

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS NÍVEL MESTRADO**

**JACSON RAFAEL WEBER**

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL COMO OPORTUNIDADE PARA O  
AUMENTO DA EFICIÊNCIA DO PARQUE FABRIL DE UMA COMPANHIA METAL-  
MECÂNICA: UMA PESQUISA AÇÃO**

**São Leopoldo, RS**

**2023**

JACSON RAFAEL WEBER

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL COMO OPORTUNIDADE PARA O  
AUMENTO DA EFICIÊNCIA DO PARQUE FABRIL DE UMA COMPANHIA METAL-  
MECÂNICA: UMA PESQUISA AÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.

Orientador: Prof. Dr. André L. Korzenowski

São Leopoldo, RS

2023

W373m Weber, Jacson Rafael.

Manutenção produtiva total como oportunidade para o aumento da eficiência do parque fabril de uma companhia metal-mecânica : uma pesquisa ação / por Jacson Rafael Weber. – 2023.

138 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2023.

“Orientador: Dr. André L. Korzenowski”.

1. Manutenção produtiva total. 2. Eficiência.  
3. Implementação. 4. Produção. 5. Empresa.  
6. Equipamentos. I. Título.

CDU: 658.58:669

JACSON RAFAEL WEBER

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL COMO OPORTUNIDADE PARA O  
AUMENTO DA EFICIÊNCIA DO PARQUE FABRIL DE UMA COMPANHIA METAL-  
MECÂNICA: UMA PESQUISA AÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.

Aprovado em 28 abril 2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. André Luis Korzenowski – UNISINOS

---

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto – UNISINOS

---

Prof. Dr. Gabriel Sperandio Milan – UNISINOS

---

Prof. Dr. Gil Eduardo Guimarães – ITEGAM

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, o agradecimento é para Deus, por possibilitar a vida e tudo que no decorrer dela conquistamos.

A conclusão desta dissertação é um motivo de alegria, pois de fato é algo que nos tira da zona de conforto, nos faz crescer, evoluir tanto no âmbito pessoal como profissional, gerando um sentimento de dever cumprido.

Agradecer também a minha esposa que tanto tem me suportado em qualquer situação de adversidade. Aos meus filhos que são motivo de inspiração e alegria.

Aos meus pais Claudir e Celia Weber que sempre me conduziram no caminho correto, por meio de uma orientação diária, ensinando com paciência, amor e carinho, fazendo sempre o possível para que o estudo fosse uma das prioridades na vida.

Ao meu irmão que sempre me ajudou nos momentos mais difíceis, trocando ideias e contribuindo para que fosse possível o alcance dos meus objetivos.

Ao meu orientador André L. Korzenowski, por toda paciência e dedicação, sempre gerando um direcionamento assertivo em busca da melhoria contínua.

Também gostaria de agradecer a toda a direção da Bruning Tecnometal pelo apoio incondicional ao longo do estudo, sem dúvidas, a convicção no desenvolvimento técnico e humano dos profissionais é um dos pilares norteadores da empresa, acreditando sempre que o conhecimento científico, adquirido na academia, possibilita soluções inovadoras para o mundo corporativo.

## RESUMO

A competição entre empresas tem aumentado nos mercados internacionais e nacionais, fazendo com que as mesmas se direcionem em busca de mais eficiência nas suas operações e nos processos de gestão. Isso faz com que ocorra a necessidade de desenvolver novos produtos cada vez mais complexos, com uma maior diversidade e produtividade. O presente trabalho vem ao encontro dessa necessidade e objetiva a implementação da manutenção produtiva total (TPM), em uma máquina-piloto de um parque fabril, a fim de colaborar com a melhoria da eficiência global do equipamento, a OEE. Por meio da metodologia de pesquisa ação, buscou-se a implementação ainda que restrita, porém já suficiente para influenciar positivamente a produtividade física da empresa, dos três pilares fundamentais da gestão de ativos, sendo eles o controle inicial, manutenção autônoma e manutenção planejada. A partir de análise dos dados de eficiência da máquina-piloto selecionada, observou-se a baixa eficiência (OEE) do ativo, através desse indicador, também foi possível determinar os parâmetros de disponibilidade de máquina, imprescindíveis para tirar conclusões, acerca dos problemas que o ativo vinha apresentando, sendo possível, dessa forma, comparar os resultados antes e depois da implantação do TPM, usando de valores primários de referência. Como resultado da implementação, pode-se concluir que o TPM teve impacto positivo na produtividade real do ativo, da empresa estudada, ao final do período analisado, em média, obtiveram-se expressivos resultados positivos, bem como um aumento na disponibilidade do equipamento de 61% e na eficiência global geral de 89%. Contudo, a contribuição deste trabalho acadêmico foi gerar um rigor metodológico capaz de auxiliar as empresas em busca de suas metas e objetivos, construindo um sistema de manutenção da produção, obtendo, assim, maiores volumes de produção com menores custos, otimizando o ciclo de vida dos produtos e dos equipamentos.

**Palavras-chave:** manutenção produtiva total, eficiência, implementação, produção.

## ABSTRACT

Competition between companies has increased in international and national markets, making them look for more efficiency in their operations and management processes. This causes the need to develop new, increasingly complex products, with greater diversity and productivity. The present work meets this need and aims to implement total productive maintenance (TPM) in a pilot machine in an industrial park, in order to collaborate with the improvement of the overall efficiency of the equipment, the OEE. Through the action research methodology, we sought to implement the 3 fundamental pillars of asset management, albeit limited but already sufficient to positively influence the physical productivity of the company, namely initial control, autonomous maintenance and planned maintenance. From the analysis of the efficiency data of the selected pilot machine, the low efficiency (OEE) of the asset was observed, through this indicator, it was also possible to determine the parameters of machine availability, essential to draw conclusions about the problems that the asset had been showing, making it possible, in this way, to compare the results before and after the implementation of the TPM, through primary reference values. As a result of the implementation, it can be concluded that the TPM had a positive impact on the real productivity of the asset, of the company studied, at the end of the analyzed period, on average, expressive positive results were obtained, as well as on the availability of the equipment of 61% and in the overall equipment effectiveness of 89%. However, the contribution of this academic work was to generate methodological rigor, capable of helping companies, in pursuit of their goals and objectives, building a production maintenance system, thus obtaining greater production volumes with lower costs, optimizing the production cycle. life of products and equipment.

**Key-words:** total productive maintenance; efficiency; Implementation; production.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os oito pilares da TPM.....	18
Figura 2 – Curva da banheira (bath-tube curve).....	36
Figura 3 – As 6 grandes perdas .....	40
Figura 4 – Perdas esporádicas e perdas crônicas .....	40
Figura 5 – Etapas implementação Manutenção autônoma .....	42
Figura 6 – Etapas implementação Manutenção planejada.....	45
Figura 7 – Elementos da estrutura do GPT .....	47
Figura 8 - Etapas da implantação do GPT .....	48
Figura 9 - Modelo para o método de pesquisa ação .....	51
Figura 10 - Resultados das bases.....	54
Figura 11 - Modelo para buscas fluxograma Prisma .....	54
Figura 12 - Método de trabalho pesquisa-ação .....	56
Figura 13 - Papel de probabilidade exponencial da amostra da Prensa 400t .....	59
Figura 14 - Taxa de falhas Prensa 400t .....	60
Figura 15 – Função de confiabilidade Prensa 400t .....	61
Figura 16 – Macro cronograma implementação pilares .....	62
Figura 17 – Lista de atividades gerais.....	63
Figura 18 – Organograma implementação pilares TPM.....	64
Figura 19 – Rotina de reuniões e <i>report</i> das ações e resultados .....	66
Figura 20 – Passagem de passo implementação da manutenção autônoma .....	67
Figura 21 – Caixa-etiquetas .....	68
Figura 22 – Painel de controle da manutenção autônoma .....	69
Figura 23 – Após limpeza e inspeção colocação de etiquetas .....	69
Figura 24 – Ilustração de uma LUP.....	71
Figura 25 – Layout painel de controle MA.....	72
Figura 26 – Fórmula MTBF .....	84
Figura 27 – Fórmula MTTR .....	84
Figura 28 – Fórmula MDT .....	84
Figura 29 – Detalhamento do MTTR e MDT .....	85
Figura 30 – Fórmula disponibilidade .....	85
Figura 31 – Modelo de BI ( <i>Bussines intelligence</i> ) .....	86
Figura 32 – Classificação maquinário .....	87

Figura 33 – Pilar 1 MP Indicadores, classificação ABC e apoio.....	88
Figura 34 – Análise de quebra RCA.....	90
Figura 35 – Cinco porquês .....	91
Figura 36 – Pilar 2 MP Zero defeito.....	92
Figura 37 – Pilar 3 MP estrutura de manutenção .....	94
Figura 38 – Fluxo plano lubrificação.....	95
Figura 39 – Cores de etiquetas .....	96
Figura 40 – Pilar 4 MP gestão da lubrificação .....	97
Figura 41 – Fluxo de inclusão de itens de estoque .....	99
Figura 42 – Pilar 5 MP peças reposição.....	100
Figura 43 – Fluxo de inclusão de itens de estoque .....	100
Figura 44 – Top 5 custos manutenção .....	102
Figura 45 – Pilar 6 MP gestão de custos manutenção.....	103
Figura 46 – Modelo de cronograma de preventivas .....	105
Figura 47 – Fluxo alteração do plano .....	106
Figura 48 – Pilar 7 MP gestão preventivas.....	108
Figura 49 – Ciclo PDCA .....	109
Figura 50 – Modelo de matriz de versatilidade.....	111
Figura 51 – Pilar 8 MP aprimoramento dos conhecimentos.....	114

**LISTA DE FOTOGRAFIAS**

Fotografia 1 – Treinamento manutenção autônoma.....	73
Fotografia 2 – Treinamento dia “D”.....	74
Fotografia 3 – Limpeza e inspeção 1 .....	74
Fotografia 4 – Limpeza e inspeção 2 .....	75
Fotografia 5– Exemplo etiquetas 1.....	75
Fotografia 6 – Exemplo etiquetas 2.....	76
Fotografia 7 – Máquina estado atual.....	76
Fotografia 8 – Máquina condições originais.....	77

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Percentual avaliação auditorias .....	81
Gráfico 2 – Custos de manutenção .....	102
Gráfico 3 – Cronograma de preventivas.....	105
Gráfico 4 – Indicadores de manutenção preventiva .....	107
Gráfico 5 – Índice de eficiência global OEE .....	117
Gráfico 6 – Disponibilidade de manutenção.....	117
Gráfico 7 – Tempo médio entre falhas .....	118
Gráfico 8 – Tempo inativo de manutenção.....	118
Gráfico 9 – Tempo médio de setup e quantidades de setup .....	120

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Dificuldades de implantação do TPM encontradas na literatura.....	23
Tabela 2 - As 12 etapas para implementação do TPM .....	29
Tabela 3 – Utilidade esperada para as estratégias e políticas de manutenção .....	32
Tabela 4 - Diferença entre perdas crônicas e perdas esporádicas .....	39
Tabela 5 – Grupo focal da implementação.....	55
Tabela 6 – <i>TBF/TTR</i> Prensa 400t .....	58
Tabela 7 - Ajustes da distribuição da amostra da Prensa 400t .....	59
Tabela 8 - Modelo de máxima verossimilhança para prensa 400t .....	59
Tabela 9 – Descrição de atividades .....	112
Tabela 10 – Ganhos após implementação do TPM .....	119
Tabela 11 – Ganho em peças produzidas após implementação do TPM .....	119
Tabela 12 – Pilares implementados e seus impactos nos indicadores .....	121

### LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
TPM	Manutenção Produtiva Total
MA	Manutenção Autônoma
MP	Manutenção Planejada
CI	Controle Inicial
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Eficiência geral do equipamento)
MTTR	Tempo Médio Para Reparo
MTBF	Tempo Médio entre Falhas
GPT	Gestão do Posto de Trabalho
MDT	Tempo Inativo de Manutenção
TBF	Tempo entre falhas
TTR	Tempo de Reparo
LUP	Lição de um Ponto
PDCA	Planejar, Desenvolver, Checar e Agir
EPI	Equipamento de Proteção Individual
SAP	Desenvolvimento de Programas para Análise de Sistema.
RCA	Análise de Causa Raiz
PCM	Planejador, Controlar de Manutenção
RH	Recursos Humanos
TRF	Troca Rápida de Ferramentas
CBM	Manutenção baseada em condição
IT	Instrução de trabalho
PM	Manutenção da planta

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	16
1.1 Problema de Pesquisa .....	19
1.2 Objetivos .....	20
1.3 Justificativa.....	20
1.4 Delimitações .....	26
1.5 Estrutura do Trabalho .....	26
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
2.1 Manutenção Produtiva Total .....	28
2.2 Controle Inicial .....	30
2.3 Curva da Banheira.....	36
2.4 Medidas de Controle .....	37
2.5 Manutenção Autônoma.....	41
2.6 Manutenção Planejada.....	43
2.7 Gestão do Posto de Trabalho (GPT).....	45
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	49
3.1 Metodologia .....	49
3.2 Fase Exploratória .....	51
3.3 Fase de Planejamento .....	52
3.4 Fase da Ação .....	52
3.5 Por que Escolher esse Método .....	52
3.6 Revisão Teórica .....	53
3.7 Coleta de Dados .....	55
3.8 Empresa do Estudo.....	56
3.9 Análise MCC Manutenção Centrada em Confiabilidade .....	57
3.10 Planejamento Projeto TPM.....	61
3.10.1 Cronograma de Implantação do Projeto .....	62
3.10.2 Estrutura TPM.....	63
3.10.3 Rotinas de Gestão .....	65
4 ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL .....	67
4.1 Implementação da Manutenção Autônoma.....	67
4.1.1 Etapas do Trabalho .....	67

4.1.2 Etiquetas MA.....	68
4.1.3 Lições de um Ponto (LUP's).....	70
4.1.4 Painel de controle MA.....	72
4.1.5 Passo 1 – Realizar Limpeza e Recuperação da Máquina.....	72
4.1.6 Passo 2 – Contramedidas (melhorias).....	78
4.1.7 Atividades Relacionadas a Contramedidas:.....	79
4.1.8 Passo 3 – Padrões Definitivos .....	79
4.1.9 Atividades Relacionadas aos Padrões Definitivos .....	80
4.1.10 Registro das Etapas de Certificação .....	81
4.2 Implementação da Manutenção Planejada.....	82
4.2.1 Objetivos da Manutenção Planejada .....	82
4.3 Pilar 1 - Maquinário e Indicadores .....	82
4.3.1 Ordens de Manutenção.....	83
4.3.2 Indicadores:.....	83
4.3.3 Procedimento para preenchimento dos indicadores .....	85
4.3.4 Classificação ABC e Maquinários .....	86
4.4 Pilar 2 - Zero Defeitos.....	88
4.4.1 Análise de Quebras .....	89
4.5 Pilar 3 – Estrutura da Manutenção.....	92
4.6 Pilar 4 – Lubrificação .....	94
4.6.1 Cores de Etiquetas .....	96
4.7 Pilar 5 – Peças de Reposição .....	98
4.7.1 Definição de Compra para Manutenção .....	99
4.8 Pilar 6 – Custo de Manutenção .....	100
4.8.1 Manutenção Industrial .....	100
4.8.2 Análise de Custos .....	101
4.8.3 Gerenciamento de Custo de Manutenção .....	101
4.9 Pilar 7 - Preventiva e Preditiva .....	103
4.9.1 Criação do Plano de Manutenção .....	106
4.9.2 Indicadores Manutenção Preventiva .....	107
4.9.3 Fluxo para Programar Manutenção Preventiva com PCP.....	108
4.10 Pilar 8 – Aprimoramento .....	109
4.10.1 Matriz Versatilidade.....	110
4.10.2 Cruzamento das competências.....	110

4.10.3 Determinação do Perfil Ideal dos Manutentores .....	112
4.10.4 Avaliação da Situação Atual.....	113
4.10.5 Desenvolvimento de um Plano de Treinamento para o Pessoal de Manutenção .....	113
4.10.6 Implementação do Plano .....	113
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO.....	115
6 CONCLUSÃO .....	122
REFERÊNCIAS.....	124
APÊNDICE A – FOLHA DE AUDITORIA DE CERTIFICAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÔNOMA PASSO 1.....	134
APÊNDICE B – FOLHA DE AUDITORIA DE CERTIFICAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÔNOMA PASSO 2.....	135
APÊNDICE C – FOLHA DE AUDITORIA DE CERTIFICAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÔNOMA PASSO 3.....	136
APÊNDICE D – PAINEL DE CONTROLE DA MANUTENÇÃO PLANEJADA .....	137
APÊNDICE E – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA.....	138

## 1 INTRODUÇÃO

Devido à alta competitividade e busca contínua pela lucratividade, as organizações tem enfrentado desafios cada vez mais frequentes, e sob pressão para se tornarem mais flexíveis e eficientes, objetivando obter melhor qualidade do produto a um custo menor, no prazo esperado e atender plenamente às necessidades crescentes dos clientes (COSTA et al., 2015; MCKONE et al., 2001; WICKRAMASINGHE; PERERA, 2016).

