UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

# IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA NO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UTILIDADES DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

**MAURIVANIO COSTA BARROS**

Orientador: Prof. Virgílio Mendonça da Costa e Silva

JOÃO PESSOA

2019

MAURIVANIO COSTA BARROS

# IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA NO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UTILIDADES DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado à Universidade Federal de João Pessoa como Requisito Parcial para a Obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Virgílio Mendonça da Costa e Silva

JOÃO PESSOA

2019

MAURIVANIO COSTA BARROS

# IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA NO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UTILIDADES DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado à Universidade Federal de João Pessoa como Requisito Parcial para a Obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Trabalho aprovado. João Pessoa, 10 de dezembro de 2019:

**Virgílio Mendonça da Costa e Silva**
Orientador

**Aurelia Altemira Acuña Idrogo**
Avaliadora Interna

**Rafael Evaristo Caluête**
Avaliador Interno

JOÃO PESSOA

2019

*Dedico a Deus que me deu forças para concluir esse trabalho de forma satisfatória.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me proporcionar perseverança durante toda minha vida.

Aos meus pais Mário e Elivânia pela dedicação comigo e com minha irmã Marília.

Aos meus amigos Antonio, Guilherme, Gustavo, Layza e Sidney pelos conselhos e bons momentos compartilhados durante a graduação.

A Victória por ter me apoiado e compartilhado tantos momentos durante boa parte da minha graduação.

A Emily por ter me incentivado e dado apoio nessa reta final do curso.

Ao Fórmula Elétrico UFPB por me proporcionar conhecimento e bons amigos.

Ao supervisor Luan por ter me repassado tanto conhecimento durante o trainee.

A todos os meus professores do curso de Engenharia Mecânica por contribuírem na minha formação.

*“Se você acredita que é capaz ou se acredita que não é capaz,de qualquer forma você tem razão.”*

*Henry Ford*

BARROS, M. C. IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DA MANUFATURA ENXUTA NO SETOR DE MANUTENÇÃO DE UTILIDADES DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL 2019. 97p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB**.**

## RESUMO

Em um mundo cada vez mais globalizado e competitivo, onde o mercado consumidor pode ter acesso a produtos de qualquer lugar, é necessário que as empresas possuam diferenciais competitivos para sobreviver. Nesse contexto, as indústrias têm se preocupado cada vez mais com a área de manutenção, pois ela se destaca como questão estratégica na preservação dos seus ativos e aumento da qualidade e quantidade do que é ofertado aos clientes. O autor do presente trabalho foi trainee de engenharia mecânica em empresa da indústria têxtil, onde pôde colaborar com diversas melhorias no setor de utilidades da fábrica que é responsável pela manutenção dos sistemas de climatização e ar comprimido. As melhorias que foram apresentadas no trabalho ocorreram após uma troca no cargo de supervisor do setor, onde o novo profissional possuía formação em engenharia de produção e aplicou 5 técnicas da manufatura enxuta (programa 5S, manutenção produtiva total, trabalho padronizado, quadro kanban e gestão visual). Assim, o presente estudo busca descrever como, quando bem aplicadas, as técnicas da manufatura enxuta aumentam a produtividade dos colaboradores e reduzem os desperdícios dos processos. As melhorias implementadas eliminaram perdas com movimentação, armazenamento e procedimentos desnecessários. As melhorias implementadas também reduziram as perdas com defeitos na linha de produção e as perdas com paradas de bombas hidráulicas.

**Palavras-Chave:** Manutenção. Manufatura enxuta. Indústria têxtil. Melhorias.

BARROS, M. C **IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING TECHNIQUES IN THE UTILITIES MAINTENANCE SECTOR OF A TEXTILE INDUSTRY- CASE OF STUDY.** 2019. 97p. Completion of Course Work. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB.

## ABSTRACT

In a increasingly competitive and globalized world, where the consumer market can access products from anywhere, companies need competitive differentials to survive. In this context, industries have been more and more concerned with the maintenance area, because it stands out as a strategic issue in preserving its assets and increasing the quality and quantity of what is offered to customers. The author of this work was a mechanical engineering trainee at a textile company, where he could collaborate with several improvements in the utility sector of the factory which is responsible for maintaining the air conditioning and compressed air systems. The improvements that were presented at this work came after a change in the supervisor sector position, where the new professional is a production engineer and applied 5 lean manufacturing techniques (5S program, total productive maintenance, standardized work, kanban board and visual management). Thus, the present study aims to describe how, when well applied, lean manufacturing techniques increase employees productivity and reduce processes wastes. The Implemented improvements eliminated unnecessary movement, storage, and procedure losses. The improvements implemented also reduced losses from production line defects and losses from hydraulic pump shutdowns.

**Key-Words:** Maintenance. Learn Manufacturing. Textile Industry. Improvements.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução Histórica da Manutenção. ..... 20
Figura 2 – Critérios para adoção dos Tipos de Manutenção. ..... 27
Figura 3 – Estrutura Organizacional da Manutenção Centralizada. ..... 29
Figura 4 – Estrutura Organizacional da Manutenção Descentralizada. ..... 30
Figura 5 – Estrutura Organizacional Mista da Manutenção. ..... 30
Figura 6 – Estrutura em Linha. ..... 32
Figura 7– Estrutura Matricial. ..... 33
Figura 8 – Estrutura Mista. ..... 34
Figura 9 – Diagrama de Fluxo de Dados. ..... 36
Figura 10 – Ciclo PDCA. ..... 40
Figura 11 - As 6 grandes perdas da TPM. ..... 44
Figura 12 – Os Oito Pilares da Manutenção Produtiva Total. ..... 46
Figura 13 - Mapa do Polo Industrial da BETA. ..... 49
Figura 14 – Fluxograma do Processo de Fiação. ..... 50
Figura 15 – Sistema típico de uma instalação de médio/grande porte. ..... 52
Figura 16 – Chiller CentraVac TRANE. Na cor mais escura o evaporador e na cor mais clara o condensador. ..... 53
Figura 17 – Circuitos e Bombas de Água Gelada e Condensada. ..... 53
Figura 18 – Unidade de Tratamento de Ar. ..... 54
Figura 19 – Filtro Rotativo com Bocas Móveis semelhante ao da BETA. ..... 55
Figura 20 – Lavador de Ar. ..... 55
Figura 21 – Dampers do tipo Controlador de Vazão Instalados na BETA. ..... 56
Figura 22 – Modelo do compressor de maior capacidade instalado na fábrica. ..... 57
Figura 23 – Esquema de Filtragem montado na BETA. ..... 58
Figura 24 - Estrutura Organizacional da Equipe antes da mudança de Supervisão. 60
Figura 25 – Plano de Manutenção dos Motores. ..... 67
Figura 26 – Estrutura Organizacional da Equipe após a mudança de Supervisão. ..... 77
Figura 27 – Planilha de Controle - Manutenções e Lubrificações dos Motores. ..... 78
Figura 28 – Operador da BETA em fase de treinamento. ..... 79
Figura 29 - Comparação de Gastos Acumulados: Selo Mecânico x Gaxeta. ..... 82
Figura 30 - Checklist Semanal dos Compressores. ..... 84
Figura 31 – Algumas das Listas de Assinatura Elaboradas. ..... 85

Figura 32 – Lista assinada da “LIMPEZA – SALA DA TRANE”, posta na entrada da própria sala, local de fácil visualização. .....85
Figura 33 – O Mapa dos Filtros de Ar. .....86
Figura 34 – Pintura feita para Taguear (identificar) os filtros de ar.....87
Figura 35 – Quadro Kanban produzido na BETA. .....**Erro! Indicador não definido.**
Figura 36 - Impacto das Melhorias sobre as Perdas de Produção. .....89
Figura 37 – Impacto das Melhorias sobre as Perdas Combatidas pela TPM. .....90

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão dos Tipos de Manutenção no Brasil.....27
Tabela 2 – Formas de Atuação da Manutenção.....31
Tabela 3 – As 15 principais técnicas da Manufatura Enxuta. .....43
Tabela 4 – Projetos de Manutenção Preventiva da Empresa.....62
Tabela 5 – Plano de Manutenção dos Chillers. .....64
Tabela 6 – Serviços destinados aos mecânicos da fábrica. .....65
Tabela 7 – Serviços destinados apenas aos representantes do fornecedor. .....66
Tabela 8 – Roteiro de Atividades - Fábrica 1 e 2 .....68
Tabela 9 – Roteiro de Atividades - Operadores Fábrica 4 e 5. .....69
Tabela 10 – Problemas Identificados e Melhorias Propostas.....70

## LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ABRAMAN | Associação Brasileira de Manutenção |
| AHU | Unidade de Tratamento de Ar |
| CHILLER | Resfriador |
| CMMS | Computer Maintenance Management System |
| CNI | Confederação Nacional da Indústria |
| EAM | Enterprise Asset Management |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| HP | Horse-power |
| JIPM | Japan Institute of Plant Maintenance |
| JIT | Just in Time |
| MC | Manutenção Corretiva |
| MP | Manutenção Preventiva |
| TMEF | Tempo Médio entre Falhas |
| TPM | Manutenção Produtiva Total |
| TPMR | Tempo médio para Reparo |
| TQM | Gestão Pela Qualidade Total |

**SUMÁRIO**

1. Introdução.....14
1.1 Justificativa.....14
1.2 Objetivos.....15
1.3 Metodologia do trabalho.....15
1.4 Estrutura do Trabalho.....17
2. Revisão Bibliográfica.....17
2.1 História da manutenção.....17
2.2 Tipos de Manutenção.....21
2.2.1 Manutenção Corretiva.....21
2.2.2 Manutenção Preventiva.....21
2.2.3 Manutenção Preditiva.....22
2.2.4 Manutenção Detectiva.....22
2.2.5 Engenharia da Manutenção.....23
2.3 Políticas de manutenção.....23
2.4 Estrutura organizacional da manutenção.....28
2.5 Planejamento e controle da Manutenção.....34
2.6 Qualidade na Manutenção.....37
2.7 A Manufatura Enxuta e Suas Ténicas.....41
2.8 Manutenção Produtiva Total.....44
2.9 Ferramenta 5W2H.....47
3. A Manutenção e a Indústria têxtil.....48
3.1 A indústria Têxtil.....48
3.2 a Empresa.....48
3.3 Tecnologia do Processo.....52
3.3.1 Sistema de refrigeração e Tratamento do Ar.....52
3.3.2 Sistema de Ar Comprimido.....56

3.3.3 Tratamento de Água.....57
3.4 O Ambiente Encontrado.....58
3.4.1 A Organização da Equipe de Utilidades.....58
3.4.2 Periodicidade de Manutenção.....62
3.4.3 Planos de Manutenção.....63
3.4.4 Rotinas de Manutenção.....67
3.4.5 Problemas Identificados.....69
4. Melhorias Baseadas na TPM.....71
4.1 Programa 5S.....72
4.2 TPM Administrativo.....74
4.2.1 Mudança na Forma de Atuar.....74
4.2.2 Melhoria na Gestão de Informações.....75
4.2.3 Melhoria na Administração.....76
4.3 Manutenção Planejada.....77
4.4 Manutenção Autônoma & Educação e Treinamento.....78
4.5 Melhorias Específicas.....80
4.6 Segurança.....82
5. Outras Técnicas implementadas.....83
5.1 Trabalho Padronizado.....83
5.2 Gestão Visual.....84
5.2.1 Disposição Estratégica de Listas.....84
5.2.2 Mapa dos Filtros de Ar.....85
5.3 Kanban.....87
5. Resultados.....88
6. Conclusões e Recomendações.....92
REFERÊNCIAS.....93
APÊNDICE 1 – PLANO DE AÇÃO 5W2H.....96

# 1. INTRODUÇÃO

Escreva de meia a uma página sobre o conteúdo de seu trabalho

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo pesquisa da Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2019 quase um terço (27%) das Indústrias utilizam três ou menos das 15 principais técnicas de manufatura enxuta (Tabela 3). Enquanto 39% usam de quatro a nove técnicas e apenas 34% utilizam de 10 a 15 técnicas da manufatura enxuta. O levantamento mostra que a falta de conhecimento das técnicas é um dos principais obstáculos da manufatura enxuta na indústria.

O presente trabalho descreve como ferramentas da manufatura enxuta foram aplicadas no setor de utilidades de uma fábrica têxtil instalada em João Pessoa. Na fábrica, que será intitulada como BETA, o setor de utilidades é responsável pela manutenção dos sistemas de refrigeração, ar comprimido e outros equipamentos vitais para o pleno funcionamento da fábrica. Assim, é extremamente importante que os mecânicos do setor tenham as melhores condições para trabalhar e manter os equipamentos em operação.

No contexto da manutenção dentro da indústria, a manutenção produtiva total ou do inglês *Total Productive Manufacturing* (TPM) é uma das principais técnicas que se aplica. Essa abordagem moderna de gestão da manutenção tem por objetivo atingir a máxima eficiência do equipamento e aumentar o seu ciclo de vida, mas para isso promove o engajamento dos funcionários, pois a qualidade dos produtos ou serviços também depende dos mesmos.

Dessa maneira, o cenário mostra que há espaço para ampliar a utilização das melhores práticas na gestão de ativos, tornando a organização competitiva. E a aplicação dos inúmeros métodos e ferramentas disponíveis dentro da manufatura enxuta é um bom caminho para aumentar o lucro e a qualidade do serviço.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral

O propósito deste trabalho é mostrar com o emprego das técnicas da manufatura enxuta contribuem para melhorar o trabalho de uma equipe de manutenção industrial. É esperado que com sua realização fique claro como as atividades realizadas reduziram desperdícios e melhoraram a equipe em diversos aspectos: planejamento das manutenções, padronização de procedimentos, troca de informações, supervisão de tarefas, segurança, comprometimento dos colaboradores, etc. E desta maneira, ressaltar a importância e o valor da aplicação das ferramentas que advém da filosofia enxuta de produção.

### 1.2.2 Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Mostrar a estrutura, as atividades e o ambiente de trabalho na área de utilidades da empresa;
- Mostrar como a energia e o conhecimento, quando em aplicados, podem partir de um indivíduo e se propagar por toda a equipe causando transformações saudáveis;
- Descrever as melhorias realizadas como eliminação de desperdícios dos processos face a aplicação das técnicas da manufatura enxuta;
- Identificar os benefícios e analisar como as mudanças impactaram a equipe.

## 1.3 METODOLOGIA DO TRABALHO

Em todo trabalho científico, dados são coletados e analisados a fim de se chegar a conclusões. Para que um trabalho como este possa ser avaliado e/ou aproveitado por outras pessoas ele deve seguir uma metodologia de pesquisa.

Aqui é preciso deixar definidos: a natureza da pesquisa, a abordagem, a classificação (quanto aos meios e fins), a delimitação (o universo da pesquisa), as técnicas e instrumentos de coleta e análise de dados e as limitações do método (JACOBSEN, 2016).

A natureza do trabalho é de uma pesquisa básica estratégica, pois busca aprofundar o conhecimento e elucidar a importância de um supervisor capacitado para uma equipe de manutenção. Onde, o trabalho irá servir de exemplo para outras empresas que não tratam com tanta relevância ter um profissional preparado para desempenhar tal função.

Quanto a abordagem, esse estudo é primordialmente qualitativo. Embora alguns dados sejam quantitativos, sua análise e interpretação é de fácil execução e não necessita nenhum método estatístico para tal.

O trabalho fica delimitado ao espaço da empresa BETA e mais especificamente à equipe de Utilidades.

As fontes de dados para trabalho foram a observação durante os três meses de estágio e entrevistas com o gerente, supervisor e mecânicos especializados.

A principal limitação do trabalho é temporal, uma vez que a gerência, a forma de trabalhar e as mudanças de cargo foram observadas entre dezembro de 2018 e março de 2019.

Quanto aos fins, ele é classificado como descritivo e exploratório pois faz uso de informações teóricas e, também, de dados não escritos em trabalhos acadêmicos. Já quanto aos meios, o trabalho é tipicamente um estudo de caso, onde se faz uma descrição analítica de uma situação local com o objetivo de guiar novos estudos e descobertas.

Segundo Branski et al. (2010), um Estudo de Caso possui cinco fases:

1. Delineamento da pesquisa;
2. Desenho da pesquisa;
3. Preparação e Coleta dos Dados;
4. Análise dos casos e entre casos;
5. Divulgar resultados e conclusões da pesquisa.

No delineamento, a primeira atividade é a definição clara e objetiva do tema a ser estudado. Definir um tema é delimitar, dentro de uma determinada área de pesquisa, o que vai ser investigado. Temas com rigor facilitam as etapas posteriores (o levantamento e a análise dos dados). A partir daí se definem os objetivos e as questões da pesquisa para dar prosseguimento ao trabalho.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na primeira parte do trabalho será realizada a revisão bibliográfica sobre os principais conceitos pertinentes a manutenção e manufatura enxuta.

A segunda parte consiste em mostrar o cenário com que o autor se deparou quando entrou na empresa. Neste capítulo serão expostas informações que vão servir como base para tirar as conclusões a respeito das transformações que se deram na equipe.

Na terceira e quarta parte serão descritas as melhorias implantadas pela nova gestão e os benefícios que decorreram da implementação de alguns conceitos da TPM e outras técnicas da manufatura enxuta, respectivamente.

A quinta parte consiste em sintetizar como as melhorias implementadas influenciaram na eliminação ou redução dos desperdícios de produção.

A sexta parte consiste em tirar conclusões sobre os principais pontos positivos e negativos das mudanças.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

Manutenção, palavra originada do latim *manus ternere* o que significa, manter o que se tem. A manutenção é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5462, 1994) como a “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Para Slack et al. (2002 *apud* Paschoal et al.,2009, pg. 2), o termo manutenção é usado para abordar a forma com que as organizações tentam evitar as falhas, cuidando das suas instalações físicas.

Para Paschoal et al. (2009) é notável que a visão clássica da manutenção é o reparo de itens após a falha e as atividades de manutenção, dessa maneira, estariam limitadas a ações reativas de reparo. Entretanto, numa ótica mais recente, o objetivo da manutenção passa a ser manter o item funcionando sob suas condições de projeto, ou restaurá-lo para estas condições, de forma a permitir o pleno desempenho na produção. Esta nova forma de tratar a manutenção permite uma abordagem mais

proativa, que envolve desde serviços rotineiros e inspeções periódicas até o monitoramento das condições.

Neste sentido, houve mudanças quanto as expectativas com a equipe de manutenção e as técnicas empregadas passaram por evolução ao longo dos anos. Segundo Siqueira (2005 *apud* Freire, 2012), o desenvolvimento da manutenção pode ser dividido em três gerações: Mecanização, Industrialização e Automatização.

A primeira geração começa antes da Segunda Guerra Mundial e vai até 1950. Nessa época, a indústria não era muito mecanizada e a prevenção de falhas não era vista como prioridade pelos gerentes. Tavares (1999 *apud* Vianna, 2017) afirma que a manutenção era vista como atividade secundária, pois as estratégias eram totalmente **corretivas**, ou seja, somente após a quebra da máquina se tomavam medidas. Moubray (1997) acrescenta que as máquinas eram simples e superdimensionadas, uma vez que a sociedade da época pouco dependia do seu desempenho. Tal simplicidade e robustez trazia confiabilidade e facilitava o reparo. De tal maneira que a capacitação não era tão exigida como nos dias de hoje.

Já o período da segunda geração (1950 a 1975), pós Segunda Guerra Mundial, foi marcado pela crescente demanda de todos os tipos de produto e suprimento e diminuição da oferta de mão-de-obra. O que acarretou no aumento da mecanização das operações e, consequentemente, do número de máquinas e sua complexidade (MOUBRAY, 1997).

A maior **disponibilidade** e vida útil, a um baixo custo, tornou-se o principal objetivo de avaliação dos equipamentos. Em consequência destas novas prioridades, surgiram técnicas de manutenção **preventiva** capazes de minimizar a ocorrência de falhas.

Automatização, inicia-se em meados da década de 70. Neste período a sociedade começa a consumir em larga escala, surgindo uma concorrência globalizada nos diferentes setores industriais, os equipamentos são mais exigidos em sua capacidade nominal, tornando a disponibilidade dos mesmos um fator essencial e aumentando a importância da manutenção. Kardec e Nassif (2009) dizem que passou-se a ter uma visão mais centrada nas falhas e devido a tendência mundial de utilizar o sistema Just in Time (JIT), houve uma crescente preocupação com a paralisação das linhas de produção. No período, diversas técnicas de manutenção **preditiva** foram desenvolvidas e passaram a fazer parte da estratégia de manutenção.

Assim, a qualidade de produtos e serviços, juntamente com a **confiabilidade** e custos, tornaram-se os critérios básicos para o desempenho industrial.

Na quarta geração a estrutura organizacional passa a ter como justificativa da sua existência a disponibilidade, a confiabilidade e a manutenibilidade. Aqui, a principal diferença da geração anterior é a prática de se fazer a manutenção preditiva junto a monitoramentos e análises de falhas.

Finalmente, na quinta geração a manutenção passa a atuar também na gestão de ativos, de maneira a garantir a confiabilidade do ativo durante seu ciclo de vida. As intervenções necessárias passam a ser feitas sem surpresas e com o menor custo possível.

Kardec e Nassif (op.cit) ainda acrescentam a quarta e a quinta geração. A Figura 1 sintetiza a evolução histórica da manutenção de acordo com as expectativas sobre a manutenção, visão quanto a falha e mudança das técnicas de manutenção.

Figura 1 – Evolução Histórica da Manutenção.

| 1ª Geração<br>1930 - 1940 | 2ª Geração<br>1940 - 1970 | 3ª Geração<br>1970 - 1990 | 4ª Geração<br>1990 - 2005 | 5ª Geração<br>Após 2005 |
|---|---|---|---|---|
| **Aumento da Expectativa em Relação à Manutenção** | | | | |
| - Conserto após a falha | - Disponibilidade Crescente<br>- Maior Vida Útil das Máquinas. | - Maior Disponibilidade<br>- Maior Confiabilidade<br>- Melhor Custo-Benefício<br>- Melhor Qualidade de Produtos<br>- Preservação do Meio Ambiente | - Maior Disponibilidade<br>- Maior Confiabilidade<br>- Melhor Custo-Benefício<br>- Preservação do Meio Ambiente<br>- Segurança<br>- Influir nos Resultados dos Negócios<br>- Gerenciar ativos | - Gerenciar Ativos<br>- Otimizar os ciclos de vida dos ativos<br>- Influir nos resultados do negócio |
| **Visão Quanto a Falha do Equipamento** | | | | |
| - Todos os Equipamentos se Desgastam com a Idade e, por isso, Falham. | - Todos os Equipamentos se Comportam de Acordo com a Curva da Banheira | - Existência de Seis Padrões de Falhas | - Reduzir Drasticamente Falhas Prematuras dos Padrões A e F | - Planejamento do ciclo de vida desde o projeto para reduzir as falhas |
| **Mudanças nas Técnicas de Manutenção** | | | | |
| - Habilidades Voltadas para o Reparo | - Planejamento Manual da Manutenção<br>- Computadores Grandes e Lentos<br>- Manutenção Preventiva (por tempo) | - Monitoração de Condições.<br>- Manutenção Preditiva<br>- Análise de Risco.<br>- Computadores Pequenos e Rápidos.<br>- Softwares Potentes.<br>- Grupo de Trabalhos Multidisciplinares.<br>- Projetos Voltados para Confiabilidade.<br>- Contratação por Mão de Obra e Serviços | - Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição.<br>- Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretivas Não Planejadas.<br>- Análise de Dados<br>- Técnicas de Confiabilidade.<br>- Manutenibilidade.<br>- Engenharia de Manutenção.<br>- Projetos Voltados para Confiabilidade, Manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida.<br>- Contratação por Resultados. | - Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição on e off-line<br>- Participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos.<br>- Garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência.<br>- Implementar melhorias objetivando redução de falhas.<br>- Excelência em Engenharia de Manutenção.<br>- Consolidação dos contratos por resultados. |

Fonte: adaptado de KARDEC & NASCIF, 2009.

