

**ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Camila Prazeres Bittencourt

**Implementação de 5 Pilares do TPM: Pesquisa-ação em uma indústria do segmento
químico**

**Lorena - SP
2019**

Camila Prazeres Bittencourt

Implementação de 5 Pilares do TPM: Pesquisa-ação em uma indústria do segmento químico

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo, como requisito legal para a conclusão do curso de Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dalton Garcia Borges de Souza

**Lorena
2019**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Bittencourt, Camila Prazeres

Implementação de 5 Pilares do TPM: pesquisa-ação em
uma indústria do segmento químico / Camila Prazeres
Bittencourt; orientador Dalton Garcia Borges de
Souza. - Lorena, 2019.
58 p.

Monografia apresentada como requisito parcial
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia
de Produção - Escola de Engenharia de Lorena da
Universidade de São Paulo. 2019

1. Tpm. 2. Manutenção autônoma. 3. Confiabilidade.
4. Zero falhas. 5. Segmento químico. I. Título. II. de
Souza, Dalton Garcia Borges, orient.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por tantas bênçãos, tudo aconteceu na Sua hora e da melhor maneira possível, obrigada por me guiar e me dar saúde para ir atrás dos meus sonhos.

Fazer faculdade na USP era meu sonho grande, e agradeço imensamente todos que ajudaram a tornar esse sonho realidade e me deram a mão nessa caminhada, que com certeza foi uma das melhores experiências na minha vida.

Agradeço meus pais, Terezinha e Marivaldo, minha irmã Tatiana e minha tia Geny, que me apoiaram nessa decisão de sair de casa, e mesmo de longe me deram palavras de carinho e força para superar todos os obstáculos e não desistir. Vocês são minha base e meus grandes amores.

Agradeço minhas amigas da época da escola, Marina, Paula, Ana Carolina e Marcela, que mesmo com toda essa distância, estiveram sempre presentes.

Agradeço aos meus engenheiros de produção favoritos, que foram minha família em Lorena e construíram essa história ao meu lado. Raul, Julia, Nayara, Alessandra e Gabriela, vocês me inspiram e me orgulham, carrego para a vida.

Agradeço as meninas que moraram comigo, Susane, Suzana, Le, Josy, Ju, Marina, Ligia, Leticia Porta e Marcela, que compartilharam comigo as alegrias e dificuldades diárias.

Agradeço aos meus colegas de trabalho, Leoni, Patrícia, Nathalia, Amanda, Ricardinho, Cleber, Paulo, Thiago e Luiz, que além de grandes profissionais, são grandes pessoas. Sou muito grata pelo tanto que me ensinaram, pelas oportunidades e pela amizade.

Por fim, agradeço aos meus professores, em especial ao Ricardo Honda, Marco Pereira e Dalton Borges por todos os ensinamentos.

“Nada é tão nosso, quanto os nossos sonhos.”
(Friedrich Nietzsche)

RESUMO

BITTENCOURT, C. P. **Implementação de 5 pilares do TPM: Pesquisa-ação em uma indústria do segmento químico.** 2019. 58 p. Monografia (Trabalho de graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019.

Em um ambiente dominado pela competitividade, produtos e tecnologias exclusivos de uma empresa são facilmente copiados e incorporados ao portfólio de seus concorrentes. Conquistar clientes nessa conjuntura industrial imbui a todos a busca pela melhoria contínua dos processos, o que é pertinente, mas ao mesmo tempo desafiador. Para ter lucratividade é necessário inovar e atrair mais negócios e/ou cortar os custos de produção. Com base nesse contexto, o presente trabalho realizado em uma multinacional do setor químico tem como objetivo consolidar uma metodologia de implementação do programa TPM (Manutenção Produtiva Total) abordando 5 pilares: Melhoria Específica, Controle Inicial, Educação e Treinamento, Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada. O TPM é uma filosofia que trabalha para alcançar zero defeitos, zero falhas e zero acidentes dentro de um processo produtivo. Com a redução dos desperdícios, busca-se aumentar a confiabilidade dos equipamentos e a eficiência do sistema de produção, uma vez que o operador ganha maior autonomia e velocidade para manter seu equipamento na condição básica de operação e evitar a quebra. O presente trabalho descreveu o modelo de implementação dos 5 pilares, seguindo a metodologia da pesquisa-ação apoiada nas 12 etapas da filosofia TPM. Foi constatado que desde o momento que o equipamento foi deixado na condição básica de operação e com a rotina de inspeção sendo seguida pelos operadores, estes que passaram por uma grande capacitação, não houve nenhuma falha nos equipamentos e, por conseguinte, nenhum custo com manutenção corretiva.

Palavras-chave: TPM. Manutenção Autônoma. Confiabilidade. Zero falhas. Segmento químico.

ABSTRACT

BITTENCOURT, C. P. **Implementation of 5 TPM pillars: action research in a chemical industry**. 2019. 58 p. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019

In an environment dominated by competitiveness, unique products and technologies of a company are easily copied and incorporated in its competitor's portfolio. To conquer customers in this industrial environment it is necessary to seek continuous process improvement, which is relevant but at the same time a challenge. To have profitability it is necessary innovate and attract more business and/or cut production costs. Based on that context, the present work done at a multinational chemical company has the goal to consolidate a TPM (Total Productive Maintenance) program implementation methodology, approaching 5 pillars: Focused Maintenance, Development Management, Education & Training, Autonomous Maintenance and Planned Maintenance. TPM is a philosophy that works to achieve zero defects, zero failures and zero accidents within a production process. With the reduction of waste, seeks to increase equipment reliability and production system efficiency, as the operator gains greater autonomy and speed to keep their equipment in basic operating condition and prevent breakage. The methodology to be used is action research supported by the twelve stages of implementation of the TPM philosophy. The present work described the implementation model of the 5 pillars, following the action research methodology supported by the 12 steps of the TPM philosophy. It was verified that from the moment the equipment was left in the basic operating condition and with the inspection routine being followed by the operators, who went through a great training, there was no equipment failure and therefore no cost with corrective maintenance costs.

Key words: TPM. Autonomous maintenance. Reliability. Zero failures. Chemical segment.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Faturamento líquido da indústria química mundial em 2017	11
Tabela 2 – MTBF.....	37
Tabela 3 – Custo de manutenção corretiva	37
Tabela 4 – Dados de manutenção dos três equipamentos selecionados	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração dos 8 pilares do TPM.....	16
Figura 2 – Fluxo das etapas de implementação do pilar manutenção autônoma.....	21
Figura 3 – Fluxo de produção no sistema β	29
Figura 4 – Estrutura para condução da pesquisa-ação.....	31
Figura 5 – Comportamento das quebras na implementação autônoma	38
Figura 6 – Cronograma de implementação.....	39
Figura 7 – Plano de ação.....	44
Figura 8 – Layout do quadro de gestão a vista do TPM.....	45
Figura 9 – Foto do quadro de gestão a vista do TPM na produção	46
Figura 10 – Controle visual da pressão no manômetro	47
Figura 11 – Cartão de manutenção	48
Figura 12 – Sistema de gestão de manutenção	49
Figura 13 – LUP: medição de temperatura utilizando pirômetro – bomba centrífuga	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação entre as fases e as etapas de implementação do TPM.....	28
Quadro 2 – Atividades realizadas em cada fase da pesquisa-ação	31
Quadro 3 – Relação entre as etapas da pesquisa-ação e do TPM	33
Quadro 4 – Matriz de capacitação	42
Quadro 5 – Comparação dos requisitos já abordados na empresa e o TPM.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Contextualização	11
1.2 Justificativa.....	12
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo geral	12
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 Estrutura do trabalho	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Visão geral do TPM	14
2.2 As 6 grandes perdas	15
2.3 Os 8 pilares e as bases para sustentação do TPM	16
2.3.1 Pessoas e 5S	16
2.3.2 Melhoria Específica	17
2.3.3 Manutenção Autônoma	18
2.3.4 Manutenção Planejada	20
2.3.5 Educação e Treinamento	21
2.3.6 Controle Inicial	22
2.3.7 Manutenção da Qualidade.....	23
2.3.8 Áreas administrativas.....	24
2.3.9 Segurança, Saúde e Meio ambiente	24
2.4 Indicadores de performance.....	24
2.4.1 Tempo médio entre falhas (MTBF)	25
2.4.2 Tempo médio de reparo (MTTR).....	25
2.4.3 Eficiência geral do equipamento (OEE)	26
2.5 Etapas de implementação do TPM.....	27
3 METODOLOGIA	29
3.1 Objeto de estudo.....	29
3.2 Problemática da pesquisa	30
3.3 Método de pesquisa	30
3.3.1 Planejar a pesquisa-ação	32
3.3.2 Coletar dados	32

3.3.3 Analisar dados e planejar ações	32
3.3.4 Implementar ações	33
3.3.5 Avaliar resultados e gerar relatório	33
3.3.6 Roteiro da pesquisa-ação	33
4 RESULTADO E DISCUSSÕES	35
4.1 Declaração da administração sobre a decisão de implementar o TPM.....	35
4.2 Treinamento inicial	35
4.3 Estrutura organizacional.....	36
4.4 Estabelecimento das diretrizes.....	36
4.5 Elaboração do plano diretor	39
4.6 Partida do TPM.....	39
4.7 Estabelecimento dos pilares básicos: educação e treinamento, manutenção autônoma, manutenção planejada, melhorias específicas	41
4.7.1 Educação e treinamento	42
4.7.2 Manutenção autônoma	44
4.7.3 Manutenção planejada	49
4.7.4 Melhorias específicas.....	50
4.8 Controle Inicial.....	51
4.9 Manutenção da qualidade, Melhoria nos processos administrativos, Saúde, segurança e meio ambiente.....	52
4.10 Aprimoramento.....	52
5 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS.....	55
APÊNDICE A – modelo do roteiro de inspeção da bomba centrífuga	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A indústria do setor químico está presente em diversas atividades econômicas no Brasil: na agricultura, mineração, extração de petróleo, indústrias diversas, setor de transportes e nos segmentos de serviços. A indústria química tem grande importância ao produzir uma grande quantidade e variedade de insumos para todos esses setores, contribuindo para a melhoria dos processos e da qualidade dos produtos (ABQUIM, 2019).

Em 2017, o Brasil estava em 6º lugar no ranking mundial das indústrias químicas, com faturamento líquido de US\$104 bilhões, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Faturamento líquido da indústria química mundial em 2017

Posição	País	Vendas líquidas (US\$ bilhão)
1ª	China	1597
2ª	Estados Unidos	526
3ª	Japão	194
4ª	Alemanha	191
5ª	Coréia	166
6ª	Brasil	104
7ª	França	90
8ª	Índia	86
9ª	Taiwan	83
10ª	Itália	66
11ª	Holanda	64
12ª	Rússia	57

Fonte: Adaptado de Abquim (2019)

A retomada do crescimento da indústria química no Brasil nos últimos anos coloca para este segmento importantes desafios e oportunidades. Hoje, já são inúmeros casos de empresas que utilizam da metodologia TPM para se reinventarem, crescerem e reduzirem os custos, tornando-se mais competitivas em seus nichos de mercado. É nesse contexto,

que o presente trabalho vem apresentar um caso de aplicação desse modelo de confiabilidade em uma fábrica multinacional do setor químico.

1.2 Justificativa

A empresa em estudo faz parte da cadeia produtiva de um dos setores mais importantes economicamente no Brasil – o setor químico. Com a globalização, o aumento da concorrência e a crise que afeta o país, a empresa está buscando maneiras de reduzir o custo para se manter competitiva no mercado. Nesse contexto, a manutenção do equipamento, desde sua condição até o seu desempenho tem tido cada vez mais importância na busca de melhorias na eficiência do processo.

A utilização da metodologia Manutenção Produtiva Total (TPM), reconhecida como uma das ferramentas de qualidade e produtividade entrelaçada ao Sistema Toyota de Produção, entra como um projeto de excelência operacional que justifica pela necessidade de consolidar uma metodologia que visa reduzir os desperdícios e traga melhorias na eficiência operacional e na confiabilidade dos equipamentos.