Neste caso, o papel das atividades de manutenção muda e se torna ferramenta estratégica, e deve buscar o alinhamento de suas metas correlacionando com as metas produtivas e assim orientadas para o esforço coletivo no sentido de atingir o desempenho e a melhoria contínua dos equipamentos (BARTZ et al., 2014).

Programas formais de melhoria contínua apareceram pela primeira vez no Japão, na segunda metade do século XX (Michela et al., 1996). No século XXI, a inovação organizacional e as técnicas de aprendizagem são utilizadas como parte das estratégias competitivas, apoiadas por programas de melhoria contínua baseados no método *Kaizen* japonês. Muitas dessas técnicas são projetadas para prever quando as falhas são mais prováveis de ocorrer, fazendo com que as contramedidas possam ser tomadas de forma focada, evitando que elas ocorram (SELLITTO et al., 2002).

A organização e as operações corporativas para essa estratégia competitiva são acompanhadas por programas como a manutenção produtiva total, representado pelas iniciais TPM, que focam na agilidade e flexibilidade da produção (NAKAJIMA, 1998). Dentre as diversas vertentes do programa TPM, um dos principais pilares é a manutenção autônoma, que tem como foco principal a eliminação de perdas por mau uso de equipamentos e de recursos humanos, eliminando não-conformidades e desenvolvendo, por meio dos times operacionais, pequenas e constantes melhorias em seus locais de trabalho, principalmente em seus equipamentos (NAKAJIMA, 1998; VENKATESH, 2005; PETTER et al., 2011).

Para maximizar a eficiência da planta, qualquer fator que reduza a eficiência, ou seja, cause perdas, deve ser eliminado. A ideia central da gestão estratégica de ativos, o TPM, (e dos implementados pelas empresas através dos artigos estudados) é eliminar completamente as seis grandes perdas associadas aos equipamentos: falhas, *setup* e ajustes de máquinas paradas, velocidade reduzida,

defeitos de fabricação (sucata e retrabalho) e baixo rendimento no início dos turnos de trabalho (NAKAZATO, 1999). Fica claro que, além das competências e habilidades do trabalhador, a participação e motivação da força de trabalho no TPM é estrategicamente importante para alcançar os resultados desejados.

De acordo com a abordagem TPM, as plantas mais rentáveis não são necessariamente aquelas com equipamentos de última geração. Por mais que as máquinas sejam antigas, elas podem sim entregar uma alta eficiência desde que operadas e gerenciadas através do TPM e por meio da eliminação dos desperdícios (DOGRA et al., 2011). De acordo com Pinto (2013), a manutenção produtiva total foi criada pelos japoneses nos anos de 1960-1970, pela empresa Nippon Denso KK, para servir de apoio ao sistema de produção *just in time*, dentro da Toyota Motor Company.

Para Poduval (2013) e Sahoo (2018), a manutenção produtiva total nascida no Japão, tem como foco a melhoria da produtividade e qualidade dos produtos manufaturados, minimizando perdas e reduzindo custos. Originalmente era somente uma ferramenta de manutenção, mas, após anos de evolução, tornou-se estratégica para o negócio, buscando a participação de profissionais de diversos departamentos e níveis para garantir o seu efetivo funcionamento.

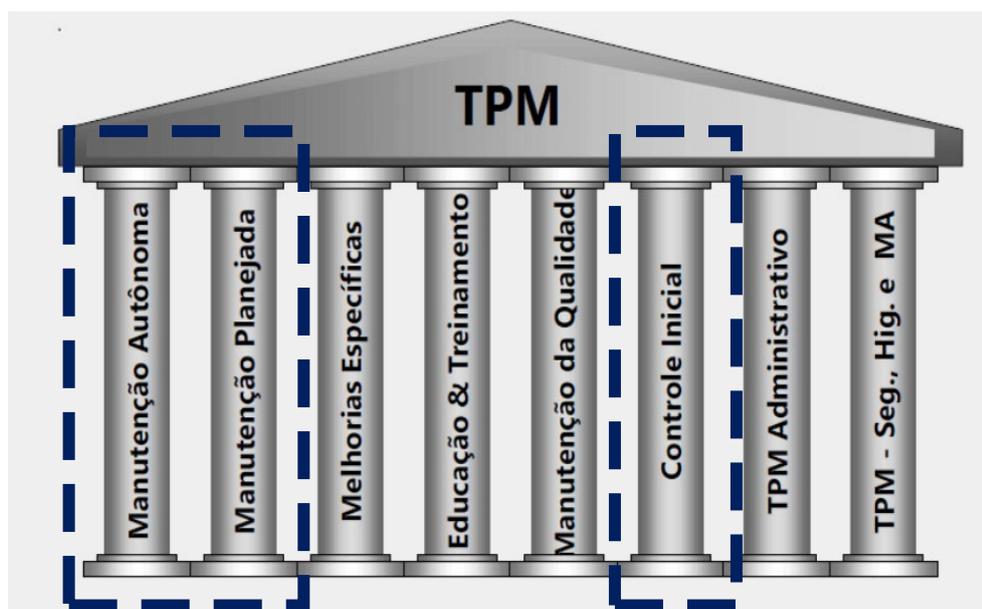
A manutenção antes vista como prejuízo financeiro ou mal necessário, passa hoje a ser vista como um ativo para a empresa, ela busca, hoje, redução de custos para o sistema produtivo, primando pela qualidade de seus serviços, pela boa utilização dos equipamentos, com menor impacto à produção buscando sempre reduzir o número de quebras e falhas, visando à maior produtividade do setor, clientes satisfeitos, colaboradores mais engajados e aumentando o lucro da empresa, para que, com isso, se consigam maiores investimentos nas máquinas, equipamentos novos e aumento do quadro de funcionários, primando ainda mais pela qualidade nos atendimentos e maximização dos resultados (FOGLIATTO et al., 2009; GUPTA et al., 2012).

A manutenção, por ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É necessário, portanto, deixar de ser somente eficiente e passar a ser eficaz, não basta somente consertar o equipamento o mais rápido possível para que a produção retorne, mas sim manter a função original disponível para operação, zelando para que o equipamento, não mais retorne a gerar parada não planejada e, assim, indisponibilizando a máquina novamente

(KARDEC et al., 2013).

Cada um dos pilares do TPM possui uma importância em particular, porém para essa dissertação serão utilizados, para a primeira etapa de implementação, somente os 3 pilares em destaque na figura abaixo, sendo eles: manutenção autônoma, manutenção planejada e o controle inicial.

Figura 1 - Os oito pilares da TPM



Fonte: PINTO, 2013, p.132

A inclusão de etapa específica e relacionada à manutenção ficou ainda mais evidente com a detecção de que vários motivos que geram paradas de máquinas estão relacionados a problemas de baixa complexidade e que podem ser solucionados com pequenas e simples intervenções, realizadas pelos próprios operadores. Faz-se necessária a capacitação dos próprios operadores para a detecção e disponibilização de ferramentas manuais para a correção desses problemas de baixa complexidade. Novamente, essa ação remete ao pilar do TPM intitulado de manutenção autônoma - MA (NAKAJIMA, 1988).

Os três objetivos fundamentais do TPM são: zero defeitos, zero acidentes e zero avarias (NAKAJIMA, 1988; WILLMOTT, 1994; NOON et al., 2000). Trata-se de uma estratégia de gestão para monitorar os ativos, mantendo um fluxo de produção com os equipamentos em condições ótimas de operação, com zero desperdícios,

zero falhas e zero quebra, assegurando a segurança, o custo e a qualidade adequados e, simultaneamente, desenvolvendo um ambiente participativo entre todos os colaboradores, voltados para os resultados e o atingimento das metas da empresa.

Fica evidente que os gerentes devem considerar de forma incessante a minimização do uso de recursos escassos, como máquinas e equipamentos (ANTUNES et al., 2008). Buscar de forma contínua a melhoria da eficiência da produção, aumentando, assim, sua rentabilidade e competitividade (SOUZA et al., 2018). O sucesso da gestão da manufatura se dá pela produtividade, com elevação da disponibilidade e da criação de meios para a sua elevação, utilizando a máxima capacidade de suas instalações, sendo relacionados à identificação e eliminação de perdas de produção (MUCHIRI et al., 2008). Qualquer desperdício devido a decisões erradas dos recursos como máquinas, materiais, mão de obra, tempo, etc. podem acarretar diretamente o aumento dos custos das empresas, que, por sua vez, reflete-se nos produtos (MOHANAVELU et al., 2017).

### **1.1 Problema de Pesquisa**

A implantação do TPM é um desafio a muitas organizações que não têm maturidade suficiente para aplicação e gerenciamento. Muitas vezes, essas organizações têm frustradas as suas implementações, alegando que a estratégia de gestão do ativo não funciona quando, de fato, o problema não é esse, mas o processo de implementação, que tem, por vezes, uma iniciativa forte no início da implementação, porém falha na manutenção e sustentação do mesmo, sofrendo com a falta de planejamento e diretrizes para que de fato se alcancem os objetivos que, *a priori* são o aumento da eficiência de máquinas, redução de custos e qualificação do corpo operacional. Porém, é claro que, por diversos fatores, hoje não é possível atingir os indicadores propostos, devido à não existência de projetos que visam à melhoria da produtividade. Busca-se, então, com a implementação sanar todas essas adversidades e atingir os indicadores propostos pela empresa.

Em termos de correção de anomalias crônicas nas máquinas, a necessidade de procedimentos de manutenção é ainda mais óbvia. Ações relacionadas à manutenção precisam ser implementadas buscando o envolvimento das pessoas e gerando soluções para os diversos problemas, a fim de que os mesmos possam ser

resolvidos de forma mais eficaz, com a implementação de todos os pilares da manutenção produtiva total. Contudo, para torná-lo um modelo eficaz e mais objetivo, relacionado às reais necessidades do caso de implantação, recomenda-se desenvolver apenas três pilares fundamentais do TPM: manutenção autônoma MA, manutenção planejada MP e controle inicial CI.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o papel dos pilares da manutenção planejada, manutenção autônoma e controle inicial na implementação da manutenção produtiva total. O estudo será conduzido por meio de pesquisa-ação em máquina piloto de empresa do setor metal-mecânico. O resultado esperado é o aumento da disponibilidade do ativo e, conseqüentemente, a melhoria da eficiência de produção do equipamento e redução de custos. Para atender o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos deverão ser alcançados:

- 1) Análise por meio da literatura como constituem-se as fases de planejamento, análise e execução dos pilares abordados no objetivo geral, bem como as principais práticas de sucesso e dificuldades encontradas para a implementação da manutenção produtiva total nas indústrias;
- 2) Detalhamento de todo o processo de implementação, bem como suas etapas na máquina-piloto selecionada, analisando o desempenho da eficiência, disponibilidade e custos de manutenção;
- 3) Acompanhamento e validação de todas as etapas de implementação da gestão de ativos o TPM;
- 4) Análise de dados antes e depois da implementação, a partir dos indicadores vinculados à disponibilidade de manutenção e eficiência geral do equipamento (OEE).

## **1.3 Justificativa**

Os problemas que levaram à necessidade de implementação do TPM, foram principalmente no nível do desempenho operacional e do estado de manutenção dos

equipamentos. Os valores de eficiência dos equipamentos utilizados em diversos departamentos da fábrica encontram-se muito aquém das metas estabelecidas, sendo dada especial atenção ao baixo rendimento em comparação com os produtos que prensa hidráulica pode produzir, o que é causado por diversos problemas como condições de conservação do equipamento, operação abaixo da sua capacidade, falta de manutenção e pouca qualificação dos operadores das máquinas. Além disso, algumas máquinas costumam falhar e exigem que a equipe de manutenção execute o conserto de forma não planejada, interferindo na produtividade.

A fim de justificar o trabalho atual em um contexto acadêmico, torna-se necessário identificar e selecionar as lacunas que se pretende preencher, visando à melhoria contínua para as aplicações propostas. Segundo Gil (2018), o preenchimento dessa lacuna está relacionado à classificação das pesquisas tentando entender quais são suas finalidades. O autor propõe que existem duas categorias principais de pesquisa: a primeira delas é chamada de básica, cuja finalidade é preencher lacuna de conhecimento; e a outra é chamada de pesquisa aplicada. Essa, por sua vez, visa à pesquisa de modo a resolver os problemas encontrados na sociedade em que vivem os pesquisadores.

Para o início de uma implementação, as atividades iniciais de planejamento, relacionadas ao pilar de manutenção autônoma, ficam sob responsabilidade do time de produção e o pilar de manutenção planejada vinculadas ao time de manutenção, por serem mais direcionais e estarem vinculados a uma melhora mais instantânea da eficiência (TONDATO, 2004). Parte-se do princípio de que as empresas que implementam o TPM podem não apenas melhorar suas práticas de manutenção, mas também melhorar seu desempenho de fabricação (MCKONE et al., 2001; PINTO et al., 2020).

A implementação do TPM leva a um aumento na eficiência de uso da capacidade instalada das indústrias japonesas que oscila entre 60% e 90%. Em decorrência desse aumento da eficiência, ocorre a redução da necessidade de novos investimentos de capital nas plantas industriais, pois é possível produzir mais com o mesmo ativo, através da redução no número de quebras de máquinas e interrupção inesperadas da produção (DOGRA et al., 2011). Em suma, existem evidências apontando que a implementação bem-sucedida do TPM tem resultados positivos para as organizações relacionados na redução de custos, melhoria da

qualidade e cumprimento de prazos de entrega de seus produtos (MCKONE et al., 2001).

Para implementação do TPM, várias questões organizacionais serão enfatizadas. Um dos grandes pontos fundamentais é a presença constante da alta administração da organização, no sentido de gerar maior envolvimento e contribuições, incentivando e patrocinando as iniciativas que visam à gestão motivacional, pois está é crucial para o sucesso de um programa de implementação de TPM. O envolvimento da alta administração pode percorrer longo caminho para remover os obstáculos, para que o programa de implementação de TPM seja conduzido de forma eficaz e promover a cultura de aceitação e motivação na organização.

Além disso, o sucesso do programa de implementação do TPM é muito influenciado pelo desenvolvimento de uma estrutura de manutenção integrada com a estrutura hierárquica da empresa (AHUJA et al., 2008). O sucesso do programa de implementação TPM estratégico pode ser assegurado não apenas pela garantia da implementação formal por vários planos de TPM na organização, mas também do acompanhamento integral para verificar se o que foi planejado no início da implementação esteja se movendo na direção certa.

