos. Os encontros autônomos próximos aos equipamentos ajudaram nas tratativas das anomalias encontradas nos equipamentos e na troca de informações técnicas. Os operadores se sentiam mais valorizados, pois juntamente com os mantenedores, tinham a função de zelar pelo bom funcionamento dos seus equipamentos.

5.2 PRINCIPAIS DIFICULDADES APRESENTADAS NA IMPLANTAÇÃO

A falta de uma estruturação da manutenção pode levar a implantação da metodologia ao insucesso. A manutenção da empresa em estudo definiu de forma clara os tipos de manutenção que seriam aplicados em cada equipamento de acordo com a sua classificação. Porém, não havia mão de obra suficiente para executar as atividades de manutenção que deveriam ser realizadas de acordo com a estrutura definida. Devido à falta deste recurso, por mês é registrado uma média de 250 horas de equipamento parado aguardando manutenção. Esta dificuldade também foi mencionada no estudo de caso apresentado por Estender *et al.* (2015) que implantaram a metodologia em uma empresa nacional que opera com frota de veículos. Os autores relatam que devido à falta de mão de obra, a manutenção dos pneus não é feita com a frequência necessária e também não é feita uma verificação periódica dos pneus para observar se é necessário o alinhamento e balanceamento dos mesmos.

A falta de um sistema de gerenciamento das informações da manutenção foi outra dificuldade na implantação da metodologia enfrentada pela empresa em estudo. O *software* de gestão empresarial adotado pela empresa foi um ponto negativo apresentado no início da implantação. Havia um desconhecimento grande por parte dos usuários da manutenção e principalmente por parte do setor de planejamento e controle da manutenção das suas funcionalidades. No estudo de caso apresentado por Couto *et al.* (2013) onde foi adequado a metodologia para ser utilizada em equipamentos de raios x, os autores mencionam que devido à falta de um sistema de gerenciamento para as informações da manutenção, a própria manutenção teve que desenvolver um sistema baseado em suas necessidades de armazenamento de informações.

Implantar a cultura de analisar as quebras/falhas dos equipamentos foi um desafio vivido durante todo o processo de implantação. Apesar da equipe de manutenção entender a importância de se realizar a análise das quebras/falhas dos equipamentos com o objetivo de achar a causa fundamental e propor ações de bloqueio para eliminá-la, ela não era utilizada de forma rotineira. Existia um espaço grande de dias entre a ocorrência da quebra e a execução da análise, e com isso perdia-se as evidências do fato dificultando a detecção da causa fundamental do problema.

O modelo de implantação da manutenção planejada, sugerido pela JIPM, se mostrou adequado e aplicável quando submetido através dos seis passos de implantação a equipamentos industriais. A divisão da implantação da metodologia por passos foi bastante útil, pois além de permitir o entendimento da metodologia de forma fracionada, gerou uma

disciplina na equipe de implantação de modo que está veio a obedecer a cada premissa solicitada pela metodologia e o tempo necessário para consolida-la. As atividades contidas em cada passo também se mostraram apropriadas e exequíveis quando confrontadas com a realizada encontrada nos equipamentos.

O estudo de caso mostrou que a implantação da manutenção planejada trouxe benefícios para a empresa em estudo. Os equipamentos pilotos após a implantação da metodologia apresentaram reduções no tempo de parada, na quantidade de quebras e no percentual de indisponibilidade e ao mesmo tempo apresentou aumento no percentual de produtividade. Além dos ganhos mensuráveis a implantação trouxe ganhos imensuráveis como a mudança do comportamento dos colaboradores através do entendimento da necessidade de melhoria continua da importância de combater o desperdício em todas as esperas, de se tornar parte do negocio ao qual estão envolvidos e da importância do trabalho em equipe. Ficou evidente entre os colaboradores a mudança no modelo mental, onde antes o foco era concertar os equipamentos o mais rápido possível ao final da implantação o foco foi substituído por outro que é o de não deixar os equipamentos quebrarem pelo maior tempo possível.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Alguns trabalhos podem ser desenvolvidos para aumentar o conhecimento sobre o tema, tais como:

- Desenvolver a etapa 6 da manutenção planejada que consiste em criar um modelo para a avaliação de todos os passos anteriores já implantados para que possa ser medido a aderência da metodologia nos equipamentos;
- Desenvolver uma sistemática de como realizar as revisões dos planos de manutenção tendo como fonte o perfil de perdas das quebras/falhas dos equipamentos;
- Analisar o impacto que a capacitação operacional pode ocasionar na manutenção planejada;
- Analisar o impacto gerado no orçamento da manutenção com a implantação da manutenção planejada e a correlação do custo com os diversos tipos de atividades realizadas pela manutenção.