## 2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

### 2.2.1 Manutenção Corretiva

É uma forma primária de manutenção e pode ser caracterizada pelo ciclo “quebra-repara”, ou seja, o conserto do equipamento após a avaria. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5462, 1994) define como “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. É a forma mais cara de manutenção quando se leva em conta os custos totais do sistema. Araújo e Santos (2004 *apud* Paschoal et al., 2009, pg. 4) afirmam que a manutenção corretiva pura e simples conduz a:

- Baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas e, portanto, das cadeias produtivas;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações;
- Paradas por manutenção em momentos aleatórios e, muitas vezes, inoportunos por corresponderem a épocas de ponta de produção, a períodos de cronograma apertado, ou até a épocas de crise geral.

É impossível eliminar totalmente a manutenção corretiva, entretanto, medidas podem ser tomadas para diminuir o índice de corretivas, como uma equipe devidamente treinada para atuar com celeridade e eficiência nos casos de defeitos previsíveis.

### 2.2.2 Manutenção Preventiva

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5462, 1994) define a 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”. Entende-se então que a manutenção preventiva consiste em um trabalho de prevenção de defeitos que possam originar a parada ou um baixo rendimento dos equipamentos em operação, sendo caracterizada pelo planejamento sistemático de reparos. Araújo e Santos (2004 *apud* Paschoal et al., 2009) listam como vantagens:

- Diminuição do número total de corretivas;
- Diminuição do número de intervenções corretivas em momentos inoportunos como, por exemplo: em períodos noturnos, em fins de semana, durante períodos críticos de produção e distribuição;

- Aumento da taxa de utilização dos sistemas de produção e distribuição.

Ainda é possível destacar outras vantagens como, por exemplo: maior confiabilidade, maior previsão da disponibilidade e mais certeza à produção na entrega de lotes.

### 2.2.3 Manutenção Preditiva

Segundo Kardec e Nascif (op.cit), a manutenção preditiva consiste na “Atuação realizada com base nas modificações de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática”. Esta também pode ser tratada como uma manutenção preventiva baseada na condição.

Pelo acompanhamento do grau de degradação da variável monitorada é tomada a decisão de intervenção com base nos limites estabelecidos. O acompanhamento contínuo da condição do equipamento permite a preparação prévia do serviço, além da tomada de decisão em conjunto com a produção para a execução do serviço.

As suas principais vantagens são segundo Araújo e Santos (2004 *apud* Paschoal et al., 2009): aumento da vida útil do equipamento, diminuição dos custos dos reparos, aumento da produtividade, diminuição de estoques, melhoria da segurança e motivação do pessoal de manutenção.

### 2.2.4 Manutenção Detectiva

É definida por Paschoal et al. (2009) como sendo “A atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção”. Neste sentido, a identificação de falhas ocultas se torna primordial para garantir a confiabilidade. Com o desenvolvimento de tecnologias, se tornou cada vez mais comum a utilização de equipamentos digitais na instrumentação e controle de processos. Kardec e Nascif (op.cit) dizem que a diferença entre a manutenção preditiva e a detectiva está no nível de automatização.

De acordo com Paschoal et al. (2009), na manutenção preditiva o diagnóstico é feito a partir da medição de parâmetros. Já na manutenção detectiva, o diagnóstico é conseguido de forma direta a partir do processamento de informações colhidas junto à planta.

### 2.2.5 Engenharia da Manutenção

Paschoal et al. (2009, pg. 5) definem a engenharia de manutenção como “O conjunto de atividades que permite o aumento da confiabilidade e da disponibilidade”. Kardec e Nascif (op.cit) classificam a engenharia de manutenção como uma quebra do paradigma de ficar consertando continuadamente. A engenharia de manutenção atua procurando as causas básicas e modificando situações permanentes de mau desempenho. E, desta maneira, se torna possível: deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar feedback ao projeto e interferir tecnicamente nas compras.

## 2.3 POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO

A norma NBR 5462:1994 caracteriza Política de Manutenção como “Descrição das inter-relações entre os escalões de manutenção, os níveis de intervenção e os níveis de manutenção a serem aplicados para a manutenção de um item”. ela define escalão de manutenção como “a posição, dentro de uma organização, onde níveis de manutenção especificados são efetuados em um item. alguns exemplos de escalões de manutenção são as manutenções realizadas no campo, na oficina de reparos e no próprio fabricante do item”.

Segundo a norma NBR 5462:1994, o nível intervenção é “A subdivisão de um item sobre a qual são realizadas as ações de manutenção”. Para ilustrar, temos como exemplos de níveis de intervenção: subsistema, placa de circuito impresso, componentes. Os níveis de intervenção de um item vão depender da sua complexidade, da acessibilidade dos subitens e também da capacidade da equipe e dos recursos disponíveis.

Os níveis de manutenção são definidos pela NBR 5462: 1994 como “O conjunto das ações de manutenção a serem efetuadas em um dado nível de intervenção especificado”. Para os exemplos de níveis de intervenção citados anteriormente teríamos os seguintes níveis de manutenção: substituição de componentes, de uma placa de circuito impresso, de um subsistema e outros.

Kardec e Nascif (2009) afirmam que o tipo de manutenção a ser adotada é uma decisão gerencial e deve obedecer aos seguintes critérios para adoção:

- A importância do equipamento do ponto de vista operacional, de segurança pessoal, de segurança da instalação e do meio ambiente;

- Os custos envolvidos no processo, no reparo/substituição e nas consequências da falha;
- Na oportunidade;
- Na adequabilidade do equipamento ao tipo de manutenção.

Xenos (1998, pg. 27 a*pud* Freitas, 2016, pg. 30) ressalta que “a melhor manutenção será a combinação mais adequada de vários métodos, de acordo com a natureza e criticidade do equipamento para a produção”. Logo, é de se esperar que diferentes estratégias combinando os tipos de manutenção sejam tomadas.

Savsar (2006, pg.38 *apud* Azevedo 2007, pg. 18) cita seis diferentes estratégias de manutenção que podem ser implementadas na empresa de acordo com o contexto em que ela está inserida e suas possibilidades:

1. Sem política de manutenção: Entende-se que o sistema de produção é completamente confiável e que não há a necessidade de desempenhar nenhuma política de manutenção.
2. Política de MC (manutenção corretiva): As ações de manutenção são exercidas apenas em caso de falha do equipamento.
3. MC com MP (manutenção preventiva) em período fixo: As preventivas são programadas segundo um ciclo (por exemplo 1 mês) e a data planejada para a MP não é afetada por qualquer corretiva que ocorra durante o ciclo.
4. MC com MP baseada no período de vida: A MP que foi programada para ocorrer no final de cada ciclo é refeita sempre que ocorrer uma MC durante o período. Neste caso, caso ocorra uma MC durante o ciclo uma nova data será estabelecida para a próxima MP (por exemplo 1 mês a partir da MC). Essa estratégia assume que a máquina retorna a condição inicial do ciclo após a corretiva.
5. MC com MP em caso de oportunidade: as preventivas são feitas apenas quando ocorre uma falha. Ou seja, quando ocorre a necessidade de uma corretiva em que também seja possível realizar a preventiva, as duas são feitas simultaneamente.
6. MC com MP planejada ou em caso de oportunidade: as atividades de preventiva são planejadas para serem feitas na data programada, entretanto caso apareça a oportunidade (manutenção corretiva) a preventiva também pode ser executada.

Ainda de acordo com Savsar (2006, pg.38 *apud* Azevedo 2007, pg. 19) na indústria, as políticas de manutenção podem ser implementadas tanto individualmente como de forma combinada. As principais políticas de manutenção que podem ser adotadas são:

- Manutenção em intervalos pré-fixados;
- Manutenção baseada na condição de parâmetro;
- Operar até falhar;
- Manutenção por oportunidade;
- Modificações de Projeto.

Kardec e Nascif (2009) ressaltam que quando o “Operar até Falhar” é feito de forma não programada (corretiva não planejada) o resultado negativo nos custos é muito alto pois a quebra inesperada da máquina acarreta em perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção. E claro, a extensão dos danos na máquina também é bem maior.

Kardec e Nascif (2009) acrescentam que “Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não planejado. E sempre será de melhor qualidade”.

Caso se opte por intervir em períodos de tempo fixo (manutenção preventiva) os seguintes fatores devem ser levados em consideração: quando não é possível a manutenção preditiva, aspectos relacionados a segurança pessoal ou da instalação tornam mandatória a intervenção, por oportunidade em equipamentos de difícil liberação, riscos de agressão ao meio ambiente e em sistemas complexos e/ou de operação contínua (KARDEC E NASCIF, 2009).

O objetivo em todo caso é minimizar as falhas. Algumas destas políticas podem parecer inapropriadas para os dias atuais, mas cabe destacar que o objetivo final da manutenção é minimizar custos atendendo a demanda de produção. Existem casos em que o custo x benefício de adotar o “Operar até Falhar” é melhor que o de uma manutenção baseada em condições de parâmetro, por exemplo.

Os avanços tecnológicos na área de instrumentação e controle tem possibilitado inserir várias técnicas e tecnologias de manutenção preditiva na rotina das empresas. Estas técnicas envolvem inspeções e em casos mais sofisticados o monitoramento contínuo do equipamento. Fato é que a monitoração dos parâmetros

de deterioração maximiza a vida do item, otimiza os esforços da equipe e reduz os gastos com substituição desnecessária de componentes.

Apesar de todas essas vantagens não podemos afirmar que a monitoração de parâmetros (política de manutenção preditiva) é o ideal em todas as circunstâncias. Kardec e Nascif citam como condições básicas para se adotar a Manutenção Preditiva:

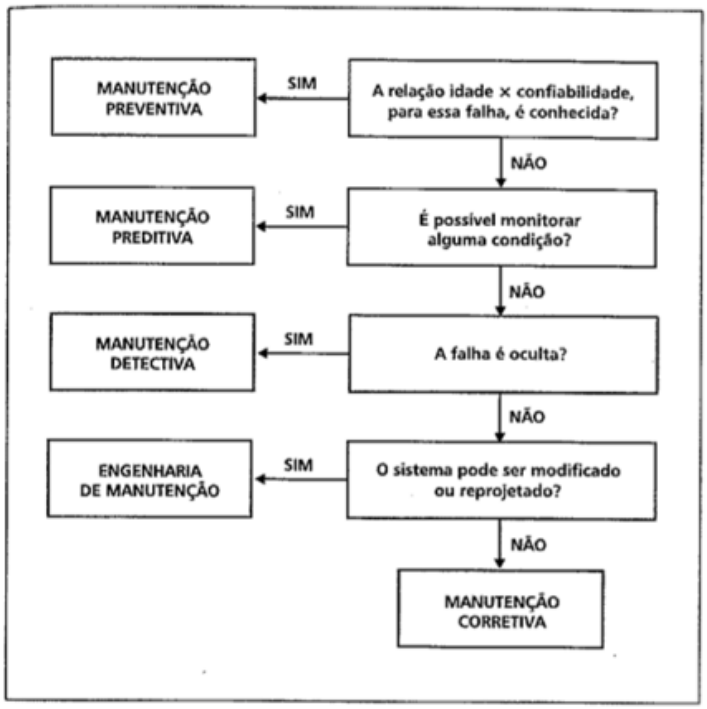
- O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição;
- O equipamento, o sistema ou a instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado.

Embora seja clara a eficiência da manutenção preditiva em aumentar a disponibilidade operacional do sistema e otimizar o uso de recursos, a manutenção preventiva ainda é protagonista na grande maioria das indústrias.

As manutenções preventivas serão mais convenientes em situações de maior simplicidade na reposição, maiores custos com falhas, maiores prejuízos a produção e maiores implicações das falhas na segurança pessoal e operacional (KARDEC E NASCIF, 2009).

A Figura 2 fornece um caminho para a escolha do tipo de manutenção a ser adotado:

Figura 2 – Critérios para adoção dos Tipos de Manutenção.




Fonte: adaptado KARDEC & NASCIF, 2009.

A Tabela 1, retirada do Documento Nacional da Manutenção, mostra como está dividida a aplicação dos tipos de manutenção no Brasil:

Tabela 1 – Divisão dos Tipos de Manutenção no Brasil.

| Ano | Aplicação de Recursos na Manutenção (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Corretiva | Preventiva | Preditiva | Outros |
| 2013 | 30,86 | 36,55 | 18,82 | 13,77 |
| 2011 | 27,4 | 37,17 | 18,51 | 16,92 |
| 2009 | 26,69 | 40,41 | 17,81 | 15,09 |
| 2007 | 25,61 | 38,78 | 17,09 | 18,51 |
| 2005 | 32,11 | 39,03 | 16,48 | 12,38 |
| 2003 | 29,98 | 35,49 | 17,76 | 16,77 |
| 2001 | 28,05 | 35,67 | 18,87 | 17,41 |
| 1999 | 27,85 | 35,84 | 17,17 | 19,14 |
| 1997 | 25,53 | 28,75 | 15,54 | 27,18 |
| 1995 | 32,8 | 35 | 18,64 | 13,56 |

Hh (serviços de manutenção)/ Hh (total de trabalho)

Fonte: adaptado de ABRAMAN, 2013.

Pode-se observar que a manutenção preventiva é a mais utilizada, Oliveira (2013 *apud* Freitas, 2016, pg. 33) afirma que isto acontece muito por conta da manutenção preventiva ter baixo custo inicial e menor nível de planejamento. Note que a manutenção corretiva vinha perdendo força até 2007 e depois começou a aumentar sua representatividade. O que não é o ideal, pois normalmente ela é feita de maneira não planejada. Em relação a manutenção preditiva, ela se manteve praticamente estável ao longo dos anos e ainda figura com o menor percentual.

As tecnologias que vem sendo desenvolvidas sugerem que a manutenção preditiva fosse mais absorvida pela indústria. Isto não ocorre por conta do seu elevado custo inicial e pela questão da mudança de cultura, uma vez que as empresas não costumam levar em consideração os benefícios a médio e longo prazo (FREITAS, 2016).

## 2.4 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção são encontradas em todos os lugares e situações onde se busca produzir, por isso a sua estruturação e subordinação tem variações de acordo com as atividades e o porte da empresa (KARDEC e NASCIF, 2009).

A primeira abordagem no aspecto estrutural é a forma de atuação da manutenção. Ela depende do tamanho e dos produtos da planta, pode ser centralizada, descentralizada ou mista.

Na manutenção centralizada da Figura 3, temos um órgão de manutenção atendendo a toda a planta. Como todos os recursos ficam concentrados em um único setor fica mais fácil de treinar a equipe e otimizar o uso dos próprios recursos, consequentemente os custos com manutenção se tornam menores. Entretanto, temos como desvantagens: dificuldade de supervisão por conta das distâncias, dificuldade de formar especialistas e menor cooperação entre manutenção e operação (STONNER, 2015).

Podemos esperar que nas pequenas e médias empresas seja este o modelo adotado devido as suas características geográficas. Já em indústrias de processamento, tipo refinarias, fábrica de cimentos e petroquímicas, a configuração centralizada é adotada por conta do *layout* da empresa que proporciona uma grande concentração de equipamentos numa área relativamente pequena (KARDEC e NASCIF, 2009).

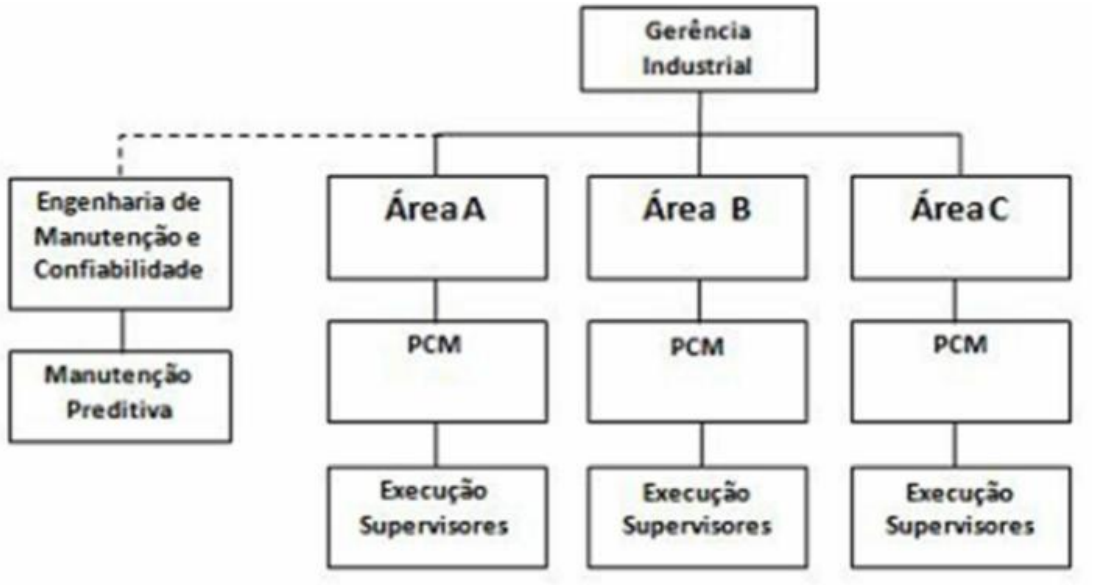
Figura 3 – Estrutura Organizacional da Manutenção Centralizada.

Fonte: (MENDONÇA, 2018).

Na manutenção descentralizada da Figura 4, cada setor (ou sub planta) tem sua equipe de manutenção. A rapidez no atendimento e a especialização da equipe nos equipamentos específicos do setor são as principais vantagens. Por outro lado, como temos recursos em cada área não conseguimos otimizar o efetivo e existe uma dificuldade maior para padronização dos serviços (STONNER, 2015).

Este modelo costuma ser o utilizado em plantas maiores, como é o caso de grandes usinas siderúrgicas, onde as características do processo e a distância entre linhas torna mais vantajosa a atuação de forma descentralizada (KARDEC E NASCIF, 2009).

Figura 4 – Estrutura Organizacional da Manutenção Descentralizada.

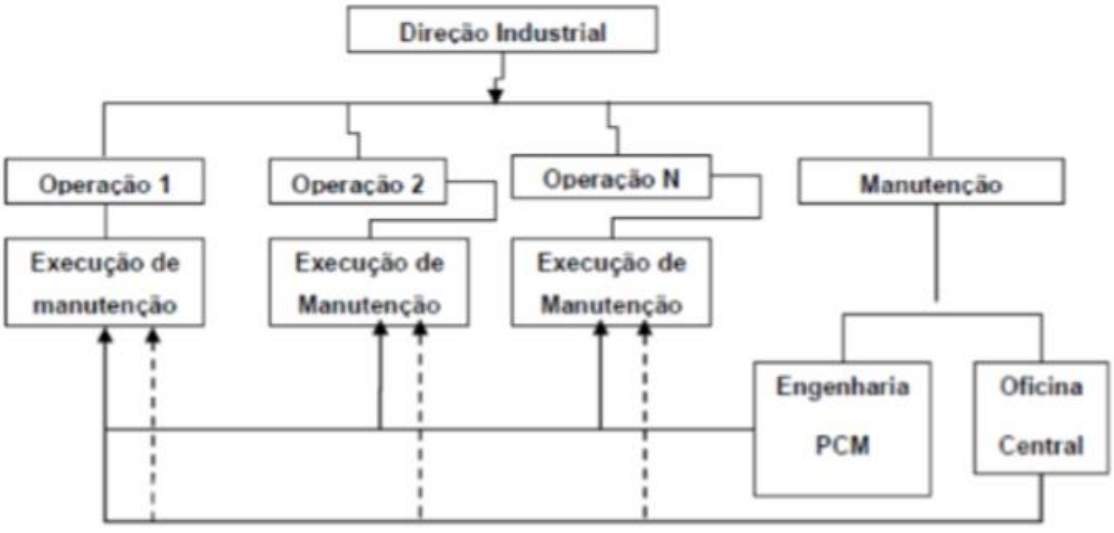



Fonte: (MENDONÇA, 2018)

Na forma de atuação mista os equipamentos de maior porte e as oficinas ficam centralizados atendendo a todas as unidades, enquanto recursos específicos (mecânicos, eletricistas, instrumentistas) formam grupos que ficam alocados em cada setor (STONNER, 2015).

Segundo Kardec e Nascif (op.cit), a estrutura mista como é mostrado na Figura 5, vem sendo muito bem aplicada em plantas grandes ou muito grandes por associar vantagens da centralizada e da descentralizada.

Figura 5 – Estrutura Organizacional Mista da Manutenção.




Fonte: COSTA, 2013.

A Tabela 2, retirada do Documento Nacional da Manutenção, mostra as formas de atuação na manutenção adotadas pelas empresas ao longo dos últimos anos:

Tabela 2 – Formas de Atuação da Manutenção.

| Ano | Formas de Atuação da Manutenção | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Centralizada | Descentralizada | Mista | Unid. De Negócio |
| 2013 | 47,3 | 23,65 | 29,05 | - |
| 2011 | 31,72 | 27,58 | 40,69 | - |
| 2009 | 32,59 | 26,67 | 40,74 | - |
| 2007 | 26,28 | 33,97 | 39,75 | - |
| 2005 | 36,14 | 27,2 | 35,96 | - |
| 2003 | 42,52 | 21,26 | 36,22 | - |
| 2001 | 36,62 | 21,13 | 42,25 | - |
| 1999 | 40,52 | 21,55 | 37,93 | - |
| 1997 | 42,5 | 15,83 | 41,67 | - |
| 1995 | 46,2 | 13,7 | 33,5 | 6,6 |

Fonte: adaptado de ABRAMAN, 2013.

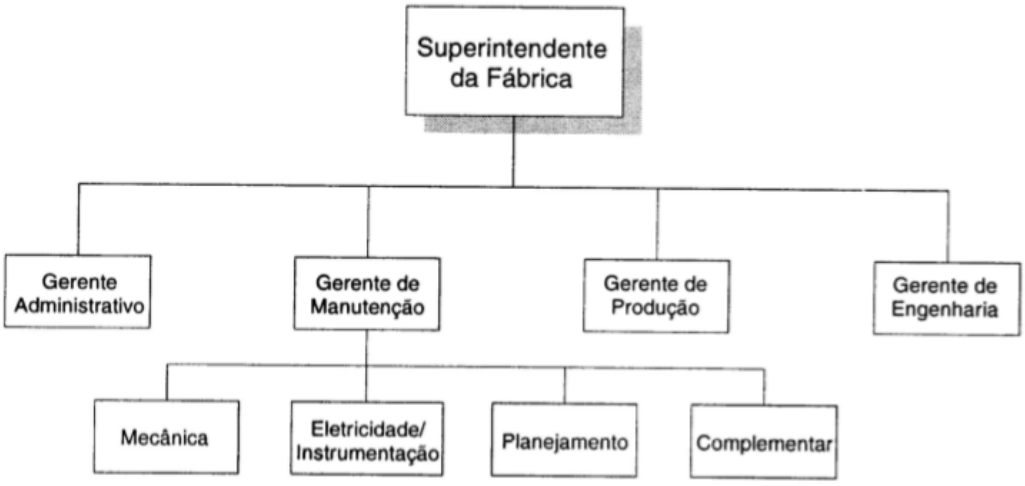
Pode-se verificar que até meados de 2007 existiu uma forte tendência a atuar de maneira descentralizada e a partir de então as empresas voltaram a implantar a política centralizada, representando uma queda tanto na atuação descentralizada quanto na mista.

Segundo Kardec e Nascif (op. cit), quanto a estruturação organizacional da Manutenção sob o aspecto das hierarquias pode-se apresentar das seguintes formas:

- Em linha direta, convencional ou tradicional;
- Em estrutura Matricial;
- Em estrutura Mista, com a formação de times.

Como podemos notar pela Figura 6, na estrutura em linha a equipe de manutenção é subordinada tanto tecnicamente como hierarquicamente ao mesmo gerente. Para Kardec E Nascif (op. cit.) as principais vantagens são a garantia de domínio tecnológico, a facilidade de incorporação de novas tecnologia e a redução do efetivo devido a maior autonomia no remanejamento de recursos. Uma desvantagem seria que a manutenção pode se tornar um fim em si mesma.

Figura 6 – Estrutura em Linha.