O tema escolhido é de grande relevância para a formação do engenheiro de produção, tendo a oportunidade de colocar em prática conceitos aprendidos na faculdade. Foi possível ampliar o conhecimento nessa metodologia rica em ferramentas e de grande importância no mercado brasileiro, quando é observado que muitas empresas já possuem seu processo de implementação do TPM consolidado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral planejar e dar o *startup* de 5 pilares do TPM: Manutenção Planejada, Manutenção Autônoma, Melhoria Específica, Controle Inicial e Educação e Treinamento, em três equipamentos de alta criticidade de uma empresa química.

1.3.2 Objetivos específicos

- Descrever o modelo de implementação do programa em uma indústria do setor químico;
- Estabelecer uma rotina de inspeção;
- Aumentar a capacitação técnica dos operadores por meio de treinamentos.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho é constituído de cinco capítulos. O segundo capítulo aborda a fundamentação teórica que contribuiu para aprofundar o conhecimento no tema. O terceiro capítulo descreve a metodologia aplicada, indicando o tipo de pesquisa utilizado, o objeto de estudo e a exposição do problema a ser tratado. O quarto capítulo apresenta os resultados da implementação e o quinto capítulo trata-se da conclusão da monografia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem por finalidade explicar os principais conceitos da filosofia TPM e apresentar uma visão geral dos tópicos que tangem o escopo desta monografia.

2.1 Visão geral do TPM

A Manutenção Produtiva Total também conhecida por TPM foi criada no Japão na década de 1950 sendo considerada uma evolução da manutenção corretiva (reativa) para a manutenção preventiva (proativa) (FOGLIATO; RIBEIRO, 2009).

Seiichi Nakajima foi o pioneiro nessa abordagem de Manutenção Preventiva (baseada em tempo) e Manutenção Produtiva (baseada em previsão e condição), formando um novo conceito que ficou conhecido por Manutenção Produtiva Total. Tal conceito revolucionou a ideia da época onde a manutenção era somente acionada quando havia a falha do equipamento, provando que é possível se antecipar a essas quebras (MCCARTHY; RICH, 2004). Tondato (2004) também sugere a mudança no conceito da manutenção que era vista como um setor de suporte que demandava alto custo, para ser um fator competitivo para a indústria, pois o aumento na confiabilidade do equipamento está relacionado com o aumento da produtividade.

Mwanza e Mbohwa (2015) defende que o objetivo do TPM é melhorar de forma continua a disponibilidade do equipamento assim como prevenir sua degradação e alcançar sua máxima eficácia.

Wireman (2005) complementa que o TPM não é somente uma iniciativa de manutenção ou um programa de melhoria, mas abrange uma filosofia estratégica operacional que envolve todos os colaboradores do processo produtivo da organização, desde os operadores até a alta direção.

Segundo Fogliato e Ribeiro (2009), o TPM se apoia em uma mudança cultural. Por concentrar-se no envolvimento das pessoas de diversos setores, ela atinge diretamente a cultura da empresa. Dessa forma, todos os colaboradores devem passar por treinamentos e devem ser envolvidos em atividades de melhoria contínua em busca da perda zero (zero acidente, zero defeito de qualidade, zero quebra).

Todos esses conceitos de acordo com Mwanza e Mbohwa (2015) se encontra no significado de cada uma das palavras:

- Manutenção: Cuidar da fábrica e dos equipamentos, de modo a maximizar seu desempenho de produção.
- Produtiva: Busca contínua pela eliminação das perdas e no alcance do zero acidentes, zero defeitos e zero quebras.
- Total: Envolvimento de todos os colaboradores, aumento da eficiência global.

2.2 As 6 grandes perdas

Fogliato e Ribeiro (2009) diz que o conceito essencial do TPM é melhorar o rendimento dos equipamentos, e para isso é preciso reconhecer, medir e eliminar as perdas. Dessa forma, a ideia principal do programa é a completa eliminação das seis grandes perdas nas máquinas, classificadas a seguir de acordo com o JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*):

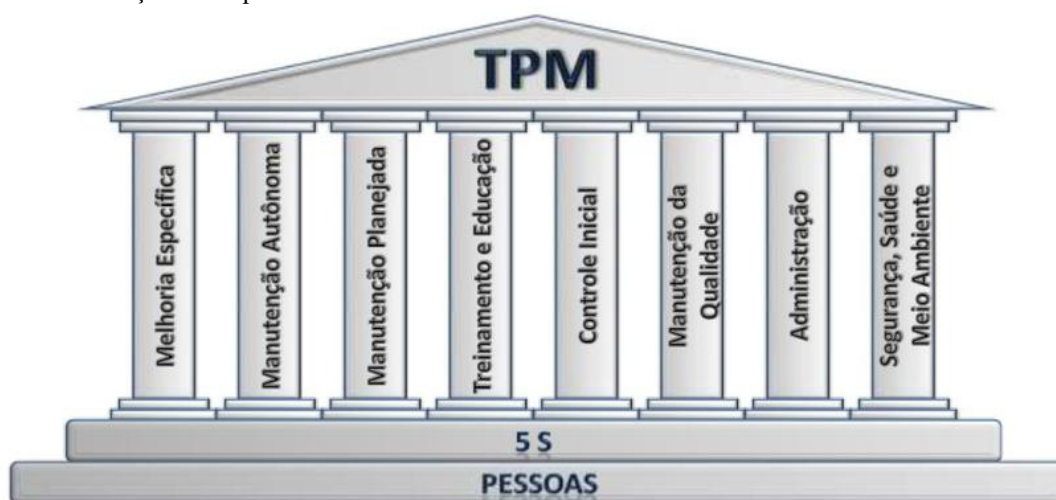
1. Perda por quebra devido falha no equipamento: Quantidade de itens que deixam de ser produzidos porque o equipamento quebrou.
2. Perda durante setup e ajuste de linha: Quantidade de itens que deixam de ser produzidos porque a máquina está sendo ajustada para a produção de um produto diferente.
3. Perda por pequenas paradas: Quantidade de itens que deixam de ser produzidos devido paradas no processo para pequenos ajustes.
4. Perda por redução de velocidade: Quantidade de itens que deixam de ser produzidos porque o equipamento está operando em uma velocidade menor que a padronizada.
5. Perda por defeito de qualidade e retrabalho: Quantidade de itens que deixam de ser produzidos porque o equipamento está reprocessando algum material que saiu defeituoso ou fora de especificação.
6. Perda de rendimento: Quantidade de itens que deixam de ser produzidos porque o processo é interrompido e reiniciado.

Além de classificar, o JIPM mostrou os motivos que ocasionam essas perdas, sendo eles:

1. Equipamentos em más condições de uso;
2. Erro humano;
3. Falta de entendimento do equipamento e de como chegar nas suas condições ótimas de uso.

Criar condições ótimas não apenas prolonga a vida útil dos equipamentos, mas também torna mais fácil prever o ciclo de manutenção mais eficiente. Para eliminação dessas perdas é implementado oito atividades que ficaram conhecidas como os 8 pilares de sustentação e desenvolvimento do TPM, conforme ilustrado na Figura 1. Cada pilar tem sua responsabilidade, e a escolha de quais pilares implementar fica a critério da estratégia do time (MCCARTHY; RICH, 2004).

Figura 1 – Ilustração dos 8 pilares do TPM



Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

2.3 Os 8 pilares e as bases para sustentação do TPM

2.3.1 Pessoas e 5S

Para alcançar efetivamente a implementação do TPM, é necessário primeiramente trabalhar na sua base, que são as pessoas e o programa 5S. As pessoas são importantes pois é preciso o engajamento e a conscientização dos envolvidos no processo, e a ferramenta 5S serve como primeiro passo de melhoria, pois é através de um ambiente de trabalho limpo e organizado que os problemas se tornam visíveis para depois eliminá-los (VENKATESH, 2007).

O 5S é derivado de 5 palavras japonesas iniciadas com a letra “S”: *Seiri*, *Seiton*, *Seisou*, *Seiketsu*, *Shitsuke*, e consiste no empenho das pessoas em organizar o local de trabalho através de limpeza, padronização e disciplina (CAMPOS et al., 2005).

Mayer (2018), Campos et al. (2005), Biehl e Sellitto (2015) comentam sobre cada um dos 5S:

Seiri: O senso de utilização está relacionado a organização. Deve-se deixar no local de trabalho somente o que for necessário, eliminando e dando devido destinação a tudo aquilo que é desnecessário a atividade.

Seiton: O senso de ordenação tem o objetivo em desenvolver um arranjo físico mais funcional a fim de facilitar o fluxo de pessoas, material e informação.

Seisou: O senso de limpeza tem como objetivo eliminar a sujeira do local de trabalho e principalmente mantê-lo sempre limpo, tornando a limpeza uma atividade rotineira. A sujeira além de poder afetar a saúde do colaborador, pode causar a falha e deterioração do equipamento.

Seiketsu: O senso de saúde e higiene é alcançado com a efetivação dos sentidos anteriores e com o comprometimento de todos os colaboradores. Tem como objetivo garantir a qualidade de vida e diminuir os acidentes de trabalho.

Shitsuke: O senso de autodisciplina é considerado o mais difícil de se implementar pois está relacionado a mudança de comportamento do colaborador. É o senso que trabalha com uma dimensão social, envolvendo além do comportamento, hábitos e crenças. Com esse senso efetivamente implementado, pode-se dizer que a mudança de valores está disseminada na organização e faz parte da cultura da empresa.

2.3.2 Melhoria Específica

O pilar de melhoria específica de acordo com Ribeiro (2003) é um dos principais pilares de sustentação do TPM, que inclui todas as atividades que maximizam a efetividade global do equipamento, através da eliminação das perdas identificadas. Tem como objetivo aplicar técnicas de soluções de problemas para potencializar os resultados da empresa, garantindo as melhores técnicas ao equipamento, à mão de obra e aos processos.

Zorzenon (2015) cita que para implementação do pilar é necessário avaliar os quatro principais insumos do processo de produção (pessoa, método, máquina e material) e seguir as 5 etapas:

1. Selecionar um tópico
2. Formar uma equipe de projeto
3. Registrar o tópico
4. Implementar a melhoria
5. Avaliar os resultados

Para implementar o pilar de forma eficiente, existem ferramentas que auxiliam na investigação das ocorrências para identificação das causas fundamentais e evitar suas reincidências.

Uma técnica muito utilizada é a do 5 Porquês, que segundo Vicente (2014), é um método que consiste em perguntar porque algo aconteceu, a resposta se torna a próxima questão do porquê ter acontecido, e esse processo se repete cinco vezes, até que última resposta seja a causa raiz do problema. O método é popular porque além de ser eficaz, é uma investigação fácil de ser executada, podendo ser feita pelos próprios operadores.

O pilar melhoria específica também se apoia na ferramenta LUP – lição de um ponto. De acordo com Ribeiro (2003), a LUP é um formulário onde é aplicado um método de treinamento, visando ensinar determinado tema de forma simples, visual e objetiva. Ela pode ser dividida em três categorias:

- Conhecimento básico: criada para ensinar algum conhecimento das atividades do dia-a-dia, e assim evitar a ocorrência de problemas.
- Casos de melhoria: criada após uma melhoria implementada, explicando a implementação da melhoria ou mostrando seu resultado.
- Casos de problema: criada após um problema ocorrido, como falhas e defeitos. Seu objetivo é evitar a reincidência do problema.

2.3.3 Manutenção Autônoma

O foco do pilar da manutenção autônoma é capacitar o operador, para que este preserve seu equipamento e o mantenha na sua condição básica, que são suas condições originais. Para isso, devem ser realizadas frequentemente atividades de inspeção, limpeza e lubrificação. Cada uma dessas atividades devem ser registradas e se caso for encontrado qualquer anomalia deve ser feito com prontidão sua correção antes que gere um impacto que cause a falha do equipamento (TONDATO, 2004).

Venkatesh (2017) além de citar a responsabilidade dos operadores em manter os equipamentos em condições ideais e evitar a deterioração acelerada, destaca que com os operadores prevenindo quebras e realizando pequenos reparos, a equipe de manutenção poderá dedicar seu tempo em atividades especializadas, com reparos extremamente técnicos e atividades que agreguem valor ao equipamento.