Portanto é necessário analisar e enfatizar os benefícios quantificáveis derivados dos esforços para adoção e implementação do TPM na organização. Os resultados obtidos com isso não só ajudam a avaliar a eficácia do plano de implementação do TPM, mas também ajudam a aumentar a motivação dos funcionários, melhorar a aceitabilidade das iniciativas de TPM dentro da organização e alinhar os funcionários com os objetivos organizacionais (AHUJA et al., 2008). Os objetivos do TPM, de acordo com Souza (2013), estão relacionados com a melhoria na organização da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc.) e em termos humanos no constante aperfeiçoamento visando à melhoria das capacitações dos profissionais envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes. Quando as pessoas são desenvolvidas e treinadas, é possível impulsionar modificações necessárias em equipamentos promovendo então a melhoria do resultado global final.

Alguns dos problemas proeminentes na implementação do TPM incluem resistência cultural à mudança, implementação parcial do TPM, expectativas excessivamente otimistas, falta de uma rotina bem definida para atingir os objetivos

de implementação (eficácia do equipamento), falta de treinamento e educação, falta de organização na comunicação (NAKAJIMA, 1988; BECKER, 1993; RIBEIRO, 2019).

Conforme Arromba et al., (2021), para compreender as principais dificuldades na adoção do TPM, foi realizada uma revisão da literatura, levando-nos a doze dificuldades principais apresentadas na Tabela 1. Ainda Arromba et al., (2021), por mais que os programas de TPM existam há muitas décadas, encontram-se poucas conclusões plausíveis na literatura que poderiam ser generalizadas para a temática, voltadas à implementação do TPM nas indústrias.

Tabela 1 – Dificuldades de implantação do TPM encontradas na literatura

<b>Número</b>	<b>Descrição</b>	<b>Referências</b>
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dificuldade em vender o projeto para a diretoria da empresa, ou seja, justificar que melhorias nos indicadores de produção surgirão do TPM implementação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (Ahuja &amp; Khamba, 2008<sup>a</sup>; Baglee &amp; Knowles, 2010; Bartz et al., 2012; Estanqueiro &amp; Lima, 2006; Graisa &amp; Al-Habaibeh, 2011; Singh et al., 2016; Torres, 2014)</li> </ul>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Resistência dos colaboradores em relação a mudanças culturais proporcionadas pela implementação do TPM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (Ahuja &amp; Khamba, 2008<sup>b</sup>; Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri, Grover, Dev, &amp; Kumar, 2013; Bamber, Sharp, &amp; Hides, 1999; Bartz et al., 2012; Carrijo, 2008; Cigolini &amp; Turco, 1997; Cooke, 2000; da Costa et al., 2015; Estanqueiro &amp; Lima, 2006; Gupta, Vardhan, &amp; Al Haque, 2015; Lawrence, 1999; Milara Guedes, 2009; Poduval, Pramod e Jagathy Raj, 2015; Rodrigues e Hatakeyama, 2006)</li> </ul>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Problemas na implantação de estudos-piloto como um embrião para posterior disseminação do programa em toda a empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri, Grover, &amp; Dev, 2014; Attri et al., 2013; Poduval et al., 2015; Poduval et al., 2013; Singh et al., (2016)</li> </ul>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Baixa prioridade na alocação de recursos financeiros pela empresa para TPM implementação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri et al., 2013; Baglee &amp; Knowles, 2010; Cooke, 2000; PS Poduval et al., 2015; Poduval et al., 2013; Rodrigues &amp; Hatakeyama, 2006)</li> </ul>

5	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Dificuldade dos colaboradores no entendimento da nova estratégia, princípios e ferramentas que compõem o programa TPM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●(Ahuja &amp; Khamba, 2008b; Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri et al., 2014, 2013; Baglee &amp; Knowles, 2010; Bamber et al., 1999; Carrijo, 2008; da Costa et al., 2015; Gupta et al., 2015; Lawrence, 1999; Milara Guedes, 2009; os Poduval et al., 2015; Rodrigues &amp; Hatakeyama, 2006; Singh et al., 2016)</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Mau planejamento referente aos colaboradores sobre a necessidades de treinamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●(Ahuja &amp; Khamba, 2008b; Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri et al., 2014, 2013; Baglee &amp; Knowles, 2010; Bamber et al., 1999; da Costa et al., 2015; Graisa e Al-Habaibeh, 2011; Gupta et al., 2015; Poduval et al., 2015; Singh et al., 2016)</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Falta de apoio da alta administração para aumentar a conscientização sobre a importância do programa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●(Ahuja &amp; Khamba, 2008b; Ahuja &amp; Kumar, 2009; Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri et al., 2014, 2013; Bamber et al., 1999; Carrijo, 2008; Cooke, 2000; Gupta et al., 2015; Kelly, 2006; PS Poduval et al., 2015; Poduval et al., 2013; Singh et al., 2016)</li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Comunicação deficiente e baixa sinergia entre as áreas envolvidas na Implantação de TPM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●(Ahuja &amp; Khamba, 2008b; Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri et al., 2014, 2013; Baglee &amp; Knowles, 2010; Cooke, 2000; Estanqueiro &amp; Lima, 2006; Rodrigues &amp; Hatakeyama, 2006; Singh et al., 2016 ) Dificuldade</li> </ul>
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Dificuldade em atribuir maior responsabilidade e autonomia a colaboradores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●(Ahuja &amp; Khamba, 2008b; Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Cooke, 2000; Lawrence, 1999; Milara Guedes, 2009; Singh et al., 2016)</li> </ul>
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Mau planejamento relacionado às metas e objetivos a serem alcançados pela implantação do TPM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●(Ahuja &amp; Khamba, 2008b; Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri et al., 2014; Bamber et al., 1999; Estanqueiro &amp; Lima, 2006; Graisa &amp; Al-Habaibeh, 2011; Gupta et al., 2015; Milara Guedes, 2009; Poduval et al., 2015; Singh et al., 2016)</li> </ul>
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Não conformidade com todos envolvidos, principalmente nos estágios sequenciais planejados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●(Aspinwall &amp; Elgharib, 2013; Attri et al., 2014; Bamber et al., 1999; Estanqueiro &amp; Lima, 2006; Milara Guedes, 2009; Rodrigues e Hatakeyama, 2006; Singh et al., 2016; Torres, 2014)</li> </ul>

<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Falta de linguagem comum para ser utilizada por todos os funcionários na implementação do programa atividades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (Attri et al., 2014; da Costa et al., 2015; Graisa &amp; Al-Habaibeh, 2011; Poduval et al., 2015; Poduval et al., 2013; Torres, 2014)</li> </ul>
-----------	--	---

Fonte: Arromba et al., (2021).

De fato, pode-se observar que, conforme Arromba et al., (2021) na Tabela 1, existem diversos motivos apontados por vários autores, que sinalizam as dificuldades referentes à implantação do TPM, dentre elas dificuldades de vender o projeto, uma vez que nunca se tenha introduzido essa proposta dentro de um processo produtivo. Existem também diversas resistências por parte de todo o corpo operacional, pois através da implementação do TPM, tem-se a dificuldade da mudança cultural, que se traduz na baixa aderência, mesmo mostrando que, de fato, faz sentido a implementação do TPM e que é algo já consolidado, melhorando as atividades diárias, trabalhando de forma planejada, registrando as ocorrências e solucionando a causa raiz para os ocorridos.

Há também a questão da baixa priorização da alocação de recursos seja de pessoas ou de recursos financeiros, baixo apoio da direção da empresa, falta de treinamentos aos colaboradores, falta de uniformidade das informações, todos esses são fatores que podem afetar um processo de implantação de um novo modelo de gestão, fazendo com que o programa caia em descrédito.

Segundo Ahuja e Khamba (2008), os maiores fatores de insucesso da implantação do TPM são: a falta de habilidade da organização em lidar com seus recursos humanos, a cultura da empresa e das pessoas e a dificuldade em implementar as mudanças necessárias. Arca e Prado (2008) também reforçam a teoria de que é difícil obter comprometimento e participação dos participantes do projeto. Para Rodrigues e Hatakeyama (2006), alguns dos fatores em que o TPM falha são: falta de tempo para manutenção autônoma, operadores com cultura de produção sem manutenção, implementação apressada do TPM, omitindo etapas, falta de treinamento pessoal, falta de comprometimento gerencial, redução do investimento em manutenção entre outros.

Para o processo de implementação do TPM que serão descritos nessa dissertação, serão abordadas e já aplicadas contramedidas para as mais diversas adversidades que venham a ocorrer com o programa, para que de fato venha a se obter sucesso, visando com isso, uma melhora na eficiência do equipamento piloto

selecionado, redução de custos e um plantel operacional com melhores condições operacionais.

#### **1.4 Delimitações**

Conforme Pinto et al., (2020), o sucesso da organização depende diretamente de um bom sistema de gestão de manutenção. Compreendendo a manutenção de maneira holística, pode-se melhorar a eficiência, por exemplo, respondendo a falhas rapidamente e evitando a duplicação de problemas ao eliminar as causas. Portanto, reduzir o custo, melhorar a disponibilidade e vida útil do equipamento deve ser algo perseguido durante todo o processo de implementação.

Este trabalho tem como objetivo mostrar a implementação do TPM em uma máquina-piloto de uma empresa do ramo metal-mecânico, ou seja, focalizando nos pilares de controle inicial, manutenção autônoma e manutenção planejada, com o objetivo de produzir resultados satisfatórios, e após a implantação, evidenciar por medição dos principais indicadores norteadores os resultados obtidos.

A TPM visará ao desenvolvimento e melhora global da produtividade, realizando instrução técnica a todas as pessoas envolvidas no processo de produção, gerando um ambiente coeso e alinhado com as estratégias empresariais.

#### **1.5 Estrutura do Trabalho**

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos: o primeiro é referente à introdução ao trabalho, onde é apresentado o seu enquadramento, quais os objetivos propostos e a organização do documento, no segundo capítulo, é efetuada uma revisão bibliográfica do tema através de referencial teórico, mostrando o conceito da manutenção produtiva total ao longo do tempo, para o terceiro capítulo, será apresentado o procedimento metodológico usado durante este trabalho, a fim de orientar o processo de implementação, gerando rigor para seu desenvolvimento, já no capítulo quatro, serão apresentadas as etapas de implementação que foram usadas neste trabalho, passando primeiramente pelo controle inicial, após a etapa da implementação do pilar da manutenção autônoma e, por último, a etapa da manutenção planejada, ilustrando, dessa forma, todas as etapas propostas para este trabalho, no capítulo cinco, a partir das discussões, será

feito balanceamento dos efeitos obtidos com as melhorias adotadas, bem como trazendo os resultados mensuráveis na forma quantitativa e qualitativa; no sexto e último capítulo, são apresentadas as conclusões finais deste trabalho e ainda possíveis sugestões para questões futuras que não foram contemplados nesta dissertação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo de referencial teórico visa apresentar os conceitos que norteiam este trabalho. Buscando realizar uma análise através das literaturas, sobre os aspectos que envolvem a manutenção produtiva total, considerando o conhecimento já existente, com foco na área da implementação, analisando as principais dificuldades encontradas nas implementações realizadas, objetivando o êxito na busca pelos resultados esperados descritos no capítulo 1.2 do presente trabalho.

### **2.1 Manutenção Produtiva Total**

De acordo com Nakajima (1988) e Giuria-Farías et al., (2022) o principal objetivo do TPM é zero quebra e zero defeitos. O TPM foi elaborado para atender às necessidades de um conjunto de máquinas. Isso requer não apenas o envolvimento dos mantenedores, mas também inclui todos os profissionais do grupo operacional que trabalham na máquina todos os dias. Na área de estamperia, as prensas possuem importância bastante relevante, é onde o processo de fabricação de peças se inicia, elas, por sua vez, são dotadas de sistemas hidráulicos com diferentes capacidades, possuindo também sistemas eletromecânicos e pneumáticos. Nesse sentido, pode haver diversas fontes de problemas, sendo eles ocasionados pelo despreparo do time operacional, falta de manutenções e ou desgaste natural do equipamento.

Ainda Nakajima (1988), o TPM significa a mudança da postura da organização, tanto das pessoas como dos equipamentos. Em outras palavras, a sua abrangência é por toda a organização, ou seja, trata-se de uma mudança organizacional, para uma nova empresa. Essas mudanças acarretam a consolidação do novo sistema, pois quando o homem decide realizar um novo projeto, traçando novos objetivos, a transformação ocorre, aprimorando a sua capacidade (treinamento e habilidade) e a busca por zerar as falhas, torna-se algo alcançável. A eliminação das seis grandes perdas significa a incorporação das melhorias nas máquinas, que se reflete positivamente no decorrer da implementação, gerando um ambiente satisfatório para o trabalho, que é o verdadeiro responsável pela reformulação da empresa. Na Tabela 2, é possível visualizar as doze etapas para condução do TPM.

Existem quatro grandes fases: a fase preparatória necessária para desbravar o ambiente ainda incipiente e preparar local propício para a introdução da nova gestão de ativos; seguindo, temos a fase inicial do processo de implementação, quando há a necessidade de verificação de todos aspectos que possam tanto prejudicar, como alavancar a implementação, após isso, a própria implementação alinhada com todos os conteúdos definidos e estruturados e por fim a consolidação que visa à sustentação do implementado, quando são definidas todas as auditorias para a permanência dos resultados obtidos, buscando sempre a elevação e melhoria da produtividade, aumentando a eficiência das máquinas. Em vez de um conjunto de simples instruções, o TPM deve ser uma estratégia a ser seguida, cuja adoção requer mudança de atitude por parte do pessoal de produção e manutenção (AHUJA et al., 2008).

Tabela 2 - As 12 etapas para implementação do TPM

<b>Fases</b>	<b>Etapas</b>	<b>Conteúdo</b>
<b>Fase preparatória para implementação do TPM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Decisão pela adoção ao programa pela alta direção - anúncio oficial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Divulgação acerca do TPM para toda a organização.</li> <li>● Uso de meios de comunicação disponíveis (murais, cartilhas, jornais internos, intranet etc.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Campanha para introdução da nova gestão de ativos e esclarecimentos iniciais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Seminários específicos dirigidos a hierarquias superiores</li> <li>● Projeção de vídeos para elementos operacionais</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estruturação do órgão encarregado pela implementação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estruturação dos comitês (<i>squad</i>) para implementação do TPM</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Definição de políticas básicas e metas a serem alcançadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Escolha do alvo e definição das metas a serem alcançadas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elaboração do plano diretor de implementação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Detalhamento do plano diretor</li> </ul>
<b>Fase Inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Atividades relacionadas à introdução da estratégia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Convite a fornecedores, clientes e empresas afiliadas</li> </ul>
<b>Fase de Implementação do TPM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Incorporação de melhorias individualizadas sobre as máquinas e equipamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Escolha da máquina-piloto e estruturação da equipe de trabalho</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estruturação da Manutenção Autônoma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Implementação por etapas</li> <li>● Auditoria de cada desenvolvimento e aprovação</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Estrutura do setor de manutenção e condução da Manutenção Planejada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Condução da manutenção periódica</li> <li>●Administração do cronograma de implementação</li> <li>●Peças de reposição, ferramentas, desenhos técnicos etc.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Educação e treinamento para melhoria das habilidades do pessoal da produção e da manutenção.</li> <li>●Estrutura para gestão dos equipamentos na fase inicial de funcionamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Preparação coletiva dos líderes</li> <li>●Educação e treinamento em cascata dos membros</li> <li>●Condução do projeto com prevenção da manutenção (MP)</li> <li>●Controle da fase inicial de funcionamento</li> <li>●Custo de ciclo de vida (CCV);</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●<b>Fase de consolidação</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Consolidação do TPM e incremento do seu nível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Candidatura ao Prêmio MP de Manutenção</li> <li>●Definição de objetivos de maior porte</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Nakajima (1988)

Portanto, faz-se necessária a implementação do TPM e de suas ferramentas, formando um programa lógico, que impulse melhorias e maior uso dos ativos. Neste caso, a abordagem propõe o desenvolvimento de três pilares visando à melhoria nos resultados de produtividade (eficiência). Através do pilar de controle inicial e pelas expectativas em relação à implantação, será iniciado o projeto por uma máquina chamada de piloto, do grupo de especialidade da estamperia (prensa hidráulica), aplicando os três principais pilares do TPM: CI - Controle Inicial, MP - Manutenção Planejada; MA - Manutenção Autônoma. Para desenvolver esses pilares, são recomendados os seguintes passos: (NAKAJIMA, 1988; VENKATESH, 2005; SINGH et al., 2013).