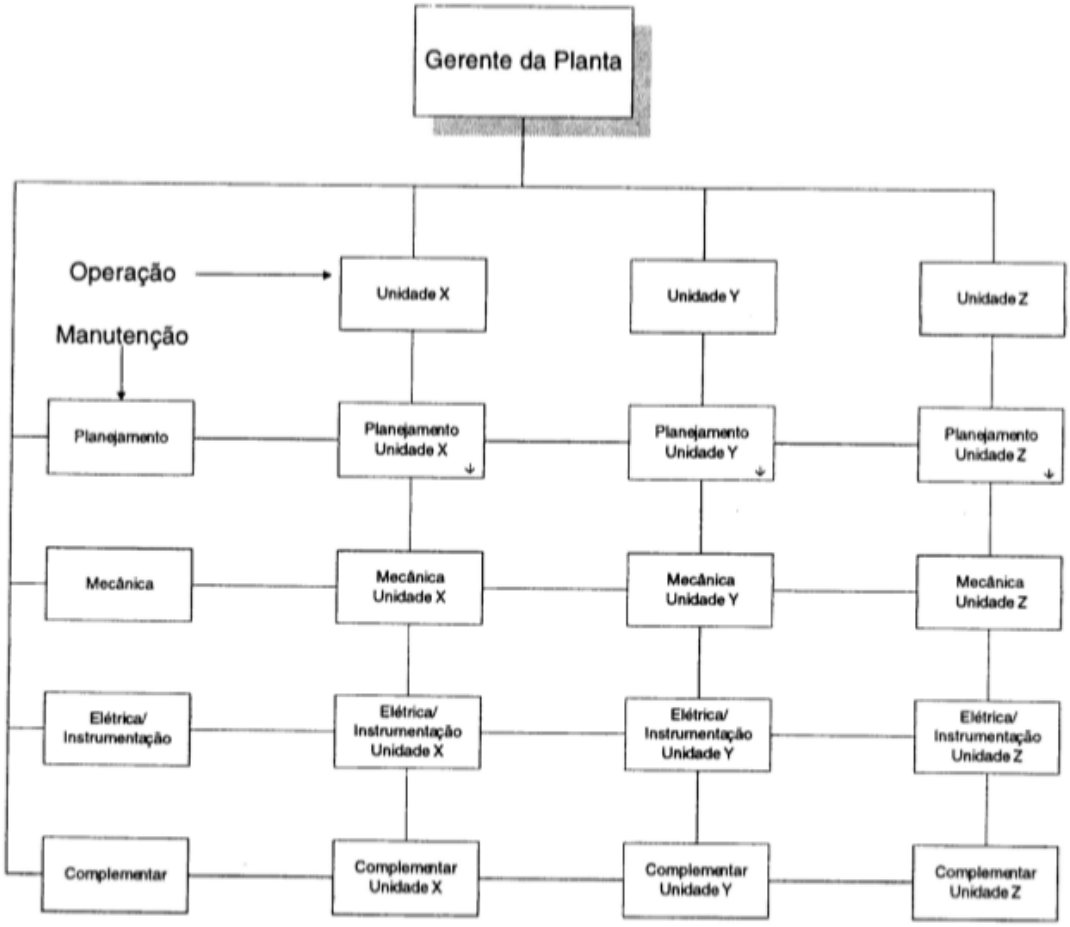



Fonte: (MENDONÇA, 2018)

A estrutura matricial obedece duas linhas de autoridade sobre o grupamento de manutenção: uma linha vertical, a Gerência de Operação, que determina o que e quando fazer e uma linha horizontal, a Gerência de Manutenção, que diz como e com quem executar as intervenções (KARDEC e NASCIF, 2009).

Desta maneira, hierarquicamente o grupamento de manutenção é subordinado a Gerência de Operação e tecnicamente subordinado a Gerência de Manutenção. A Figura 7 exemplifica a situação.

Figura 7– Estrutura Matricial.



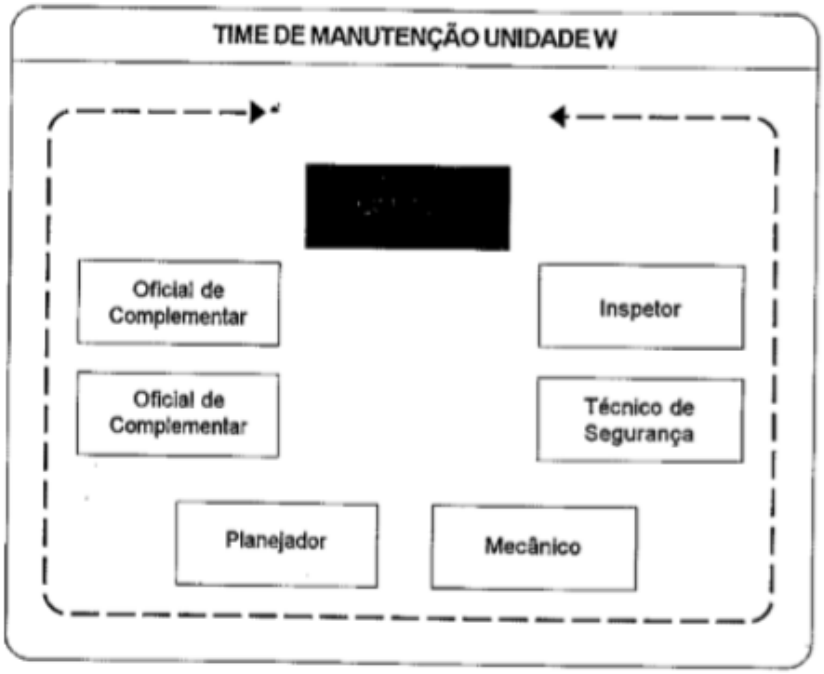

Fonte: (MENDONÇA, 2018)

Kardec e Nascif (2009), afirmam que embora a estrutura matricial gere um maior senso de unidade e cooperação entre a manutenção e a operação, pode haver as seguintes distorções:

- Dispersão dos arquivos de manutenção;
- Resistência da equipe de manutenção em aceitar duas lideranças;
- Dificuldade para padronizar os procedimentos;
- Maior inércia na ajuda mútua entre grupos de unidades diferentes.

Uma alternativa é a estrutura mista da Figura 8, na qual, é constituída de times que ficam responsáveis por uma diferentes áreas ou unidades. Os times são compostos por supervisores das especialidades da manutenção, inspeção, segurança e operação. O time deve ser capaz de fazer a análise e facilitação, supervisionar, registrar os serviços e garantir que o sistema fique informatizado.

Figura 8 – Estrutura Mista.




Fonte: adaptado KARDEC & NASCIF, 2009.

De uma maneira geral, a estruturação de times de manutenção pode ter várias versões de acordo com as características da indústria, do tamanho, do seu *layout*, etc. Independente da estrutura, o que se busca são times mais ágeis e polivalentes. Tem-se observado a eliminação dos níveis de chefia e supervisão, a fusão de especialidades e a opção por contratar parcerias com alternativa para alcançar tais objetivos.

## 2.5 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

De acordo com Kardec e Nassif (2009) a organização da manutenção nos dias atuais envolve não só a gerência dos seus recursos (pessoal, sobressalente e equipamentos) como também a busca por soluções de forma integrada com outros setores visando maximizar os resultados da empresa e torná-la competitiva no mercado.

Para que exista uma harmonia entre os diversos serviços que devem ser desempenhadas pela equipe de manutenção é necessário que exista um planejamento prévio das atividades. Segundo Teles (2018) para cada hora gasta com planejamento cinco horas são economizadas na execução.

As principais funções do planejador dentro do setor de Planejamento e Controle da manutenção são as seguintes:

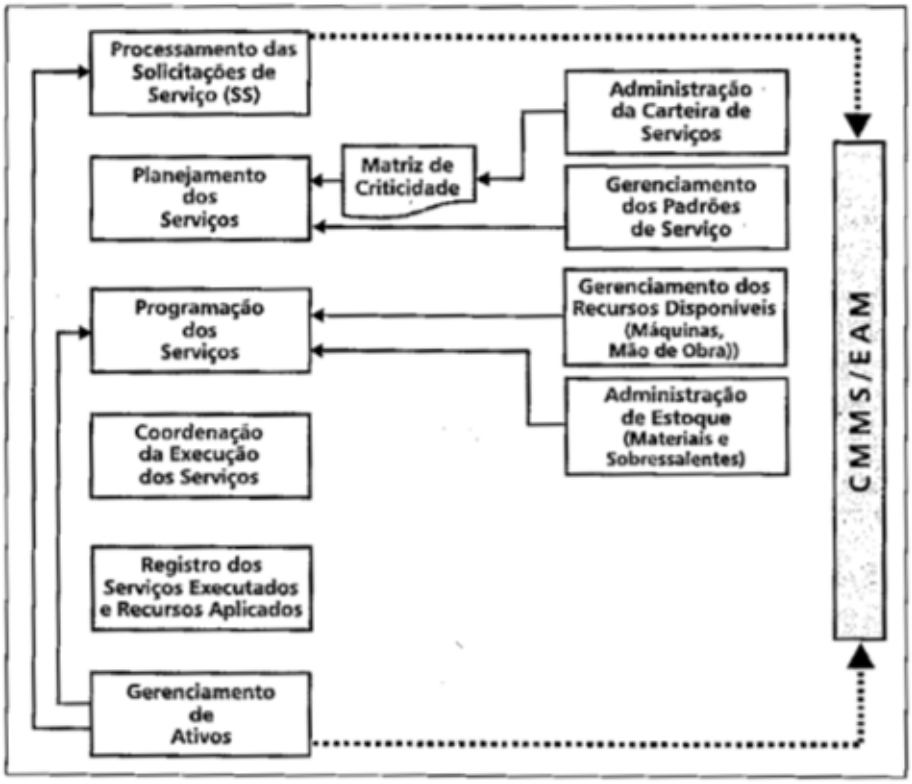
- Elaborar junto à equipe e gerenciar os Planos de Manutenção Preventiva, Preditiva, Lubrificação e Inspeção;
- Criar procedimentos técnicos das atividades de manutenção;
- Mensurar e fazer a gestão dos recursos necessários para o bom cumprimento das atividades;
- Gerenciar a carteira de serviços planejado que logo irá passar para a programação;
- Atuar também no campo coletando informações que contribuam para o planejamento e execução das atividades, buscando a otimização dos esforços da equipe e o uso mais eficaz dos recursos.

De acordo com Kardec e Nassif (2009) Os sistemas de controle elaborados pelo planejador em conjunto com a equipe de manutenção devem ser capazes de identificar:

- Os serviços que serão feitos;
- Quando os serviços serão feitos;
- Os recursos que serão necessários a execução dos serviços;
- Quanto tempo será gasto em cada serviço;
- Quais serão os custos;
- Os materiais utilizados;
- As máquinas, dispositivos e ferramentas necessários.

Um Sistema de controle bem elaborado deve permitir a identificação de todos os pontos elencados anteriormente. Kadec e Nascif (op.cit) afirmam que a estrutura de um sistema de controle é organizada em um diagrama com um fluxo de dados bem definido entre processos. Tal fluxo está sintetizado na Figura 9.

Figura 9 – Diagrama de Fluxo de Dados.




Fonte: adaptado de KARDEC & NASCIF, 2009.

Cada um desses processos é entendido nos *softwares* como “módulo”. As solicitações de serviço são o *input* do sistema e antes de serem inseridas devem passar por uma análise que verifique a sua necessidade e o grau de prioridade.

No planejamento de serviços ocorre o detalhamento, a análise das interdependências e a orçamentação das atividades. Os recursos e ferramentas são apontados para que se verifique as disponibilidades na fase de programação. O detalhamento das atividades deve ser suficiente para facilitar o trabalho dos executantes e, dessa maneira, a aumentar a produtividade do grupo.

Na etapa de programação é onde ocorre a definição dos serviços a serem feitos no dia seguinte. Algumas das regras mencionadas por Kardec e Nascif (op. cit) para a programação de atividades são:

- Prioridade: os serviços de maior prioridade são executados primeiro salvo o caso em que os recursos disponíveis se esgotarem;
- Data de recebimento das solicitações de serviço: para uma mesma prioridade o serviço com data mais antiga será programado primeiro pelo sistema;

- Serviços com data marcada: este tipo de serviço tem prioridade sobre solicitações mais antigas;
- Bloqueios: caso algum dos recursos humanos ou materiais esteja indisponível para execução da tarefa, o sistema permite que exista um bloqueio até que o problema seja sanado.

No gerenciamento da execução de serviços é feito o acompanhamento das causas de bloqueios de serviço, o controle do *back-log* (carteira de serviços), a verificação do executado em relação ao programado e o acompanhamento dos desvios em relação ao tempo destinado para cada serviço.

Como podemos notar pela Figura 9, o registro dos equipamentos e recursos utilizados serve como um *feedback* para administração dos estoques e para o gerenciamento dos equipamentos e recursos.

Atualmente, o mercado disponibiliza uma série de *softwares* para o controle e planejamento de serviços conhecidos como CMMS – *Computer Maintenance Management System* ou EAM – *Enterprise Asset Management*. Segundo Kardec e Nassif (2009), estes programas são capazes de realizar o processamento de ordens, controle de indicadores, nivelamento de recursos e compartilhamento do banco de dados.

## 2.6 QUALIDADE NA MANUTENÇÃO

Gestão pela Qualidade Total ou *Total Quality Management* (TQM) pode ser considerada como uma ferramenta de gerenciamento focada na qualidade da produção e/ou serviços de determinada instituição. Ela se originou a partir da década de 50 no Japão e se tornou popular no Ocidente no início da década de 80.

Ela integra o processo de gerenciamento em vários ramos de atividades – indústria, comércio, educação, governo, etc.

De maneira simplificada, a TQM busca melhoria contínua dos processos e o “zero defeito” através da interação entre os diversos segmentos da empresa – projeto, produção (operação e manutenção), controle, entrega e assistência pós-vendas. Onde o objetivo final é a máxima satisfação do cliente e o alcance da competitividade empresarial.

Uma gestão de qualidade busca sistematizar de forma inteligente os processos e para isso faz uso de diversas ferramentas como: o controle estatístico de processos (CEP), Ciclo PDCA, 5W2H, Kanban, Gestão Visual, etc.

O Sistema de Qualidade de uma organização é formado por vários subsistemas que se interligam de maneira interdependente. Dentro desse contexto a Manutenção é bastante importante. Cabe a ela fazer a coordenação dos diversos subsistemas fornecedores, aí incluídos a engenharia e o suprimento de materiais, entre outros, de modo que o cliente principal, que é a operação, tenha a instalação de acordo com as suas necessidades.

Segundo Karcec e Nascif (2009), embora a Manutenção exerça forte influência nos demais segmentos, o processo de qualidade deve ser sistêmico, ou seja, implantado na organização como um todo, pois quando o processo é aplicado apenas na Manutenção, mesmo trazendo diversas melhorias, seu alcance fica bastante limitado.

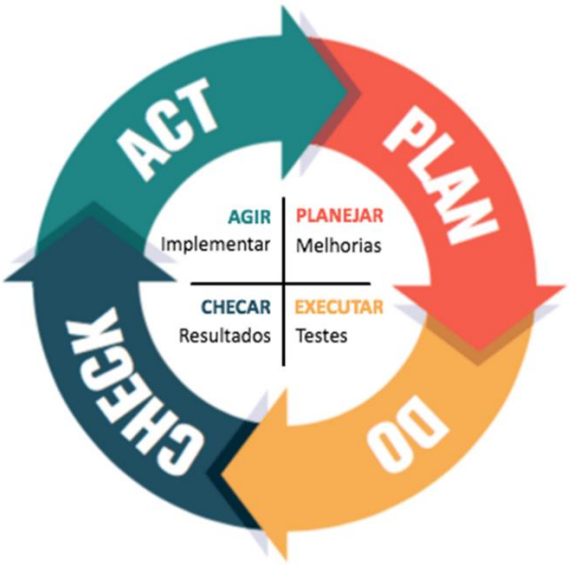
Os mesmos princípios da TQM que se aplicam em toda a organização também se aplicam às atividades de manutenção, sempre tendo em mente que cada atividade de uma empresa faz parte de um conjunto e que os diversos setores devem trabalhar como um time em busca do resultado empresarial. São dez os princípios básicos da qualidade:

1. Satisfação Total dos Clientes: a razão de ser de uma organização é o cliente. No contexto da manutenção, o seu cliente é a operação. Então é fundamental conhecer as necessidades, atender da melhor forma e superar as expectativas da operação.
2. Gerência Participativa: as gerências e supervisão, ou seja, as lideranças, precisam informar, debater, orientar, motivar e, acima de tudo, promover o trabalho em equipe. O objetivo final é fazer com que o soma de todos unidos tenha mais poder que a soma dos indivíduos isoladamente. Para tal, é necessário criar um ambiente propício à criatividade, onde as novas ideias sejam estimuladas e isso só será possível se todos os níveis da organização estiverem abertos a críticas.
3. Desenvolvimento Humano: esta vertente busca aprimorar o conhecimento técnico e o desenvolvimento pessoal. O Programa Nacional de Qualificação e Certificação de mão de obra de manutenção, desenvolvido pela ABRAMAN, que tem como parceiros o CENAI e o CEFET, vem desde os

anos 90 ajudando diversas empresas que buscam saltos qualitativos da sua força de trabalho (KARDEC & NASCIF, 2009).

4. Constância de Propósitos: é fundamental que as lideranças sejam persistentes e dispostas a correr riscos, pois o processo de implantação passa por mudanças culturais, onde novos valores são implantados e é muito comum encontrar resistências.
5. Desenvolvimento Contínuo: o termo “melhoria contínua” é muito bonito, mas ela só pode ser conseguida, de fato, se a organização tem pleno conhecimento de onde está. Nesse sentido, os indicadores de disponibilidade, confiabilidade, custos e qualidade são imprescindíveis e norteiam a organização em busca de suas metas.
6. Gerenciamento dos Processos: uma empresa é um grande processo que se divide em subprocessos, e a manutenção é um destes subprocessos, chegando até o nível de atividade individual. Um processo só se justifica se estiver atendendo a um cliente, como é o caso da manutenção que a atende seu cliente interno, a operação. Gerenciar os processos é planejar serviços, acompanhar a execução, verificar se há desvios e quando necessário, fazer correções. É o famoso ciclo PDCA da Figura 10. O ciclo foi idealizado por Shewhart em 1924 e difundido por Deming a partir da década de 50 na indústria japonesa. O método PDCA é tão poderoso que pode ser aplicado não só nas empresas como também na condução de ações particulares. Uma das razões mais comuns para o fracasso da aplicação do Ciclo PDCA, em especial na Manutenção, é a não aplicação de todo o ciclo. As empresas costumam apenas PLANEJAR e EXECUTAR. Dessa forma, não é feita a análise crítica do serviço executado e as melhorias não são implementadas eficazmente.
7. Delegação: para que os processos sejam ágeis, eles precisam ser bem delegados. A filosofia básica do processo de delegação é dar poder de decisão para quem está perto da ação.
8. Disseminação das Informações: é preciso que a informação circule de maneira rápida por todos os níveis, de forma clara e objetiva. A alta administração deve ter um canal aberto com o nível de execução e que este seja uma via de mão dupla. Com a equipe bem informada ela será encorajada a tomar decisões que lhe foram delegadas.

Figura 10 – Ciclo PDCA.




Fonte: www.doxplan.com

9. Gerenciamento da Rotina: é necessário que existam procedimentos escritos, os Procedimentos Operacionais Padrão (POP), e que as pessoas sejam treinadas nestes procedimentos.
10. Não-Aceitação de Erros: é necessário sempre analisar o porquê do erro, ir na causa básica e resolver o problema de forma definitiva. Isto não pode significar intolerâncias ou punições a quem erra, pois estaria inibindo a criatividade e a inovação por parte das pessoas, além de causar omissões.

Os princípios elencados mostram como é a filosofia de uma Gestão pela Qualidade Total. Claro que não basta saber sobre a qualidade, na teoria é muito bonito, também é preciso ter coragem para colocar seus conceitos em prática e vencer as antigas verdades estabelecidas.

Vale ressaltar que a qualidade não é conseguida a partir de um maior esforço físico e sim de esforço inteligente. Então qualquer processo de manutenção pode aplicar seus conceitos, mesmos os mais sobrecarregados de serviço.

No mundo atual, a competição entre as empresas é desenfreada e aquelas que não se habituarem a “cultura da mudança” estarão ameaçadas. O que hoje é válido amanhã já pode não ser mais. Só através da busca incessante pela melhoria contínua as empresas conseguirão sobreviver (KARDEC & NASCIF, 2009).

## 2.7 A MANUFATURA ENXUTA E SUAS TÉNICAS

O sistema de manufatura enxuta tem como foco principal o encurtamento do tempo entre o pedido do cliente e o envio do produto pela fábrica, para isto ele busca eliminar os desperdícios existentes neste processo, não através da aquisição de soluções tecnológicas, mas sim com a maximização da produtividade e eliminação de perdas utilizando ferramentas.

Através desta filosofia, cria-se uma cultura na empresa na qual os problemas passam a ser vistos como oportunidades. Neste sentido objetiva-se encontrar soluções ao invés de culpados pelos erros. Desta maneira, os colaboradores não serão considerados causadores de problemas e sim solucionadores de oportunidades (DOMINGOS, 2009).

Como o principal foco da filosofia é a eliminação de desperdícios (perdas) a manufatura enxuta classifica as perdas em seta tipos:

1. Perdas por superprodução: é verificado quando se produz excessivamente ou cedo demais. Isto geralmente ocorre devido a problemas restritivos do processo produtivo, tais como preparação de equipamentos com tempos elevados; confiabilidade de equipamentos; falta de coordenação entre a produção e a demanda.
2. Perda por espera: ocorre quando um produto está em processo esperando para que a próxima etapa do processo seja realizada.
3. Perda por transporte: movimento excessivo de materiais dentro da fábrica que resultam em desperdícios de tempo e recursos.
4. Perda por processamento: no próprio processo pode haver fontes de desperdício devido ao projeto ruim de componentes ou manutenção ruim.
5. Perda por movimentação: diferente do transporte a movimentação se refere aos trabalhadores. Atividades de trabalho que não impactam diretamente o processo produtivo de maneira a adicionar valor a ele são consideradas perdas.
6. Perda por defeitos: produtos fora de especificação não podem ser vendidos, o que gera perdas diretas no resultado financeiro da organização.
7. Perda por estoque: ocorre devido ao armazenamento excessivo de produtos, resultando em custos excessivos, além de utilizar espaço que poderia estar sendo aproveitado de maneira efetiva.

Visando combater essas perdas foram desenvolvidas diversas técnicas de produção enxuta, que são decisivas para melhorar a gestão, reduzir desperdícios e aumentar a produtividade. As 15 principais técnicas da manufatura enxuta estão sintetizadas na Tabela 3.

Tabela 3 - As 15 principais técnicas da Manufatura Enxuta.

| | |
|---|---|
| **Mapeamento do fluxo de valor** | Representação visual, que auxilia na identificação de perdas nos fluxos de materiais, pessoas e informações. |
| **Programa 5S** | Cinco conceitos para melhorar o ambiente de trabalho (sensos de: utilização; organização; limpeza; padronização e disciplina). |
| **Kaizen** | Busca a melhoria contínua dos processos e a eliminação de perdas. |
| **Trabalho padronizado** | Padronização de atividades ou procedimentos dos trabalhadores, contribuindo para eliminar as perdas por movimentos desnecessários e por espera. |
| **Heinjunka** | Nivelamento do tipo e da quantidade de produção dentro de um período determinado, contribuindo para reduzir estoques de matéria prima e de produtos acabados. |
| **Kanban** | Empregado para “puxar” a produção a partir da demanda do mercado, contribuindo para eliminar perdas por superprodução e por transporte em excesso. |
| **SMED (Troca Rápida de Ferramentas)** | Visa reduzir o tempo de setup (tempo de preparação das máquinas), contribuindo para a redução de estoques e o aumento da flexibilidade da produção. |
| **Yamazumi (Balanceamento do Operador)** | Ferramenta gráfica que auxilia a distribuição de carga de trabalho entre os operadores em uma linha de produção, com base no takt time (isto é, a produção acompanha a demanda). |
| **Layout Celular** | Mudança de layout para, por exemplo, eliminar perdas por movimentação interna de materiais. |
| **Gestão Visual** | Técnica de comunicação visual que permite, por exemplo, comunicar procedimentos de trabalho padrão e indicadores de desempenho. |
| **TPM (Manutenção Produtiva Total)** | Abordagem moderna de gestão da manutenção das máquinas, busca garantir que operem em boas condições, evitando as paradas por quebras. |
| **OEE (Eficiência Global dos Equipamentos)** | Indicador usado para monitorar a eficiência do sistema produtivo, em especial, dos equipamentos. O aumento da OEE significa aumento da capacidade da fábrica. |
| **Poka Yoke (Sistema a prova de erros)** | Busca garantir a qualidade de produtos e processos, contribuindo para reduzir as perdas por fabricação de produtos defeituosos. |
| **Relatório A3 (A3 Report)** | Ferramenta visual que permite investigar um problema e definir ações para solucioná-lo. |
| **5 Why (Cinco Porquês)** | Ferramenta para auxiliar a resolução de problemas de maneira profunda e sistemática, que consiste em perguntar o porquê do problema cinco vezes. |

Fonte: www.portaldaindustria.com.br

## 2.8 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

De acordo com Suzuki (1994 *apud* Silveira, 2017), a necessidade de cumprir as metas de produção programada junto com a emergente automação da indústria fizeram surgir, na década de 70, o conceito de manutenção produtiva total (TPM). Ela primeiro apareceu dentro da indústria automobilística japonesa e foi definida pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) como: “Um método de gestão que identifica as perdas existentes no processo produtivo e administrativo, maximiza a utilização do ativo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos”.