O pilar da manutenção autônoma é implementado em 7 passos, e a cada etapa os operadores vão aprofundando seus conhecimentos nos equipamentos utilizados e criando

habilidades para realizar as pequenas tarefas de manutenção (RIBEIRO, 2003). Vicente (2014), Paula, Silva e Rocha (2010), Nunes e Sellitto (2016) descrevem as 8 etapas para implementação e a relação entre as etapas da manutenção autônoma com os níveis de desenvolvimento do operador.

- Etapa 0 – Preparação: Nessa etapa é criado o time que será responsável por implementar o pilar. Estes passarão por um treinamento sobre o TPM para que todos se engajem e entendam o porquê da introdução desse programa, entendendo objetivo e funções. Também é apresentado o conceito do 5s, ferramenta que servirá de base para a implementação.
- Etapa 1 - Limpeza e Inspeção inicial: Nessa etapa deve-se fazer a limpeza inicial. Essa inspeção é feita para eliminar sujeiras que causam uma deterioração forçada ao equipamento.
- Etapa 2 – Eliminação de fontes de sujeira em locais de difícil acesso: Nessa etapa começa a se utilizar um controle visual para detecção de sujeiras. É determinado a limpeza em tempos regulares, estabelecendo os pontos causadores de sujeira, melhorando o acesso nas área difíceis e definindo os itens a serem inspecionados. Essas detecções devem ser vinculadas a suas possíveis causas para se determinar soluções.
- Etapa 3 – Elaboração de padrões provisórios de limpeza e inspeção: Nessa etapa é criado o roteiro de limpeza e inspeção, o controle visual via etiqueta já começa a se consolidado a lições de um ponto começam a ser implementadas. Com a criação de um roteiro e padronização, já se cria a condição básica para se evitar a deterioração.
- Etapa 4 – Inspeção geral: Nessa etapa deve-se concentrar esforços de capacitação para que os operadores consigam diagnosticar e atuar em pequenos reparos. Através das inspeções em partes principais dos equipamentos, eles terão habilidades de detectar anomalias que antes não eram percebidas.
- Etapa 5 – Inspeção autônoma: Nessa etapa o operador é capacitado em detectar desvios antes que estes ocorram. Essas inspeções ocorrem periodicamente e são feitas com um manual de inspeção padronizado. Com a efetividade dessas inspeções, detectando os problemas precocemente, já se nota aumento na confiabilidade do equipamento.

- Etapa 6 – Padronização: Nessa etapa é feita a revisão de tudo que foi determinado nas etapas anteriores. São estabelecidas as mudanças necessárias para se chegar em uma padronização visando organização e ordem.
- Etapa 7 – Consolidação da manutenção autônoma: Com as habilidades adquiridas nas etapas anteriores, com a capacitação de análises e técnicas, os operadores iniciam a prática com espírito de autonomia, sempre buscando a melhoria contínua.

2.3.4 Manutenção Planejada

Esse pilar tem como objetivo aumentar a eficiência do departamento de manutenção, identificando, eliminando e prevenindo as quebras dos equipamentos (LAMPKOWSKI; MASSON; CARRIJO, 2006). Nunes e Sellitto (2016) complementam que com a implementação desse pilar, há uma redução dos custos de manutenção e aumento na confiabilidade e manutenibilidade dos processos.

Para Gulati (2013), a manutenção planejada, além de planejar o calendário e técnicas de manutenção, precisa se preocupar em planejar os métodos para manter eficazmente a funcionalidade e confiabilidade esperadas nos equipamentos.

Segundo Paula, Silva e Rocha (2010) e Vicente (2014) a implementação da manutenção planejada é dividida em seis passos e o fluxo dessas etapas está ilustrado na Figura 2:

1. Avaliação do equipamento e levantamento da situação atual: Nesta etapa deve-se avaliar o estado de conservação da máquina e sua eficiência, coletando registros com a frequência e severidade com que as falhas ocorrem. Por fim, deve-se estabelecer metas e verificar seu cumprimento.
2. Reparo das deteriorações e correção das anomalias: Esta etapa está relacionada ao 5s que deve ser aplicado na área para evitar circunstâncias que causem a deterioração forçada do equipamento, garantindo por fim suas condições básicas.
3. Criação de um sistema de gerenciamento da informação: Todas atividades realizadas no equipamento devem ser registradas em uma ordem de serviço que conterá todas as informações necessárias para execução do serviço e servirá de base para realização da manutenção planejada.
4. Estruturação da manutenção preventiva: A manutenção preventiva é uma inspeção sistemática e programada que engloba a limpeza, lubrificação e reparos para manter

os equipamentos em funcionamento. Nessa etapa é criado um plano detalhado para realização dessas atividades.

5. Estruturação da manutenção preditiva: É feito um plano para a manutenção preditiva, com definição do método, frequência, custo e equipe.
6. Avaliação da manutenção planejada: É feita uma avaliação do trabalho realizado nas etapas anteriores e se obtém quantitativamente as melhorias, como o aumento na confiabilidade do equipamento, a frequência da manutenção, a diminuição no número de falhas e a redução do custo de manutenção.

Figura 2 – Fluxo das etapas de implementação do pilar manutenção autônoma



Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

2.3.5 Educação e Treinamento

O pilar educação e treinamento é fundamental para que os outros pilares sejam implementados de forma efetiva. É necessário que todos os envolvidos tenham conhecimento sobre a metodologia TPM, sua importância e objetivos, para que todos tenham uma participação consciente (VICENTE, 2014).

Após conscientização, as pessoas precisam estar aptas para realizarem suas novas atividades sem receio de cometerem erros por falta de capacitação. É essencial participarem de treinamentos que lhes darão todo o conhecimento necessário para

realizarem atividades que entrarão como processos rotineiros em sua jornada de trabalho (RIBEIRO, 2003).

Primeiro, é preciso fazer um levantamento do nível de conhecimento técnico dos operadores, para planejar tema e abordagem de cada treinamento (GULATI, 2013). Paula, Silva e Rocha (2010) descrevem quais são as habilidades que as pessoas envolvidas na implementação devem adquirir através dos treinamentos:

- Operadores:
 - Identificar qualquer problema que tire o equipamento de sua condição básica;
 - Entender os mecanismos dos equipamentos para poder identificar a causa raiz;
 - Sendo um pequeno defeito, saber agir e consertá-lo;
 - Aplicar a melhoria contínua.
- Manutenção:
 - Capacitar os operadores a entender os mecanismos dos equipamentos e atuarem em pequenas intervenções;
 - Analisar causas de anormalidade;
 - Reduzir o número de falhas;
 - Aumentar a confiabilidade do equipamento.

O pilar é responsável por elaborar uma matriz de habilidades a partir do levantamento das necessidades dos operadores e seguir essa base para aplicar os treinamentos (ZORZENON, 2015).

Por fim, Suresh (2012) complementa que o objetivo desse pilar é eliminar lacunas de competências e habilidades, ampliando a capacitação técnica, gerencial e comportamental de todos os envolvidos no TPM.

2.3.6 Controle Inicial

O pilar de controle inicial está relacionado a projetos de melhoria, design e compra de novos equipamentos para a fábrica. O objetivo é adquirir equipamentos que cheguem a zero falhas, produzem com maior qualidade, sejam mais fáceis de se operar e tenham uma manutenção mais simples, otimizando assim o processo de produção (RODRIGUES; FERRARIN; OLESKO, 2013).

Complementando os benefícios Vicente (2014) diz que a aplicação efetiva resulta na diminuição do lead time, aumento no desempenho do equipamento devido sua rápida resposta aos problemas, aumento do indicador OEE, e diminuição no custo do ciclo de vida do equipamento.

De acordo com Paula, Silva e Rocha (2010) para implementação do pilar são recomendados os seguintes procedimentos:

1. Análise da situação atual;
2. Estabelecimento do sistema de controle inicial;
3. Treinamento do novo sistema;
4. Padronização do novo sistema.

2.3.7 Manutenção da Qualidade

O objetivo desse pilar é satisfazer o cliente com a garantia da qualidade dos produtos e atingindo a meta de zero defeitos (GULATI, 2013). A garantia de qualidade elimina as reclamações e devoluções de clientes, além de reduzir o número de homens-hora utilizados na inspeção dos produtos (LAMPKOWSKI; MASSON; CARRIJO, 2006). Para atingir essa meta é necessário realizar o controle conhecido por 4M's: mão-de-obra, máquina, material e método, pois essas entradas de produção incidem diretamente sobre a qualidade do produto (VICENTE, 2014).

Para controle da mão-de-obra é necessário ter bem implementado os pilares de educação e treinamento e da manutenção autônoma que irão garantir a capacitação dos operadores em identificar precocemente os erros, e terem atitudes preventivas a fim de reduzir o número de falhas. Para controle da máquina deve-se trabalhar com o equipamento na melhor condição possível em busca de zero falhas pois as condições do equipamento afetam de forma significativa a qualidade dos produtos. O controle do material é feito no momento de adquirir matéria-prima e insumos. E por fim, o controle dos métodos é feito através da padronização da produção (PAULA; SILVA; ROCHA, 2010).

Lampkowski, Masson e Carrijo (2006) descrevem as atividades para implementação desse pilar:

- Levantar os defeitos dos produtos: É necessário levantar os defeitos que cada equipamento pode gerar em cada produto que produz, através de análises de qualidade por amostragem de produto.

- Implantar pontos de inspeção de qualidade nos equipamentos: A partir dos dados encontrados é montado um plano de inspeção de qualidade, determinando local, frequência e forma de inspeção.
- Melhorias específicas para eliminar as perdas: Identificando as perdas encontradas é possível estudar as causas desses defeitos e aplicar melhorias contínuas.

2.3.8 Áreas administrativas

A implementação do pilar administrativo tem como objetivo ter processos administrativos mais enxutos. É preciso otimizar todos os setores da empresa, para aumentar de fato a confiabilidade (PAULA; SILVA; ROCHA, 2010).

Para que ocorra a implementação desse pilar é necessário ter a cultura 5s difundida, com a eliminação dos desperdícios presentes no escritório, aumento da eficiência do trabalho, criação de um sistema de manutenção autônoma, além da padronização e treinamento (VICENTE, 2014).

2.3.9 Segurança, Saúde e Meio ambiente

Esse pilar tem como maior objetivo o acidente zero, por isso tem como foco atividades para prevenção de acidentes (RIBEIRO, 2003). O pilar também visa a zero preocupação com saúde ocupacional, garantindo a preservação da saúde e bem-estar do funcionário e zero incidentes ambientais, preocupando-se com o ciclo de vida dos produtos, utilização dos recursos e disposição dos resíduos (GULATI, 2013).

Lampkowski, Masson e Carrijo (2006) reforçam a importância de se registrar e atuar em cada incidente como forma de prevenção de acidentes, pois quando se antecipa aos acidentes você tem a possibilidade de tomar ações para que pequenos eventos não se tornem grandes eventos.

2.4 Indicadores de performance

No atual cenário com um mercado cada vez mais competitivo, as empresas precisam encontrar meios de se destacarem da concorrência. A redução do custo de fabricação é o principal fator de competitividade, e o setor de manutenção entra como um potencial para redução desses custos. O TPM, como mencionado anteriormente, é uma

ferramenta utilizada pela manutenção para melhorar seu desempenho de forma contínua (REIS et al., 2008).

As organizações adotam várias abordagens para medir sua performance de produção, os chamados indicadores. Eles são importantes ao traduzir a eficiência do equipamento para uma forma numérica, tornando-se um meio de auxiliar na tomada de decisão e na busca de melhorias dos resultados globais (MAYER, 2018). Reis et al. (2008) complementa que os indicadores são instrumentos de análise da gerência para avaliar o desempenho da fábrica, sendo controlados e monitorados através de metas.