## 2.2 Controle Inicial

Sellitto (2022) aponta que a missão da manutenção industrial deve ser a de garantir a disponibilidade de equipamentos e instalações, objetivando apoiar em todas as necessidades dos processos de fabricação e serviços, dentro de um custo aceitável e sem riscos para as pessoas, ao patrimônio e ao meio ambiente.

No passado, a manutenção envolvia mais questões técnicas do que estratégia (WAEYENBERGH, 2002). Atualmente, as estratégias de fabricação e

manutenção devem ser integradas para o alcance do desempenho competitivo necessário e aderente ao ambiente de negócios industriais. A fabricação conta com prioridades competitivas bem como custo, qualidade, flexibilidade e confiabilidade que serão influenciadas, tanto positivamente como negativamente dependendo do tipo de estratégia de manutenção que será realizada. Atrelado a isso, um dos papéis da estratégia de manutenção é atingir objetivos específicos que suportem e apoiem o processo de manufatura (WANG, 2017). Schmidt e Wang (2018) descrevem alguns tipos de estratégia de manutenção como o reativo (executar até a falha), preventivo (antecipar até a falha), preditivo (prever falha) e ainda argumentam que as estratégias de manutenção devem ser elaboradas visando fornecer meios para prever, através da mitigação dos problemas de falhas nos equipamentos e corrigindo as mesmas sempre quando verificado o defeito, a fim de garantir o cumprimento das prioridades de fabricação.

Pelo texto acima exposto, uma das práticas de manutenção muito usual, e que vem ao encontro das necessidades para tomada de decisão e inclusive para o direcionamento de custos de manutenção, é a manutenção centrada na confiabilidade (MCC), que tem suas origens na indústria aeronáutica. Desde então, sua aplicação se expandiu para outros campos, como forças militares, indústria de energia nuclear, petróleo e gás *offshore* e indústria automotiva (RAUSAND, 1998).

O MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) é uma combinação de práticas de manutenções baseada em tempo ou periodicidade, em condições dos equipamentos e na manutenção proativa. Essas estratégias são integradas e visam alavancar os pontos fortes de cada uma dessas práticas, para maximizar a confiabilidade das instalações e dos equipamentos, e ao, mesmo tempo, buscando a minimização dos custos. Assim, evitam-se tarefas e operações de manutenção desnecessárias, como divergências de aplicação de estratégias de manutenção (RAUSAND, 1998; VISHNU; REGIKUMAR, 2016). Segundo Arno et al., (2015), o MCC foca no sistema completo e está mais preocupado em manter a funcionalidade geral do sistema do que em seus componentes individuais. Essa é uma atividade contínua, na qual todas as informações que são geradas por toda a operação, bem como as características de falha que são originadas, são usadas para a melhoria contínua do sistema.

Segundo Giuria-farías (2022), MCC tem boas qualidades a adotar para priorização dos ativos de acordo com diferentes critérios, enquanto a aplicação

parcial do TPM pode reduzir o esforço organizacional e maximizar os resultados, otimizando os recursos da empresa.

Conforme Sellitto (2022), escolher uma política de manutenção e monitoramento da sua implementação conforme tabela 3, abaixo, pode aumentar a usabilidade dos ativos e garantir um nível adequado de segurança e custo. Outra característica de interesse é a manutenibilidade, que é a probabilidade de que, após uma falha, o reparo ocorra sob certas condições dentro de um determinado período de tempo. A gestão de projeto, instalação e manutenção afeta o tempo de reparo, embora principalmente devido a decisões tomadas durante a fase de projeto. Confiabilidade e manutenibilidade são processos cujo estado é indeterminado, com origem em eventos aleatórios e que requerem dados empíricos e distribuições de probabilidade para serem analisados.

Tabela 3 – Utilidade esperada para as estratégias e políticas de manutenção

Manutenção		Prioridades de fabricação			
Estratégia	Política	Custo	Qualidade	Flexibilidade	Confiabilidade
Reativo (baixo custo, alta paralisação)	Emergência	Muito útil. Substitui apenas peças danificadas, exigindo pouca manutenção o que aumenta um pouco o custo.	Indiferente. Como a função das peças não muda, não se espera que a qualidade seja afetada.	Indiferente. Como a função das partes não muda, não se espera que a flexibilidade seja afetada	Prejudicial. Admite muitas paradas não programadas que comprometem as entregas.
	Corretivo	Útil. Substitui apenas peças danificadas mas tenta resolver a causa, necessitando de algum serviço que represente algum custo	Indiferente. Como a função das peças não muda, não se espera que a qualidade seja afetada significativamente.	Indiferente. Como a função não muda, não se espera que a flexibilidade seja afetada significativamente.	Muito prejudicial. Admite muitas paradas não programadas e reduz a disponibilidade, comprometendo prazos e entregas
Preditivo (Equilibrado)	TPM	Equilibrado. Requer algum serviço que aumente parcialmente o custo, mas a redução na taxa de falhas pode diminuir parcialmente o custo	Muito útil. Elimina incertezas que geralmente resultam em perda de qualidade do produto.	Indiferente. Não se espera que reduções nas incertezas ou na taxa de falhas afetem a flexibilidade.	Útil. Reduções nas incertezas ou na taxa de falhas podem aumentar parcialmente a disponibilidade.
	CBM	Equilibrado. Requer algum serviço que aumente parcialmente o custo, mas a redução na reposição pode diminuir parcialmente o custo.	Muito útil. A aquisição e o processamento de dados podem antecipar problemas que geralmente resultam em perda de qualidade no produto	Indiferente. Como a função das peças não muda, não se espera que a qualidade seja afetada significativamente.	Indiferente. A substituição programada ocorre em tempo de máquina não programado, portanto, sua redução não deve aumentar a disponibilidade.
Preventivo (alto custo, baixa paralisação)	Substituição e revisão	Muito prejudicial. Isso resulta em um grande número de substituições desnecessárias e exige muito serviço, aumentando significativamente o custo	Indiferente. Como a função não muda, não se espera que a qualidade seja afetada	Indiferente. Como a função não muda, não se espera que a flexibilidade seja afetada.	Muito útil. A substituição e a revisão incondicionais programadas reduzem drasticamente as paradas não programadas e preservam as datas de vencimento e as entregas
	Renovação	Prejudicial. Requer uma grande estrutura de atendimento, aumentando os custos significativamente.	Útil. Espera-se que a adaptação remova alguns problemas de qualidade causados por obsolescência tecnológica.	Útil. Retrofit de inovação agregada que pode aumentar a flexibilidade	Útil. O retrofit reduz drasticamente as paradas não programadas e preserva as entregas, mas pode trazer de volta falhas precoces

Fonte: Sellitto (2022).

Quando se trata sobre da função de confiabilidade  $R(t)$ , ela representa a probabilidade, sob condições especificadas, de que um item ou sistema cumprirá uma função desejada no tempo  $(t)$  (ABNT NBR 5462, 1994; FOGLIATTO;

RIBEIRO, 2009; SELLITTO, 2022). Três funções auxiliares suportam a noção de confiabilidade como pode-se observar abaixo:

A função  $F(t)$  ilustra a probabilidade de uma falha ocorrer até o tempo  $t$  e é representada pela equação A.

$$F(t) = 1 - R(t) = \int_0^t f(t) \cdot dt \quad (A)$$

A função  $f(t)$  mostra a probabilidade de uma falha ocorrer no intervalo  $[t; t+\Delta t]$ , expressa pela equação B.

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (B)$$

A função  $f(t)$  ajuda a definir  $R(t)$ , por meio da equação C.

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (C)$$

A função risco  $h(t)$  representa a quantidade de risco de falha que um equipamento percorre no instante  $t$ . É evidenciada através da equação D.

$$h(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (D)$$

A função  $h(t)$  é uma taxa de falha instantânea. A função de taxa de falha  $\lambda(t)$  está no intervalo  $[t; t+\Delta t]$ , assumindo que não há falhas antes de  $t$ . A taxa de falha é dada pela equação E.

$$\lambda(t) = \frac{F(t+\Delta t) - F(t)}{R(t)} \quad (E)$$

Os modelos probabilísticos usados para relatar  $R(t)$ , são o exponencial negativo e o modelo de Weibull. Há três parâmetros (equações F e G) (MENGUE 2013; SELLITTO, 2013).

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (F)$$

em que  $\lambda$  = taxa de falhas constante

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^\gamma} \quad (G)$$

onde  $t_0$  = tempo até a falha,  $\gamma$  = fator de forma, indicando que a taxa de falha está observada ( $\gamma < 1$ ), constante ( $\gamma = 1$ ) ou crescente ( $\gamma > 1$ ) e  $\theta$  = fator de escala da distribuição, o que indica que a distribuição grau de difusão ao longo do tempo (SELLITTO, 2022).

Conforme Jia (2021), na engenharia de confiabilidade, o tempo até a falha é geralmente uma variável aleatória e assumida ou verificada para seguir uma

distribuição. Segundo Xie et al., (2000) e Sellitto et al., (2018), o modelo exponencial negativo pode ser entendido como um caso especial do modelo Weibull quando o fator de forma é unitário. Segundo Mengue e Sellitto (2013), se ambos os modelos forem adequados para um conjunto de dados, é melhor escolher o modelo exponencial por questão de parcimônia. O valor esperado do tempo até a falha é dado pelo MTTF (tempo médio até a falha). Se a falha for reparável, ela é chamada de MTBF (tempo médio entre falhas). A equação H tem a forma geral para o MTBF.

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (H)$$

Para o cálculo do *MTBF*, a equação I pode ser resolvida por integração por partes. Como não existe uma expressão analítica para a confiabilidade sistêmica, utiliza-se a equação I.

$$MTBF = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum R(t) \Delta t \quad (I)$$

A distribuição exponencial é a única distribuição contínua com função de risco constante. Suas representações de confiabilidade, para  $t \geq 0$  são apresentadas nas equações J a N.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (J)$$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (L)$$

$$h(t) = \lambda \quad (M)$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (N)$$

A distribuição Weibull de três parâmetros tem uma função de risco constante, estritamente crescente e decrescente, o que a torna adequada para modelar o tempo até a falha. Essa distribuição é importante na modelagem de confiabilidade. Isso ocorre porque ele é flexível e permite que diferentes comportamentos representem exemplos de tempo até a falha. Os gráficos de confiabilidade para  $t \geq 0$ ,  $\gamma > 0$  e  $\theta > 0$  são mostrados nas equações de O a R.

$$f(t) = \frac{\gamma}{\theta} t^{\gamma-1} e^{-t^\gamma/\theta} \quad (O)$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\gamma} \quad (P)$$

$$h(t) = \frac{\gamma}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\gamma-1} \quad (Q)$$

$$MTBF = t_0 + \theta^{\frac{1}{\gamma}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \quad (R)$$

A função manutenibilidade  $M(t)$  é semelhante a  $F(t)$ .  $M(t)$  é a probabilidade de que o reparo seja concluído no tempo  $t$ . As distribuições de probabilidade mais úteis para modelar o tempo de reparo do TTR são as distribuições lognormal e normal. O valor esperado de  $M(t)$ , MTTR, é calculado de forma semelhante ao MTBF. Caso nenhuma distribuição se ajuste, a média aritmética do TTR (*time to repair*) ou tempo para reparo pode ser usada em seu lugar (MENGUE; SELLITO, 2013).

As equações S e T apresentam a confiabilidade sistêmica para os arranjos em série e paralelo, respectivamente.

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (S)$$

$$R_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)] \quad (T)$$

em que  $R_i$  é a confiabilidade sistêmica da máquina  $i$  no instante  $t$ .

Fogliatto e Ribeiro (2009) destacam que o MTBF e o MTTR podem ser utilizados para calcular a disponibilidade (AV) dos equipamentos. De acordo com a ABNT NBR 5 62 (1994), disponibilidade refere-se à condição de algo ser capaz de executar uma função especificada durante um tempo especificado ou durante um intervalo de tempo especificado, considerando os aspectos combinados de confiabilidade, manutenibilidade e suporte à manutenção. Quanto maiores  $R(t)$  e  $M(t)$ , maior AV. Aumentar o AV requer aumentar o MTBF, diminuir o MTTR ou uma combinação de ambos. AV é dado pela expressão U.

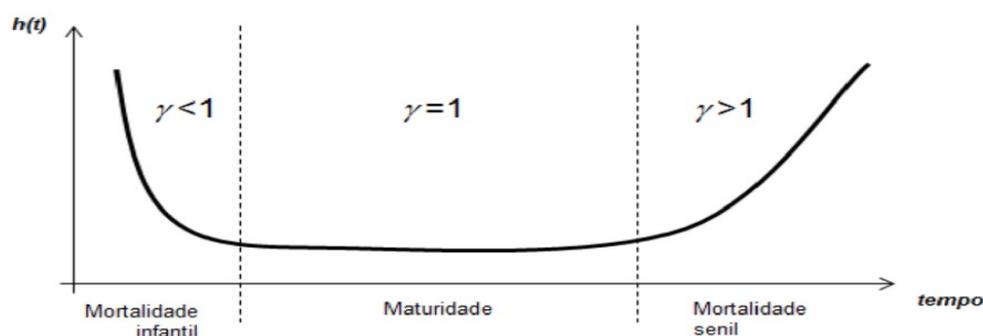
$$AV = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (U)$$

Segundo Sellitto 2022, o fator de forma  $\gamma$  do modelo Weibull apresenta um comportamento diferente de  $\lambda(t)$  do ponto de vista da confiabilidade. Para  $\gamma < 1$ ,  $\lambda(t)$  está diminuindo, significa que existem falhas precoces e ou defeitos originais. Se  $\gamma \approx 1$ ,  $\lambda(t)$  constante, significa falhas por eventos aleatórios. Se  $\gamma > 1$ ,  $\lambda(t)$  está aumentando, significa que a falha ocorre por desgaste ou fadiga. A evolução do comportamento de  $\lambda(t)$  ao longo do tempo explica a evolução de uma fábrica industrial complexa e pode ser generalizada como uma estrutura abstrata, chamada de curva da banheira.

## 2.3 Curva da Banheira

Há uma suposição na indústria de que a manutenção regular garante a confiabilidade e a segurança do equipamento. Mas estudos mostram que essa abordagem, tem pouco ou nenhum impacto na confiabilidade ou segurança final do equipamento. Isso se baseia na suposição de que todos os equipamentos seguem o mesmo mecanismo de falha, com a mesma taxa de falha, representada pela curva da banheira, apresentada na figura 2 de Lafraia (2001) e Sellitto (2005). A aplicação do MCC se faz necessária e requer um conhecimento teórico mais aprofundado sobre as funções de confiabilidade. A figura 2, abaixo, apresenta a curva da banheira e as três fases do ciclo de vida genérico para equipamentos industriais.