A Figura 11 expõe as 6 grandes perdas que existem na visão da TPM: (KARDEC e NASCIF, 2009).

Figura 11 - As 6 grandes perdas da TPM.

| As 6 Grandes Perdas | Causa da Perda | Influência |
|---|---|---|
| 1. Quebras<br>2. Mudança de Linha | PARALISAÇÃO | Tempo de Operação |
| 3. Operação em Vazio e Pequenas Paradas<br>4. Velocidade Reduzida em Relação à Nominal | QUEDA DE VELOCIDADE | Tempo Efetivo de Operação |
| 5. Defeitos de Produção<br>6. Queda de Rendimento | DEFEITOS | Tempo Efetivo de Produção |

Fonte: (KARDEC e NASCIF, 2009)

1. Perdas por quebras: são as que contribuem com a maior parcela na queda do desempenho operacional dos equipamentos. Podem ocorrer em função de uma falha do equipamento (quebra repentina) ou degeneração gradativa que torna os produtos defeituosos.
2. Perdas por mudança de linha: perdas ocorridas quando é efetuada a mudança de uma linha, devido a interrupção para preparação (regulagens e ajustes) da máquina para um novo produto.
3. Perdas por operação em vazio e pequenas paradas: são interrupções momentâneas causadas por problemas na produção ou nos equipamentos.

Exemplos: trabalho em vazio pelo entupimento do sistema de alimentação, detecção de produto não-conforme por sensores e sobrecarga em algum equipamento, ocasionando seu desligamento.

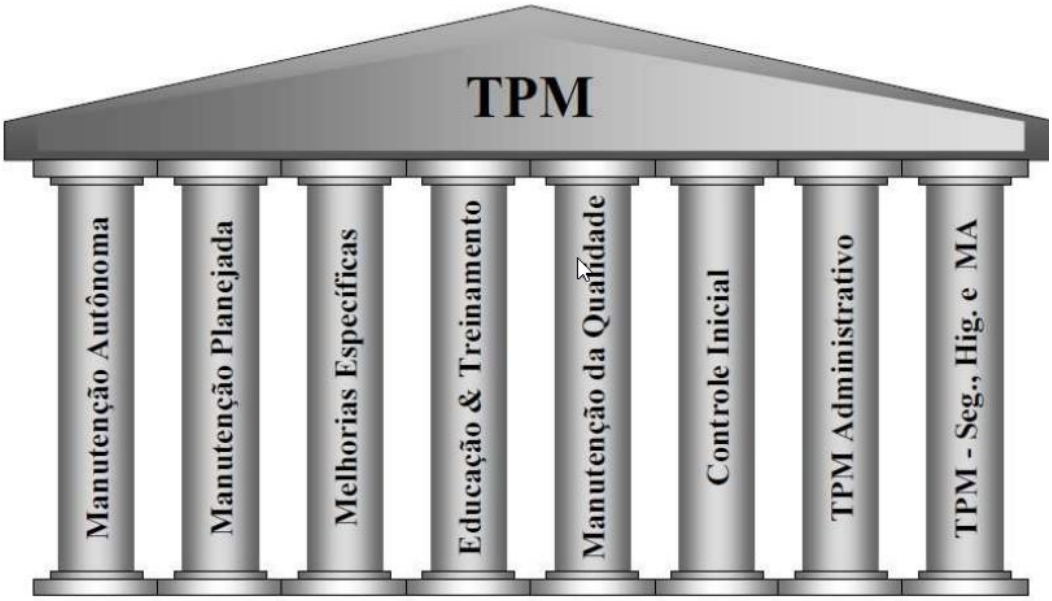
4. Perdas por queda de velocidade de produção: são provocadas por condições que levam a trabalhar numa velocidade menor, ocasionando perda.
5. Perdas por produtos defeituosos: são aquelas oriundas de qualquer retrabalho ou descarte de produtos defeituosos. Estas perdas incluem tudo que foi feito além do programado.
6. Perdas por quedas no rendimento: são as perdas devidas ao não-aproveitamento da capacidade nominal das máquinas, equipamentos ou sistemas causadas, basicamente, por problemas operacionais.

Após a sua implantação na indústria, a TPM evoluiu para uma coisa “maior” e passou a ser aplicada em todos os departamentos das empresas, incluindo o administrativo e vendas. Além do foco na manutenção dos equipamentos e qualidade dos produtos, há também uma vertente que preza pelo envolvimento de todos para garantir a “quebra zero”, o “defeito zero” e o “acidente zero”. De tal maneira que, nos moldes atuais, foca nas seguintes estratégias:

- Possibilitar uma organização incorporada entre os setores com o intuito de aumentar a eficácia dos sistemas de produção;
- Focar na prevenção de todos os tipos de **perdas** de forma a garantir zero falhas, zero acidentes e zero defeitos garantindo a prosperidade do sistema de produção por meio da utilização de metodologias no chão de fábrica;
- Garantir o envolvimento de todos os departamentos, incluindo vendas e administração, na implantação da MPT;
- Promoção da manutenção produtiva através do gerenciamento motivacional com grupos pequenos e atividades autônomas.

Segundo Suzuki (1994 *apud* Silveira, 2017) para conseguir implantá-la e ter sucesso, a organização deve se sustentar em cima de 8 pilares: manutenção autônoma, manutenção planejada, manutenção de qualidade, melhorias específicas, controle inicial, educação e treinamento, administrativo e segurança, saúde e meio ambiente.

Figura 12 – Os Oito Pilares da Manutenção Produtiva Total.




Fonte: www.gradusct.com.br/manutencao

Manutenção autônoma, a capacitação dos operadores para que os mesmos se envolvam nas rotinas de manutenção prevenindo a deterioração dos equipamentos. Isto gera um senso de responsabilidade e um sentimento de “posse” da máquina, aumentando o cuidado por parte dos colaboradores.

Manutenção planejada, foco na quebra zero e no aumento da eficiência e eficácia do equipamento. É o planejamento das rotinas de manutenção preventivas, preditivas e parada.

Manutenção da qualidade, controle de equipamentos, materiais, métodos utilizados e ações das pessoas por meio de sistemas automáticos de inspeção e sensores para o controle de qualidade.

Melhorias específicas, objetiva reduzir o número de quebras e solucionar problemas recorrentes de forma mais fácil e rápida através de times multidisciplinares que combinam talentos necessários.

Controle inicial, análise detalhada dos produtos e equipamentos antes de serem instalados ou comprados. Busca minimizar o tempo de adaptação e as perdas geradas na implantação do novo produto e/ou processo.

Educação e treinamento. Por meio da capacitação dos operadores as lacunas de conhecimento devem ser sanadas e com isso, estes se tornam capazes de manter rotineiramente os equipamentos utilizados e identificar problemas.

Segurança, saúde e meio ambiente. Um ambiente mais seguro e saudável cria melhores condições e aumente a eficiência dos colaboradores. A implantação de fundamentos que tragam mais segurança aos funcionários aumenta a motivação e o engajamento dentro da empresa.

Administrativo, consiste na aplicação de técnicas e recursos em processos administrativos de maneira a diminuir os desperdícios na esfera gerencial (operações administrativas mais eficientes).

Este modo de pensar gera um maior comprometimentos dos colaboradores, aos quais são transferidos uma maior responsabilidade sobre as atividades realizadas. O gerente industrial, como líder da organização, é o responsável por disseminar a cultura e garantir que todos participem do processo, garantindo que todos estejam empenhados e que as informações sejam transmitidas para os níveis operacionais. Da mesma maneira, os operadores devem gerar informações a alta gerência para que soluções e oportunidades possam ser alcançadas mais facilmente através do trabalho conjunto.

## 2.9 FERRAMENTA 5W2H

A ferramenta consiste em um plano de ação para atividades pré-estabelecidas que tem a necessidade de serem desenvolvidas com a maior clareza possível. (VEIGA, POLACINSKI, *et al.*, 2012)

No ambiente industrial, a ferramenta serve para descrever e planejar vários serviços de maneira sistematizada. Trata-se de um checklist onde são feitas 7 perguntas descritivas a respeito das atividades que precisam ser desenvolvidas:

1. What - O que será feito? (etapas)
2. Why - Porque será feito? (justificativa)
3. Where – Onde será feito? (local)
4. When – Quando será feito? (tempo)
5. Who – Por quem será feito? (responsabilidade)
6. How – Como será feito? (método)
7. How Much – Quanto custará fazer? (custo)

As iniciais em inglês das 7 perguntas formam a sigla 5W2H. Estas questões são muito úteis para eliminar qualquer dúvida que possa surgir durante as atividades e torna os serviços mais ágeis. O apêndice 1 é um modelo para execução do plano de ação 5W2H.

# 3. A MANUTENÇÃO E A INDÚSTRIA TÊXTIL

## 3.1 A INDÚSTRIA TÊXTIL

Em 1844, visando solucionar um problema do déficit orçamentário, o governo decretou a Tarifa Alves Branco que taxava em média em 30% os produtos importados. (JUNIOR, 201-?)Tal medida associada a uma cultura algodoeira razoável, a mão-de-obra abundante e a um mercado consumidor em crescimento acabou estimulando a produção têxtil no Brasil (SOUSA, 2014).

Passados mais de cem anos a indústria da produção de tecidos cresceu e se consolidou no país. Entre 1992 e 1996 houve aberturas comerciais e surgiu a forte concorrência da China e Coréia do Norte oferecendo produtos têxteis a preços inferiores aos praticados pelo mercado interno. A entrada desses produtos forçou a Indústria Nacional a se modernizar para poder competir em níveis de qualidade e produção com os asiáticos (SOUSA, 2014).

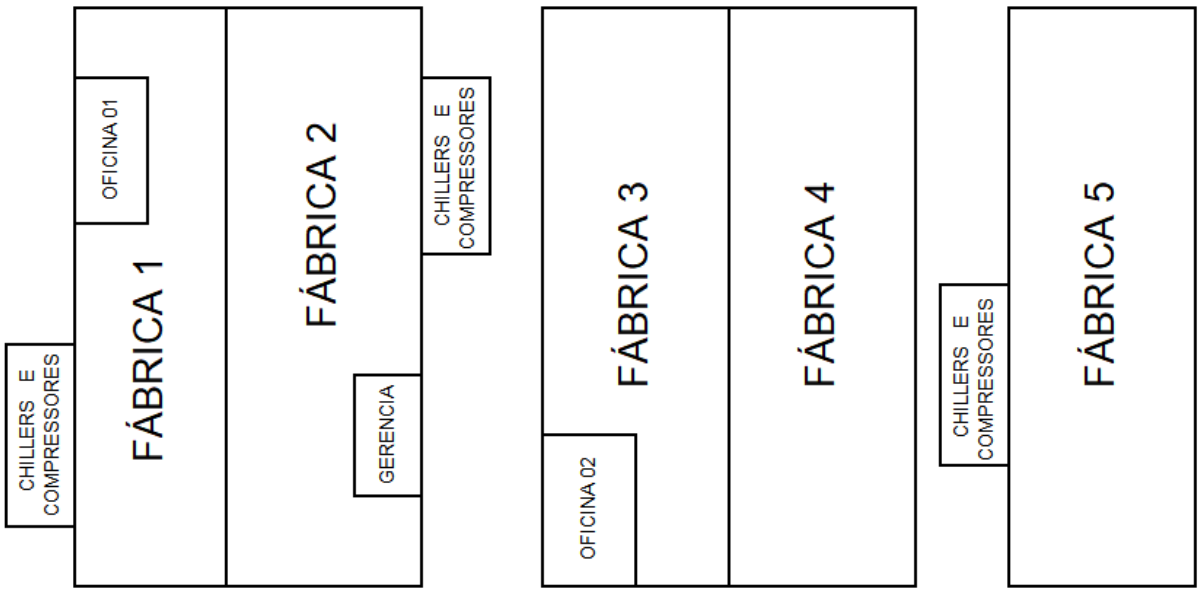
Cabe destaque ao Nordeste que pela mão-de-obra barata da região, os incentivos fiscais e a aproximação geográfica com a Europa e EUA teve instaladas diversas fábricas de fiação, malharia e tecelagem. Atualmente, o Nordeste é a região que mais produz fiação (37% até 2018) e fica em segundo lugar na produção de tecelagem (19,4%), atrás apenas do Sudeste (58%). (Blog Adina, 2018)

É nesse contexto que a empresa BETA está inserida. A empresa fica localizada em João Pessoa e atua apenas na fiação. A maior parte do algodão utilizado como matéria prima é produzido na Bahia em terrenos da própria empresa. Sua central financeira e comercial reside em São Paulo.

## 3.2 A EMPRESA

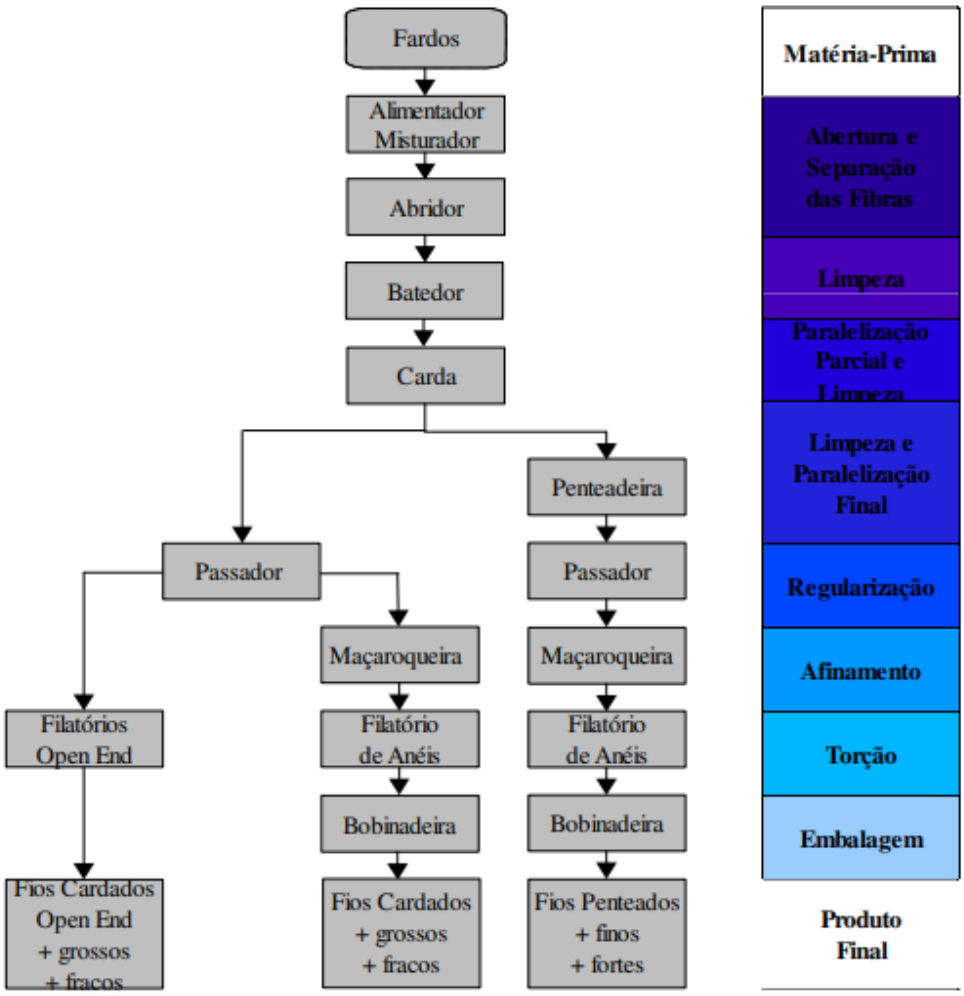
O processo de fiação consiste em operações nas quais as fibras (de algodão, no nosso caso) são abertas, limpas, paralelizadas e torcidas de maneira a se prenderem umas às outras por atrito. O polo instalado em João Pessoa é composto por 5 fábricas construídas uma ao lado da outra e com certa dependência entre si, onde são produzidos o fio cardado, penteado e open end. A Figura 13 é uma mapa simplificado da planta que contém as principais áreas cuidadas pelo setor de Utilidades: salas dos chiller e compressores e oficinas.

Figura 13 - Mapa do Polo Industrial da BETA.




A Figura 14 mostra o fluxograma dos diferentes processos de fiação.

Figura 14 – Fluxograma do Processo de Fiação.




Fonte: MARIANO (2002, p.20) apud (PEREIRA).

O processo de penteagem tem como principal objetivo remover as fibras curtas de modo a produzir um fio de maior resistência. As fábricas 1 e 2 são as responsáveis pelo fio penteado. Por existir uma etapa a mais (a penteagem), essas fábricas se tornam maiores e mais numerosas em pessoal e máquinas. As duas também possuem, salvo exceções, equipamentos mais antigos. Consequentemente, são as fábricas com maior carga térmica do complexo. Não à toa, a oficina da equipe de utilidades fica na fábrica 1, uma vez que a maior necessidade de serviços ocorre entre essas duas unidades.

As fábricas 4 e 5 são mais modernas e produzem o fio cardado. É um fio que não passa pelo processo de separação das fibras curtas e devido a isso se torna menos resistente e precisa ser mais grosso. A inexistência de penteadeiras e a modernização dessas duas fábricas permite que elas rodem com um número bem menor de operadores. Por ter máquinas mais eficientes, menor número de fases na

fiação e menor número de operadores, as fábricas 4 e 5 demandam menor atenção por parte da equipe de utilidades.

A fábrica 3 é um caso a parte. Na tecnologia de fiação *open end,* os filatórios tradicionais são substituídos pelo filatório a rotor. Os fios são ainda mais grossos e menos resistentes, entretanto a *open end* apresenta taxas de quebra de fio baixíssimas e volumes bem maiores de produção. A maravilha da tecnologia *open end* é que ela basicamente se alimenta dos “resíduos” das outras fábricas. Toda sujeira e algodão residual que não serve para o cardado e o penteado vai para a fábrica 3 e lá se transforma em fio.

A tecnologia *open end* possibilita um ciclo de aproveitamento quase total da matéria prima. Ela produz um fio de título (grandeza inversamente proporcional a espessura) muito baixo, onde os problemas com quebra de fio são bem menores. Assim, a máquina consegue rodar mesmo em temperatura ambiente e não é necessário nenhum controle de temperatura. Devido a todos os benefícios do *open end,* o trabalho da equipe de utilidades fica bastante facilitado na fábrica 3 e se resume a manutenções semanais das prensas hidráulicas.

Como mencionado anteriormente, a equipe de utilidades, que será o foco do estudo, é responsável por toda a climatização da fábrica e pela manutenção das prensas hidráulicas. Outras importantes funções da Utilidades são: o tratamento da água, manutenção dos compressores e da linha de ar comprimido, e a manutenção predial.

Em uma fábrica de fios a eficiência dos seus filatórios depende crucialmente dos parâmetros de temperatura e umidade. Já o trabalho da equipe de manutenção passa muito pela limpeza (principalmente por ar comprimido), uma vez que podem ocorrer muitos “embuchamentos” e quebra de máquinas se a limpeza não for feita adequadamente.

Fica evidente então que a Equipe de Utilidades tem vital importância para o pleno funcionamento da fábrica e serve de alicerce para a Produção e para a Manutenção.

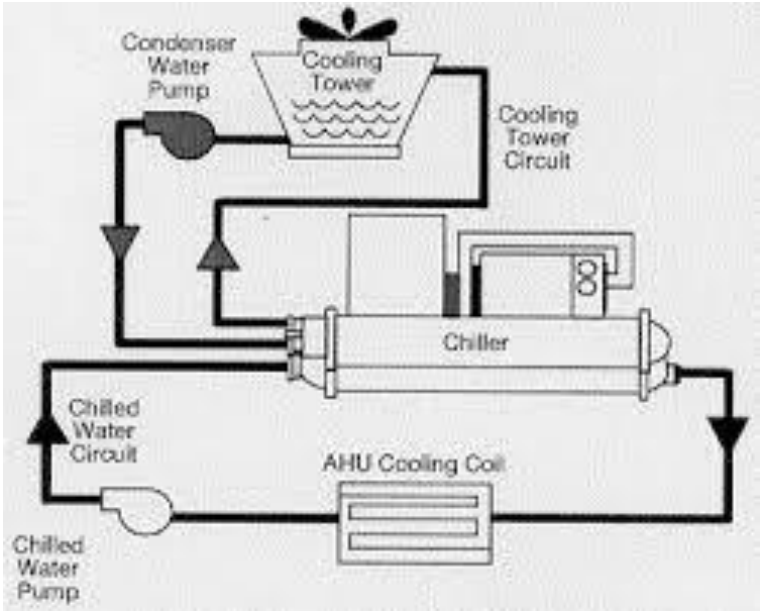
## 3.3 TECNOLOGIA DO PROCESSO

### 3.3.1 Sistema de refrigeração e Tratamento do Ar

O sistema de climatização adotado pela fábrica BETA é muito similar ao apresentado na Figura 15, no qual, é comumente encontrado em instalações de médio e grande porte, como é o caso de uma fábrica de fios.

Cada central de refrigeração tem o mesmo esquema da figura. Como veremos adiante, as fábricas podem ter de 3 a 4 centrais cada uma. Um chiller e uma torre de resfriamento podem atender a mais de uma central, entretanto cada central tem sua unidade própria de tratamento de ar (filtros, ventiladores, canais, lavador, etc).

Figura 15 – Sistema típico de uma instalação de médio/grande porte.




Fonte: PENNA (2002, p.10).

O ponto central do sistema é o chiller. As máquinas instaladas na BETA são do mesmo modelo da Figura 16. O seu princípio de funcionamento consiste em absorver calor do circuito de água gelada (*Chilled Water*) e entregar para o circuito de água condensada (*Condensed Water*). Desta maneira, a água gelada é resfriada (em cerca de 5ºC) cada vez que passa pelo evaporador do *chiller* e a água condensada aumenta sua temperatura quando passa pelo condensador da máquina *chiller*.

Figura 16 – Chiller CentraVac TRANE. Na cor mais escura o evaporador e na cor mais clara o condensador.

Fonte: www.tranehk.com

Figura 17 – Circuitos e Bombas de Água Gelada e Condensada.

Fonte: www.termix.com.br/atuacao

As fábricas 1 e 2 tem cargas térmicas superiores a 400 kW e o ideal é que trabalhem com mais de um chiller por fábrica. No caso real, com muita frequência, um dos chillers da fábrica 1 ou 2 fica parado por motivos n motivos: falta de sobressalentes, espera pelos mecânicos especialistas da Trane ou pela simples opção de ter um na reserva e outro operando em carga elevada.