Os 3 indicadores mais utilizados pela manutenção serão abordados nos sub itens a seguir:

2.4.1 Tempo médio entre falhas (MTBF)

Megiolaro (2015) diz que o indicador MTBF reflete a frequência de intervenções que são feitas no equipamento em um determinado tempo e representa sua confiabilidade. Como indicado na Equação 1, é calculado pelo tempo total disponível menos o tempo total em que a máquina ficou parada, esse resultado é dividido pelo número de falhas que ocorreu nesse período.

$$MTBF = \frac{\text{Tempo operação total} - \text{Tempo de máquina parada}}{\text{número de falhas}} \quad (1)$$

2.4.2 Tempo médio de reparo (MTTR)

De acordo com Souza (2008) o indicador MTTR traduz o tempo que o equipamento está indisponível para produção sendo o tempo entre o início da falha e o momento em que o equipamento retorna à produção. O tempo de reparo engloba o tempo de notificação, de definição do diagnóstico da falha, tempo da manutenção até o teste final da hora da entrega. Como indicado na Equação 2, é calculado pelo somatório de tempos de reparos sobre o número de falhas.

$$MTTR = \frac{\text{Somatória dos tempos de reparo}}{\text{Quantidade de falhas}} \quad (2)$$

2.4.3 Eficiência geral do equipamento (OEE)

O indicador OEE foi criado por Nakajima como uma métrica para a avaliação da eficiência de um equipamento, de uma linha de produção e até mesmo de uma unidade fabril. Ao se concentrar em problemas de qualidade, produtividade e utilização das máquinas, visa reduzir as atividades sem valor agregado, muitas vezes inerentes aos processos de fabricação (BAMBER et al., 2003).

De acordo com Nakajima (1989), o OEE resulta da multiplicação desses três fatores: disponibilidade, performance e qualidade, como indicado na Equação 3.

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (3)$$

Mwanza e Mbohwa (2015) descrevem os três fatores bases do cálculo do OEE.

- Disponibilidade: avalia a perda de disponibilidade que ocorre devido anomalias que interrompem a produção planejada por um período de tempo. Essas anomalias são divididas em paradas não planejadas, quando ocorre a falha no equipamento, e parada planejada, quando se faz um ajuste, por exemplo. O cálculo é a razão entre o tempo planejado para produzir e o tempo em que o equipamento realmente esteve disponível para uso, descontado as paradas.
- Performance: leva em consideração a perda da eficiência do processo quando o ativo opera a uma velocidade menor que a máxima possível, aumentando o tempo de ciclo do produto. A performance é calculada como a razão entre o tempo operacional líquido e o tempo de operação.
- Qualidade: leva em consideração a perda de qualidade, que são os produtos produzidos fora da especificação do cliente e são posteriormente reprocessados. É calculada pela razão entre quantidade de produto fora de especificação e a quantidade total produzida.

Um valor de OEE de 100% representa uma produção perfeita: fabricando peças boas, o mais rápido possível e sem tempo de inatividade. Mas na prática, o valor máximo alcançando, que representa a indústria classe mundial, é de 85%. Esse valor significa uma disponibilidade acima de 90%, a taxa de rendimento em 95%, e a taxa de qualidade em 99% (TONDATO, 2004).

2.5 Etapas de implementação do TPM

Segundo Sobral (2011), a implementação do TPM engloba 12 etapas e estas são divididas em 4 fases: preparação, introdução, implementação e consolidação. A primeira fase é considerada a de maior importância para o sucesso da implementação da metodologia. É onde se define a estrutura, se faz o planejamento de toda a estratégia de implementação e se obtêm o comprometimento de todos.

Murça (2012) descreve as 12 etapas de implementação:

- 1ª etapa: Declaração da administração sobre a decisão de implementar o TPM. Consiste na declaração da alta liderança sobre a decisão de implementar o programa. É feita uma apresentação interna com todos os colaboradores para introduzir conceitos, objetivos, benefícios e por fim é afirmado o compromisso de todos.
- 2ª etapa: Treinamento inicial. Começa-se capacitar os colaboradores que estarão envolvidos no programa, estes que serão responsáveis pelo planejamento e implementação. O objetivo é dar uma visão geral da metodologia para que conduzam a fase inicial de implementação.
- 3ª etapa: Estrutura organizacional. É definido o comitê responsável em promover o TPM: os responsáveis por conduzir cada pilar e uma secretária para dirigir o programa.
- 4ª etapa: Estabelecimento das diretrizes. Definição e alinhamento das diretrizes do programa com todos os envolvidos. Cada pilar deve ter seus objetivos claros e metas definidas para acompanhando da evolução.
- 5ª etapa: Elaboração do plano diretor. Elaboração detalhada do plano diretor, onde são definidas as atividades e recursos necessários para atingir as metas estabelecidas.
- 6ª etapa: Partida do TPM. É realizada uma reunião com todos os envolvidos para apresentar o planejamento elaborado nas etapas anteriores.
- 7ª etapa: Estabelecimento dos pilares básicos: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhorias específicas, educação e treinamento. Busca-se a máxima eficiência dos equipamentos, com trabalho em paralelo dos seguintes pilares:
Melhorias Específicas: Eliminar as grandes perdas.
Manutenção Planejada: Reduzir as falhas.

Manutenção Autônoma: Aumentar a capacitação técnica do operador.

Educação e Treinamento: Elevar os níveis de conhecimento.

- 8ª etapa: Controle Inicial. É empregado no desenvolvimento da fase inicial dos equipamentos a fim de identificar os potenciais problemas. Incorpora-se nos projetos todas as melhorias desenvolvidas anteriormente, adequando o produto às necessidades do cliente e facilitando sua produção.
- 9ª etapa: Manutenção da Qualidade. Realizado atividades que buscam eliminar condições que propiciam ocorrência de defeitos de qualidade nos produtos produzidos, que é um dos principais valores reconhecidos pelos clientes. A meta final é alcançar zero defeitos.
- 10ª etapa: Melhoria nos processos administrativos. Busca-se minimizar as ineficiências administrativas, garantindo maior agilidade a organização no processo de tomada de decisão. Nessa fase o produto é a informação.
- 11ª etapa: Segurança, saúde e meio ambiente. Atenção especial as atividades de segurança, higiene e meio ambiente. As atividades são realizadas focadas em zero acidentes e poluição.
- 12ª etapa: Aprimoramento. Com todas etapas implementadas, essa fase busca corrigir desvios e determinar novas metas.

As relações das fases com as etapas estão descritas no Quadro 1:

Quadro 1 – Relação entre as fases e as etapas de implementação do TPM

Fases	Etapas
Preparação	1.Declaração da administração sobre a decisão de implementar o TPM
	2. Treinamento inicial
	3.Estrutura organizacional
	4. Estabelecimento das diretrizes
	5.Elaboração do plano diretor
Introdução	6.Partida do TPM
Implementação	7.Estabelecimento dos pilares básicos: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhorias específicas, educação e treinamento
	8.Controle Inicial
	9.Manutenção da qualidade
	10.Melhoria nos processos administrativos
	11.Segurança, saúde e meio ambiente
Consolidação	12.Aprimoramento

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

3 METODOLOGIA

3.1 Objeto de estudo

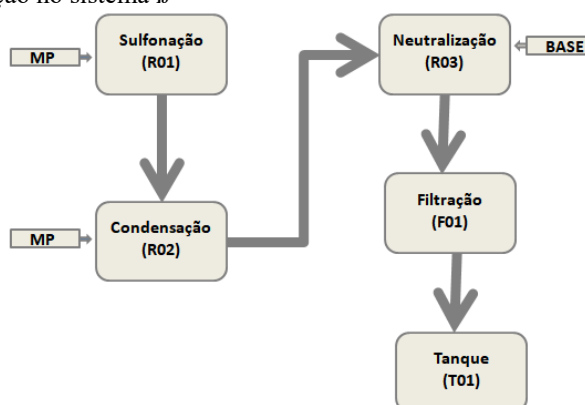
A empresa de estudo é uma indústria química multinacional situada em mais de 80 países e é considerada uma das líderes no segmento que atua. A fábrica em que foi realizado o presente trabalho é de multipropósito de produtos intermediários e está localizada no estado de São Paulo.

A fábrica opera em três turnos de oito horas com alta produtividade. No que se refere ao sistema operacional, ela possui seis sistemas de produção em funcionamento, geradores de mais de 20 tipos de produtos diferentes. Neste estudo será considerado 3 equipamentos críticos do sistema mais complexo da planta, o sistema β .

No presente, o sistema β é responsável pela fabricação de dois tipos de produtos químicos. A produção de ambos se dá em quatro macroprocessos, com fluxo representado na Figura 3 e explicados abaixo:

- i. Sulfonação – ocorre no reator R01, onde são depositados químicos identificados como matéria-prima MP.
- ii. Condensação – ocorre no reator R02, onde a mistura proveniente do processo de sulfonação é tratada com mais matérias-primas MP.
- iii. Neutralização – ocorre no reator R03, onde a mistura ácida é tratada com base até atingir o ponto ideal.
- iv. Filtração – ocorre no filtro F01, onde a mistura resultante do processo é filtrada duas vezes passando para o tanque T01 onde fica armazenado até o envase.

Figura 3 – Fluxo de produção no sistema β



Fonte: Autoria própria

Os equipamentos que fazem parte do sistema e foram escolhidos como pilotos para implementação são:

- a) Reator;
- b) Bomba centrífuga;
- c) Filtro prensa.

3.2 Problemática da pesquisa

A fábrica estudada tem uma estrutura antiga e esse é um dos grandes motivos para a grande demanda do setor da manutenção, dentre os sistemas de produção, o sistema β é o que possui um histórico de alta taxa de falha, gerando um alto custo de manutenção, o que afeta negativamente a produtividade.

Como proposta de melhoria para se aumentar a confiabilidade dos equipamentos e a eficiência da produção, alinhado aos objetivos estratégicos globais da empresa, a gerência investiu na implementação do TPM como um projeto de excelência operacional. O time optou por implementar 5 pilares, pois foi verificado que eles seriam suficientes para aumentar a confiabilidade dos equipamentos.

Como discorrido na fundamentação teórica, a metodologia TPM foi criada em uma indústria de manufatura, mas seus conceitos podem ser adaptáveis de forma a ser implementado no segmento químico, aumentando assim a eficiência e tornando a empresa diferenciada perante seus concorrentes.

Em todo o site da empresa, a fábrica do presente trabalho foi a piloto na implementação do TPM seguindo as 12 etapas mencionadas na seção 2.4, o que a tornou referência para expansão do programa em outras plantas, além de aumentar sua visibilidade para investimentos em projetos de produção.

3.3 Método de pesquisa

A metodologia escolhida para o desenvolvimento da presente monografia é a pesquisa-ação. Thiollent (1986) descreve como principal característica dessa metodologia o envolvimento ativo do pesquisador e dos grupos interessados no projeto. Dessa maneira, os pesquisadores desempenham papel fundamental na implementação, interferindo no objeto de estudo de forma cooperativa e aprofundando seus conhecimentos acerca do

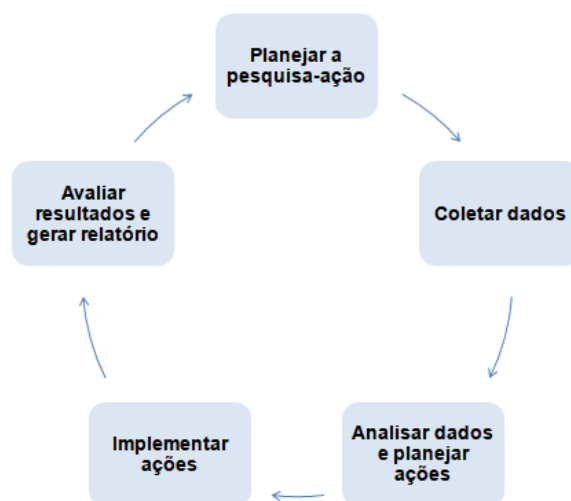
fenômeno. Outro ponto pertinente é que seja um problema não trivial, que requiere uma investigação científica.

Mello *et al.* (2012) destacam que a maioria dos métodos começam com uma imersão bibliográfica que irá resultar no desenvolvimento das questões de pesquisa, já na pesquisa-ação o pesquisador já traz consigo o problema e os dados da realidade do diagnóstico, e assim busca na literatura possíveis soluções.

De acordo com Infante e Nunes (1996) a metodologia produz conhecimento guiado pela prática, identificando, equacionando e resolvendo os problemas da organização através de troca de conhecimento e experiência entre os profissionais.

A condução do presente trabalho pela metodologia da pesquisa-ação é composta por cinco fases segundo Coughlan e Coghlan (2002): Planejar; coletar dados; analisar dados e planejar ações; implementar ações; avaliar resultados e gerar relatório. A estrutura está ilustrada na Figura 4 e o Quadro 2 apresenta as principais atividades de cada fase da pesquisa-ação.