Figura 2 – Curva da banheira (bath-tube curve)



Fonte: Lafraia (2001) e Sellitto (2005)

Se  $\gamma$  (fator de forma) for menor que 1, a função de risco  $h(t)$  (taxa instantânea de falha) diminui, então o equipamento está na fase de morte infantil e a estratégia mais adequada é a manutenção corretiva, normalmente essas falhas são atribuídas a deficiências iniciais de projeto e dos próprios componentes, sendo corrigidas na medida que forem identificadas. Se  $\gamma$  for maior que 1, a função de risco  $h(t)$  aumenta, então o estágio de vida do equipamento é na mortalidade senil, e a estratégia mais adequada é a preventiva. E quando  $\gamma$  é aproximadamente 1 ou muito próximo desse valor, a função de risco  $h(t)$  é constante, o que indica que as falhas são aleatórias e o estágio de vida do ativo se encontra em maturidade e a estratégia mais adequada é a manutenção preditiva, monitorando o equipamento a fim de detectar o fim da maturidade. Nesse aspecto, pode-se também optar por

estratégias, bem como a aplicação do TPM e após, como opção, a CBM (manutenção baseada em condição) visando à antecipação do envelhecimento, desgaste, ou falhas por fadiga, detectando alguns componentes mais propensos a ficarem fora de serviço. A fase da morte senil é o fim da vida útil do equipamento, quando a frequência de falhas aumenta e a estratégia mais adequada é a preventiva, pois a substituição prediz falha iminente (BEN-DAYA et al., 2009, HASHEMIAN et al., 2011; SELLITTO, 2022).

## **2.4 Medidas de Controle**

Para uma melhor tomada de decisão, gerentes e administradores precisam de medidas de desempenho, que possam identificar as falhas em processos, na busca da eliminação de problemas, possibilitando uma análise minuciosa das informações, que permitem comparações, criando condições de melhorar os processos de gestão.

São muitos os autores que afirmam a importância da medição do desempenho dos processos na implementação e formulação de iniciativas de melhoria baseadas nessas métricas. Segundo Cardoso (2013), o OEE (eficiência global do equipamento) originou-se de uma metodologia desenvolvida pela Toyota, onde esse indicador se tornou a melhor forma de medir a eficácia geral dos equipamentos de uma organização. Nakajima (1989) afirma que grande parte dos custos de produção está relacionada a perdas e custos ocultos inerentes aos processos produtivos, e o OEE enfatiza esses custos. O OEE é extremamente importante nas organizações, pois pode ser utilizado para aumentar a produtividade e os lucros (HANSEN, 2006). Para Gupta et al., (2012) é necessário registrar as perdas de produção com data, horário, motivos da paralisação e horário da ocorrência para obter valores confiáveis de eficiência global e realizar as devidas melhorias.

A OEE é um método para medir a eficácia do uso do equipamento (AHMAD et al., 2018; PINTO et al., 2020). O OEE é um dos principais parâmetros de acompanhamento, para evidenciar a melhoria ou não de qualquer implementação de estratégias para o aumento da produtividade. A medição OEE é necessária para a melhoria contínua na implementação do TPM. Com base na nessa medição, são revelados os resultados das medições realizadas e expressos em números o desempenho do equipamento. Os resultados expressos da OEE, indicam se o

equipamento está funcionando de maneira ideal ou não para produzir um produto de qualidade, reduzindo as perdas durante o processo de produção (GUPTA et al., 2012). O padrão de classe mundial de pontuação OEE é de 85%, com taxa de pontuação de disponibilidade de 90%, taxa de pontuação de eficiência de desempenho de 95% e taxa de pontuação de qualidade de 99,9% (GUPTA et al., 2012). A fórmula do OEE é (AHUJA et al., 2018):

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência de desempenho} \times \text{Taxa de qualidade} \quad (\text{A})$$

$$\text{OEE} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (\text{B})$$

Onde:

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Tempo de paradas não programadas}}{\text{Tempo de Carga}} \quad (\text{C})$$

$$\mu_2 = \frac{\text{Ciclo de projeto} \times \text{Número de peças produzidas}}{\text{Tempo de operação}} \quad (\text{D})$$

$$\mu_3 = \frac{\text{Número de peças produzidas} - \text{Número de peças refugadas}}{\text{Número de peças produzidas}} \quad (\text{E})$$

Para medição de indicadores de manutenção, cada empresa pode usar como preferir diferentes critérios para os indicadores de manutenção que serão medidos e avaliados. Entretanto, os usualmente adotados são: 1) Tempo Médio entre Falhas (*Mean Time Between Failures* – MTBF); 2) Tempo Médio entre Reparos (*Mean Time to Repair* – MTTR); 3) Disponibilidade de manutenção. Cabe observar que os objetivos perseguidos são o aumento do MTBF, a redução do MTTR e o aumento da disponibilidade. Ainda a melhoria desses três principais indicadores de manutenção tende a gerar conseqüentemente uma melhoria geral no OEE.

Para a medida de desempenho, OEE foi desenvolvido a partir do conceito TPM, originalmente criado por Nakajima. O objetivo do TPM é alcançar zero falhas ou defeitos associados ao equipamento, portanto, visa ao alcance do aumento da produtividade, redução dos custos e estoque (MUCHIRI et al., 2008). Portanto, o

OEE compara o nível da operação como potencial ideal para desempenho de recursos com base em diversos problemas que possam ocorrer e que levam à redução da eficiência global, resultando em indisponibilidade de produção (LANZA et al., 2013). Portanto, Nakajima (1988) define OEE como o tempo, a velocidade e a qualidade da operação do equipamento e mede como esses fatores podem ser adicionados. Enquanto Muchiri et al. (2008) define o OEE como uma ferramenta de análise de três partes para o desempenho do equipamento com base na disponibilidade, desempenho e taxa de qualidade do produto final, identificando todas as perdas com o objetivo de melhorar o desempenho e a confiabilidade dos ativos.

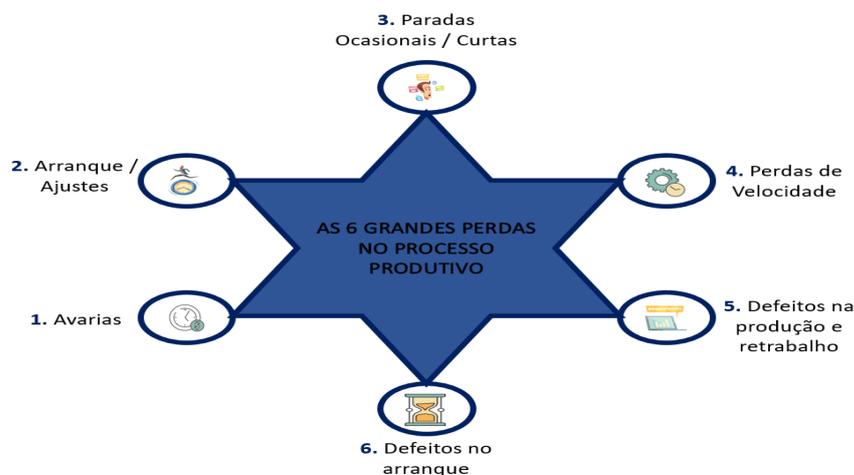
As três métricas que compõem o OEE (disponibilidade, performance e qualidade), projetadas para capturar todo e qualquer problema de produção, além das seis grandes perdas que ocorrem em máquinas conforme definido por Nakajima (1988), que afetam diretamente a eficiência do equipamento, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Diferença entre perdas crônicas e perdas esporádicas

Índice	Quebras
Disponibilidade	● 1 - Perda por quebra ou parada acidental
	● 2 - Perda por <i>setup</i> ou ajustes
Performance	● 3 - Perda por ociosidade e pequenas paradas
	● 4 - Perda por redução de velocidade
Qualidade	● 5 - Perda por problemas de qualidade/processo
	● 6 - Perda por queda de rendimento

Fonte: Adaptado de Nakajima (1988)

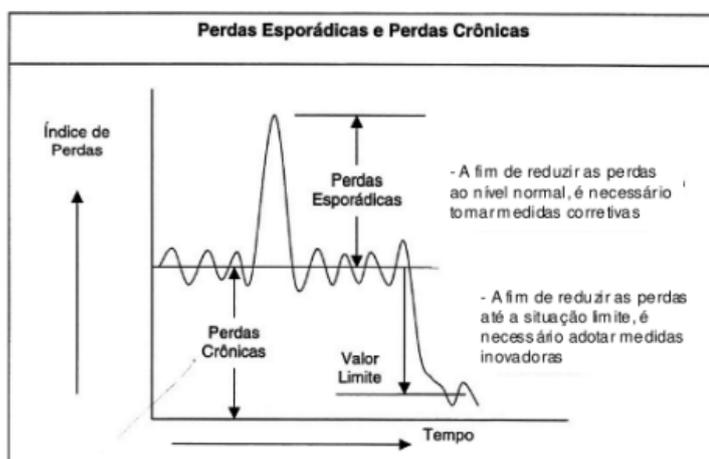
Figura 3 – As 6 grandes perdas



Fonte: Elaborado pelo autor

1. Perda por quebra de rendimento: caracterizado por erros de fabricação de componentes ou perda de produção. Esse erro é causado por mau funcionamento, dano ou defeito no equipamento. Segundo Chiaradia (2004), esses transtornos são classificados em dois grupos. As falhas esporádicas e crônicas mostradas na figura 4, abaixo, são frequentemente ignoradas porque são pequenas interrupções de curta duração, mas podem se tornar grandes interrupções se não forem corrigidas. Além disso, por acontecer regularmente, podem reduzir a disponibilidade de ativos conforme observado no índice de perdas do gráfico marcado no eixo vertical e a oscilação ao longo do tempo no eixo horizontal.

Figura 4 – Perdas esporádicas e perdas crônicas



Fonte: Chiaradia (2004)

2. Perdas por *setup*: este tipo de perda ocorre quando a produção está mudando o ferramental para suprimir a necessidade de um outro item. Essas perdas além de serem comuns são necessárias, principalmente quando se deseja aumentar a flexibilidade do sistema de manufatura. Por definição, o tempo de *setup* é definido como o tempo entre a conclusão da tarefa de processamento atual e sua produção de um produto livre de erros para as seguintes tarefas (HIRANO, 2010). Portanto o tempo de *setup* é uma característica de um intervalo de tempo em que os recursos disponíveis para produção acabam não gerando valor, fazendo com que esse tempo seja classificado como desperdício.

3. Perdas por paradas e pequenas interrupções: Uma parada relativamente curta. Elas ocorrem quando a produção é interrompida ou a máquina fica ociosa devido a interrupções temporárias, resolvidas rapidamente, mas ocorrem com frequência suficiente para perder muita capacidade (MUCHIRI et al., 2008).

4. Perda de desaceleração: Esse tipo de perda refere-se à diferença entre a velocidade de projeto do dispositivo e sua velocidade real de operação (HEDMAN et al., 2016). No caso de Chiaradia (2004), essa perda pode ser causada por problemas de manutenção, operacionais, de qualidade ou de processo, quando os operadores ou técnicos de manutenção desaceleram o equipamento e o mantêm funcionando enquanto ocultam a causa real.

5. Perda devido a problemas de qualidade: Defeitos de qualidade e retrabalho são perdas de qualidade causadas por defeitos nos meios de produção (máquinas, equipamentos, ferramentas, etc.) (MUCHIRI et al., 2008). Chiaradia (2004) observa que os problemas de qualidade podem ser esporádicos ou crônicos.

6. Perdas devido a rendimentos mais baixos: Este tipo de perda é caracterizado pela perda de rendimento durante a fase de estabilização do processo. A performance produtiva reduzida ocorre nos estágios iniciais da produção, desde a partida da máquina até a estabilização (HEDMAN et al., 2016). E durante esse período inicial ainda podem ocorrer anomalias, por diversos motivos.

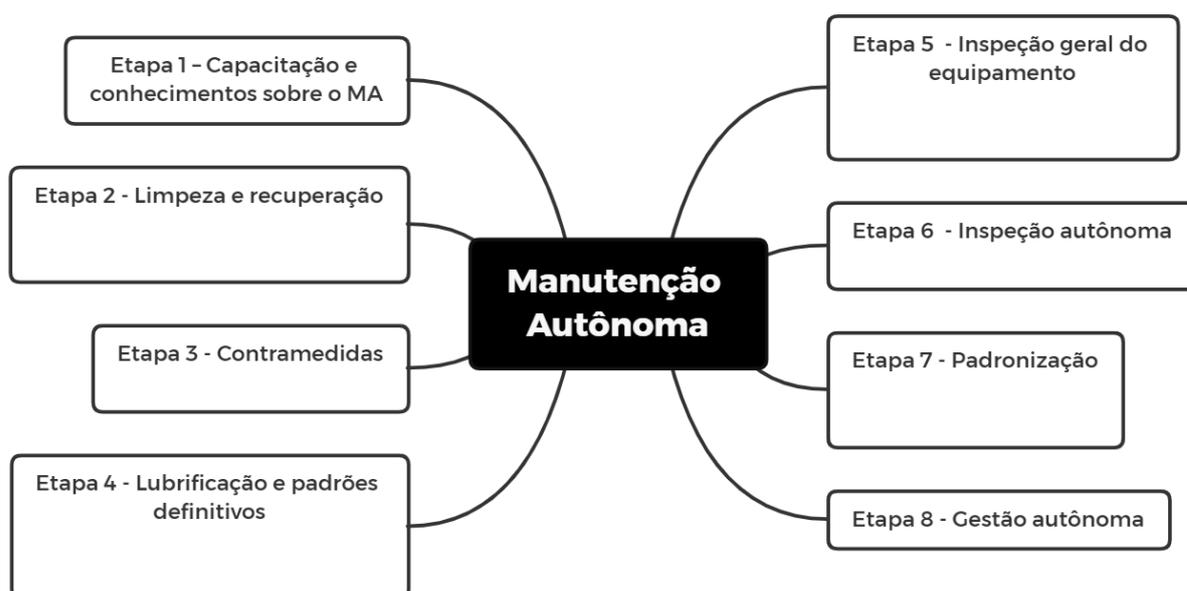
## **2.5 Manutenção Autônoma**

Pilar de manutenção autônoma (MA) envolve e ensina os operadores a trabalhar em equipe e de modo flexível, a conhecer e operar melhor os equipamentos, descobrir deficiências e identificar pontos a melhorar de forma

contínua (RAJPUT et al., 2012). A manutenção autônoma usa os operadores na manutenção e preservação dos equipamentos, em atividades como limpeza, lubrificação, inspeção, e pequenos reparos (TONDATO, 2004).

Segundo Nakajima (1989), Tavares (1999), Venkatesh (2003) e Ribeiro (2014), a implantação da manutenção autônoma é realizada em oito etapas:

Figura 5 – Etapas implementação Manutenção autônoma



Fonte: Elaborado pelo autor

O pilar de manutenção autônoma foi projetado para manter os operadores informados sobre as tarefas de manutenção de rotina, o que ajuda a liberar a equipe principal de manutenção para trabalhar em atividades de alta manutenção. Se os operadores são treinados para realizar atividades básicas, isso aumenta seu nível de habilidade, dá a eles mais responsabilidade pela operação da ferramenta, aumenta suas perspectivas de trabalho e libera os técnicos para trabalhar em atividades mais complexas. Com o tempo, as habilidades melhorarão e as equipes autônomas passarão para atividades de manutenção mais complexas e garantirão a disponibilidade ideal da máquina (ALASWAD et al., 2017)

O pilar da manutenção autônoma é focado no desenvolvimento técnico operadores para realizar pequenas tarefas nos equipamentos que operam, deixando as atividades que requerem reparos técnicos mais complexos e/ou específicos para pessoal de manutenção especializado (GUPTA et. al., 2012).