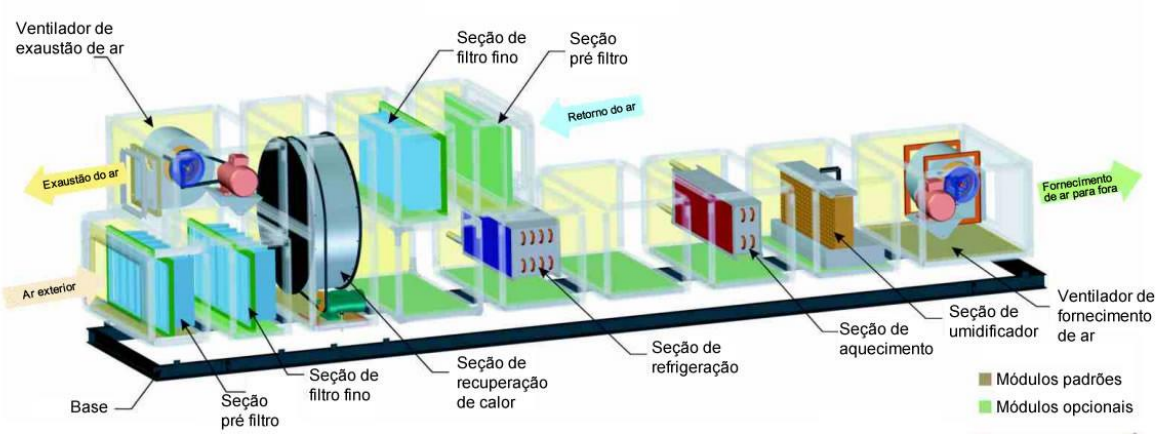
Já as fábricas 4 e 5 tem cargas que ficam em torno de 250 kw, o que possibilita apenas um chiller operando por fábrica. Neste caso, existem três chiller entre essas duas fábricas. Onde um deles fica na reserva.

A torre de resfriamento é responsável por rejeitar o calor para o ambiente, ou seja, ela resfria a água condensada durante sua passagem. O que aumenta o potencial da água condensada de roubar calor no condensador da máquina chiller.

A única diferença entre o circuito presente no complexo de fábricas BETA e o ilustrado na Figura 15 é a substituição da Unidade de Tratamento de Ar (AHU, *Air Handling Unit*), como a da Figura 18, por um conjunto de outros dispositivos que tem a mesma função e se adaptam melhor a climatização têxtil.

Uma Unidade de Tratamento de Ar possui como principais componentes: filtros de ar, umidificador, trocador de calor e ventilador. Além disso, ela é empregada em situações que envolvem a captura de ar do ambiente externo.

Figura 18 – Unidade de Tratamento de Ar.




Fonte: www.bryair.com.br

Na climatização têxtil, os filtros de ar convencionais são substituídos por grandes filtros cilíndricos cobertos por uma manta que captura todo o algodão suspenso no ar proveniente da fábrica, como é mostrado na Figura 18. O filtro é rotativo e o algodão que vai ficando depositado na manta é succionado pelos boca móveis e é transportado para os compactadores. Lá o algodão é compactado e armazenado, onde será utilizado como matéria prima para fazer fio.

Figura 19 – Filtro Rotativo com Bocas Móveis semelhante ao da BETA.

Fonte: www.luftklima.com.br

O umidificador e o trocador de calor são substituídos pelo que a equipe denomina de “Lavador”. O lavador trabalha pulverizando a água gelada que vem do chiller. Uma vez que essa água é pulverizada, ela troca calor com o ar quente e já filtrado. A temperatura não é suficiente para fazer a água evaporar e as gotículas acabam se depositando no tanque de água da sala do lavador. Toda a água depositada no tanque retorna para chiller e é resfriada novamente.

Figura 20 – Lavador de Ar.

Fonte: www.termix.com.br/atuacao

A temperatura da água gelada e a vazão de ar através do lavador são os fatores que determinam a temperatura e umidade do ar após o resfriamento. Através dos *dampers* e de sistemas *by-pass* é possível estabelecer a porcentagem de ar que vai passar (ou não) pelo lavador e ser resfriado, tudo de forma semi-automática (o gerente de Utilidades ajusta esse fluxo no sistema com base nas leituras de temperatura e umidade feitas pelos operadores). Fica nítida, então, a importância do feedback entre os operadores de cada turno e o seu gerente.

Figura 21 – Dampers do tipo Controlador de Vazão Instalados na BETA.

Pelo observado durante os 3 meses de estágio, mais de ¾ dos serviços da Utilidades são para a climatização. Isso decorre da magnitude do sistema e do número elevado de equipamentos. O setor de Utilidades conta com 7 chillers, 59 bombas hidráulicas, 9 torres de resfriamento, 13 centrais de refrigeração, 38 filtros de ar e mais de 80 ventiladores industriais.

### 3.3.2 Sistema de Ar Comprimido

Como dito anteriormente, no contexto da indústria têxtil a manutenção passa muito pela limpeza das máquinas. O lema de muitos mecânicos é “limpar, limpar e limpar”. O ar comprimido é essencial para o processo de limpeza e para o funcionamento de diversos dispositivos das máquinas.

No total, o complexo conta com 10 compressores, sendo dois de 250 hp e oito de 75 hp. O que totaliza uma potência instalada de 1100 hp para produção de ar comprimido.

Figura 22 – Modelo do compressor de maior capacidade instalado na fábrica.

Fonte: www.us.kaeser.com

### 3.3.3 Tratamento de Água

Toda a água utilizada na BETA provém de poços artesianos. Essa água serve para abastecer equipamentos e para próprio consumo dos colaboradores. Antes de utilizada na fábrica, ela precisa ser filtrada e tratada de maneira a preservar a saúde das pessoas e garantir uma maior vida útil dos equipamentos, reduzindo a manutenção do sistema.

A filtragem é feita por meio de filtros de areia capazes de reter partículas suspensas com tamanho superior a 30 µm. A redução da dureza da água (remoção do cálcio e cagnésio) é feita pelos abrandadores. No esquema montado na BETA, tem-se três filtros com capacidade de 12000 L/h instalados em série e 4 abrandadores.

O sistema opera automaticamente e o trabalho da equipe consiste em fazer a troca do sal nos tanques dos abrandadores.

Figura 23 – Esquema de Filtragem existente na BETA.

Fonte: www.hidrosolo.com.br

## 3.4 O AMBIENTE ENCONTRADO

O presente capítulo visa descrever as atividades que ocorrem no setor de utilidades, as políticas de manutenção adotadas, a estrutura organizacional antes da mudança de supervisão, os planos de manutenção dos equipamentos, as rotinas de atividades dos colaboradores do setor e os problemas de infraestrutura identificados.

### 3.4.1 A Organização da Equipe de Utilidades

A forma como as hierarquias são organizadas na BETA se aproxima mais do modelo de uma estrutura matricial como a da Figura 7. São três gerentes de manutenção: gerente de manutenção mecânica das máquinas da linha de produção, gerente de manutenção elétrica e gerente da Utilidades. Isso possibilita um maior foco por gerente em atividades da mesma natureza e uma liderança mais técnica, uma vez que o gerente acaba é especialista na área.

O Gerente é o administrador e líder técnico. Ele é o responsável final pelas decisões mais importantes e deve ser capaz de solucionar e/ou orientar os mecânicos sobre os problemas mais complexos que surgirem. Ele também monitora e ajusta os parâmetros climáticos das fábricas.

Cabe ressaltar que o conhecimento técnico não é a única competência importante para alguém desse cargo. Prova disso é que o gerente de mecânica na BETA, embora tenha vasta experiência com a mecânica têxtil, tem formação de eletrotécnico.

Adaptando a Figura 7 à situação da BETA, cada unidade pode ser entendida como uma das fábricas do complexo, ou seja, cada uma das cinco fábricas tem seu próprio gerente de operação. Assim como na estrutura matricial, os três gerentes de manutenção ficam subordinados aos cinco gerentes operação e estes dois grupos ficam subordinados a diretoria do complexo. A manutenção tem autonomia para tomar as decisões de menor relevância e que não afetem significativamente a produção. Mas em caso de serviços maiores, a decisão final é do gerente de operação. A sincronia e harmonia entre as duas gerências é fundamental.

Essa estruturação não afeta tanto a Utilidades, uma vez que os efeitos de problemas ligados ao setor não são sentidos de maneira imediata pela fábrica, ou seja, existe maior cordialidade entre a Utilidades e a Operação.

A Figura 24 apresenta a maneira como as hierarquias da Utilidades eram estruturadas antes da entrada do novo supervisor e do trainee auxiliar.

A equipe em si tem três frentes que podem trabalhar em conjunto de acordo com as situações que surgem: mecânicos, operadores e equipe de limpeza.

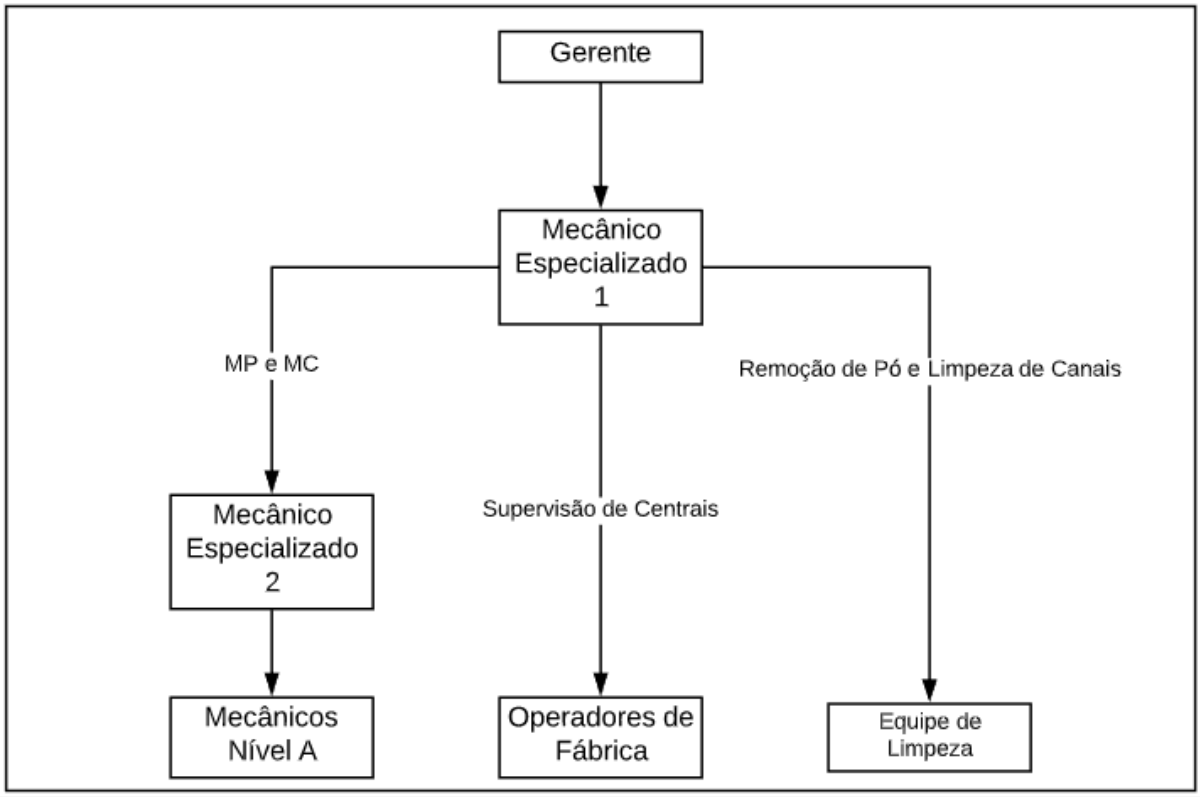
A equipe de mecânicos é responsável pelas manutenções preventivas e corretivas. Ela precisa receber as informações com celeridade e bem explicadas para poder trabalhar mais eficientemente. Para ser um mecânico A é necessário um curso de Manutenção ou Ajustagem. Já para se tornar um especializado é necessário o técnico em Mecânica ou Refrigeração.

Cada par de fábricas possui um operador por turno, ele supervisiona as centrais e verifica se todos os dispositivos das centrais estão operando corretamente. Outra função é a checagem dos compactadores de algodão e troca dos sacos de armazenagem. Ocorre com frequência dos compactadores ou outros pontos da linha “embucharem” e provocarem incêndios. Então é nítido que operador precisa saber reagir a tais situações e passar com clareza e precisão as informações para os mecânicos e superiores. Os operadores não possuem nenhuma formação, entretanto recebem o acompanhamento dos mecânicos por até um mês, antes de serem efetivados.

A equipe de limpeza retira todo o algodão que fica acumulado nos canais de retorno e insuflamento, limpa semanalmente as salas de resíduos e os aerofusos (entradas de ar frio para a fábrica) e serve de apoio braçal para demais serviços que aparecerem. Seu trabalho é menos crítico que o dos operadores, mas, uma vez que cobrem uma vasta área do sistema, eles precisam estar atentos para verificar qualquer irregularidade. Estes também não possuem formação e são inseridos através dos próprios membros mais antigos da limpeza. Normalmente, a equipe se divide em duas duplas que cobrem as quatro fábricas.

As equipes de manutenção no geral são formadas por mecânicos de mais idade e de outros mais jovens que vão sendo inseridos. Salvo raras exceções, os colaboradores vão subindo de posto de acordo com o tempo de serviço. E já é de se esperar que aqueles com maior experiência tenham uma visão mais antiga da manutenção e sintam-se dotados de razão pelo saber adquirido. Isso termina dificultando a implantação de melhorias porque elas sempre causam divergências.

Figura 24 - Estrutura Organizacional da Equipe antes da mudança de Supervisão.




Como mostra a Figura 24, na posição de supervisor encontrava-se o “mecânico especializado 1”. Ele era o encarregado pelo setor enquanto um novo supervisor não assumia o posto.

O que decorria disso é que a equipe estava em déficit de número. Número não de “braços” mas de “cabeças pensantes”. Como foi relatado pelos próprios, o time não sentia falta quando um dos mecânicos nível A saia de férias.

Eles tinham gente suficiente para realizar qualquer serviço a nível braçal, todavia muitas falhas são complexas até mesmo para os mecânicos nível A (os menos experientes) e para resolver o caso é preciso que pelo menos um dos especializados esteja por perto.

Em situações emergências onde surgiam mais de uma corretiva o especializado 1 precisava agir e formar outra frente de trabalho, ou seja, colocar a mão na massa para resolver a questão.

Ao passo que o especializado era o interlocutor do grupo com a gerência e ao mesmo tempo fazia serviços de mecânico nessas situações, o profissional ficava sobrecarregado e dificilmente iria ter tempo para pensar em como trazer condições melhores para a setor.

Na BETA, o gerente é quem negocia diretamente os serviços terceirizados de manutenção e a aquisição de novos equipamentos. A sobrecarga de trabalho do supervisor somada às diversas atividades pertinentes ao gerente dificultava a troca de informações entre ambos, dificultando a fluência de informações.

Citando questões técnicas e administrativas, pode-se destacar como pontos que dificultavam o seu trabalho: visão mais tradicional da manutenção, pouco conhecimento sobre gestão da qualidade e suas ferramentas, pouca comunicabilidade com níveis mais altos da hierarquia e divergências com subordinados.

Ter uma equipe de mente aberta é fundamental para o desenvolvimento do setor. E no caso específico da Utilidades, os colaboradores do setor eram resistentes às mudanças propostas por gerência. O que deve ser justamente o contrário, as ideias devem partir “debaixo para cima” e de forma natural porque são eles que sentem as necessidades e vivenciam mais de perto o que está acontecendo.

Considera-se meritório que um mecânico assuma um cargo de supervisão, mostra o quão competente e dedicado este profissional se tornou. Infelizmente, em algum momento a deficiência na formação finda por fazer diferença. Ele não foi preparado para ter noções mais profundas sobre assuntos como: parâmetros termodinâmicos, linha de produção, disponibilidade de materiais, custos, ergonomia, etc. Conhecimentos desnecessários para um mecânico, imprescindíveis para um

supervisor. Consequentemente, essas questões acabam dificultando os diálogos e a troca de informações com a gerência e funcionários de terceirizadas que vão a fábrica.

Outra questão é que, caso a liderança não seja nata, quando alguém é inserido em um cargo de chefia é normal enfrentar dificuldades para “ganhar a equipe” e mostrar o seu valor. Imagine então para alguém com a mesma formação dos seus subordinados.

### 3.4.2 Periodicidade de Manutenção

As atividades de manutenção preventiva exercidas no setor são divididas em 6 projetos de acordo com sua periodicidade. A Tabela 4 elucida estes projetos e as correspondentes atividades.

Tabela 4 – Projetos de Manutenção Preventiva da Empresa.

| Projeto | Periodicidade | Serviços |
|---|---|---|
| 1 | Diário | Leitura dos chillers; Vistoria das centrais de água gelada; Ensacamento do pó das salas de resíduos; Limpeza dos canais; Eventuais corretivas. |
| 2 | Semanal | Limpeza e inspeção dos compressores e prensas. |
| 3 | Mensal | Limpeza e inspeção de Centrais. |
| 4 | Trimestral | Lubrificação de bombas e motores de bomba. |
| 5 | Semestral | Lubrificação de motores de: ventiladores, torres de resfriamento e compressores. |
| 6 | A cada 2 ou 3 anos | Manutenção preventiva de motores: substituição de rolamentos, limpeza de motor e exame dos mancais. |

Fonte: elaboração própria.

Destaca-se que embora as corretivas não estejam programadas para acontecer, elas fazem parte da realidade da empresa e pelo menos um dos mecânicos especializados fica dedicado aos serviços de concerto, o que interfere nas atividades diárias e deve ser levado em consideração para a programação de atividades.

### 3.4.3 Planos de Manutenção

A Tabela 5 é uma adaptação do plano de manutenção encontrado no catálogo da chiller. Note que a máquina não requer tantos serviços. Como recomenda o catálogo, diariamente é feita uma leitura para se verificar as pressões do evaporador e condensador.

Um parâmetro muito importante é o approach do condensador. Ele informa a diferença de temperatura entre o refrigerante, já no estado condensado (líquido saturado), e a água que sai do condensador. É uma medida da eficiência com que o calor está sendo transferido do refrigerante para a água condensada. Se essa diferença for superior a 4 graus é uma indicação de que os tubos estão sujos e devem ser escovados. Utilizar o chiller sob essa condição significa gastar mais dinheiro com energia e danos para a máquina a longo prazo.

Os mecânicos devem ser capazes de realizar todos os trabalhos de manutenção preventiva. Eventualmente pode ocorrer a necessidade de alguma corretiva e dependendo da complexidade um mecânico representante do fornecedor é chamado.

Tabela 5 – Plano de Manutenção dos Chillers na empresa BETA.

| Diária | A cada 3 meses | A cada 6 meses | Anualmente |
|---|---|---|---|
| Verifique as pressões do evaporador e do condensador do chiller. Compare as leituras com os valores fornecidos na Tabela 12, p. 60. | Limpe todos os filtradores de água no sistema de tubulação de água. | Lubrifique os O-rings do pino do operador da pá. | Desligue o chiller uma vez por ano para verificar os itens listados na “Lista de inspeção anual CVHS” |
| | | Opere os operadores do pino manualmente e verifique se há alguma anormalidade. | Execute os procedimentos de manutenção anual mencionados no Guia de Operação e Manutenção: Sistema de Purga EarthWise™ com Controle Tracer AdaptiView™ para Chillers CenTraVac™ |
| | | Drene o conteúdo do disco de ruptura e do suporte de gotejamento da linha de ventilação de descarga da purga para um contêiner de resíduos evacuados. Faça isso com mais frequência se a purga for operada excessivamente. Aplique óleo em todas as peças metálicas expostas para evitar oxidação. | Inspecione os tubos do condensador para ver se há sujeira; limpe se necessário. Verifique os sensores e os controles para uma operação adequada. |

Fonte: adaptado pelo autor de www.trane.com

A Tabela 6 mostra os serviços de compressor que podem ser executados pelos mecânicos. Já na Tabela 7 tem-se os serviços que podem ser feitos apenas pelos representantes da empresa que fornece os compressores. Nota-se que as atividades do Tabela 7 têm uma periodicidade maior e são mais complexos que os serviços destinados aos mecânicos da fábrica.

Pela magnitude das pressões e temperaturas do ar que é comprimido na máquina, todo serviço deve ser feito com o máximo de cautela, principalmente os que envolvem a troca de componentes. As linhas de ar comprimido são interligadas entre

as fábricas de forma que todos os compressores trabalhem em conjunto. A atenção da equipe recai no horímetro dos compressores e todas as MP são baseadas na informação de horas operando.

Como será mostrado, semanalmente a limpeza e a inspeção das partes internas dos compressores devem ser feitas, visando a importância dessas máquinas, a complexidade de uma manutenção corretiva e a periculosidade de uma eventual falha.

Tabela 6 - Serviços destinados aos mecânicos da fábrica

| Intervalo | Serviços de manutenção |
|---|---|
| semanalmente | Verificar o nível do óleo lubrificante. |
| | Gabinete de controle<br>verificar o filtro manta |
| até 1.000 h | Limpar o resfriador. |
| | Verificar o filtro manta |
| até 3.000 h | Trocar o filtro manta |
| | Gabinete de controle<br>trocar o filtro manta |
| SIGMA CONTROL | Trocar o filtro de ar. |
| | Fazer a manutenção dos rolamentos do motor. |
| | Verificar o acoplamento. |
| SIGMA CONTROL<br>pelo menos uma vez por ano | Trocar o filtro de óleo. |
| SIGMA CONTROL<br>pelo menos a cada 3 anos | Trocar o cartucho separador de óleo. |
| Variáveis, veja tabela 49 | Trocar o óleo lubrificante. |
| Anualmente | Verificar a válvula de segurança. |
| | Verificar o desligamento automático em caso de excesso de temperatura. |
| | Verificar se há vazamentos no resfriador. |
| | Manutenção da refrigeração a água. |
| | Manutenção do sistema de recuperação de calor. |
| | Verificar se todas as conexões elétricas estão firmes. |
| h = horas de serviço | |

Fonte: Transcrito pelo autor de www.us.kaeser.com

Tabela 7 - Serviços destinados aos representantes do fornecedor dos Chillers

| Intervalo | Serviços |
|---|---|
| até 12 000 h | Verificação das válvulas. |
| até 12 000 h, ou<br>pelo menos a cada 3 anos | Motor do ventilador:<br>Verificação dos rolamentos do motor. |
| até 36 000 h<br>no mais tardar a cada 6 anos | Trocar as mangueiras. |
| até 36 000 h<br>no mais tardar a cada 8 anos | Motor do compressor:<br>Verificação dos rolamentos do motor. |
| h = horas de serviço | |

Fonte: www.us.kaeser.com

Bombas, ventiladores, torres de resfriamento e filtros de ar são numerosos dentro da planta e sua manutenção consiste de preventivas regulares, onde eventualmente são trocados componentes, e lubrificação. Estas são máquinas movidas e cada uma equivale também a ter um motor.

Os números apresentados no final do item 3.3.1 mostram que o setor de Utilidades da BETA é responsável pela manutenção de mais de 180 motores. Para tanto, a equipe havia elaborado uma planilha com todos eles. A Figura 25 é o trecho da planilha correspondente a Central 3 da Fábrica 1.

Evidentemente, despende-se muito trabalho e atenção para alimentá-la. No estado encontrado, quase todas as informações de datas estavam dispersas em papéis. Sem digitalizar, a informação se perde. Simples perguntas como “Qual foi a data da última lubrificação? E troca de rolamentos?” não podiam ser respondidas. Alguns motores sofriam manutenção antes do previsto ou muito depois. No caso da lubrificação, tão ruim quanto deixar de lubrificar é lubrificar em excesso. Um dos principais desafogos para a equipe foi a atualização e automatização desta planilha.

Figura 25 – Plano de Manutenção dos Motores na empresa BETA

**Central 3**

| | | | | | | Lubrificação | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Motor** | **Periodicidade** | **Caracteristicas** | **Ultima Manutenção** | **Data Prevista** | **Data Execução** | **Última Lubrificação** | **Tipo de Graxa** | **Qtd. de Graxa** | **Periodicidade** |
| Motor Ventilador de Retorno 1 | 3 Anos | 50 CV | | | | | | | 180 |
| Motor Ventilador de Retorno 2 | 3 Anos | 50 CV | | | | | | | 180 |
| Motor Ventilador de Retorno 3 | 3 Anos | 50 CV | | | | | | | 180 |
| Motor Ventilador de Insulflamento 1 | 3 Anos | 50 CV | | | | | | | 180 |
| Motor Ventilador de Insulflamento 2 | 3 Anos | 50 CV | | | | | | | 180 |
| Motor Ventilador de Insulflamento 3 | 3 Anos | 50 CV | | | | | | | 180 |
| Motor Bomba do lavador 1 | 2 Anos | 30 CV | | | | | | | 90 |
| Motor Bomba do lavador 2 | 2 Anos | 30 CV | | | | | | | 90 |
| Motor Coletor 1 | 2 Anos | 10 CV | | | | | | | 180 |
| Motor Coletor 2 | 2 Anos | 10 CV | | | | | | | 180 |
| Motor Coletor 3 | 2 Anos | 10 CV | | | | | | | 180 |

### 3.4.4 Rotinas de Manutenção

Manter uma rotina pré-estabelecida é importante para que os serviços fiquem padronizados. Cabe ao encarregado junto com o gerente programar os serviços a curto, médio e longo prazo.