Figura 4 – Estrutura para condução da pesquisa-ação



Fonte: Adaptado de Coughlan e Coghlan (2002)

Quadro 2 – Atividades realizadas em cada fase da pesquisa-ação

Fase	Atividades
Planejar a pesquisa-ação	Definição do problema
	Definição da equipe
	Definição dos objetivos
	Definição das técnicas para coleta de dados

continua

continuação

Fase	Atividades
Coletar dados	Registrar dados
	Realimentar dados
Analisar dados e planejar ações	Organizar dados
	Elaborar plano de ações
Implementar ações	Implementar plano de ações
Avaliar resultados e gerar relatório	Avaliar resultados
	Elaborar relatório

Fonte: Adaptado de Mello *et al.* (2012)

3.3.1 Planejar a pesquisa-ação

A proposta de implementação da metodologia TPM surgiu com a necessidade de aumentar a produtividade e a confiabilidade dos equipamentos. O escopo do projeto foi delimitado a um único sistema de produção, o qual tem a maior taxa de falha, e desse sistema foram selecionados 3 equipamentos críticos para o processo de produção.

Foi criado um comitê multidisciplinar com responsáveis por cada pilar de implementação. Fizeram parte da equipe todos os setores interessados: manutenção, engenharia da confiabilidade e operação.

O objetivo geral da pesquisa foi planejar e dar o *startup* de 5 pilares da metodologia TPM: controle inicial, manutenção planejada, manutenção autônoma, melhorias específicas e educação e treinamento.

3.3.2 Coletar dados

Dentre as técnicas de coleta de dados, o estudo utilizou o histórico de manutenção dos equipamentos, de *checklists* para rondas de inspeção e cartões de manutenção para identificação das anomalias, que eram preenchidos pelo operador.

3.3.3 Analisar dados e planejar ações

Os dados coletados ficavam disponíveis no quadro de gestão a vista, próximo ao sistema de produção, para dar velocidade ao operador que não tem tempo hábil para entrar no computador e alimentar a planilha do Excel diariamente. As informações pertinentes a

operação, eram transferidas posteriormente para uma planilha do Excel para se ter registro do que estava sendo realizado. Já as informações pertinentes ao setor da manutenção, além de serem transferidas para uma planilha do Excel, eram carregadas no SAP-PM (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados – Planejamento de Manutenção).

Semanalmente era realizada uma reunião com o time para acompanhamento da evolução do programa e para planejar as ações que cada pilar deveria cumprir para a próxima semana.

3.3.4 Implementar ações

As ações planejadas para cada pilar nas reuniões eram executadas ao longo da semana, garantindo a evolução e sustentação do programa.

3.3.5 Avaliar resultados e gerar relatório

Um dos tópicos das reuniões realizadas semanalmente era avaliar os resultados através do cumprimento dos prazos propostos no plano de ação e dos indicadores definidos para cada pilar, medindo a eficácia da solução implementada, redução das falhas dos equipamentos.

O relatório foi gerado com os passos de implementação da pesquisa-ação juntamente com os passos do TPM, de maneira coerente com os dados registrados.

3.3.6 Roteiro da pesquisa-ação

O estudo realizado estruturou a implementação do TPM, e a literatura foi consultada para direcionar as investigações. O método de pesquisa-ação foi adotado para compreender as situações e planejar medidas mais eficazes. O Quadro 3 correlaciona as 5 etapas da pesquisa-ação com as 12 etapas do TPM.

Quadro 3 – Relação entre as etapas da pesquisa-ação e do TPM

Pesquisa-ação	TPM
Planejar	Declaração da administração sobre a decisão de implementar o TPM
	Treinamento inicial
	Estrutura organizacional

continua

continuação

Pesquisa-ação	TPM
Coletar dados	Estabelecimento das diretrizes
	Elaboração do plano diretor
Analisar dados e planejar ações	Partida do TPM
Implementar ações	Estabelecimento dos pilares básicos: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhorias específicas, educação e treinamento
	Controle Inicial
	Manutenção da qualidade
	Melhoria nos processos administrativos
	Segurança, saúde e meio ambiente
Avaliar resultados e gerar relatório	Aprimoramento

Fonte: Autoria própria

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 Declaração da administração sobre a decisão de implementar o TPM

Como proposta de aumentar a eficiência e a confiabilidade dos equipamentos, a alta liderança decidiu por implementar a metodologia TPM na fábrica. O programa tem foco na capacitação do operador, para que este preserve seu equipamento e o mantenha na sua condição básica de operação, contribuindo para o aumento da sua autonomia e produtividade, tornando a fábrica mais competitiva no mercado.

A ideia inicial era implementar exclusivamente o pilar da manutenção autônoma, mas foi analisado que somente esse pilar não traria resultados significativos para a fábrica, então optou-se por implementar, paralelamente, outros 4 pilares do TPM: melhoria específica, educação e treinamento, controle inicial e manutenção planejada.

Como a empresa já tem um modelo de gestão consolidado, o foco seria aprimorar a gestão da confiabilidade dos equipamentos, e por esse motivo, definiu-se que não seria necessário colocar esforços para implementar os pilares de manutenção da qualidade, áreas administrativas e segurança, saúde e meio ambiente.

Foi determinado que seriam selecionados somente alguns equipamentos para fazerem parte do escopo do programa, e que a partir dos resultados obtidos nestes equipamentos pilotos, o programa seria difundido para o restante dos ativos da fábrica.

4.2 Treinamento inicial

O passo primário para iniciar o projeto foi disseminar o conhecimento da ferramenta a todos os envolvidos do projeto. O engenheiro de confiabilidade, facilitador da metodologia, aplicou o treinamento em dois dias, abordando os conceitos e as etapas de implementação de cada pilar.

Além de explicar o conceito e a importância do programa, o treinamento foi importante para quebrar resistências que foram criadas devido a tentativas falhas de implementação da metodologia no passado.

A ideia foi convencer como a nova abordagem iria trazer resultados significativos, e o ganho final não seria apenas da empresa com a redução dos custos, mas também do operador que passaria a trabalhar com maior disposição e conhecimento. O importante

dessa etapa foi que cada operador entendesse que a sua participação no programa era essencial para que o mesmo funcionasse bem.

4.3 Estrutura organizacional

A alta liderança representada pela gerente de produção, após decidir implementar o programa, delegou a condução do projeto para a estagiária de engenharia de produção, autora da presente monografia, que entrou em contato com o engenheiro de confiabilidade da empresa, facilitador da metodologia.

Para a implementação do projeto foi formado um comitê multidisciplinar, com os responsáveis por cada pilar.

- i. Pilar controle inicial. Responsável: engenheiro de confiabilidade, facilitador do programa.
- ii. Pilar manutenção planejada. Responsável: engenheiro de manutenção, com o apoio dos técnicos de manutenção.
- iii. Pilar manutenção autônoma. Responsáveis: 6 operadores que trabalham no sistema piloto da implementação, sendo 2 operadores de cada turno.
- iv. Pilar melhoria específica. Responsável: engenheira de confiabilidade.
- v. Pilar educação e treinamento. Responsável: estagiária de engenharia de produção, responsável também por coordenar o programa, sendo o intermédio entre todos os pilares, marcando reuniões e mantendo a comunicação alinhada entre o time, principalmente devido ao sistema de turno que é operado na fábrica.

4.4 Estabelecimento das diretrizes

Essa etapa tem como fim estabelecer os objetivos e metas no desenvolvimento do programa. Os indicadores são importantes por transparecer o quanto o desenvolvimento do projeto forneceu melhorias, medindo o desempenho no acompanhamento das metas estabelecidas.

Em reuniões com o comitê foram traçados os indicadores e suas respectivas metas:

- MTBF (tempo médio entre falhas)

Com a implementação dos pilares e a condição básica dos equipamentos estabelecida, uma rotina de ações passou a vigorar para garantir a falha zero do equipamento. A medida da eficácia de que o número de falhas está reduzindo pode ser percebido pelo indicador MTBF, ao calcular o tempo existente entre o fim de uma falha e o início de outra.

Com a intenção de medir essa eficácia, o time optou por utilizar esse indicador e definiu a meta para cada equipamento, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – MTBF

Equipamento	MTBF atual (anos)	MTBF meta (anos)
Reator	0,1	0,5
Bomba centrífuga	2,3	3
Filtro prensa	0,9	1,5

Fonte: Autoria própria

- Custo de manutenção

Para a construção do parâmetro financeiro foram considerados os custos de manutenção corretiva desde julho/2016 até a data de estabelecimento da condição inicial dos equipamentos em setembro/2019. Esse valor foi dividido por 3,25 anos, contabilizando o custo por ano, como observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Custo de manutenção corretiva

Equipamento	Custo de manutenção corretiva (jul/2016 – set/2019)	Custo de manutenção corretiva (anual)
Reator	R\$224.170	R\$68.975
Bomba centrífuga	R\$12.138	R\$3.734
Filtro prensa	R\$10.175	R\$3.130
Total	R\$246.483	R\$75.839

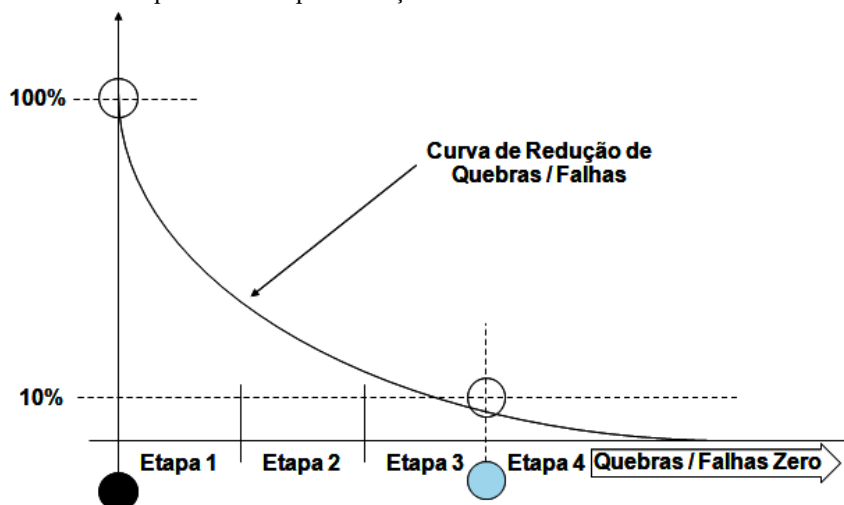
Fonte: Autoria própria

Com os equipamentos em suas condições básicas de operação e as contínuas ações provindas do TPM, a meta do indicador financeiro é de reduzir 70% os custos de

manutenção corretiva, ou seja, para o ano seguinte da implementação, espera-se que o setor de manutenção tenha uma economia de R\$53.087.

De acordo com a literatura, como mostrado no gráfico comportamento das quebras na implementação autônoma, Figura 5, é possível reduzir até 90% no custo de manutenção. Porém, o time de confiabilidade, baseando-se nas experiências com outros projetos, preferiu ser mais conservador e foi definido a redução em 70%. A avaliação de eficácia será feita após 12 meses de implementação, em agosto/2020.

Figura 5 – Comportamento das quebras na implementação autônoma



Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

Além desses indicadores que terão um retorno de eficácia somente com um ano de implementação, foram considerados outros indicadores para acompanhamento semanal da evolução dos pilares de educação e treinamento, manutenção planejada e manutenção autônoma, para cada equipamento.