Xenos (2004) destaca que para a implantação do MA é necessário basear as ações no preparo ou capacitação dos operadores, em questões técnicas para que possam realizar algumas novas ações em seu dia a dia, apesar de muitas atividades serem realizadas pelos operadores, ainda haverá uma demanda por reparos técnicos, que nesse caso serão realizados por uma equipe de manutenção específica.

## **2.6 Manutenção Planejada**

A manutenção planejada consiste no desenvolvimento de medidas preventivas que visam à quebra zero, aumentando a eficiência e eficácia dos equipamentos, desde as suas melhorias iniciais. A implementação da manutenção autônoma libera o departamento de manutenção da maioria das tarefas essenciais e rotineiras, permitindo que o departamento foque em ações alinhadas ao planejamento anual, mensal, semanal e diário, bem como no registro adequado das atividades realizadas, otimizando o uso de recursos disponíveis e estabelecendo padrões a serem seguidos em todas as intervenções. Segundo Suzuki (1994), a manutenção planejada, quando introduzida, mantém o equipamento e o processo em ótimas condições. Passos para as aplicações da manutenção planejada são: avaliação e compreensão do equipamento em situação atual (taxa de danos, custos de manutenção), restaurar condições ideais, estruturação da informação e controle de dados, estruturar a manutenção regular (baseada no tempo), estruturação de manutenção preditiva (baseado no estado) e retroalimentação de melhorias encontradas a partir passos acima citados, ao plano da manutenção planejada. Segundo Fogliatto et al., (2009), a manutenção planejada substitui o comportamento reativo para uma ação proativa.

A manutenção planejada busca o aumento da produtividade (sem avarias, sem defeitos). Nesse sentido, apoia a produção para manufaturar a quantidade necessária dentro dos níveis de qualidade exigidos. Portanto, a manutenção deve garantir a disponibilidade dos equipamentos. A atividade fundamental da manutenção planejada é apoiar e orientar a manutenção autônoma e planejar com eficiência a manutenção preventiva, preditiva e baseada no tempo ao longo do ciclo de vida dos equipamentos. Outras atividades essenciais de manutenção planejada

são: atividades de inspeção, limpeza e lubrificação no local de trabalho (ALASWAD et al., 2017).

Muchiri et al., 2008, Ahuja et al., 2009 e Gupta et al., (2012) corroboram também dizendo que o pilar de manutenção planejada tem como principal objetivo aumentar a eficiência do equipamento, buscando a quebra zero e evitando variabilidade excessiva na produção. Para isso, a equipe de manutenção deve desenvolver atividades preventivas e de controle de máquinas. Pensando nisso, é de se esperar que as empresas que buscam um processo de qualidade total, ou estabilizado, disponibilizem tempo da produção para paradas de manutenção preventiva. Ocorre que, à medida que se avança ao encontro da qualidade total e da produção enxuta, percebe-se que, ainda que o tempo de interrupção para manutenção venha a prevenir um tempo ainda maior de parada devido a uma quebra advinda de uma falta de atuação preventiva, ele reduz a utilização da máquina e pode ser visto como perda por tempo de espera.

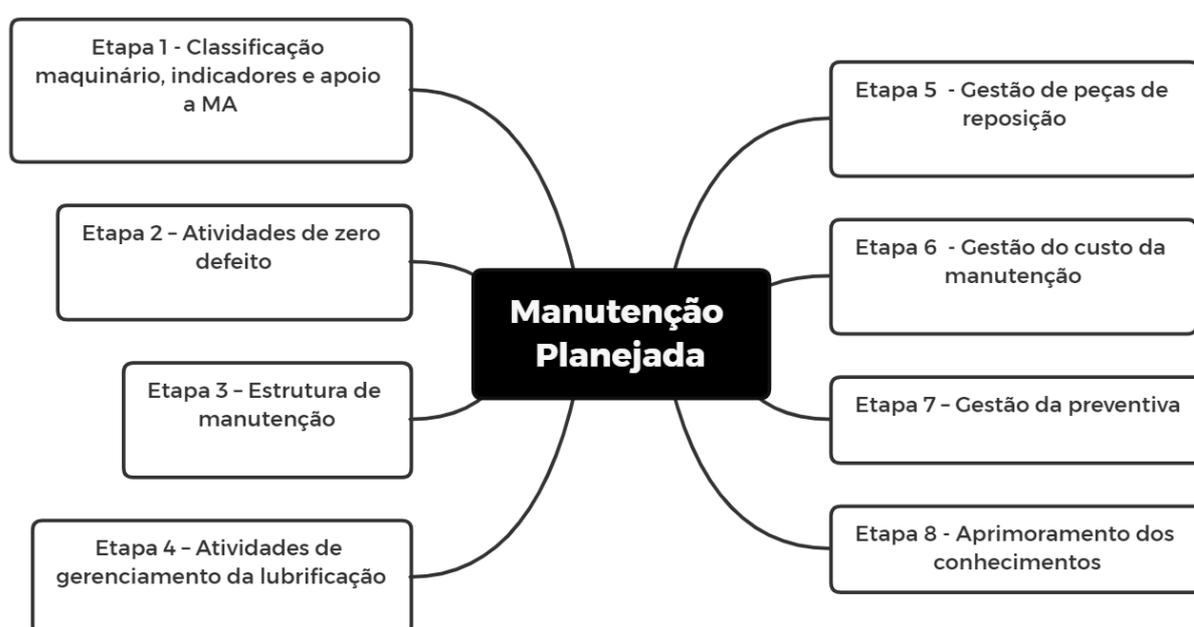
Para concentrar recursos para maior uso na promoção dos mesmos na produção industrial, é recomendado usar uma análise, que visa à classificação das máquinas, divididas em três categorias (A, B e C). A classe A refere-se à máquina com mais alta relevância, em relação à importância dos critérios, por exemplo, atendimento às necessidades, presença ou não de recursos *backup*, custos de equipamentos ou outros que tornem a máquina importante para a organização. A classe B, sob os mesmos critérios, tem menor relevância do que as máquinas A, ocorrendo de mesma forma para a categoria C, comparando com a classe B. A definição da norma depende da empresa, embora exista literatura específica sobre essa ação (NAKAJIMA, 1988; MARJANOVIĆL, 2007). Estima-se que essa classificação irá orientar decisões de manutenção, para alocação correta dos recursos em cada tipo de equipamento conforme sua importância.

Um fato importante a ser observado é que o tempo de utilização é caracterizado pela quantidade de horas em que o equipamento está programado para efetuar a produção. Nesse tempo, alguns eventos são descontados, por exemplo: manutenções planejadas, manutenção preventiva, pausas, limpeza de equipamentos, treinamento e outras concessões (CHIARADIA, 2004).

Ribeiro (2014) destaca que a manutenção planejada envolve a detecção e resolução de anomalias nos equipamentos antes que causem defeitos ou perdas. O principal objetivo é desenvolver um sistema que facilite a eliminação de atividades

de manutenção não planejadas. Muitas vezes, quando se fala em TPM nas empresas, existe a tendência de se pensar que as atividades de manutenção serão repassadas aos operadores. O pilar da manutenção planejada desmistifica essa crença, pois a manutenção passa a focar em tarefas que exigem mais especialização. Isso é conseguido aprimorando técnicas e habilidades de manutenção, aprimorando equipamentos e facilitando acessos, apoiando a manutenção autônoma, planejada, corretiva, preditiva e preventiva. Na figura 6, é possível visualizar a manutenção planejada seguindo oito etapas.

Figura 6 – Etapas implementação Manutenção planejada



Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.7 Gestão do Posto de Trabalho (GPT)

Assim, o método de gestão de postos de trabalho, o GPT, por Antunes et al. (2008), tem como objetivo a maximização do uso dos ativos da organização, para aproveitar capacidade instalada, evitando assim a necessidade de grandes investimentos de capital. Desta forma, o GPT procura garantir a sobrevivência e o crescimento da empresa que atua em um mercado global. Segundo os autores, o GPT foi desenvolvido devido à falta de organização e assertividade nos dados de produção, ocupando-se com muitas ações simultâneas que tendem a gerar impacto

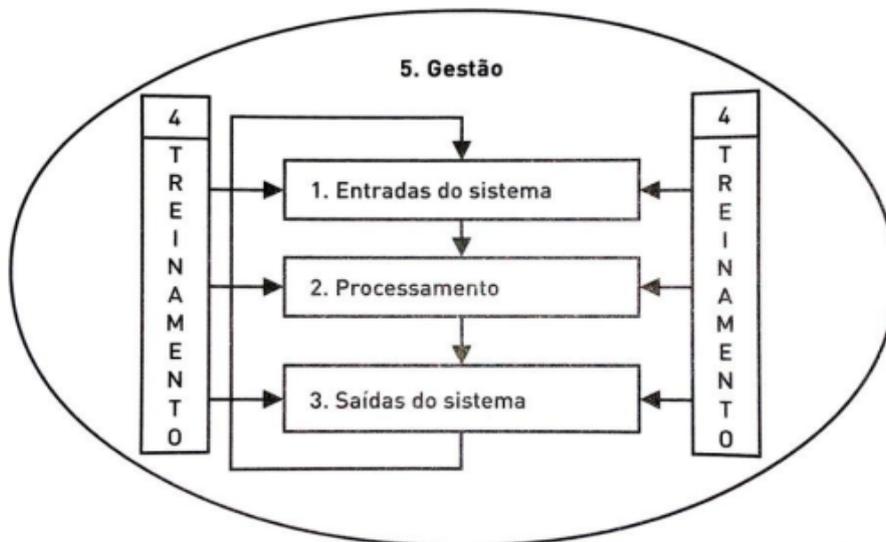
negativo sobre os profissionais que utilizam os recursos, resultando na falta de objetividade nas atividades principais. A falta de foco acaba gerando resultados insatisfatórios, culminando na não realização de ações integradas e sistêmicas, fazendo com que os gestores se questionem sobre as prioridades a serem seguidas, diferenças de prioridades entre seus postos de trabalho, fazendo com que as métricas que os mesmos gerenciam sejam contestados pela falta de foco em suas atividades (ANTUNES et al., 2008).

A abordagem de gestão do trabalho é um modelo geral que propõe o reordenamento e reconceitualização das práticas existentes em três sentidos fundamentais: Uma visão sistêmica de toda a fábrica, o que significa subordinar o uso de recursos à melhoria em determinados locais organizacionais regionais de trabalho; integração/unificação, na medida em que as ações dos postos de trabalho devem ser realizadas de forma conjunta pelos profissionais multidisciplinares envolvidos; orientada para resultados, de forma que melhorias em indicadores específicos de trabalho levem a melhorias no desempenho econômico-financeiro da empresa (ANTUNES et al., 2013).

A estrutura do modelo GPT consiste em cinco elementos integrados de acordo com a figura 7 abaixo. O primeiro elemento são as entradas do sistema, incluindo um conjunto de postos de trabalho para monitorar (gargalos, CCRs (capacidade restritiva) e recursos qualidade), todo esse conjunto ajuda a determinar qual a demanda e capacidade dos sistemas produtivos, essas informações são obtidas através da análise crítica dos postos de trabalho e atribuídas ao setor de planejamento e controle de produção e dos matérias, equipe essa que se dedicará a unificar as informações integrando as mesmas com visão direcionada na busca dos resultados produtivos. Uma das principais formas de coletar informações da produção é o diário de bordo, esse que é preenchido diretamente pelo operador através de tipologias definidas previamente, de paradas de produção a serem adotadas de acordo com a necessidade de cada empresa e compiladas identificando as principais causas de improdutividade. O segundo elemento é o processamento, cuja finalidade é definição de postos de trabalho com restrições de produtividade. A terceira refere-se a recolher as saídas do sistema, que orienta o gerenciamento de restrições atividades diárias e promove as melhorias específicas. Quanto ao quarto elemento, o treinamento, é ele que dá suporte à implementação e operação do método. E, por final, o quinto elemento, gestão do sistema, é

responsável pela unificação/integração, por meio de reuniões de rotina entre gerentes, supervisores e funcionários, direcionado para os resultados (ANTUNES et al., 2012).

Figura 7 – Elementos da estrutura do GPT



Fonte: Antunes et al. (2008, pág. 183).

Segundo Antunes et al., (2013), o processo de implementação do GPT segue passos muito próximos ao PDCA, pois, segundo os autores, o mesmo não deve ser utilizado somente com a orientação para geração de resultados, mas também para a preservação dos mesmos, sendo assim os autores propõem 15 passos para implantação do método, vistos na imagem 8 abaixo.

Figura 8 - Etapas da implantação do GPT<sup>[U1]</sup>

<p>1° Definição de colaboradores a serem envolvidos na implementação do método GPT construindo matriz de responsabilidade;</p>
<p>2° Codificar uma tipologia padrão para registrar as causas de parada dos postos de trabalho. A saída desse passo deve ser uma lista das possíveis paradas que o recurso produtivo possa sofrer;</p>
<p>3° Definir a forma de coleta de dados no chão de fábrica. Nesta etapa pretende-se definir como os dados serão coletados, ação esta que pode ser através de diários de bordo (registro manual) ou através de software integrado ou não a sistemas de coletas de dados de equipamentos – Sistemas do tipo MES (Manufacturing Execution Systems);</p>
<p>4° Definir a forma de registro dos dados. Os registros podem ser realizados em planilhas eletrônicas, no caso do uso dos diários de bordo, ou em painel eletrônico, quando a coleta de dados for feita através de software especializado;</p>
<p>5° Definir os postos de trabalho a serem monitorados. Esta definição deve ser feita levando em consideração a análise capacidade x demanda. A priorização, conforme os autores, deve ser feita em postos de trabalho gargalos ou restritivos;</p>
<p>6° Definir a rotina de coleta e substituição dos diários de bordo. A rotina deve ser diariamente em horário estabelecido para posterior digitação. Quando se utilizam softwares de coleta de dados, este passo torna-se desnecessário;</p>
<p>7° Definir o método de gestão do posto de trabalho como método a ser utilizado nos postos de trabalho monitorados. Assim, o GPT pode auxiliar em análises de investimentos e capacidade fabril, além do planejamento da produção e vendas;</p>
<p>8° Treinar os colaboradores envolvidos com o método GPT. Este passo compreende o treinamento de gestores nos conceitos do método e dos operadores, no que se refere ao registro dos dados;</p>
<p>9° Registrar todas as anotações do dia a dia da produção nos diários de bordo ou coletores de dados. Os autores destacam que este passo é fundamental para a precisão no cálculo do OEE;</p>
<p>10° Digitar os dados em planilha eletrônica ou painel de gestão eletrônico;</p>
<p>11° Obter e analisar os valores iniciais do OEE e demais índices de eficiência a partir da planilha/painel eletrônico. Neste passo devem ser realizados gráficos de paretos para identificação dos principais motivos de parada, dando suporte para ações gerenciais buscando atingir novos níveis de eficiência;</p>
<p>12° Implementar a gestão visual. Com este passo, os autores pretendem inserir o método na cultura da organização para assegurar sua consolidação;</p>
<p>13° Estabelecer metas para os valores da eficiência operacional, com base nas análises dos índices de eficiência e das causas de paradas e queda de desempenho;</p>
<p>14° Elaborar plano de ação de melhorias com o objetivo de elevar os índices que compõem o IROG. Este plano, conforme os autores, devem ser construídos com o uso da ferramenta 5W2H (What; Why; Where; When; Who; How; How much);</p>
<p>15° Implementar as ações de melhoria propostas no plano de ação;</p>

Fonte: Adaptado de Antunes et al., (2013)

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo será apresentada a metodologia de pesquisa que será utilizada no desenvolvimento do trabalho, bem como a estrutura de trabalho que será adotado para alcançar os objetivos propostos que foram apresentados nas páginas acima.