A Tabela 4 mostrou as atividades executadas pela Utilidades, onde a ordem e frequência com que estas são feitas configura a rotina da equipe. No início de cada dia todos já devem saber de antemão o que vão fazer, mas é feita uma reunião com a presença de todos (exceto o gerente) para a oração (muito importante devido a todos os perigos que existem no trabalho industrial) e algumas orientações.

Os mecânicos por muitas vezes não conseguem obedecer a rotina especificada por conta das ordens que surgem. Existe um esforço para realizar a manutenção das prensas e dos compressores em dias específicos da semana, terça e sexta-feira, respectivamente.

A equipe de limpeza também tem os dias certos para fazer a limpeza dos aerofusos, canais e salas de resíduos. Entretanto essa programação muda com frequência.

Quem realmente tem uma rotina de serviços a ser preenchida todos os dias são os operadores de fábrica. Seus cronogramas estão expostos na Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 8 - Roteiro de Atividades - Fábrica 1 e 2

| LIMPEZA DAS SALAS E EQUIPAMENTOS - SETOR AR CONDICIONADO | | |
|---|---|---|
| FÁBRICA | TURNO A | RESPONSÁVEL |
| 1 | SALA DA TRANE | **SR. A** |
| | SALA DOS COMPRESSORES | |
| | FILTRO DE ÁGUA CENTRAL 01 | |
| | COMPRESSORES E SECADORES | |

| FÁBRICA | TURNO B | RESPONSÁVEL |
|---|---|---|
| 1 | FILTRO DE ÁGUA CENTRAL 02 | **SR. B** |
| 2 | SALA DA TRANE | |
| | SALA DOS COMPRESSORES | |
| | COMPRESSORES E SECADORES | |

| FÁBRICA | TURNO C | RESPONSÁVEL |
|---|---|---|
| 1 | FILTRO DE ÁGUA CENTRAL 03 | **SR. C** |
| | TANQUE DE ÁGUA GELADA | |
| 2 | SALA DOS COLETORES | |
| | TANQUE DE ÁGUA GELADA | |

Fonte: elaboração própria.

Tabela 9 - Roteiro de Atividades - Operadores Fábrica 4 e 5.

| LIMPEZA DAS SALAS E EQUIPAMENTOS - SETOR AR CONDICIONADO | | |
|---|---|---|
| FÁBRICA | TURNO A | RESPONSÁVEL |
| 4 | SALA DOS COMPRESSORES | SR. D |
| | FILTRO DE ÁGUA CENTRAL 01 E 02 | |
| 5 | SALA DOS CORREDORES DAS CENTRAIS "C" E "D" | |
| | COMPRESSORES E SECADORES | |

| FÁBRICA | TURNO B | RESPONSÁVEL |
|---|---|---|
| 4 | FILTRO DE ÁGUA CENTRAL 03 | SR. E |
| | SALA DA TRANE | |
| 5 | FILTRO DE ÁGUA CENTRAL "A" E "B" | |
| | SALA DOS CORREDORES DAS CENTRAIS "A" E "B" | |

| FÁBRICA | TURNO C | RESPONSÁVEL |
|---|---|---|
| 4 | SALA DOS SACOS DE PÓ | SR. F |
| 5 | SALA DOS SACOS DE PÓ | |
| | SALA DOS CORREDORES DAS CENTRAIS "C" E "D" | |
| | FILTRO DE ÁGUA CENTRAL "C" E "D" | |

Fonte: elaboração própria.

### 3.4.5 Problemas Identificados

A Tabela 10 foi feita pelo trainee auxiliar e o novo supervisor durante uma semana de inspeção nas áreas do setor. Ela é uma lista dos principais problemas identificados nas centrais de água gelada e salas de resíduo. A lista foi feita por meio de observação do supervisor, sugestões dos mecânicos e recomendações da diretoria.

Atividades que são postergadas por muito tempo findam se transformando em manutenções corretivas que causam mais despesas e tomam mais tempo dos mecânicos. A equipe fica sobrecarregada em atividades e não consegue atuar organizada e de maneira planejada.

Tabela 10 - Problemas Identificados e Melhorias Propostas.

| Fábrica | Central | Local | Melhoria Proposta |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Lavador | Trocar porta do lavador. |
| | | | Reparo do tanque de esgoto. |
| | | | Iluminação dentro do lavador |
| | | | Colocação de Azulejos. |
| 4 | Sala de Resíduos | Sala de Resíduos | Iluminação da sala. |
| | | | Pintura da sala de resíduo. |
| | | | Troca dos boca móveis. |
| | | | Troca do carrinho de pistão p/redutor. |
| | | | Revisão do quadro eletropneumático. |
| | | | Troca dos Bicos graxeiros (motor do pré-separador). |
| | | | Revisão do aro do pré-separador. |
| | | | Comprimento do filtro do pré-separador. |
| | | | Porta para retirar o motor principal. |
| | | | Troca da base dos mancais do filtro rotativo de ar. |
| | | | Serviço da Coifa. |
| | 1 | Lavador | Retirar porta de acesso ao lavador; |
| | | | Revisão dos isolamentos das tubulações. |
| | 1 e 3 | - | Chapas da tubulação de retorno. |
| 1 | 3 | - | Chapas da tubulação de retorno. |
| 5 | TODAS | Lavador | Instalação de tubulação de alívio de pressão de água gelada. |
| 5 | A E B | Lavador | Isolamento de alumínio; Saber se poderá substituir. |
| 1 | 2 | Torre | Tags para as torres de resfriamento; |
| | | Filtros | Revisão do redutor que saiu do filtro 09; |
| | | | Trocar painel pneumático dos boca móveis; |
| | | | Porta de acesso. Central 02 Filtros, enferrujada; |
| | | | Iluminação da central 02, em especial da sala do lavador e filtros; |
| | | Chuveiro | Reinstalação do chuveirinho da central 02 Fab 01. |
| 2 | 1 | Lavador | Limpeza de toda estrutura com lava jato. |
| | | | Revisão dos apertos dos parafusos dos lavadores; |
| | | Insul-flamento. | Pintura das grades de segurança; |
| | | | Limpeza das paredes e pisos da área do motor. |
| | | | Restaurar bicos graxeiros dos motores sem ponto de lubrificação; |
| | | Área Pleno | Limpeza do pleno (Ajuste fino); |
| | | | Serviços de alvenaria em geral; |
| | | | Retirada de motores desativados; |
| | | | Retirada de acionadores p/abertura de venezianas desativadas. |

Fonte: elaboração própria.

Observe-se, que no geral os serviços identificados na Tabela 10 são simples, pouco custosos e sua realização não impede o funcionamento do sistema de climatização. A maior parte deles não foi apontado por nós e sim pelo próprio time (mecânicos, gerente e até o diretor da fábrica) ou seja eles já estavam cientes de tudo isso. Então o que explica os mais de 40 serviços pendentes?

Provavelmente o que vem primeiro a mente é que as deficiências apontadas não sejam tão importantes ou que o pessoal não esteja preocupado com a melhoria contínua do processo. Entretanto, ao interior das centrais existem canais e escadas a mais de 8 metros de altura e a falta de iluminação neste ambiente representa perigo. As portas asseguram que o ar gelado (e de alta velocidade) não escape. Os isolamentos são essenciais para preservar as tubulações e diminuir as perdas térmicas. Ademais, na teoria, o ar de insulflamento não deve ter sujeira alguma e por tanto todas as áreas devem estar mais limpas possíveis. Desta maneira, é extremamente importante garantir que tudo isso esteja bem conservado para preservar a eficiência do processo e a segurança dos operadores das centrais.

O que realmente dificulta esses serviços é que com o tempo a equipe passa a se “habituar” com aquilo e acredita que a situação “pertence ao padrão”. Isso é bastante comum de acontecer quando se trabalha “apagando fogo”. A equipe se concentra em serviços emergenciais e acaba deixando de lado coisas “pequenas” que caem no esquecimento mais que a longo tempo podem resultar em perdas significativas, notadamente nos custos de manutenção.

Cabe aos níveis superiores da hierarquia (supervisor, gerente e diretor) estarem sempre conscientizando o time, pois para o pessoal da manutenção não é tão clara a importância de um isolamento térmico na economia de energia ou da limpeza dos canais de insulflamento na preservação da qualidade do fio.

## 4. MELHORIAS BASEADAS NA TPM

A Manutenção Produtiva Total (TPM) serviu como uma fonte de princípios e ideias para realização das melhorias concretizadas, uma vez que os pilares não foram de fato implantados no setor. Fazer a implantação de cada pilar da TPM envolveria um trabalho mais profundo, seguindo as etapas e procedimentos desse método.

Um dos principais lemas da TPM é manter os colaboradores engajados e motivados. Estimulá-los a participar das discussões possibilita diferentes pontos de

vista e é daí que surgem as melhores ideias. Até mesmo o nível de funcionário mais pode contribuir com suas ideias de melhoria e se tornar agente da mudança.

O presente trabalho se pressupõe que uma pessoa foi a principal responsável pelas mudanças que ocorreram no setor, mas vale ressaltar que foi necessária a colaboração de todos, pois, mesmo com sua competência, o novo supervisor sozinho não seria capaz de mentalizar e colocar em prática todas as melhorias que serão mostradas. Felizmente, a situação era muito propensa para implementação de melhorias. A equipe estava predisposta  a mudar a forma de trabalhar, o gerente carecia de alguém para conectá-lo a equipe e o setor acabava de ter sido reforçado com um trainee.

Neste sentido, seis dos oito pilares da TPM serviram como fonte de princípios e valores para as atividades desenvolvidas: TPM administrativo, manutenção planejada, manutenção autônoma, educação e treinamento, melhorias específicas e segurança.

## 4.1 PROGRAMA 5S

A base de uma manutenção de qualidade começa com o **programa 5S**, uma vez que os problemas são mais difíceis de serem identificados quando o ambiente de trabalho é desorganizado. O 5S é uma filosofia que promove uma ordem sistêmica do funcionamento de um processo em um ambiente de trabalho. Para tanto, o programa atua agindo sobre os sensos de utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina que são traduções, respectivamente, das palavras japonesas Seiri, Seilton, Seiso, Seiketsu e Shitstuke, e daí vem o nome 5S (KARDEC E NASCIF, 2009).

No programa desenvolvido durante os 3 meses na BETA não se atacou um processo específico, mas sim a oficina como um todo. Ressalta-se que os colaboradores não receberam treinamento para realizar o 5S e o processo de implantação ocorreu lentamente na forma de “serviços”. A melhor prática seria fazer a equipe entender a filosofia do 5S para depois implantar cada senso, entretanto a necessidade urgente de organização no setor e a dificuldade de convencer os colaboradores a “comprar a ideia” de início fez com que os sensos fossem aplicadas dessa maneira.

De acordo com o programa, o primeiro S implantado foi o senso de utilização, aqui o objetivo é tornar o ambiente mais útil e menos poluído. Para tal, itens de pouco

ou nenhum uso foram devolvidos ao almoxarifado ou levados para uma área de descarte. Exemplos:

- Existiam baldes de mais de 20 L com os mesmos lubrificantes. Os que estavam lacrados foram devolvidos ao almoxarifado e outros que estavam praticamente secos foram descartados gerando economia de espaço;
- Os fixadores ficavam guardados em baldes de forma misturada e sem nenhuma classificação. Todos foram separados e os de nenhuma utilidade descartados;
- Motores que estavam parados e ocupando espaço dentro da oficina da Utilidades foram entregues ao pessoal da elétrica;
- Os documentos antigos foram analisados e os sem atual importância foram descartados.

O segundo S implantado foi o senso de organização. O objetivo agora é classificar e dar ordem de uso aos recursos que ficaram na oficina. Citando os recursos mencionados na fase anterior:

- Os baldes de graxa e óleos lubrificantes ficaram armazenados na última prateleira do armário principal devido ao peso. Eles também foram organizados de acordo com a utilização: graxas mais utilizadas, como a Unirex N2 que serve para quase todos os motores e redutores, ficaram alocadas a frente de óleos utilizados com menor frequência, como o dos compressores por exemplo. Correias, mantas e gaxetas ficaram nas prateleiras mais altas;
- Todos parafusos, porcas, arruelas e rebites foram separados e colocados em gavetas de acordo com seu tipo e tamanho;
- No armário das peças: os motores, redutores, bombas e sobressalentes foram dispostos em níveis diferentes para tornar o acesso mais fácil e intuitivo;
- Os documentos mais importantes foram levados para a sala da gerência e o antigo armário dos documentos foi utilizado para guardar apenas os históricos das máquinas e as planilhas de controle.

O terceiro S implantado foi o senso de limpeza. Ao invés de simplesmente limpar é preciso primeiro combater as causas que geram sujeiras ou imperfeições. Os

serviços realizados dentro da oficina sempre produziam sujeira que ficava na sala para ser limpa “depois”. Como parte da nova filosofia passou-se a cobrar que limpeza não é uma atividade extra e sim parte do mesmo serviço. Logo, a tarefa só estará concluída quando o ambiente for devolvido as condições iniciais.

A quarto S implantado foi o senso de padronização que consiste em padronizar os três anteriores. Quando o ambiente se torna limpo e organizado a equipe passa a tomar mais cuidado em mantê-lo assim. O fato de todos estarem envolvidos no processo e serem responsáveis pela mudança faz com que o indivíduo se engaje mais para preservar o que foi feito. E caso desvios aconteçam, a supervisão deve intervir. Muito importante para padronização foi que a arrumação da oficina passou a ser incluída na rotina de execução semanal, onde todos os colaboradores passaram a se reunir no final da tarde de cada sexta-feira para organizar e limpar a oficina.

O quinto S significa disciplina. A ideia aqui é tornar cultural e costumeira as ações previstas anteriormente. De maneira que perdurem ao longo do tempo. Mais do que uma melhoria, as mudanças devem ser encaradas como uma nova filosofia.

## 4.2 TPM Administrativo

O TPM Administrativo ou Office TPM deve ser seguido para aumentar a produtividade nas áreas administrativas, e identificar e remover perdas. Aconselha-se implementar após a ativação de quatro pilares (Manutenção Autônoma, Melhorias Específicas, Manutenção da Qualidade e Manutenção Planejada).

O Office TPM cobre doze grandes perdas: 1. Redução de processamento; 2. Redução de preço incluindo em áreas como compras, contas, publicidade, vendas resultando em estoques elevados; 3. Redução de comunicação; 4. Perda de marcha lenta; 5. Redução Set-up; 6. Redução da precisão; 7. Desagregação do equipamento de escritório; 8. Colapso das estações de comunicação, linhas de telefone e fax; 9. Tempo gasto na recuperação de dados; 10. Indisponibilidade do status correto de estoques, ordens de venda, etc.; 11. Reclamações de clientes por causa de logística e 12. Despesas com despachos / compras de emergências ou em emergência.

### 4.2.1 Mudança na Forma de Atuar

Quanto a forma de atuar, o time trabalhava com duas oficinas dentro do complexo. A oficina principal era responsável pelas fábricas 1 e 2. A segunda oficina

atendia as fábricas 4 e 5. Como cada par de fábricas funciona como uma unidade sob o ponto de vista da Utilidades, pode-se afirmar que a estrutura existente era a **descentralizada**.

A principal vantagem do sistema descentralizado é a agilidade no atendimento pela distância reduzida. Por outro lado, a quantidade de serviços não requisitava duas oficinas de grande porte e as principais máquinas ficavam apenas na oficina principal. Desta maneira, frequentemente os mecânicos precisavam se deslocar da fábrica 4 até a fábrica 1.

Algumas falhas que ocorriam no sistema levavam a necessidade de toda a equipe se reunir, inclusive operadores e equipe de limpeza. À vista desses fatores, na prática a estrutura era descentralizada mas com frequência precisava centralizar seus recursos materiais e humanos. Outro ponto era que alguns recursos precisavam ser disponibilizados para as duas oficinas, gerando maiores custos.

Devido a estas questões foi decidido manter apenas a oficina principal, tornando a atuação **centralizada**. Podem-se citar como benefícios notados: redução das perdas com armazenamento de peças nas oficinas, maior senso de equipe e maior facilidade de gestão. Por outro lado, as perdas por movimentação dos trabalhadores e quebras aumentaram, porque que a equipe demora mais tempo para chegar e atuar em uma falha que ocorre na fábrica 5, por exemplo.

### 4.2.2 Melhoria na Gestão de Informações

O trabalho em conjunto dos diversos setores de uma empresa onde se desenvolvem atividades de natureza completamente distinta só é viabilizado por meio de um ERP (*Enterprise Resource Planning)* ou Sistema integrado de Gestão empresarial.

O ERP é um software que automatiza os processos e integra atividades de natureza distintas como Vendas, Finanças, Contabilidade, Fiscal, Produção, Recursos Humanos, Estoques, Logística, etc.

Na BETA, o setor de Utilidades possui basicamente dois pontos administrativos. A sala da gerência e a oficina da Utilidades. O gerente divide a sala com os outros dois gerentes de manutenção (mecânica e elétrica). Já a oficina possui um espaço com mesa, cadeira e computador onde o supervisor fica desenvolvendo suas atividades e pode supervisionar suas atividades.

O sistema ERP era instalado apenas na sala da gerência e para o supervisor verificar uma simples disponibilidade no estoque era preciso se deslocar até lá. Isso garante para o gerente que nenhuma ordem de pedido seja feita sem sua autorização, mas por outro lado atrapalha a celeridade das atividades.

Com a mudança do supervisor, o gerente foi convencido a disponibilizar o ERP também no computador da oficina. Foi um voto de confiança que facilitou a busca por sobressalentes no almoxarifado e, consequentemente, acelerou os serviços, reduzindo as perdas por movimentação desnecessária do supervisor. A maior habilidade do novo supervisor com softwares também possibilitou a digitalização de arquivos e a elaboração de planilhas muito úteis.

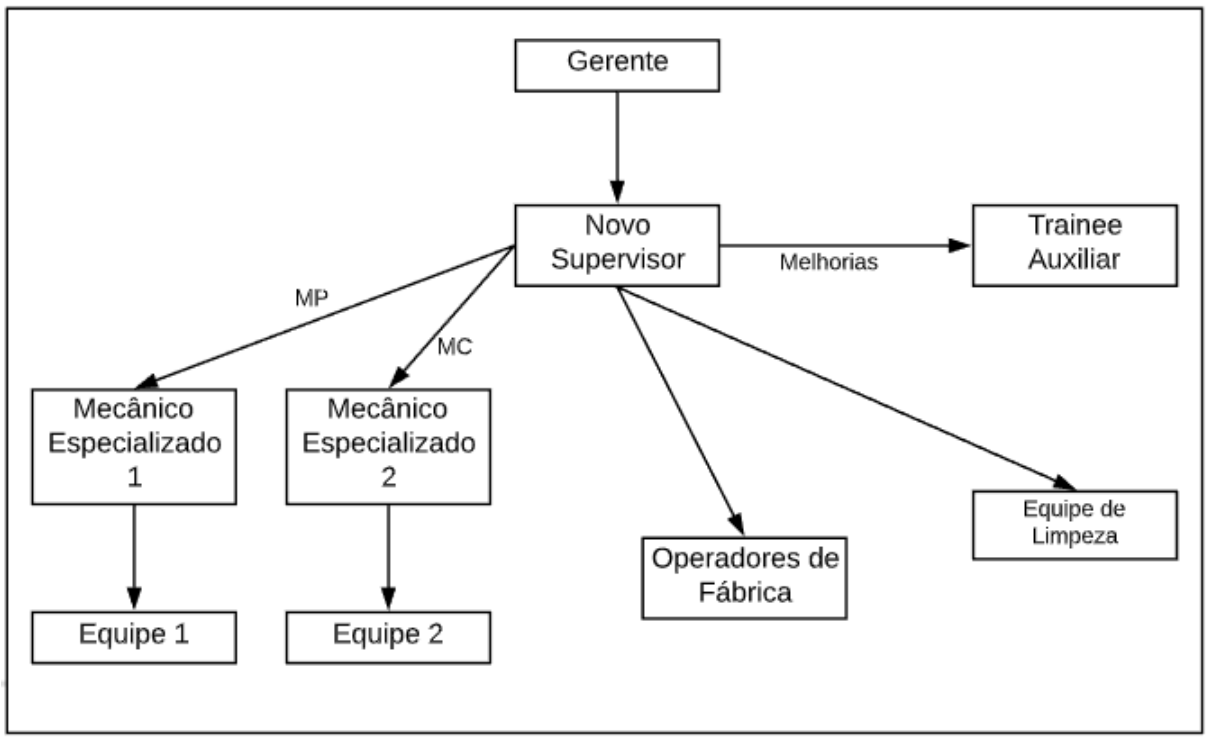
### 4.2.3 Melhoria na Administração

A nova estrutura da equipe ficou como a da Figura 26. Agora o gerente fica mais próximo dos restantes e pode realizar todas as suas funções sem perder de vista o grupo, uma vez que o supervisor lhe mantém informado sobre tudo que está acontecendo.

Por consequência, um princípio fundamental para a gestão da qualidade foi resgatado: a **liderança**. De acordo com Deming (2003), notável guru da qualidade, a supervisão é o poder e autoridade necessária para fazer com que pessoas, máquinas e instalações trabalhem com sua maior capacidade. Ela deve ser detalhada e corretiva quando necessário.

E foi o que aconteceu. Com uma pessoa focada apenas na supervisão os serviços puderam ser olhados mais de perto e as necessidades dos colaboradores sanadas mais rapidamente.

Figura 26 – Estrutura Organizacional da Equipe após a mudança de Supervisão.




A presença de dois mecânicos especializados em plena atuação permitiu formar duas frentes de manutenção intituladas por “equipe 1” e “equipe 2”. Cada uma é formada pelo especializado e 1 ou 2 mecânicos nível A. O trabalhou passou a ser organizado de tal forma que uma equipe se concentra nas atividades habituais (preventivas programadas e eventuais corretivas) e a outra faz serviços que estavam pendentes a muito tempo e poderiam ocasionar em falhas e concertos mais caros que uma ação preventiva.

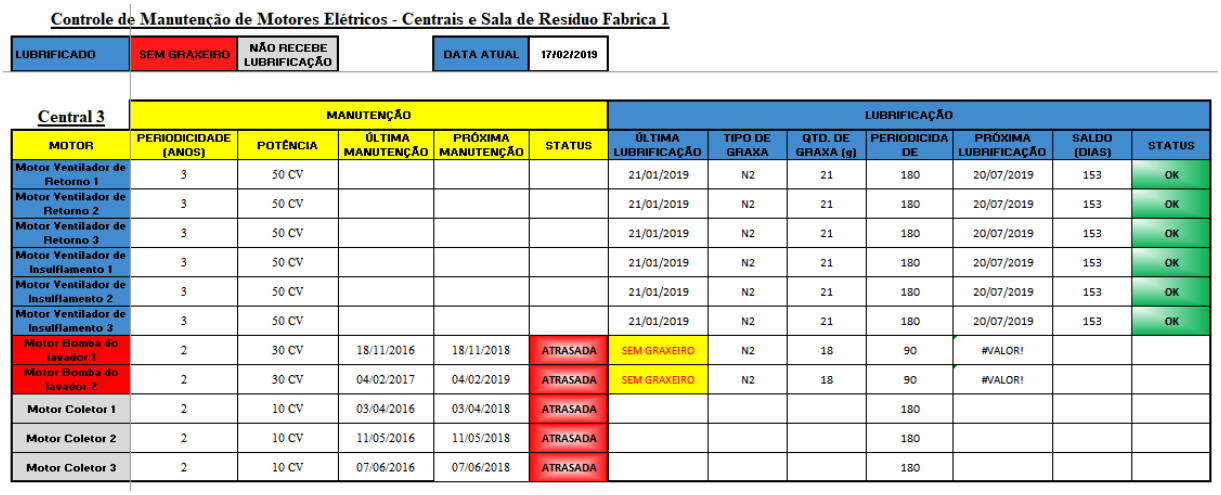
## 4.3 MANUTENÇÃO PLANEJADA

A planilha da Figura 27 é uma modificação da planilha apresentada na Figura 25. Ela é um plano de manutenção para os mais 180 motores. Na situação em que se encontrava todas as informações de datas estavam em branco, ou seja, o controle de manutenção e lubrificação dos motores estava inutilizado. Por meio de buscas e pesquisas em formulários escritos conseguiu-se alimentar a planilha e a partir daí colocar o controle em funcionamento novamente.