- Pilar educação e treinamento:
 - Quantidade de treinamentos realizados por mês
 - Taxa de adesão: colaboradores convidados/colaboradores presentes
 - Evolução dos treinamentos: treinamentos realizados/total treinamentos
- Pilar manutenção autônoma
 - Número de cartões criados com ação para a operação
 - Status dos cartões criados (verificar / em andamento / concluído)
- Pilar manutenção planejada
 - Número de cartões criados com ação para a manutenção
 - Status dos cartões criados (verificar / em andamento / concluído)

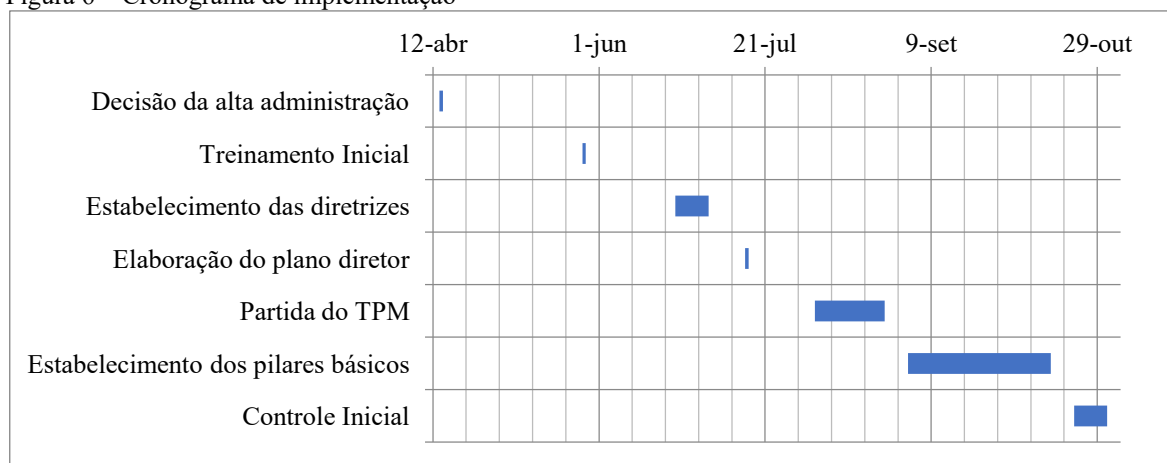
4.5 Elaboração do plano diretor

Quando se trabalha em equipe, é extremamente importante ter uma missão e visão bem estruturada e alinhada, para que todos, cada um fazendo sua parte, cheguem no mesmo resultado. Vale ressaltar que a identidade do projeto foi criada e alinhada com a identidade da empresa.

- Missão: A implementação do programa TPM se justifica como suporte a estratégia da área de negócio. A implementação de melhorias focadas visa eliminar as perdas, aumentar a eficiência operacional e a confiabilidade dos equipamentos.
- Visão: Desenvolver ainda mais a organização para que opere com eficiência e eficácia, fortalecendo o foco nos clientes.

Como o plano diretor direciona a implementação, foi estruturado um cronograma com as etapas, sendo 14/abr a data oficial da decisão de implementação da alta administração e dia 01/nov a data final por ser o fim do do período de estágio da escritora da presente monografia. O cronograma de implementação está ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Cronograma de implementação



Fonte: Autoria própria

4.6 Partida do TPM

Com as informações das etapas anteriores já definidas, foi realizada a partida do programa. Na abertura, a alta liderança divulgou o novo projeto a todos os níveis organizacionais, esclarecendo o objetivo e importância da ferramenta para que todos os envolvidos se comprometessem com a jornada TPM. A partida do TPM deve cultivar uma atmosfera que eleve a motivação e inspire a dedicação de todos.

Após a abertura da alta liderança, foi reservado um momento para discutir o porquê das outras tentativas de implementação do TPM não terem sido efetivas. Com esses pontos levantados, foi possível comparar o que a nova abordagem de implementação traria de diferente para garantir o seu sucesso e quebrar a resistência que foi criada em relação a ineficiência da ferramenta.

Nessa discussão foram levantados os fatores de escopo, investimento, retorno da manutenção, participação dos operadores e conhecimento.

Nas outras tentativas, o escopo levava em consideração todos os ativos da fábrica, o que consumia um tempo satisfatório dos operadores para preencherem a grande quantidade de *checklists* e identificação dos problemas. As anormalidades geravam uma grande demanda para a manutenção, que além de não conseguir dar vazão nessas notas, não recebia investimento suficiente da alta liderança. Os operadores não tendo retorno, ficaram desmotivados e o programa foi perdendo a credibilidade.

Outro ponto fundamental foi a falta de participação dos operadores no desenvolvimento do programa, eles que são peça fundamental, só eram solicitados no momento de preencher os *checklists* e não recebiam treinamentos para conhecerem os equipamentos e realizarem as inspeções de forma assertiva. Ciente desses pontos negativos, foi ressaltado como a nova abordagem alimentaria o programa de maneira mais eficiente.

Grandes mudanças devem ser iniciadas com pequenos passos para que a metodologia seja construída em uma base sólida e quando expandida se auto sustente, fazendo parte da cultura do colaborador. Por esse motivo, foi selecionado um sistema de produção da fábrica e desse sistema, foram escolhidos 3 equipamentos de alta criticidade para fazerem parte do escopo do programa.

Com a criação do time multidisciplinar, os operadores, que são o grande foco da metodologia, ficaram responsáveis por um pilar e foram envolvidos desde a fase inicial da implementação, contribuindo nas tomadas de decisão. Sendo parte do projeto, eles puderam enxergar a importância do papel de cada um na concretização do programa e detalharam com mais precisão suas necessidades para receberem os treinamentos operacionais e técnicos e assim, terem a capacidade de identificar todas as irregularidades de forma antecipada. Essa nova estrutura, além de ter tornado a implementação mais assertiva, aumentou o senso de pertencimento dos operadores que passaram a enxergar o programa como oportunidade de adquirir mais conhecimento e não somente como mais uma atividade na sua rotina de trabalho.

Por fim, foi detalhado o escopo do projeto. Em uma reunião anterior, a estagiária com o engenheiro de manutenção definiram quais os critérios de escolha do escopo. Pelo histórico de manutenção, no período de 2014 até 2018, foi possível identificar o sistema de produção que tinha maior taxa de falha e desse sistema foram identificados 3 equipamentos críticos para o processo. Esses equipamentos foram determinados por três fatores:

1. Frequência de manutenção corretiva;
2. Custo total de manutenção;
3. Curva ABC – sistema utilizado para estabelecer prioridades, classificando o equipamento conforme grau de importância para o setor produtivo com a avaliação de sua criticidade. Sendo classe A: prioridade alta, classe B: prioridade média e classe C: prioridade baixa.

Os dados coletados dos três fatores estão descritos na Tabela 4 por equipamento, com os dados coletados no período de 2014 até 2018.

Tabela 4 – Dados de manutenção dos três equipamentos selecionados

Equipamento	Quantidade de manutenção corretiva	Custo total de manutenção	Classe ABC
Reator	86	R\$164.715	A
Bomba centrífuga	9	R\$30.354	A
Filtro prensa	10	R\$10.776	A

Fonte: Autoria própria

Um ponto a se ressaltar, é que os três equipamentos parte do escopo (reator, bomba centrífuga e filtro prensa) possuem semelhantes em outros sistemas de produção, dessa forma, muitas habilidades já terão sido desenvolvidas, facilitando a expansão do programa.

4.7 Estabelecimento dos pilares básicos: educação e treinamento, manutenção autônoma, manutenção planejada, melhorias específicas

Finalizado as etapas de preparação, foi iniciado o processo de implementação. Os 5 pilares foram implementados simultaneamente, pois a interação entre eles é de fundamental importância. O desenvolvimento deles está descrito a seguir:

4.7.1 Educação e treinamento

Com base na definição dos equipamentos escopo do projeto, o time realizou uma reunião para definir quais conhecimentos técnicos são necessários para que a inspeção autônoma possa ser efetuada com a confiabilidade necessária, para se atingir o resultado esperado de redução da taxa de falhas dos equipamentos. Vale ressaltar que nessa avaliação não é considerado análise comportamental.

Foi montada a matriz de capacitação onde foram levantadas o total de 49 habilidades. Essas competências referem-se à bomba centrífuga, reator, filtro prensa e conceitos do TPM, e estão listadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Matriz de capacitação

Equipamento	Nº	Habilidade
Bomba centrífuga	1	Analisar indicação da instrumentação
	2	Efetuar inspeção sensitiva - audição (ruído)
	3	Efetuar inspeção sensitiva - visão (vazamento)
	4	Efetuar inspeção sensitiva - tato (temperatura)
	5	Efetuar inspeção sensitiva - olfato (odor)
	6	Identificar problemas de lubrificação
	7	Identificar falhas de montagem do equipamento
	8	Seguir procedimento operacional do equipamento
	9	Entender funcionamento e modos de falha de motores elétricos
	10	Entender diagrama lógico (intertravamento)
	11	Efetuar leitura de fluxograma
	12	Identificar modos de falha do equipamento
	13	Conhecer conceitos de manutenção e confiabilidade
Reator	14	Analisar indicação da instrumentação
	15	Efetuar inspeção sensitiva - audição (ruído)
	16	Efetuar inspeção sensitiva - visão (vazamento)
	17	Efetuar inspeção sensitiva - tato (temperatura)
	18	Efetuar inspeção sensitiva - olfato (odor)
	19	Identificar problemas de lubrificação
	20	Identificar falhas de montagem do equipamento

continua

continuação

Equipamento	Nº	Habilidade
Reator	21	Seguir procedimento operacional do equipamento
	22	Entender diagrama lógico (intertravamento)
	23	Identificar modos de falha do equipamento
	24	Conhecer conceitos de manutenção e confiabilidade
	25	Identificar condições que possam danificar revestimento vitrificado do reator
	26	Entender funcionamento e modo de falha de motores elétricos
	27	Entender funcionamento e modos de falha de válvulas
	28	Entender funcionamento e modos de falha de sistema de amostragem
	29	Conhecer e entender o índice de tubulações
	30	Efetuar leitura de fluxograma
Filtro prensa	31	Analisar indicação da instrumentação
	32	Efetuar inspeção sensitiva - audição (ruído)
	33	Efetuar inspeção sensitiva - visão (vazamento)
	34	Efetuar inspeção sensitiva - olfato (odor)
	35	Identificar problemas de lubrificação
	36	Identificar falhas de montagem do equipamento
	37	Seguir procedimento operacional do equipamento
	38	Entender diagrama lógico (intertravamento)
	39	Identificar modos de falha do equipamento
	40	Conhecer conceitos de manutenção e confiabilidade
	41	Entender funcionamento e modos de falha de sistemas hidráulicos
TPM	42	Implementar o Programa 5s
	43	Programa de geração de ideias de melhoria
	44	Conhecimento de Lean
	45	Suportar o pilar de Melhoria Específica
	46	Suportar o pilar de Educação e Treinamento
	47	Suportar o pilar de Controle Inicial
	48	Suportar o pilar de Manutenção Planejada
	49	Liderar o pilar de Manutenção Autônoma

Fonte: Autoria própria

Com a matriz validada, foi realizada uma reunião com cada operador para que eles fizessem uma auto avaliação de acordo com o nível de conhecimento em cada habilidade. Essa avaliação é quantitativa e tem 4 níveis. 0: Não sabe; 1: Conhece a teoria; 2: Pratica com dificuldade e dispersão; 3: Pratica com habilidade e 4: Pratica com muita habilidade e ensina.

Dentre as habilidades, 13 foram classificadas pelos operadores com nível de conhecimento igual ou inferior a 2, e estas foram prioridades para agendamento dos treinamentos. Os treinamentos das 13 habilidades foram concluídos até a data da conclusão desta monografia.

Os treinamentos possuíam atividades em sala, onde era abordado a teoria, e parte do tempo era destinado no local de trabalho. O treinamento em campo proporciona maior aprendizado ao utilizar meios visuais, e se utiliza da prática para consolidar o aprendizado teórico.

4.7.2 Manutenção autônoma

O foco da implementação do TPM é a capacitação do operador, para que este possa preservar seu equipamento e mantê-lo na sua condição básica de operação. Com os treinamentos realizados pelo pilar educação e treinamento, e o aumento do conhecimento do operador, foi possível aplicar o pilar da manutenção autônoma com uma base consistente.

Foi fixado semanalmente meia hora de reunião com o objetivo de discutir o avanço do programa e realizar tomadas de decisões rápidas com todo o time. Todas as ações definidas durante as reuniões eram alimentadas na planilha Plano de Ação, exemplificada na Figura 7, e o acompanhamento do status era verificado na reunião seguinte.