#### **3.1 Metodologia**

A metodologia que será utilizada é a pesquisa-ação, na qual a participação dos sujeitos da pesquisa, tanto na sua elaboração quanto na condução, análise e interpretação dos resultados, é altamente recomendável (DEHLER et al., 2006). Ainda segundo esses autores, é um método recomendado para pesquisas na área de gestão, pois ela possibilita a participação e intervenção dos sujeitos ao longo do processo, seja na sua elaboração, como em sua condução, análise e interpretação dos dados. A partir disso, aspectos como aprendizado conjunto, a interdisciplinaridade e a interação multicultural são desenvolvidas.

Pesquisa-ação é definida como uma pesquisa com base empírica “realizada em estreita associação com uma ação, ou com a resolução de um problema coletivo, no qual os participantes representativos da situação, ou do problema, estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” (NOVAES et al., 2009).

De acordo com Novaes e Gil (2009), o método de pesquisa-ação tem características situacionais que buscam diagnosticar problemas específicos em situações específicas, com vistas sempre a alcançar algum resultado prático. A partir desses conceitos, pode-se afirmar que o método deste estudo se assemelha a uma consultoria e envolve profundamente o contato e interação entre empresa e pesquisador, sendo o resultado focado em satisfazer ambas as partes envolvidas.

Para Thiollent (1997), “A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é realizada com estreita associação com uma ação ou com uma resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”.

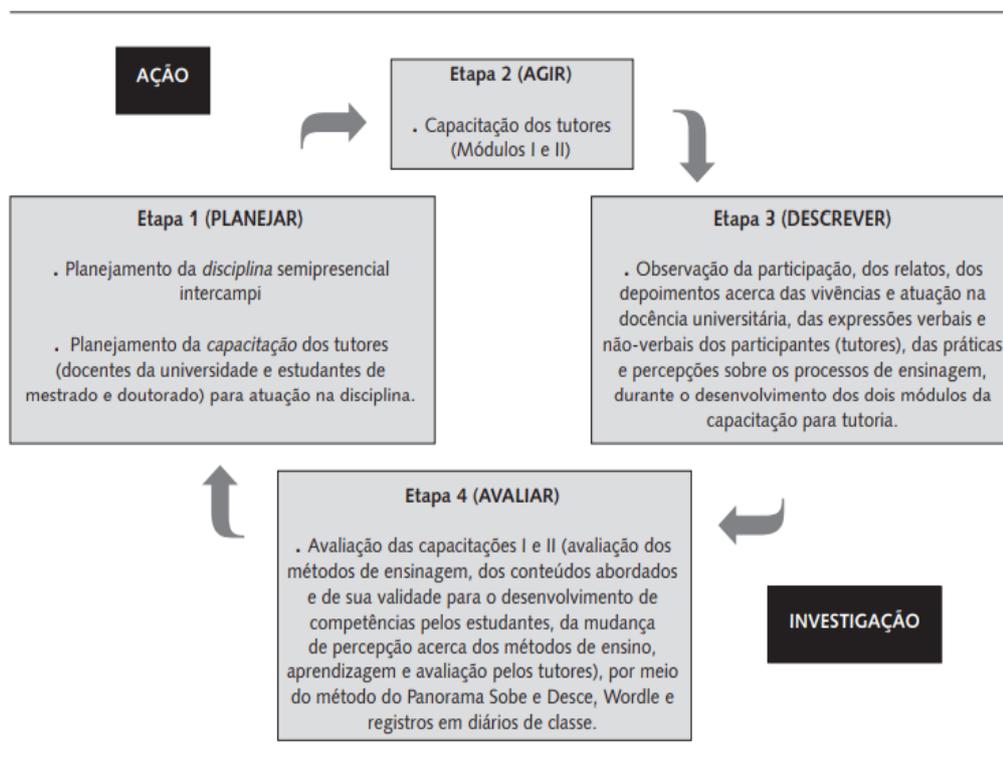
Conforme Stringer (1996), “A pesquisa-ação compreende uma rotina composta por três ações: observar para reunir as informações e construir um

cenário, pensar para explorar e analisar os fatos para agir implementando e avaliando as ações”. A pesquisa-ação é um método de investigação que reúne as mais diversas técnicas de investigação social, através da qual se estabelece uma estrutura coletiva, participativa e ativa ao nível da aquisição de informação, pelo que é necessária a participação das pessoas envolvidas na investigação. A premissa desse método é enfatizar a análise de diferentes formas de ação. Os temas são limitados a uma base de pesquisa empírica, voltando-se para descrições de situações específicas e intervenções destinadas a resolver problemas efetivamente descobertos no coletivo onde são implementados.

A pesquisa-ação é uma oposição à pesquisa tradicional, que é considerada como independente, não reativa e objetiva. Como o próprio nome diz, a pesquisa-ação procura unir a pesquisa à ação ou à prática, isto é, desenvolver o conhecimento e a compreensão como parte da prática (ENGEL, 2000).

Antes de aprofundarmos as aplicações e usos da pesquisa-ação, é importante ressaltarmos que, assim como existem modelos que dela decorrem, esta também é decorrente de um modelo maior o qual é denominado de investigação-ação e que, segundo Tripp (2005), é apenas um dos muitos desse grupo. Todas as metodologias que se enquadram no modelo de investigação-ação seguem um "ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela" (TRIPP, 2005). A partir dessa descrição, o próprio autor exemplifica as características da investigação e da ação que foi demonstrada na figura 9 abaixo, onde "Planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhoria de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação" (TRIPP, 2005).

Figura 9 - Modelo para o método de pesquisa ação



Fonte: Etapas de pesquisa-ação (Tripp, 2005)

### 3.2 Fase Exploratória

Para Thiollent (1997), a fase exploratória tem como seu grande foco a obtenção do maior número de informações interessantes para elaboração e andamento do projeto. É a fase inicial e que ordena os próximos passos da pesquisa-ação.

A primeira etapa do processo de pesquisa-ação é muito importante porque ocorre a visão para os fatos das suas etapas subsequentes, possui um aspecto interno que envolve diagnosticar a situação e necessidades dos participantes e a formação da equipe envolvendo pesquisadores e participantes da ação, e pretendem disseminar essas recomendações e obter o comprometimento de todos os envolvidos na pesquisa. Nessa fase, há duas questões que precisam ser esclarecidas: planejamento institucional e planejamento metodológico. Em relação à instituição, os grupos precisam ser definidos, deixando claras as responsabilidades dos pesquisadores e suas relações com os participantes envolvidos, sendo

necessária a notificação de cada fase do planejamento. Os participantes devem estar cientes dos objetivos da pesquisa e dos métodos utilizados.

### **3.3 Fase de Planejamento**

Ainda Thiollent (1997), aponta que quando houver um diagnóstico claro da realidade da organização e do evento que se deseja estudar, o pesquisador passa para a prática, por meio de seminários é realizada a orientação necessária para a ação. A forma de organização dos seminários se dará em grupo que serão os promotores da pesquisa, gerentes e categoria profissional bem como especialistas externos ou pesquisadores. As principais funções do grupo permanente com poder de decisão são as seguintes: 1) determinar os tópicos prioritários e problemas a serem investigados; 2) descrição detalhada dos problemas, quais questões serão tratadas e as hipóteses de pesquisa correspondentes; 3) coordenação de atividades consistentes com o trabalho e ações de treinamento de outros grupos; 4) centralização de informações de diferentes fontes; 5) interpretação dos resultados; 6) encontrar soluções e sugestões de ação;

### **3.4 Fase da Ação**

Como resultado da fase anterior de planejamento, a fase da ação como o próprio termo fala, afirma que nessa fase de ação é quando são englobadas as medidas necessárias a serem tomadas com base nas fases anteriores (THIOLLENT, 1997). Uma vez que, nessa fase, o pesquisador realiza ações que interferem no resultado de processos, ele passa a ser um personagem atuante no cenário pesquisado, diferente da neutralidade do personagem em outras metodologias (FILIPPO, 2012).

### **3.5 Por que Escolher esse Método**

A metodologia de pesquisa-ação tem como objetivo ampliar o conhecimento científico através de ações que visam solucionar problemas que ocorrem nas organizações, comunidades ou grupos (FILIPPO, 2012). Ainda Thiollent (2007) afirma que os pesquisadores assumem os objetivos definidos e investigam através

de meios disponíveis e referente ao contexto geral. a pesquisa-ação é realizada dentro de uma organização ou instituição, onde exista hierarquia ou grupos que por meio de seus relacionamentos apresentem problemas, portanto a pesquisa-ação é uma estratégia da engenharia de produção que visa produzir conhecimento e resolver um problema prático.

Conforme Filippo (2012), a fim de investigar processos complexos, o pesquisador deve inserir mudanças e observar as reações causadas por elas, dentro do processo. Dessa forma, além de investigar, o pesquisador aprende com as ações inseridas no processo.

### 3.6 Revisão Teórica

A partir do conhecimento do problema de pesquisa, a próxima etapa em sentido da construção da solução proposta é a revisão da literatura. Como o problema de pesquisa está relacionado com dois temas principais – implementação do TPM e manutenção autônoma integrada à manutenção planejada -, estes termos (e suas variações) serão utilizados para parametrizar as buscas em duas das principais bases de dados disponíveis: Scopus, e Web of Science.

Abaixo, conforme a figura 10, segue as *strings* de busca que foram utilizadas para a realização da dissertação.

TITLE-ABS-KEY ( [total](#) AND [productive](#) AND [maintenance](#) ) AND TITLE-ABS-KEY ( [implementation](#) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( OA , "all" ) )

( TITLE-ABS-KEY ( [autonomous maintenance](#) ) AND TITLE-ABS-KEY ( [integrate](#) ) AND TITLE-ABS-KEY ( [planned maintenance](#) ) ) AND PUBYEAR > 2010 AND PUBYEAR < 2022 AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "COMP" ) )

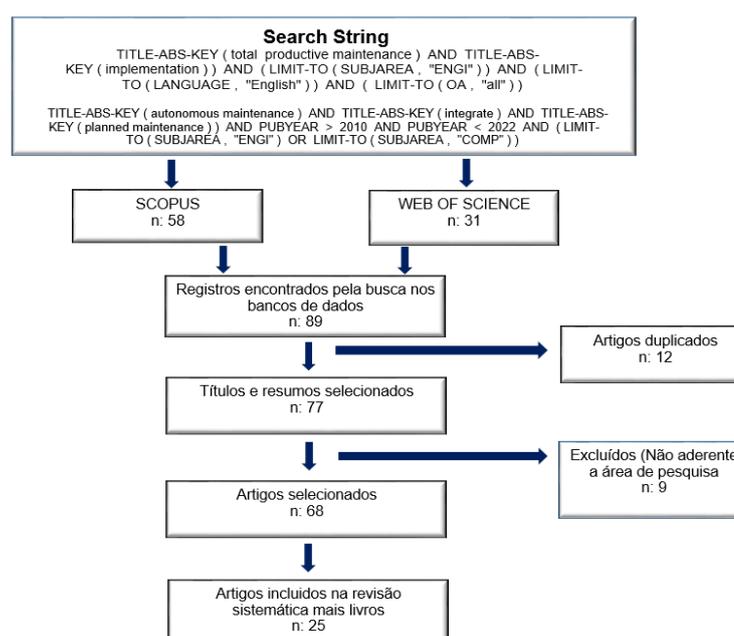
Figura 10 - Resultados das bases



Fonte: Elaborado pelo autor

No capítulo 2, é apresentada a revisão da literatura, que dá base conceitual para desenvolvimento do trabalho. Conforme a figura 11, abaixo, foi desenvolvido um fluxograma denominado de PRISMA, que representou todo o processo de busca, seleção dos artigos e documentos nas bases de dados, desde o início das pesquisas, determinado a quantidade de artigos recuperados com a aplicação das estratégias de busca em cada base, até o fim, delimitando a quantidade de artigos que ficaram na amostra, que foi apresentado por Moher et al., 2009. Conforme Moher, (2009), a revisão sistemática e meta-análise é uma ferramenta essencial para resumir evidências de forma precisa e confiável, e será utilizada com foco em reunir o maior número de publicações alinhadas com os termos de buscas do tema da dissertação, retirando os artigos de dupla publicação e os não aderente ao tema específico, fazendo ao final uma inclusão de artigos e livros aderentes ao tema desta dissertação.

Figura 11 - Modelo para buscas fluxograma Prisma



Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.7 Coleta de Dados

Na pesquisa-ação, a coleta de dados pode ser realizada por meio de várias técnicas envolvendo a participação das pessoas no processo. Considerando que os objetivos da pesquisa e as questões do levantamento constituem uma situação real de trabalho, optou-se pela técnica da pesquisa-ação participativa, por proporcionar a possibilidade de pensar coletivamente sobre um tema que integra o cotidiano dos participantes. Castilho (1998) afirma que, por meio de um grupo, o indivíduo obtém sua identidade. A partir dessa realidade, ele consegue moldar e reconhecer sua própria forma, como um espelho refletindo sua própria imagem. Para Ciampone (1998), o grupo treina os participantes para lidar com suas inquietações e os incentiva a agir no processo. Os grupos promovem a aprendizagem e o pensamento, e transformam os dilemas em ideias mais adaptáveis à realidade, sendo, portanto, um instrumento de mediação e transformação da realidade individual.

A pesquisa não terá o objetivo de proceder uma análise terapêutica do grupo. O grupo focal, nesse estudo, conforme tabela 5, terá sentido restrito à estratégia de desenvolvimento para a aplicação da nova gestão de ativos, em uma máquina-piloto do segmento metal-mecânico. O grupo focal terá como finalidade a busca por respostas às perguntas possíveis que possam surgir antes e durante a implantação do TPM, bem como participar ativamente de todo planejamento e execução da estratégia.

Tabela 5 – Grupo focal da implementação

Função	Cargo	Formação	Anos experiência
Sponsor do projeto	Gerente manutenção	Engenheiro mecânico	35
Supervisor de produção	Supervisor de produção	Engenheiro mecânico	5
Supervisor de manutenção	Supervisor de manutenção	Engenheiro mecânico	17
Especialista 1	Executivo de operações industriais	Engenheiro mecânico	30
Especialista 2	Analista de operações	Engenheiro mecânico	4
Responsável TPM	Supervisor de engenharia de manutenção	Administração	18
Lider manutenção planejada	Analista sênior de engenharia de manutenção	Engenheiro mecânico	4
Lider manutenção autônoma	Analista de melhoria continua	Engenheiro mecânico	6
Operadores 1	Operador de máquinas CNC	Técnico mecânico	5
Operadores 2	Operador de máquinas CNC	Técnico mecânico	3
Operadores 3	Operador de máquinas CNC	Ensino médio completo	2

Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 12, abaixo, é ilustrado um modelo para o método de trabalho que será seguido pela equipe implementadora. A criação do grupo focal visa, como premissa, a consideração de todos, por meio de encontros que possam proporcionar importantes reflexões, ampliando a visão sobre o tema e, pelo pensamento crítico, procura a resolução de problemas para realização da implantação correta do TPM e a busca da sustentação do projeto após sua implementação.

Figura 12 - Método de trabalho pesquisa-ação



Fonte: Adaptado de McKay et al., (2001).

### 3.8 Empresa do Estudo

A empresa do estudo é uma indústria metal-mecânica brasileira, situada no interior do Rio Grande do Sul, que no início se dedicava à manutenção de equipamentos agrícolas importados e, nos anos seguintes, à construção de pequenas máquinas agrícolas e de beneficiamento de madeiras. Hoje, após sua expansão, está atendendo os segmentos agrícola, rodoviário, automotivo, tanques e de construção, fornecendo produtos e componentes para as principais montadoras instaladas no Brasil e com alguns itens exportados para os mesmos clientes com atuação no mercado exterior. A planta possui duas fábricas em seu *site* e conta com aproximadamente 2800 colaboradores e apresenta processos de estamparia, solda, usinagem, pintura e montagem.