Agora o sistema consegue calcular a data certa para a próxima lubrificação/manutenção e verificar o “status” do motor (indica se a manutenção está em dia ou não). Isso gera uma **economia** de lubrificantes, rolamentos e homem-horas

de serviço, uma vez que tudo é feito no tempo e da maneira certa. Assim, os serviços podem ser previamente **planejados** e as informações supridas a equipe são mais **precisas**. A melhoria buscou diminuir as perdas com **quebras de motores** e as perdas com **defeitos de produção**. Exemplo: quando o motor de uma bomba para de funcionar, todo sistema de climatização é afetado dentro de algum tempo e ocorrem os problemas de quebra de fio na linha de produção dentro da fábrica.

Figura 27 – Planilha de Controle - Manutenções e Lubrificações dos Motores.



**Controle de Manutenção de Motores Elétricos - Centrais e Sala de Resíduo Fabrica 1**

| LUBRIFICADO | SEM GRAXEIRO | NÃO RECEBE LUBRIFICAÇÃO | DATA ATUAL | 17/02/2019 |
|---|---|---|---|---|

| Central 3 | MANUTENÇÃO | | | | | LUBRIFICAÇÃO | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MOTOR | PERIODICIDADE (ANOS) | POTÊNCIA | ÚLTIMA MANUTENÇÃO | PRÓXIMA MANUTENÇÃO | STATUS | ÚLTIMA LUBRIFICAÇÃO | TIPO DE GRAXA | QTD. DE GRAXA (g) | PERIODICIDADE | PRÓXIMA LUBRIFICAÇÃO | SALDO (DIAS) | STATUS |
| Motor Ventilador de Retorno 1 | 3 | 50 CV | | | | 21/01/2019 | N2 | 21 | 180 | 20/07/2019 | 153 | OK |
| Motor Ventilador de Retorno 2 | 3 | 50 CV | | | | 21/01/2019 | N2 | 21 | 180 | 20/07/2019 | 153 | OK |
| Motor Ventilador de Retorno 3 | 3 | 50 CV | | | | 21/01/2019 | N2 | 21 | 180 | 20/07/2019 | 153 | OK |
| Motor Ventilador de Insuflamento 1 | 3 | 50 CV | | | | 21/01/2019 | N2 | 21 | 180 | 20/07/2019 | 153 | OK |
| Motor Ventilador de Insuflamento 2 | 3 | 50 CV | | | | 21/01/2019 | N2 | 21 | 180 | 20/07/2019 | 153 | OK |
| Motor Ventilador de Insuflamento 3 | 3 | 50 CV | | | | 21/01/2019 | N2 | 21 | 180 | 20/07/2019 | 153 | OK |
| Motor Bomba do lavador 1 | 2 | 30 CV | 18/11/2016 | 18/11/2018 | ATRASADA | SEM GRAXEIRO | N2 | 18 | 90 | #VALOR! | | |
| Motor Bomba do lavador 2 | 2 | 30 CV | 04/02/2017 | 04/02/2019 | ATRASADA | SEM GRAXEIRO | N2 | 18 | 90 | #VALOR! | | |
| Motor Coletor 1 | 2 | 10 CV | 03/04/2016 | 03/04/2018 | ATRASADA | | | | 180 | | | |
| Motor Coletor 2 | 2 | 10 CV | 11/05/2016 | 11/05/2018 | ATRASADA | | | | 180 | | | |
| Motor Coletor 3 | 2 | 10 CV | 07/06/2016 | 07/06/2018 | ATRASADA | | | | 180 | | | |

## 4.4 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA & EDUCAÇÃO E TREINAMENTO

Segundo os princípios do Sistema Toyota de Produção, “a participação constante aumenta a criatividade, a reflexão e a capacidade de pensar, além de garantir um ambiente de inovação diário” (DOMINGOS, 2009, p. 116).

Um bom caminho para a melhoria contínua é dar mais credibilidade à equipe. Delegar funções torna os funcionários mais engajados e tira a sobrecarga de trabalho sobre o supervisor.

O chiller é a máquina mais importante do setor e muito provavelmente da fábrica. Se ele para, inevitavelmente, em dado momento a fábrica também vai ter que parar. A fim de identificar mais rapidamente qualquer inconsistência no sistema, as leituras dos chillers sempre foram feitas pelos próprios supervisores. Todavia o serviço de leitura é relativamente simples e requer um tempo considerável para ser feito em seis máquinas que ficam operando. É tempo demasiado para todos os serviços que o supervisor precisa cumprir. Delegar era preciso.

O pilar de **Educação e Treinamento** foi bastante importante neste sentido. Uma capacitação de dois dias foi o necessário para treinar cada um dos operadores

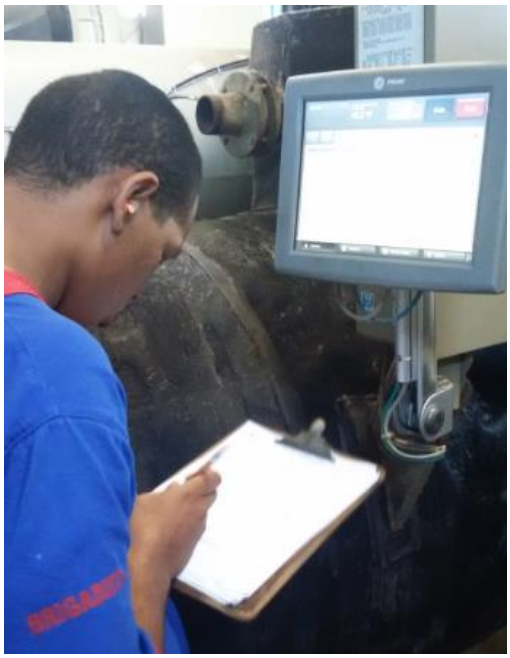
realizar o serviço. O melhor benefício é que os operadores não precisam se deslocar até as máquinas, pois as máquinas ficam localizadas na trajetória natural do serviço dos operadores.

Aqui também está presente outro pilar, a **Manutenção Autônoma**. Uma vez que, além de inspeções nas centrais, os operadores passam a fazer as leituras de chillers, eles ficam mais familiarizados com a máquina e com todo o sistema. Por exemplo: se durante a leitura ele verifica que a temperatura de entrada da água no condensador está alta, ele pode deduzir que existe algum problema na torre de resfriamento.

A manutenção autônoma gera no operador um sentimento de “posse” sobre a máquina (aumentando o seu cuidado com o equipamento), torna-o mais capacitado e libera a equipe de manutenção para serviços mais complexos e importantes.

Delegar a leitura dos chillers aos operadores eliminou uma perda que existia: a perda por movimentação desnecessária do supervisor (uma hora para vistoriar todas as máquinas).

Figura 28 – Operador da BETA em fase de treinamento.



## 4.5 MELHORIAS ESPECÍFICAS

Este pilar tem por objetivo a melhoria individual de máquinas e equipamentos visando diminuir perdas por paralisação, queda de velocidade e defeitos de produção. Neste sentido, o pilar de melhorias específicas foi implementado nas bombas hidráulicas com a substituição das gaxetas por selos mecânicos, buscando o aumento da eficiência dos componentes de vedação, a redução da mão-de-obra e diminuição de gastos com sobressalentes.

Os selos mecânicos vêm substituindo, em todo o mundo, de maneira eficiente as gaxetas nas vedações de bombas (KARDEC & NASCIF, 2009). As principais vantagens da aplicação de selos, são: (LOPES, 2008)

- Reduz o atrito entre o eixo da bomba e o instrumento de vedação, reduzindo a velocidade de eixo e ocasionando as **perdas por queda de rendimento**.
- Elimina o desgaste prematuro do eixo e da bucha;
- A vazão ou fuga do produto em operação é mínima ou imperceptível;
- Permite operar fluidos tóxicos, corrosivos ou inflamáveis com segurança;
- Tem capacidade de absorver o jogo e a deflexão normais do eixo.

Outra vantagem motivadora para implantação dos selos mecânicos na fábrica foi a redução mão-de-obra com vedações. Enquanto as gaxetas carecem de supervisão semanal para controle do vazamento, os selos são verificados a cada 6 meses.

As gaxetas são substituídas aproximadamente a cada 6 meses. Na BETA o objetivo é realizar uma intervenção anual nos selos mecânicos, onde ocorre a substituição das vedações secundárias e a lapidação das faces, durante a manutenção de parada do final de ano. Isto elimina uma perda que havia anteriormente: as **perdas por pequenas paradas** para substituição das gaxetas nas bombas hidráulicas.

Testes realizados pela API (*American Petrol Institute*) em bombas centrífugas operando à 3600 rpm e 3,5kgf/cm² de pressão na caixa e trabalhando com água mostraram que a relação de vazamento de uma gaxeta comparada ao selo é de 800:1. E a relação do consumo de energia foi 10:1. (API, 1970 *apud* DUO-O-LAP, 2013)

Estes números são extremamente significantes, todavia seria necessário um estudo mais detalhado dentro da BETA para verificar tais níveis. E assim, as perdas

pelo produto transportado e a economia de gastos com energia elétrica não serão incluídas nos cálculos desta comparação.

Realizando duas trocas por ano, os custos para aplicação da gaxeta, em cada conjunto moto-bomba, são os seguintes (Valores corrigidos para 2019): (DUO-O-LAP, 2013)

- Custo Inicial: 1 bucha (R$ 111,00) mais 1 engaxetamento (R$ 17,00).
- Custo anual: 1 bucha (R$ 111,00) mais 2 engaxetamentos (R$ 34,00).

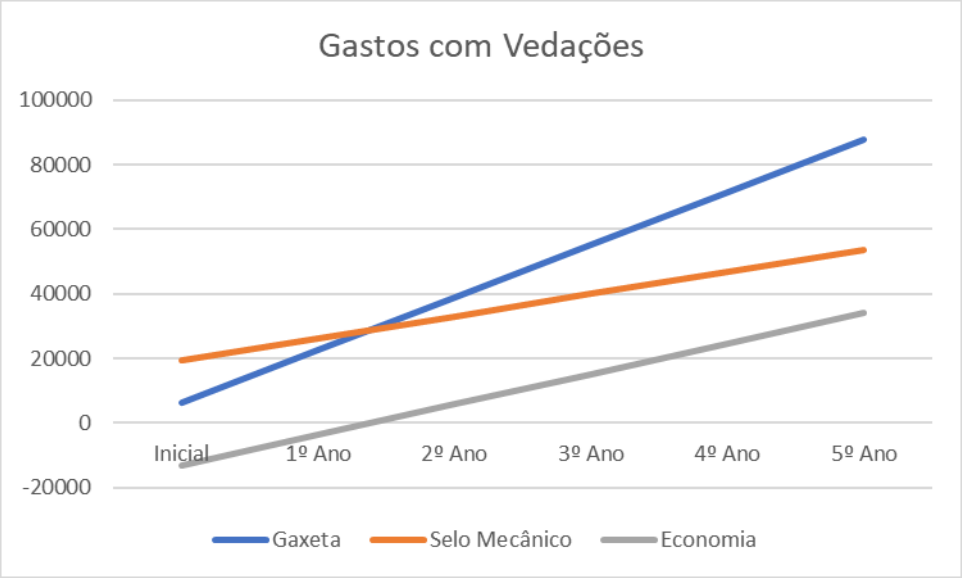
Com apenas uma intervenção anualmente, os custos para aplicação do selo mecânico, por conjunto, são os seguintes (DUO-O-LAP, 2013):

- Custo Inicial: 1 selo completo (R$ 387,00).
- Custo anual: 1 vedação secundária (R$ 22,00) mais 1 lapidação do selo (R$ 55,00).

Estimou-se que eram gastos anualmente R$ 180/bomba na mão-de-obra da troca das gaxetas. E R$ 60/bomba para os selos. A diferença se dá pela mão-de-obra que era necessária para realizar os ajustes (apertos) semanalmente no aperta gaxeta quando se fazia necessário.

O gráfico da Figura 29 mostra os custos de mão-de-obra, instalação e manutenção de maneira acumulada ao longo do tempo para as 59 bombas instaladas.

Figura 29 - Comparação de Gastos Acumulados: Selo Mecânico x Gaxeta.




Nota-se que antes do segundo ano o investimento nos selos mecânicos já é compensado, justificando a troca. Cabe acrescentar que a economia é ainda maior, pois ainda entrariam os ganhos em eficiência da bomba e redução de vazamentos, provocando impacto direto na conta de energia elétrica. Em 5 anos a economia com mão-de-obra e sobressalentes é estimada em 35 mil reais.

## 4.6 SEGURANÇA

Uma parte que estava esquecida dentro das centrais eram as áreas do insulflamento. Este espaço fica acima das entradas de ar no teto da fábrica. Em tese o ar que passa nessa região está totalmente limpo para entrar dentro da fábrica, porém o mínimo de sujeira pode passar pelo filtro e lavador. Se acumulando justamente nessa parte do sistema. O que não pode acontecer, pois estes resíduos podem se misturar ao ar e entrar na fábrica prejudicando a produção e a qualidade do fio.

Como havia muito tempo que a área havia sido limpa, tudo estava muito sujo, cheio de poeira e algodão. Toda equipe foi reunida nas primeiras semanas para a limpeza completa destes espaços. Graças a essa atividade a equipe pôde indicar **vários problemas** dentro das centrais e sugerir melhorias.

No quesito de segurança três medidas foram fundamentais:

1. Exigir que todos só pudessem entrar dentro das centrais usando capacete;

2. A restauração da iluminação em diversos pontos que causam sérios riscos de acidente;
3. E colocação das proteções que estavam faltando em alguns ventiladores.

Colocando questões de segurança como prioridade, os colaboradores passaram a se sentir mais valorizados e confiantes na nova gestão. Desta forma, pôde-se verificar benefícios da filosofia “acidente zero”.

## 5. OUTRAS TÉCNICAS IMPLEMENTADAS

### 5.1 TRABALHO PADRONIZADO

Depois dos chillers as máquinas mais importantes para o setor são os compressores. A partir dos serviços de inspeção mencionados na Tabela 6 e Tabela 7 foi desenvolvido um checklist para a inspeção semanal dos compressores que possibilitou a **padronização** do serviço de inspeção.

Os mecânicos no momento da atividade deveriam checar todos os itens presentes na lista e verificar se estavam de acordo. O trabalho dos mecânicos se tornou mais intuitivo, automático e, por consequência, ágil e eficiente.

Do ponto de vista da gerência, proporcionou-se uma inspeção mais completa e com informações detalhadas, permitindo ter uma visão geral do estado dos equipamentos. O espaço reservado no checklist dos compressores para leitura do horímetro dos compressores eliminou as perdas por movimentação do supervisor porque os próprios mecânicos passaram a fazê-la nas inspeções semanais.

O checklist foi **planejado** pelo “três cabeças”, **feito** pelo trainee, testado e **checado** pelos mecânicos, e **agiu-se** para alterar partes do checklist de acordo com as exigências da equipe. O processo se repetiu até chegar na forma da Figura 30. Pode-se notar um típico **ciclo PDCA**, onde as metas são a máxima satisfação dos mecânicos e a completa vistoria da máquina durante o serviço de inspeção. Com toda certeza, ele ainda vai passar por mudanças ao longo do tempo em um ciclo de melhoria constante.

Figura 30 - Checklist Semanal dos Compressores.

CHECK LIST DE COMPRESSORES

| *Fazer leitura do HORÍMETRO e fazer marcação com X.* | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DATA: _____/_____/_____ | KAESER 01 | KAESER 02 | KAESER 04 | KAESER 06 | KAESER 07 | KAESER 09 | KAESER 10 | KAESER 11 | KAESER 12 | KAESER 13 |
| Horímetro, operando | | | | | | | | | | |
| Horímetro, carga | | | | | | | | | | |
| Temperatura (°C) | | | | | | | | | | |
| Nível de óleo da unidade compressora está adequado? | | | | | | | | | | |
| Apresenta vazamentos? | | | | | | | | | | |
| Proteção de partes móveis está presente e adequada? | | | | | | | | | | |
| Mangueiras estão OK? | | | | | | | | | | |
| Calços estão OK? | | | | | | | | | | |
| Acoplamento está OK? | | | | | | | | | | |
| Abraçadeira da mangueira de saída está bem fixada? | | | | | | | | | | |
| Identificação/Tagueamento está OK? | | | | | | | | | | |
| Carcaça está ok? | | | | | | | | | | |

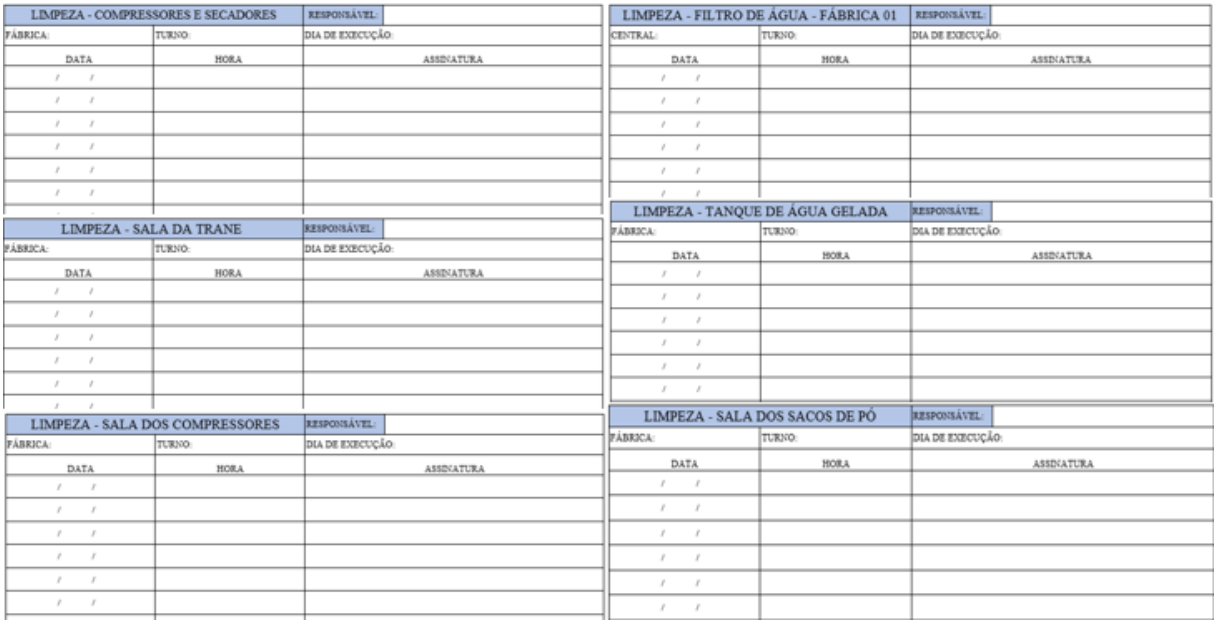
| ***OBSERVAÇÕES*** | |
|---|---|
| KAESER 01 | |
| KAESER 02 | |
| KAESER 04 | |
| KAESER 06 | |
| KAESER 07 | |
| KAESER 09 | |
| KAESER 10 | |
| KAESER 11 | |
| KAESER 12 | |
| KAESER 13 | |

## 5.2 GESTÃO VISUAL

### 5.2.1 Disposição Estratégica de Listas

Inspecionar todas as atividades a serem realizadas pelos operadores não é fácil, uma solução foi a implementação de listas de assinaturas em locais estratégicos da fábrica Figura 31. Cada uma dessas listas contém uma das atividades de rotina presentes na Tabela 8 e Tabela 9. O operador passa pelo local, vê a lista, sente que deve fazer o serviço e, após terminar, assina. É um **gatilho mental** para que ele execute o seu trabalho e uma forma de todos poderem supervisioná-lo.

Figura 31 – Algumas das Listas de Assinatura Elaboradas.



| LIMPEZA - COMPRESSORES E SECADORES | | RESPONSÁVEL: |
|---|---|---|
| FÁBRICA: | TURNO: | DIA DE EXECUÇÃO: |
| DATA | HORA | ASSINATURA |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |

| LIMPEZA - FILTRO DE ÁGUA - FÁBRICA 01 | | RESPONSÁVEL: |
|---|---|---|
| CENTRAL: | TURNO: | DIA DE EXECUÇÃO: |
| DATA | HORA | ASSINATURA |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |

| LIMPEZA - SALA DA TRANE | | RESPONSÁVEL: |
|---|---|---|
| FÁBRICA: | TURNO: | DIA DE EXECUÇÃO: |
| DATA | HORA | ASSINATURA |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |

| LIMPEZA - TANQUE DE ÁGUA GELADA | | RESPONSÁVEL: |
|---|---|---|
| FÁBRICA: | TURNO: | DIA DE EXECUÇÃO: |
| DATA | HORA | ASSINATURA |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |

| LIMPEZA - SALA DOS COMPRESSORES | | RESPONSÁVEL: |
|---|---|---|
| FÁBRICA: | TURNO: | DIA DE EXECUÇÃO: |
| DATA | HORA | ASSINATURA |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |

| LIMPEZA - SALA DOS SACOS DE PÓ | | RESPONSÁVEL: |
|---|---|---|
| FÁBRICA: | TURNO: | DIA DE EXECUÇÃO: |
| DATA | HORA | ASSINATURA |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |
| / / | | |

Figura 32 – Lista assinada da “LIMPEZA – SALA DA TRANE”, posta na entrada da própria sala, local de fácil visualização.

### 5.2.2 Mapa dos Filtros de Ar

Nas fábricas, em especial a indústria têxtil, o trabalho das máquinas produz ruídos elevadíssimos que podem causar perdas auditivas aos trabalhadores e prejudica a troca de informações entre eles. As cardas, penteadeiras, passadores, maçaroqueiras e filatórios são as máquinas que configuram o processo de

transformação do algodão cru em fio, basicamente por meio de atrito e torção, sendo um dos ramos industriais com maiores níveis de ruído. (Bonatti & Martín, 2017)

Dito isto, é essencial que a equipe planeje bem suas atividades uma vez que dentro do campo a troca de informações fica prejudicada. Dentro das centrais de água gelada não é diferente, o ambiente escuro muitas vezes escuro e a atenção redobrada com ventiladores industriais e grandes alturas requerem que as tarefas sejam bem planejadas e o local de atuação esteja bem identificado.

A elaboração de um mapa intuitivo (Figura 33) e a colocação de tags em todos os filtros de ar (Figura 33) trouxe vários benefícios: tornou mais precisas as informações passadas pelos operadores, ajudou no planejamento de tarefas, criou referências dentro das centrais e, claro, ajudou na identificação dos próprios filtros. O mapa também passou por um processo de **melhoria contínua**, seguindo sempre as sugestões dos mecânicos e operadores para torná-lo o mais intuitivo e preciso possível.

Figura 33 – O Mapa dos Filtros de Ar.

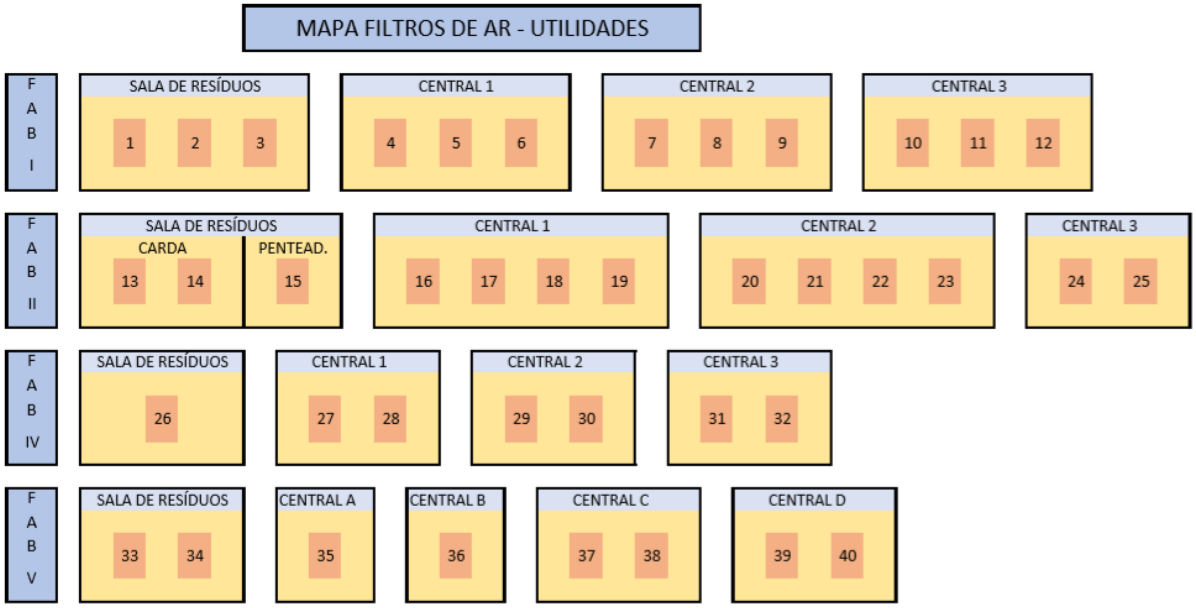


Figura 34 – Pintura feita para Taguear (identificar) os filtros de ar.