Estes estudos ajudarão a enxergar os desvios da implantação da manutenção planejada e propor ações para sua correção, reduzir as quebras/falhas dos equipamentos através de planos de manutenção mais eficientes, desenvolver a equipe de operadores através da capacitação e torna-los mais envolvidos e cooperadores com o processo manter e gerenciar os custos com manutenção evitando gastos desnecessários em atividades que não agregam valor ao produto fabricado.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462:** confiabilidade e manutenabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- ALMEIDA, A. T.; SOUZA, F. M. C. **Gestão da manutenção na direção da competitividade.** Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2001.
- AOKI TECHNICAL LABORATORY. **Manual de treinamento básico de máquina.** São Paulo, 2005.
- AZEVEDO, A. A de; OLIVEIRA, A. M.; LANA, E. E. C.; RESENDE, E. L. Avaliação do processo de manutenção de equipamentos logísticos. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, 2017. Disponível em: <http://www.eumed.net/rev/ccccs/2017/03/empilhadeiras-transpaleteira-eletricas.html>. Acesso: 20/10/2018.
- BRAGA FILHO, G. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade.** Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna Ltda., 2006.
- BRAGA FILHO, G. **Indicadores e índices de manutenção.** Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna Ltda., 2006.
- CANEVAROLO JR., S.V. **Ciência dos polímeros:** um texto básico para tecnólogos e engenheiros. São Paulo: Ed. Artliber, 2002.
- COUTO, N. F. do; RIBEIRO, R. S.; AZEVEDO, A. C. P. de; CARVALHO, A. C. P. Modelo de gerenciamento da manutenção de equipamentos de radiologia convencional. **Radiol Bras**, v. 36, n. 6, p. 353-361, 2003.
- CURVO, J. H.; FREITAS, R. **Treinamento moldagem por sopro.** Recife, 2007. (Treinamento *on the Job*)
- ESTERDER, A. C.; NIKLIS, R. B. R; BARBOSA, L. Manutenção de pneus de frota como meio de redução de custos. **Revista eletrônica de administração.** v. 14, n. 2. Ed. 27, Jul-Dez 2015.
- FARIA, J. G. A. **Administração da manutenção.** São Paulo: Edgard Blucher, 1994.
- GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa.** 6^a ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2017.
- HOBBSAWM, E. J. **A era das revoluções: 1789-1848.** São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2010.
- JIPM. **Informações de negócio.** Disponível em <http://www.jipm.or.jp/business/>. Acesso em: 03 de novembro de 2018, 10:56:01.
- JIPM. **História do TPM e JIPM.** Disponível em <http://www.jipm.or.jp/>. Acesso em: 03 de novembro de 2018, 15:28:06.

- KARDEC, A.; NASCIF, F. **Manutenção:** função estratégica. Rio de Janeiro: Quality mark, 2009.
- KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. **A estratégia em ação:** balanced scorecard. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- KELLY, A.; HARRIS, M. J. **Management of industrial maintenance.** Trad. Mario Amora Ramos. Rio de Janeiro: IBP, 1980.
- LIMA, L. H. R. **Sopradora convencional.** Recife, 2017.
- LANDES, D. **Prometeu desacorrentado:** transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, de 1750 até os dias de hoje. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- LAZIM, H. M.; RAMAYAH, T. Estratégia de manutenção em empresas de manufatura da Malásia: uma abordagem de manutenção produtiva total (TPM). **Revista Série de estratégia de negócios**, v. 11, n. 6, p.387-396, 2010.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota:** 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Trad. Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- LOPES, M. R.; GONÇALVES, W. Práticas de manutenção na gestão de operações: um estudo em empresas de distribuição de gás liquefeito de petróleo. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 3, n.3, p. 1-18, 2017.
- MANO, E.B.; Mendes, L.C. **Introdução a polímeros.** 2^a ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1999.
- MÁRQUEZ, A. C. **The maintenance management framework:** models and methods for complex systems maintenance. London: Springer-Verlag, 2007. (Springer Series in Reliability Engineering).
- MAZUCHELLI, F. **Os anos de chumbo. economia e política internacional no entre guerras.** Campinas: Editora Unesp Edições Facamp, 2009.
- MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance.** New York: Industrial Press Inc, 1992.
- NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM total productive maintenance.** São Paulo: IMC, 1989.
- PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. **Flexibilização organizacional:** aplicação de um modelo de produtividade total. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002. 276 p. ISBN 85-225-0402-4.
- RODRIGUES, M. e HATAKEYAMA, K. Analysis of the fall of TPM in companies. **Journal of materials processing technology**, v. 179, n. 1-3, pp. 276-279, 2006.
- SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramentas:** uma revolução nos sistema produtivos. trad. Eduardo Shaan e Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade:** manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, c2005. 374 p.

SUZUKI, T. **TPM in process industries.** New York: Productivity Press, 1994.

TAKAHASHI Y.; OSADA T. **TPM/MPT manutenção produtiva total.** São Paulo: IMAN, 1993.

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

VIANA, H. R. G.; RIBEIRO, J. L. D. Elaboração e aplicação de um plano diretor de manutenção em uma empresa mineradora. **Revista Gestão Industrial**, v. 13, n. 3, p. 37-56, set./nov. 2017.

VILAROUCA, M. G. Implementação de indicadores de desempenho na gestão da manutenção: uma aplicação o setor plástico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...].** Rio de Janeiro, 2008.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas;** elimine o desperdício e crie riqueza. 6º reimpr. Trad. Ana Beatriz Rodrigues, Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

XENOS, H. G. P. **Gerenciamento da Manutenção Produtiva.** Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, 1998.

YANG, Li; Ye, Zhi-Sheng; Lee, Chi-Guhn; Yang, Su-Fen; Peng, Rui. A two-phase preventive maintenance policy considering imperfect repair and postponed replacement. **Revista europeia de pesquisa operacional**, v. 274, p. 966-977, ed. 3, maio 2019.