Figura 7 – Plano de ação

ITEM	DATA	AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA FINAL (PRAZO)	REPROGRAMA DO (PRAZO)	DATA DA REALIZAÇÃO	OBSERVAÇÃO / FOLLOW-UP	STATUS	FAROL	PRAZO
1	19/9/19	Realizar ronda de treinamento na bomba com o turno C	Camila Bittencourt	25/09/2019		25/09/2019		Concluído	🟢	100%

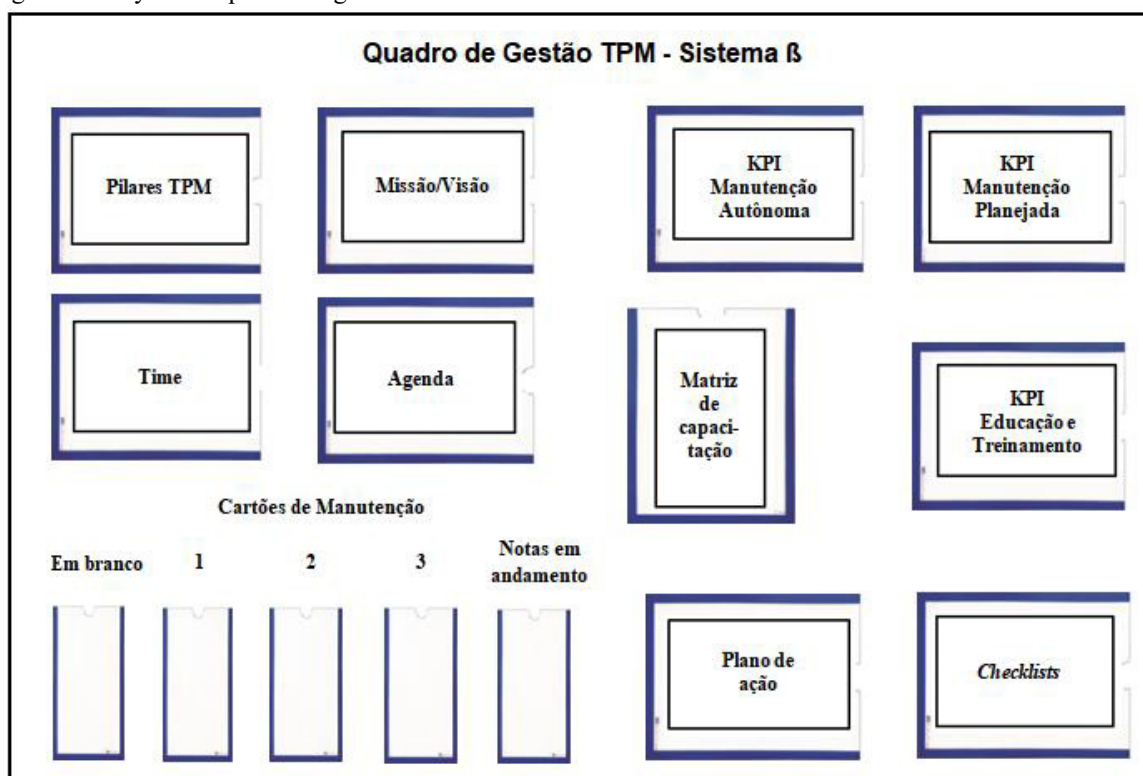
Fonte: Autoria própria

As reuniões eram realizadas na produção com base nos dados expostos no quadro de gestão do TPM. O quadro é um método de gestão a vista que fica localizado próximo ao

sistema trabalhado na implementação e apresenta as informações pertinentes para a gestão dos equipamentos e para acompanhamento da evolução do programa.

O time definiu como dados importantes para ficarem evidenciados no quadro, os pilares do TPM que estavam sendo implementados e seus respectivos indicadores, a missão e visão do programa, o organograma, a matriz de capacitação, a agenda de treinamentos, os *checklists* e os cartões de manutenção. A Figura 8 apresenta o layout do quadro, e a Figura 9 é uma foto do quadro já sendo utilizado pelo time.

Figura 8 – Layout do quadro de gestão a vista do TPM



Fonte: Autoria própria

Figura 9 – Foto do quadro de gestão a vista do TPM na produção



Fonte: Autoria própria

Para dar andamento no pilar, os *checklists* com as rotinas de inspeção e os cartões de manutenção são itens fundamentais. O time dedicou um bom tempo para uma construção eficaz desses elementos, contendo todas as informações pertinentes de forma clara e objetiva.

O *checklist*, que pode ser observado no Apêndice A, é um roteiro de inspeção, limpeza e lubrificação que deve ser seguido pelo operador, contendo os seguintes tópicos:

- Ilustração do equipamento para identificação dos itens a serem verificados.
- Componente que deve ser verificado.
- Padrão em que o componente deve ser encontrado na área.
- Método de avaliação do padrão, geralmente através dos cinco sentidos.
- Ferramenta utilizada para executar ação em caso de anormalidade.
- Anormalidade? Não – padrão foi atendido; Sim – condição fora do padrão.
- Consequência mais crítica se for encontrado anormalidade no componente.
- Ação que o operador deve tomar caso encontre uma anormalidade.
- Tempo de execução da verificação
- Periodicidade da verificação
- Realizado? Confirmação se o item foi checado

Para que os operadores se habituem às atividades de inspeção, eles foram submetidos a um treinamento, para exemplificação e demonstração de todas as atividades a serem realizadas.

Para redução dos tempos de inspeção, limpeza e lubrificação, os controles visuais são muito utilizados, considerados importantes para a realização consistente e rápida dessas tarefas. Esses controles são colocados nos equipamentos para controlar e indicar claramente as condições de operações, com por exemplo a pressão em manômetros, ilustrado na Figura 10, sendo a faixa verde considerada a adequada para operação.

Figura 10 – Controle visual da pressão no manômetro



Fonte: Autoria própria

Ao preencher o *checklist*, o operador identifica os itens assinalados com anormalidade e para estes devem ser criados os cartões de manutenção. Estes cartões ficam dispostos no quadro de gestão a vista, no campo “em branco”, como ilustrado nas figuras 8 e 9.

A Figura 11 mostra o cartão de manutenção criado pelo time. No primeiro campo do cartão, o operador deve identificar se é uma ação para a operação (azul) ou a manutenção (vermelho) executar. As atividades que entram no escopo da manutenção autônoma são previamente determinadas com todo o time, pois os operadores precisam estar aptos com treinamentos para resolverem com precisão o problema e sem correr riscos de segurança.

No cartão são anexadas informações básicas, como o equipamento, o tipo de anormalidade, sua descrição e prioridade de execução. O cartão devidamente preenchido é posto de volta no quadro no campo do seu respectivo equipamento (reator, filtro ou bomba) e o pilar manutenção planejada é responsável em recolher os cartões designados a manutenção e abrir a nota no sistema. Após abertura da nota, o cartão é devolvido ao quadro no campo “em andamento”. Os cartões destinados a operação são executados pelos próprios operadores. Através desse fluxo, pretende-se alcançar uma maior agilidade na

transferência da informação, além de favorecer a gestão visual das falhas e a vazão no tratamento das notas.

Figura 11 – Cartão de manutenção

Cartão de Manutenção TPM		LEGENDAS E ORIENTAÇÕES	
☐	Manutenção	☐	Operação
Prioridade	1 2 3 4 5	<u>Prioridade</u>	
☐	Quebra/Falha	☐	Corretiva
☐	Preventiva	☐	Melhoria
Equipamento/TAG _____		1 - Muito Alta (Emergência) - Risco a vida/Risco ao Meio Ambiente Início: No dia - Fim: 24 horas	
Piso _____	Data _____	2 - Alta (Urgência) - Risco a propriedade/Parada de Produção Início: Até 2 dias - Fim: 48 horas	
Encontrado por _____		3 - Média (Rotina) Início: 14 dias - Fim: 21 dias	
Hora do evento _____		4 - Baixa Início: 14 dias - Fim: 60 dias	
Hora de criação do cartão _____		5 - Muito Baixa Início e fim à combinar	
Descrição _____		O fim poderá ser alterado conforme prazo de entrega do material.	
_____		<u>Classificação do evento</u>	
_____		Quebra/Falha – Condição de perda total da função do equipamento	
_____		Corretiva – Ações de reparo após condição inadequada de operação do equipamento	
_____		Preventiva – Ações de prevenção de falha funcional do equipamento	
_____		Melhoria/Modificação – Ações de melhoria da confiabilidade ou modificação do equipamento	
Ação corretiva aplicada _____			

Executado por _____			
Nota _____			
Ordem _____			
Data de conclusão _____			

Fonte: Autoria própria

Após criação e validação do cartão de manutenção e dos *checklists*, foram realizadas as primeiras rondas nos 3 equipamentos.

As rondas foram realizadas com bastante criticidade e todas anomalias encontradas foram registradas nos cartões de manutenção e viraram ações direcionadas a operação e a manutenção para que com os reparos, os equipamentos chegassem as suas condições básicas de operação. Essa condição se tornou o padrão que deve ser mantido.

Como resultado, o time totalizou as seguintes quantidades de cartões para cada equipamento:

- o Bomba: 11 cartões
- o Reator: 32 cartões
- o Filtro: 12 cartões

Esse padrão é garantido pelos *checklists* que são preenchidos semanalmente, toda quarta-feira no turno da noite, pelo pilar da manutenção autônoma.

4.7.3 Manutenção planejada

Um tema importante para a manutenção é como planejar e por sistematicamente em prática as diversas atividades da manutenção planejada.

Como a fábrica já tem um modelo de gestão estruturado, foi inicialmente realizada uma reunião com o time para comparar os requisitos atendidos por essa gestão e o que é pedido na metodologia TPM.

O sistema de gestão da manutenção da fábrica está esquematizado na figura 12 e a checagem dos requisitos no Quadro 5.

Figura 12 – Sistema de gestão de manutenção



Fonte: Documento interno da empresa

Quadro 5 – Comparação dos requisitos já abordados na empresa e o TPM

Etapas	Requisitos	Gestão de manutenção existente	TPM
Gestão de informação	Identificação de objeto técnico	X	X
	Taxonomia – local de instalação e equipamentos	X	X
	BoM – lista de materiais	X	X
	Gerenciamento de-para	X	X
Gestão de criticidade	GIO – grau de importância operacional	X	X
	RBM – manutenção baseada em riscos	X	X
Gestão de manutenção	Política de manutenção	X	X
Gestão de execução	Gestão de contratos	X	X
	Planejamento e programação	X	X
	Fluxo geral do processo de manutenção	X	X
	Análises de retrabalho	X	X
	Classificação de custos	X	X
Gestão de performance	Indicadores de manutenção	X	X
Análise crítica	Análise de Falha e Causa Raiz	X	X
	Excelência Operacional	X	
	SSMA – Segurança, Saúde e Meio Ambiente	X	
	Documentação/Histórico	X	X

Fonte: Autoria própria

Foi verificado que os itens pedidos pela metodologia já são atendidos pela fábrica, não sendo necessário criar nenhum novo procedimento. Ficou alinhado que as reuniões para discutir o pilar de manutenção planejada passariam a ser mensais para acompanhamento do que está sendo realizado e discutir possíveis melhorias.

4.7.4 Melhorias específicas

O TPM determina que para toda falha no equipamento, deve-se fazer um estudo de causa raiz. Para esse estudo, o time definiu o seguinte fluxo de informação: o pilar manutenção autônoma ao realizar a ronda de inspeção e identificar uma anormalidade, irá preencher o cartão de manutenção. O pilar manutenção planejada irá recolher esse cartão e

caso o tipo de anormalidade seja de falha, ele será responsável por acionar o pilar melhoria específica. Esse pilar, por sua vez, terá que marcar uma reunião com todo o time em um prazo de 14 dias para que seja feita a análise. O time padronizou que inicialmente as análises seriam feitas pela ferramenta do 5 Porquês.

Quando necessário, o pilar melhoria específica também é responsável por guiar as reuniões de criação das lições de um ponto. Durante a ronda na bomba centrífuga foi notado a necessidade da aquisição de um pirômetro, equipamento que mede irradiação térmica de um objeto e informa a temperatura. Como esse equipamento passou a fazer parte da rotina de inspeção, foi criada uma LUP de conhecimento básico, para que os operadores pudessem aprender a utilizar o equipamento. O modelo de LUP utilizado no programa está na Figura 13.

Figura 13 – LUP: medição de temperatura utilizando pirômetro – bomba centrífuga

TPM: LUP (LIÇÃO DE UM PONTO)

Tema: Medição de temperatura utilizando pirômetro – bomba

Preparado por: Equipe TPM

Classificação: Conhecimento básico

Descrição: os termômetros infravermelho, conhecidos como pirômetros, são instrumentos portáteis, utilizados para medição segura de temperatura à distância.