## 5.3 KANBAN

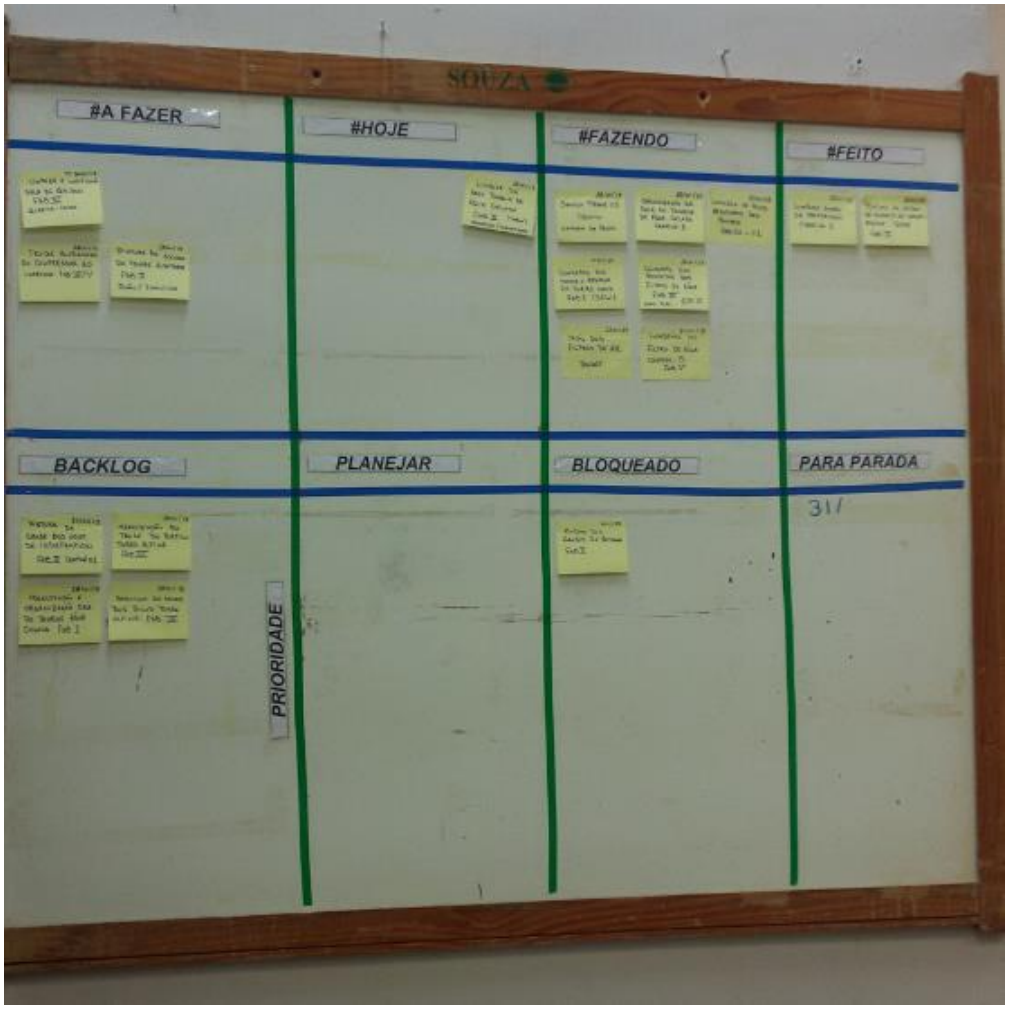
O kanban é um sistema de gestão visual para desenvolvido na década de 60 pelos japoneses da empresa Toyota. Ele nasceu como uma ferramenta para controlar os estoques sem deixar sobrar nem faltar produtos, gerando um equilíbrio entre o estoque e a linha de produção. (ESPINHA, 2018)

Atualmente, entretanto, o kanban vem sendo mais utilizado como uma **ferramenta de gestão de tarefas.** Ele consiste de cartões e colunas organizadas em um quadro onde os cartões representam as tarefas e as colunas o seu status. Um kanban geralmente possui três colunas: **A Fazer, Em Execução e Feito**. Todavia essas colunas podem mudar de acordo com as necessidades da equipe. É o caso do quadro kanban montado na BETA, **Erro! Fonte de referência não encontrada.**.

São dois os benefícios diretos, o trabalho se torna ágil e visual. Pois permite o gerenciamento rápido das tarefas, onde é possível inserir, realocar ou remover rapidamente as atividades de forma que todos vejam.

Como consequência: a equipe se torna mais **autônoma** (qualquer um pode verificar sozinho o status da sua atividade), tarefas podem ser facilmente **priorizadas**, a **produtividade** aumenta (o foco aumenta e a equipe passa a ter mais certeza do que fazer), a **colaboração** aumenta (todos podem ver o que todos estão fazendo, desenvolvendo um maior senso de equipe) e os **custos se reduzem** (fica mais fácil delegar tarefas e gerenciar o tempo despendido em cada atividade).

Figura 35 – Quadro Kanban produzido na BETA.




## 5. RESULTADOS

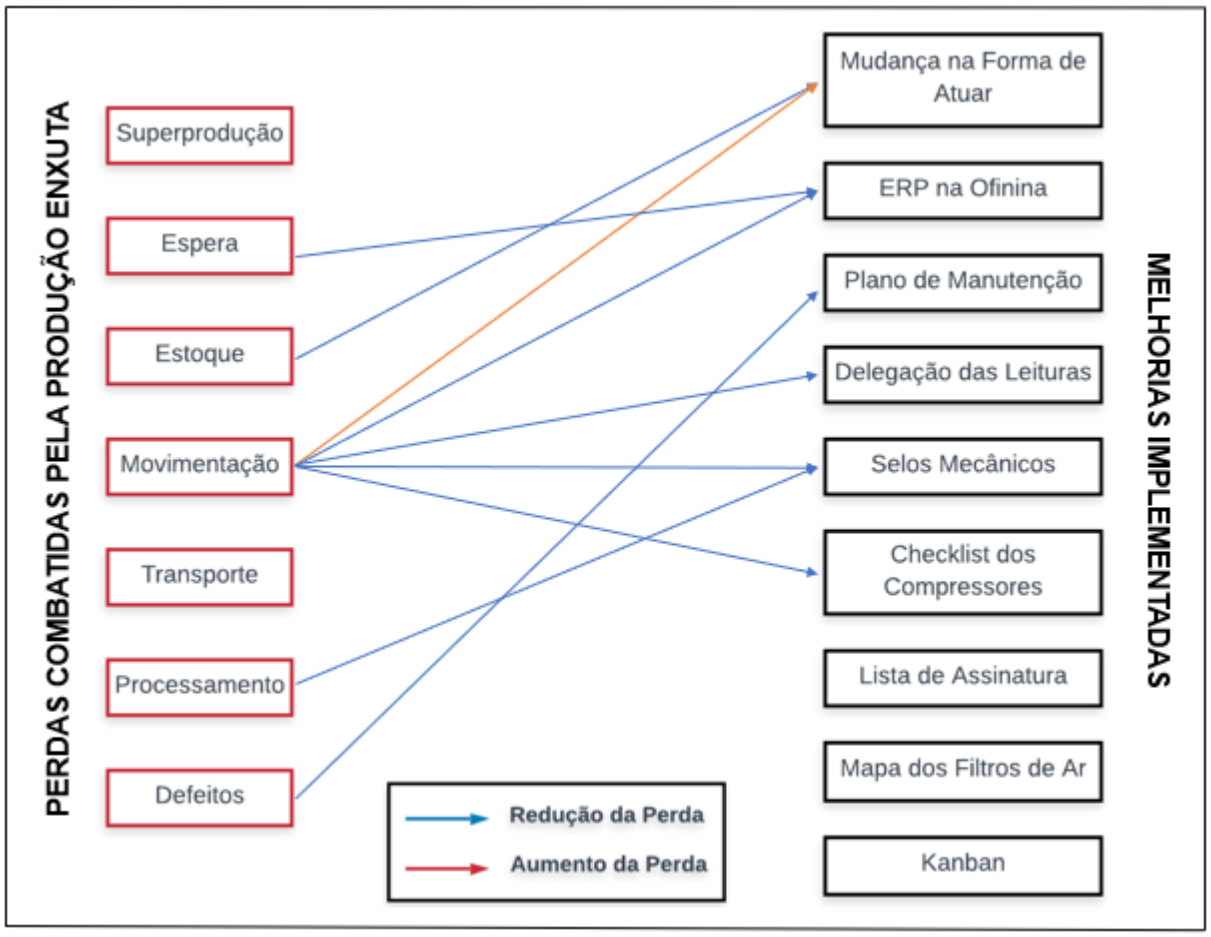
Os resultados se constituem em uma síntese das perdas eliminadas no setor de utilidades da área de manutenção da empresa BETA, uma vez que o principal foco da manufatura enxuta é o combate a desperdícios.

As 7 perdas combatidas pela filosofia da Manufatura Enxuta estão definidas para o sistema de produção, mas por meio de analogias pode-se também enxergar essas perdas na manutenção. O cliente da manutenção é a operação, então a manutenção processa ordens de serviço ao invés de produtos. Assim, as perdas por espera e processamento se referem aos serviços prestados (corretivas, preventivas e preditivas). As perdas por armazenamento se referem ao armazenamento de peças,

ferramentas e itens de reposição (lubrificantes, mantas de filtro de ar, gaxetas, etc.) na oficina, ao invés de produtos acabados.

Na Figura 36 se apresenta uma sintesis como cada uma das melhorias descritas impactou na redução das perdas combatidas pela filosofia de produção enxuta.

Figura 36 - Impacto das Melhorias sobre as Perdas de Produção.




Pode-se verificar que no geral as melhorias impactaram positivamente para redução das perdas por espera, estoque, processamento e defeitos de produção, entretanto a mudança na forma de atuar (descentralizada para centralizada) implicou em perdas por movimentação, uma vez que a oficina se localiza em uma extremidade (Fábrica 1) das 5 fábricas.

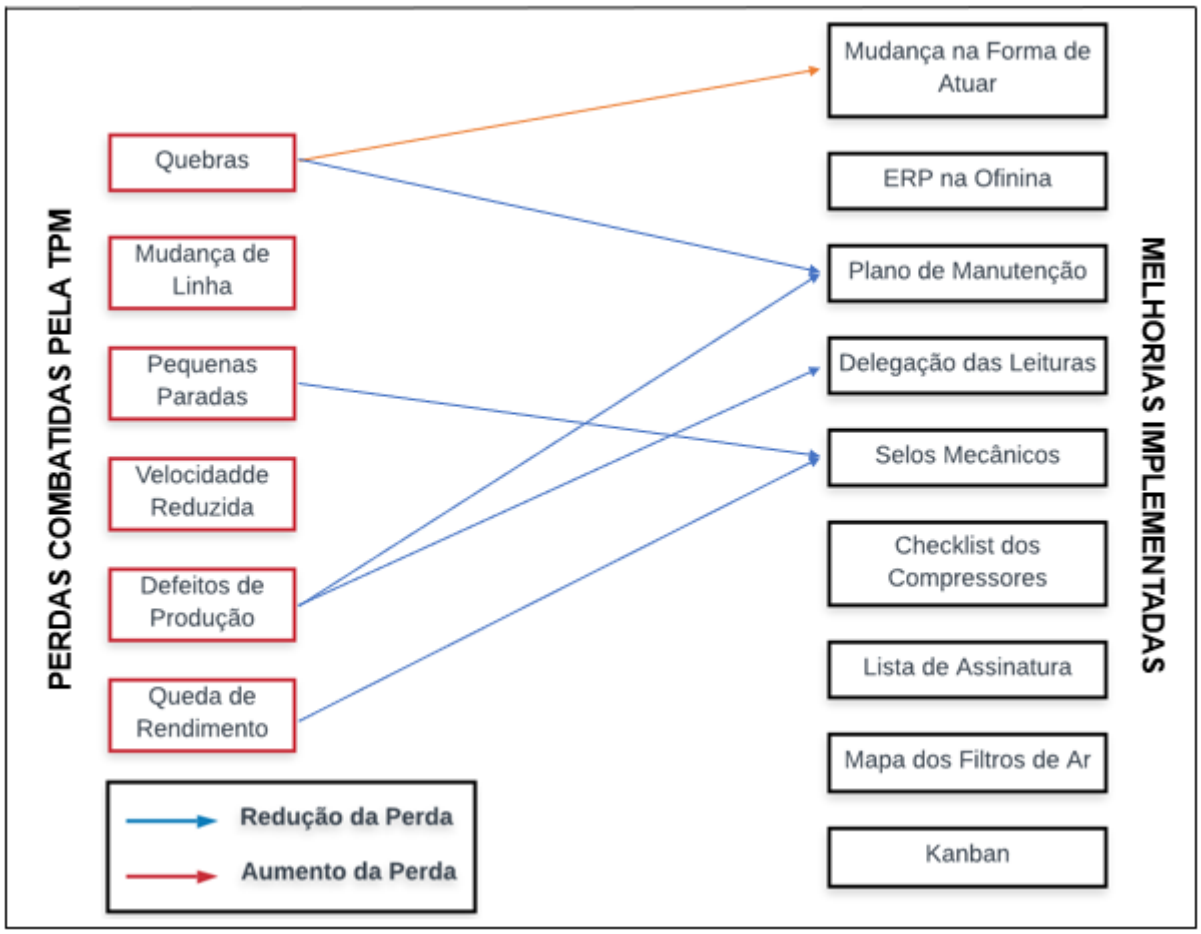
A inplementação do ERP na oficina e a delegação das leituras aos operadores eliminaram as perdas que existiam por movimentação do supervisor. O plano de manutenção, a longo prazo, deve reduzir as falhas nos motores e, consequentemente, reduzir os impactos da climatização sobre os defeitos (quebras de fio) da linha de

produção. A troca das gaxetas por selos mecânicos eliminou a perdas que existiam para o mecânico se deslocar (movimentação) e executar o serviço (processamento) de apertar a gaxeta semanalmente.

No contexto da manutenção, além das 7 perdas de produção, a TPM trás outras 6 perdas a serem combatidas. (KARDEC e NASCIF, 2009)

A Figura 37 sintetiza como cada uma das melhorias descritas impactou na redução das perdas combatidas pela filosofia de produção enxuta.

Figura 37 – Impacto das Melhorias sobre as Perdas Combatidas pela TPM.




Verifica-se que, salvo a instalação do ERP na oficina, todas as melhorias baseadas nos princípios da TPM influenciaram nas perdas combatidas pela TPM.

A mudança na forma de atuar gerou maior demora para os mecânicos conseguirem atuar nas manutenções corretivas não planejadas que ocorriam longe da oficina, aumentando o tempo de paralisação e, portanto, as perdas por quebras.

Os selos mecânicos eliminaram a necessidade de fazer pequenas paradas para substituição das gaxetas a cada 6 meses, eliminando esta perda. Por ser uma

tecnologia de vedação mais moderna, os selos também aumentaram a eficiência das bombas e reduziram os desperdícios do consumo da água.

A partir da análise das melhorias desenvolvidas, conclui-se que estas se mostraram significativas no setor, contribuindo para uma mudança na forma de pensar manutenção e desencadeando um espírito de proatividade de todos os envolvidos na busca pela melhoria contínua dos processos. As técnicas implementadas pela nova gestão foram capazes de aumentar a produtividade dos colaboradores e reduzir perdas por meio do uso “enxuto” e mais inteligente dos recursos disponíveis.

Verificou-se que os valores contidos em cada pilar da TPM contribuíram para produzir ideias que melhoraram as condições de trabalho dos colaboradores. Embora, de início, alguns colaboradores tenham apresentado certa resistência ao processo, conforme o benefício próprio vai sendo sentido, os colaboradores passam a apoiar a causa. O estudo evidenciou a importância de ter pessoas capazes de aplicar as diversas técnicas da manufatura enxuta dentro do ambiente industrial.

No contexto das perdas, a mudança na forma de atuar aumentou as perdas com movimentação e quebras. A implementação dos selos foi a atividade que exigiu maior esforço da equipe, mas a longo prazo diminuirá os custos com mão-de-obra, peças de reposição e energia. A lista de assinaturas, mapa dos filtros de ar e quadro kanban não influenciaram diretamente na eliminação dos desperdícios, entretanto foram úteis no auxílio da gestão e favoreceram o repasse de informações.

O 5S foi fundamental como ferramenta “alicerce” para viabilizar a aplicação das ideias contidas em cada pilar da manutenção produtiva total. Verificou-se que no ambiente limpo e organizado, as pessoas se sentem constrangidas de desorganizar e sujar. Os profissionais passam a valorizar mais o seu trabalho, os processos se tornam mais ágeis e o ambiente se torna menos estressante.

A técnica do quadro kanban foi um bom incremento às práticas da TPM. No dia-a-dia gerou uma autocobrança nos mecânicos e facilitou a supervisão. No que tange as atividades programadas de longo prazo, o kanban facilitou a visualização e o planejamento destes serviços.

No total foram usadas 5 técnicas da manufatura enxuta: manutenção produtiva total, 5S, trabalho padronizado, kanban e gestão visual. Assim, a BETA passou a figurar entre os 39% das organizações que usa de 4 a 9 das 15 principais técnicas de manufatura enxuta, embora esse trabalho fora desenvolvido somente no âmbito do setor de utilidades.

Sob o ponto de visto pessoal, esse trabalho veio a contribuir para um aprofundamento do conhecimento sobre manufatura enxuta, que é pouco estudado na graduação de engenharia mecânica, a partir de um estudo real de aplicação das diversas técnicas e seus resultados. Dessa forma, o aprendizado proporcionado pelo trabalho somou habilidades técnicas e trouxe um aperfeiçoamento profissional.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após uma vivência altamente produtiva, aprendizado in loco, implementação de algumas ferramentas da manufatura enxuta e dos benefícios auferidos no setor de Utilidades, se pode sugerir:

a) Dar continuidade do trabalho realizado;

b) A partir dos elementos detectadas no diagnóstico, expressos na Tabela 10, planejar melhorias utilizando a aplicação da ferramenta 5W2H (Apêndice 1);

c) A empresa BETA continue e aprimore mediante motivação, educação e treinamento as equipes de manutenção;

d) Que face aos benefícios obtidos com as melhorias explicitadas, tome como exemplo o setor de utilidades e passe a implantar os pilares TPM em outros setores;

e) Entende-se que, com uma sequência dos pilares TPM e uma vez sedimentados poderá facilitar a implantação de outras técnicas de manufatura enxuta, visando obtenção de ganhos sucessivos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÂO. **A Situação da Manutenção no Brasil - Documento Nacional**. Salvador: ABRAMAN, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462:** Confiabilidade e Mantenabilidade. Rio de janeiro: ABNT, 1994.

AZEVEDO, A. A. **Otimização da Manutenção Preventiva em Linhas de Montagem:** Estudo de Caso em Uma Empresa de Manufatura Contratada do Setor Eletrônico. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

BONATTI, G. A.; MARTÍN, M. J. C. Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável e a indústria da moda. **Revista Internacional CONSISTER de Direito**, p. 433-469, 2017.

BRANSKI, R. M.; FRANCO, R. A.; LIMA, O. F. **Metodologia de Estudo de Casos aplicada à Logística**. Campinas: UNICAMP, 2010.

COSTA, M. A. **Gestão Estratégica da Manutenção:** uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. 2013. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

DEMING, W. E. **Saia da Crise**. São Paulo: Futura, 2003.

DOMINGOS, C. **Oportunidades Disfarçadas**. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

DUO-O-LAP. Selos Mecânicos x Gaxetas, 2013. Disponivel em: <http://du-o-lap.com.br/noticias/?p=24>. Acesso em: 19 Outubro 2019.

ESPINHA, R. G. Artia, 2018. Disponivel em: <https://artia.com/kanban/>. Acesso em: 14 out. 2019.

FREITAS, L. F. **Elaboração de um Plano de Manutenção em uma Pequena Empresa do Setor Metal Mecânico de Juiz de Fora com Base nos Conceitos da Manutenção Preventiva e Preditiva.** 96 f. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

JACOBSEN, A. L. **Metodologia Científica - Orientação ao TCC**. Santa Catarina: UFSC, 2016.

JUNIOR, A. G. InfoEscola, 201-? Disponivel em: <https://www.infoescola.com/historia/tarifa-alves-branco/>. Acesso em: 07 set. 2019.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MENDONÇA, V. Evolução da Manutenção e Função Estratégica, 2018. Acesso em: 20 Setembro 2019.

MOUBRAY, J. **Reliability Centered Maintenance**. 2ª. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

PASCHOAL, D. et al. Disponibilidade e Confiabilidade: Aplicação da Gestão da Manutenção na busca de maior competitividade. **Revista da Engenharia de Instalações no mar da FSMA**, n.3, jan./jun. 2009. Disponivel em: <http://www.fsma.edu.br/EP/Artigos/REV_ENG_3_artigo_3.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2019.

PENNA, S. M. Sistema de Ar Condicionado e Refrigeração. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**, n. 1, Julho 2002.

PEREIRA, G. D. S. **Curso Têxtil em Malharia e Confecção**. Araranguá: Cefet, v. 2.

SAVSAR, M. Effects of Maintenance Policies on the Productivity of Flexible Manufacturing Cells. **The International Jornal of Management Science**, p. 274-282, 2006.

SILVEIRA, C. B. **Citisystems**, 201-? Disponivel em: <https://www.citisystems.com.br/o-que-e-tpm/>. Acesso em: 12 Agosto 2019.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade:** manual de implantação. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Admnistração da produção**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUSA, J. T. **Docsity**, 02 jun. 2014. Disponivel em: <https://www.docsity.com/pt/industria-textil-brasileira-historico/4853714/>. Acesso em: 07 Setembro 2019.

SUZUKI, T. **TPM in Process Industries**. 1ª. ed. New York: Productivity Press, 1994.

TAVARES, L. A. **Administração Moderna da Manutenção**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999.

TELES, J. Funções de um Planejador de Manutenção. **Engeteles**, Brasília, 2018. Disponivel em: <https://engeteles.com.br/funcao-do-planejador-de-manutencao/>. Acesso em: 23 Julho 2019.

VEIGA, R. et al. Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma Indústria de erva-mate, 2012. Disponivel em: <http://www.admpg.com.br/revista2013_1/Artigos/14%20Implantacao%20dos%205Ss%20e%20proposicao%20de%20um%20SGQ.pdf>. Acesso em: 1 Setembro 2019.

VIANA, H. **Hebert Viana**, 2017. Disponivel em: <https://www.youtube.com/watch?v=5MGlXW8zWYE&t=162s>. Acesso em: 13 jun. 2019.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva:** O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.

## APÊNDICE 1 – PLANO DE AÇÃO 5W2H

| | 5W | | | | | 2H | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO. DA AÇÃO | O QUE FAZER? | POR QUE FAZER? | ONDE FAZER? | QUEM FAZER? | QUANDO FAZER? (INÍCIO / FIM) | COMO FAZER? | QUANTO CUSTA? |
| 1 | | | | | / / / / | | |
| 2 | | | | | / / / / | | |
| 3 | | | | | / / / / | | |
| 4 | | | | | / / / / | | |
| 5 | | | | | / / / / | | |

Fonte: elaboração própria.