Pontos de medição: a medição deve ser executada em dois pontos identificados na bomba e dois pontos identificados no motor ambos localizados próximos aos rolamentos. LA - lado acoplado e LOA - lado oposto ao acoplamento.

Como utilizar: Apontar instrumento para ponto de medição identificado no equipamento e apertar o gatilho para acionar o laser infravermelho. Verificar leitura mostrada no display. _____

Avaliação de medição: Verificar tabela de condição de operação *versus* faixa de temperatura. Se a condição identificada for Alerta ou Perigo criar cartão e acionar a equipe de manutenção.

Condição de operação	Faixa de temperatura (°C)
Ideal	28 - 50
Alerta	50 - 60
Perigo	> 60

Obs. Caso o equipamento esteja sem bateria (sem funcionamento) efetuar troca da bateria.

Fonte: Autoria própria

4.8 Controle Inicial

O pilar controle inicial começou a ser estruturado através do desenvolvimento da análise de risco RBM – manutenção baseada em risco, essencial para conhecer os riscos que a falha de um equipamento pode causar, e então definir a classe e a estratégia de manutenção mais apropriada para garantir a melhor gestão dos custos da manutenção.

Com a análise criada e se algum padrão da condição inicial for alterado, o pilar Controle Inicial irá padronizar essa melhoria para todos os equipamentos de mesmo *design* e condição de processo.

4.9 Manutenção da qualidade, Melhoria nos processos administrativos, Saúde, segurança e meio ambiente

Esses pilares não fizeram parte do escopo de implementação.

4.10 Aprimoramento

A fase de consolidação não entrou no cronograma da presente monografia.

5 CONCLUSÃO

Cada vez mais as empresas têm necessidade de se adequarem as crescentes exigências do mercado, introduzindo novas técnicas e metodologias de gestão no dia a dia de suas atividades. Para incorporar esta demanda de informações, as empresas contam com a capacitação técnica dos seus colaboradores. O fator humano, baseado na evolução da capacitação técnica quanto na otimização dos trabalhos executados são imprescindíveis para o sucesso da companhia. A filosofia TPM vai ao encontro desses objetivos, sendo que a mesma integra pessoas, máquinas e processos pela busca da quebra zero, zero acidente e zero defeitos.

O presente trabalho descreveu o modelo de implementação dos 5 pilares do TPM em 12 etapas que foram adaptadas à realidade da empresa e foram de extrema relevância para o sucesso do projeto. Ao implementar os passos em uma indústria química, foi constatado que os objetivos específicos foram atendidos.

Os colaboradores foram conscientizados de que não basta consertar, é necessário garantir que a quebra não se repita. E o programa apresentou ferramentas para essa garantia, com as inspeções periódicas realizadas pelos operadores, a manutenção preventiva e as análises de falhas que se tornaram parte da rotina dos colaboradores. Na fábrica em questão, o programa continua em fase de implementação e caminha para a etapa de consolidação.

Apesar o curto período de tempo, foi notório a mudança de comportamento dos operadores e o aumento do nível do conhecimento dos mesmos, com 13 treinamentos concluídos e 100% de presença. Como os operadores passaram a também ser responsáveis pela conservação e por pequenos reparos dos equipamentos, foi possível identificar o aumento no seu senso de responsabilidade. Essa sinergia entre manutenção e produção possibilitou que os esforços que eram destinados para as manutenções corretivas, passassem a ser dedicados para o planejamento das manutenções preventivas. Outro ponto positivo, é que as inspeções realizadas pelos operadores possibilitaram a manutenção atuar de forma mais rápida e precisa no equipamento.

Em relação aos equipamentos, estes passaram a funcionar na sua condição básica, sendo visível até as melhorias em termos estéticos que além de aumentarem a efetividade do equipamento, melhoraram o ambiente de trabalho.

Foi constatado que desde o momento que o equipamento foi deixado na condição básica e com a rotina de inspeção sendo seguida, não houve nenhuma falha nos equipamentos e, por conseguinte nenhum custo com manutenção corretiva.

Como recomendações para continuidade da pesquisa, sugere-se avaliar a efetividade de acrescentar os pilares que não foram implementados, replicar os conhecimentos e inspeções para outros equipamentos críticos da fábrica, manter a operação atualizada em novos treinamentos e avaliar os indicadores que precisam de mais tempo para mostrarem retorno, como o MTBF.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS (ABQUIM). Pacto Nacional da Indústria Química. São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://canais.abiquim.org.br/pacto/introducao.asp>>. Acesso em: 17/05/2019
- BAMBER, C. J. et al. Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. United Kingdom. v. 9, n. 3, p. 223–238, set 2003
- BIEHL, N. C.; SELLITTO, M. A. TPM E MANUTENÇÃO AUTÔNOMA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA. **Produção Online**. Florianópolis. v. 15, n. 4, p. 1123–1147, out/dez 2015
- CAMPOS, R. et al. **A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total**. Universidade Estadual Paulista, 2005.
- COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 22, n. 2, p. 220–240, 2002.
- FOGLIATO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **CONFIABILIDADE E MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- GULATI, R. **Maintenance and Reliability Best Practices**. 2 ed. Nova Iorque: Industrial Press, 2013.
- INFANTE, M.; NUNES, J. M. **Pesquisa-ação: uma metodologia de consultoria**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1996
- LAMPKOWSKI, F. J.; MASSON, A. C. P. D.; CARRIJO, J. R. S. **TPM – Total Productive Maintenance - Resultados da implementação: um estudo de caso**. Anais: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, anais, Bauru, SP: SIMPEP, 2006.
- MATIAS, C.; IKUO, D. **Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica**. Universidade de São Paulo, 2012.
- MAYER, S. **OS QUATRO PASSOS INICIAIS DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA : IMPLEMENTAÇÃO NO SETOR DE ENVASE DE UMA USINA DE BENEFICIAMENTO DE LEITE**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção - Departamento de Engenharia de Produção. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018
- MELLO, C. et al. PESQUISA-AÇÃO NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: PROPOSTA DE ESTRUTURAÇÃO PARA SUA CONDUÇÃO. **Produção Online**. v. 22, n. 1, p. 1–13, jan/fev 2012

MCCARTHY, D.; RICH, N. **Lean TPM - A Blueprint for change**. Great Britain: Elsevier, 2004.

MEGIOLARO, M. R. de O. **Indicadores de manutenção industrial relacionados à eficiência global de equipamentos**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica - Coordenação de Engenharia Elétrica. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

MURÇA, V. **Aplicação da filosofia Lean na área da Manutenção**. Trabalho de Conclusão de Mestrado em Engenharia Mecânica. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012.

MWANZA, B. G.; MBOHWA, C. Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. **Procedia Manufacturing**. South Africa. v. 4, p. 461–470, dez 2015

NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance**. Productivity Press. Cambridge, 1989

NUNES, I. L.; SELLITTO, M. A. IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM UMA CÉLULA DE MANUFATURA DE UM FABRICANTE DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Produção Online**. Florianópolis. v. 16, n. 2, p. 606–632, abr/jun 2016

PAULA, L. F.; SILVA, M. M.; ROCHA, T. J. S. **Os oito pilares da TPM**. Universidade Estadual Paulista, 2010

PRADO, C. **Manutenção da capacidade da produção em um setor de embalagem através da metodologia TPM**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química. Lorena: Universidade de São Paulo, 2015

REIS, R. A. et al. O impacto da implantação do TPM nos indicadores de manutenção: um estudo de caso. **ADMpg Gestão Estratégica**. Ponta Grossa. v. 1, n. 1, p. 111–114, 2008

RIBEIRO, C. R. **PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (T.P.M.) NA INDÚSTRIA BRASILEIRA**. Trabalho de Conclusão de Curso de MBA em Gerência de Produção e Tecnologia – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2003

RODRIGUES, A. F.; FERRARIN, F. V.; OLESKO, P. G. M. **Implementação de Indicador de Desempenho OEE em Máquina de Abastecimento de Ar Condicionado Automotivo**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Industrial Elétrica. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013

SOUZA, A. F. **Análise da Disponibilidade em equipamentos de ressonância magnética baseada em indicadores de manutenção**. Anais: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, anais, Salvador, BA: CBEB, 2008

SURESH, P. TPM Implementation in a Food Industry – A PDCA Approach. **International Journal of Scientific and Research Publications**. v.2, n.11, p.1-9, nov 2012

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 2 ed. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1986

TONDATO, R. **Manutenção Produtiva Total: Estudo De Caso Na Indústria Gráfica**. Trabalho de Conclusão de Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia. Porto Alegre: Universidade do Rio Grande do Sul, 2004

VENKATESH, J. **An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. 2007 Disponível em: <https://www.plant-maintenance.com/maintenance_articles.shtml>. Acesso em: 15/04/2019

VICENTE, F. M. C. F. **Redução das perdas de produção em uma planta de agroquímicos através da implementação do TPM focada no pilar da manutenção autônoma**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química. Lorena: Universidade de São Paulo, 2014

WIREMAN, T. **Developing Performance Indicators for Managing Maintenance**. 2 ed. New York: Industrial Press, 2005.

ZORZENON, T. **Análise dos pilares do TPM: estudo de caso em uma indústria do setor alimentício**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Materiais e Manufatura. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2015

APÊNDICE A – MODELO DO ROTEIRO DE INSPEÇÃO DA BOMBA CENTRÍFUGA

Figura A, 1 - Roteiro de inspeção (*checklist*) da bomba centrífuga

TPM		Padrão Provisório de Manutenção Autônoma (limpeza, inspeção, lubrificação)			Grupo:			Preparado por:			Revisão:				
Área:		Equipamento: Bomba Centrífuga			Sistema operando? Sim Não			Revisado por:			Data:				
INSPECIONAR ATRAVÉS DA LIMPEZA															
Item	Componente	Padrão	Necessita estar operando	Método	Ferramenta	Encontrado anormalidade	Consequência Anormalidade	Criar cartão para:	Ação da operação em caso de	Tempo (seg.)	Periodicidade				Item executado?
											T	D	S	M	
1	Piso ao redor da bomba	Não haver sujeira	Não			☐ ☐	Piso escorregadio	Operação	Limpar				X		☐ ☐
2	Bomba	Não haver ruído e vibração excessiva	Sim		-	☐ ☐	Bomba danificada	Manutenção	-				X		☐ ☐
3	Motor Elétrico	Não haver ruído e vibração excessiva	Sim		-	☐ ☐	Motor Elétrico danificado	Manutenção	-				X		☐ ☐
		Não haver sujeira	Não			☐ ☐	Motor Elétrico com temperatura elevada	Operação	Limpar				X		☐ ☐
4	Suporte (base)	Não haver corrosão, rachaduras e outros danos	Não		-	☐ ☐	Bomba desalinhada	Manutenção	-				X		☐ ☐
		Parafuso: não faltar, estar firme, sem corrosão e danos	Não			☐ ☐	Bomba desalinhada	Operação	Apertar parafuso				X		☐ ☐
		O cabo de aterramento deve estar fixado corretamente, sem folga	Não			☐ ☐	Descarga elétrica	Manutenção	-				X		☐ ☐
5	Carcaça (voluta)	Não haver vazamento ou pulverização de líquido	Sim		☐ ☐	Liberção de fluido de processo para o ambiente	Manutenção	-					X		☐ ☐
		Não haver sujeira	Não			☐ ☐	Dificuldade em detectar vazamento	Operação	Limpar				X		☐ ☐
6	Selo Mecânico e conexões	Não haver vazamento ou pulverização de líquido	Sim		-	☐ ☐	Liberção de fluido de processo para o ambiente	Manutenção	-				X		☐ ☐
7	Copo de lubrificação	Não haver vazamento	Não		-	☐ ☐	Lubrificação deficiente	Manutenção	-				X		☐ ☐
		Óleo com nível mínimo indicado no copo	Não			☐ ☐	Lubrificação deficiente	Operação	Completar óleo				X		☐ ☐
8	Corpo/Motor	Temperatura abaixo de x°C	Sim			☐ ☐	Rolamento travado	Manutenção	-				X		☐ ☐

ILUSTRAÇÃO

Fonte: Autoria própria