Em 2021, a empresa onde foi implementado o trabalho dessa dissertação, deu um grande passo estratégico rumo à excelência na produtividade, inovando no

seu jeito de atuação. A empresa foi segmentada em unidades de negócio, assunto que pode ser visto e estudado, no artigo *The Focused Factory* (fábricas focalizadas) de Wickham Skinner (1974), sendo possível compreender mais sobre o assunto, que aborda o poder do ganho das unidades de negócio dentro de uma grande empresa. Skinner definiu o conceito inerente às fábricas focadas, levando ao argumento de que existem muitas maneiras de competir além da produção de baixo custo. Dessa maneira, cada unidade de negócio trabalha em prol da sua produção, buscando a focalização, estabilidade nos processos produtivos, atendendo, assim, a um maior volume de produção, maior foco na mão de obra e redução de custos.

Para o presente estudo, os dados tanto primários, quanto os finais referentes ao fechamento da implementação do TPM, que serão utilizados, foram extraídos do CODI, sistema integrado de *software* e *hardware* que proporciona o acompanhamento da performance nos processos de manufatura, por meio da coleta de dados industriais e análise de indicadores de desempenho da produção, sendo cruzados com os dados da gestão do posto de trabalho (GPT), que também foi implementado. E, para os dados de manutenção, foi utilizado o *software* SAP, pelo módulo de manutenção da planta (PM), ferramenta que proporciona uma gestão da manutenção, facilitando o acesso e geração de indicadores, auxiliando na tomada de decisões.

### **3.9 Análise MCC Manutenção Centrada em Confiabilidade**

Por meio da manutenção centrada em confiabilidade (MCC), a classificação do maquinário sendo visto na secção 2.6 e com maior detalhe na secção 4.9.6 desta dissertação, pode-se observar que a máquina está apta para receber a implementação do TPM, pois a mesma se encontra em maturidade na curva da banheira e classificada como máquina A, pelo do algoritmo de decisão, e ainda por critério dos comitês da empresa, visto que é uma máquina com alta demanda, com influência no resultado global da organização, com possibilidade de retorno do investimento em um menor tempo e facilidade de replicação para outras máquinas e áreas da empresa, apesar de ser uma máquina adquirida no ano 2001, tendo, então, 21 anos de uso.

A etapa do controle inicial prevista como um dos pilares da implementação do TPM, foi utilizada somente para o levantamento de indicadores do estado atual da

máquina, bem como a eficiência geral do equipamento OEE, disponibilidade de manutenção, tempo entre falhas *TBF*, tempo para reparo *TTR*, e através desses indicadores foi realizada uma análise quantitativa, referente ao do ciclo de vida útil do maquinário, para posteriormente projetar o estado futuro, pois não se tem histórico dos problemas iniciais que ela teve, devido ao seu elevado tempo de aquisição.

Pela modelagem quantitativa usando dados como o *TBF* e o *TTR*, obtidos de um *software* de gestão da manutenção da empresa, pode-se modelar os dados utilizando o *software ProConf* que, para Fritsch (1998), é um *software* que testa ajustes e fornece estimativas de parâmetros, intervalos de confiança e valores esperados para distribuições de probabilidade, além das funções relacionadas à análise de confiabilidade.

Na tabela 6, apresentam-se dados de *TBF* e *TTR* respectivamente obtidos por meio do *software* de gerenciamento da manutenção.

Tabela 6 – *TBF/TTR* Prensa 400t

Falha #	Prensa 400t	
	<i>TBF</i>	<i>TTR</i>
1	24	0,52
2	102	1,60
3	63	0,75
4	89	0,46
5	87	0,31
6	119	0,31
7	14	0,14
8	9	1,29
9	9	0,28
10	14	1,25
11	57	11,74
12	27	1,00
13	29	0,15
14	6	0,51
15	118	0,80
16	24	1,34
17	31	0,46
18	195	0,83
19	24	0,62
20	73	0,59

Fonte: Dados software gestão da manutenção

A tabela 7, apresenta os resultados dos testes analíticos para cada um dos modelos de distribuição aplicados aos dados de *TBF*. Os modelos Weibull e

exponencial não foram rejeitados pelo *ProConf*, conforme Sellitto (2022), caso ambos os modelos não forem rejeitados, pode-se assumir o modelo exponencial para parcimônia. Nenhum modelo foi ajustado para os dados *TTR*, então a média aritmética foi usada.

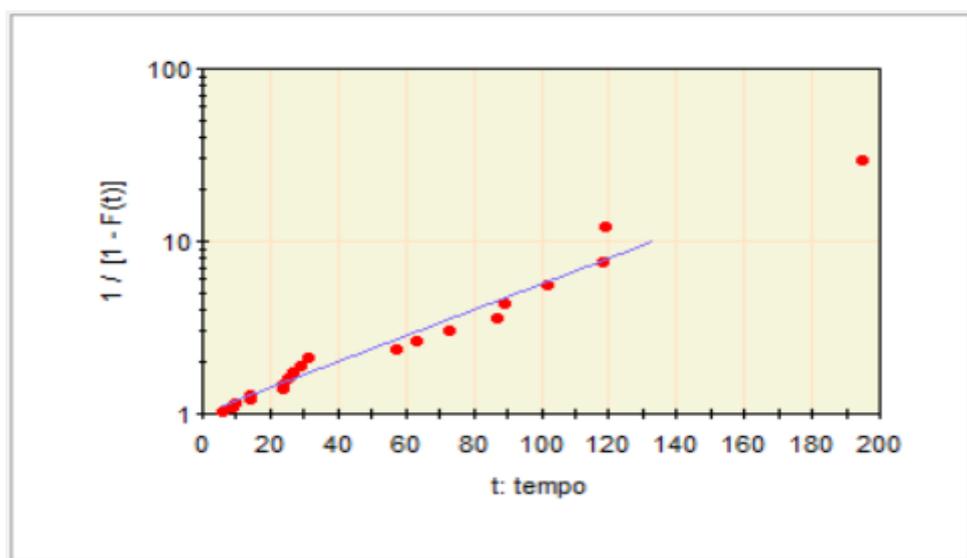
Tabela 7 - Ajustes da distribuição da amostra da Prensa 400t

Teste	Teste Qui-quadrado	Nível de significância	Teste KS	Nível de significância	Rejeitada
Exponencial	4,81	0,1864	0,1238	0,26	Não
Weibull	4,66	0,097	0,1508	0,183	Não

Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 13, está a representação do papel da probabilidade correspondente à distribuição escolhida. Graficamente o ajuste da linha aos pontos da amostra são aceitáveis.

Figura 13 - Papel de probabilidade exponencial da amostra da Prensa 400t



Fonte: ProConf (2022)

O modelo de máxima verossimilhança encontrado é apresentado pela tabela 8, e as análises referentes à amostra são apresentadas na sequência.

Tabela 8 - Modelo de máxima verossimilhança para prensa 400t

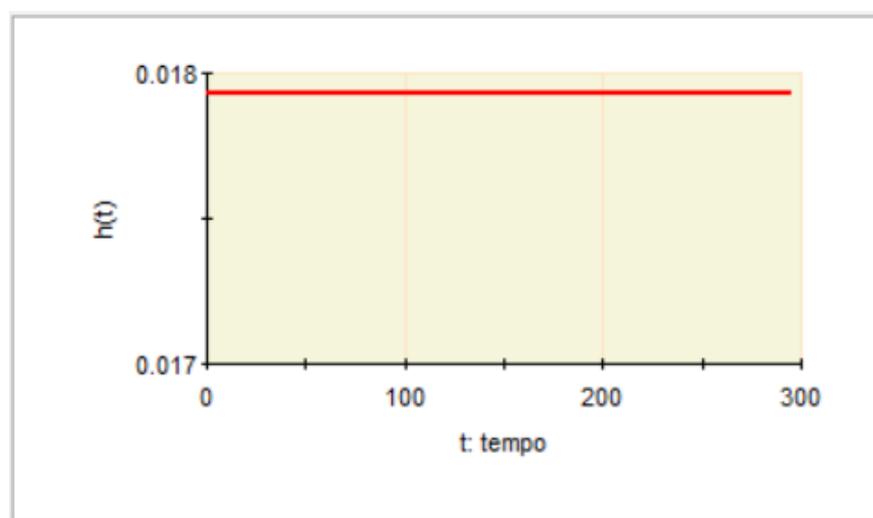
Parâmetro	Valor modelado
Modelo de distribuição TBF	Exponencial
Modelo de distribuição TTR	Média aritmética
Fator de localização $t_0$	0

Taxa de falhas	0,0179
Intervalo de confiança para a taxa de falhas	0,0108 até 0,0264
Nível de significância pelo teste $\chi^2$	18,64%
Nível de significância pelo teste K-S	26,00%
MTBF	55,80 horas
MTTR	1,25 horas
AV	97,75%
$R(t)$	$R(t) = e^{-(0,0179t)}$

Fonte: Elaborado pelo autor

A taxa de falhas na figura 14, obtida da análise, mostra-se constante, comportamento com a característica de um equipamento em fase de maturidade. Diante dessa análise, conforme Ferreira et. al., (2015), Castro et. al., (2016,) quando o equipamento se encontra nessa fase, podemos contar com boas práticas de gestão, tal como manutenções preditivas e o TPM (manutenção produtiva total), sendo ambas úteis para o contexto do equipamento estudado, pois reduzem as falhas aleatórias ao organizar o ambiente de trabalho.

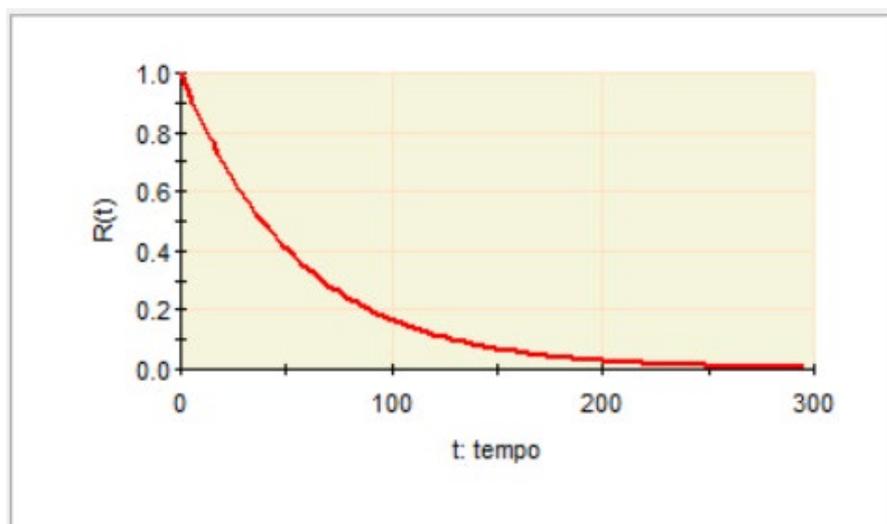
Figura 14 - Taxa de falhas Prensa 400t



Fonte: ProConf (2022)

Pode-se verificar que a função de confiabilidade, na figura 15, é decrescente com o tempo, já que as probabilidades de perfeita execução declinam conforme ocorre a utilização e desgaste do equipamento.

Figura 15 – Função de confiabilidade Prensa 400t



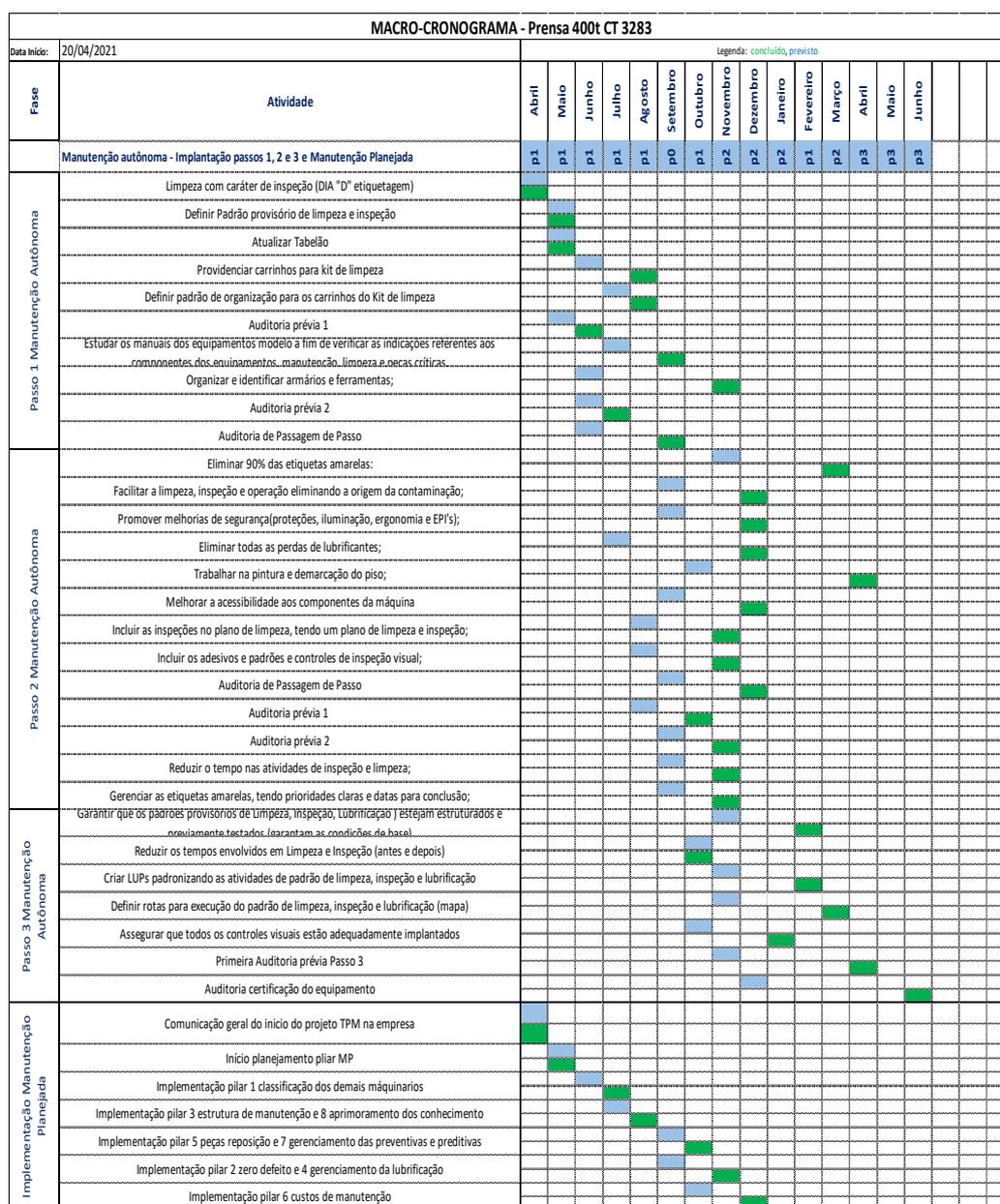
Fonte: *ProConf* (2022)

### 3.10 Planejamento Projeto TPM

O projeto de implementação parcial do TPM na empresa (manutenção autônoma e manutenção planejada) foi um trabalho realizado com duração de quinze meses MA e nove meses para o MP. A implantação dos pilares da MA e da MP foram divididas de acordo com o cronograma abaixo. Na figura 16, é possível visualizar o cronograma de implantação da MA e MP. Sendo eles divididos em três fases:

- Fase 1: inicialmente, a manutenção autônoma foi implementada no equipamento-piloto escolhido pelo time do projeto, através da classificação da máquina pela curva ABC e com dados de *TBF* e *TTR*, usando a estratégia da manutenção centrada em confiabilidade, para entender dessa forma em qual ciclo de vida o equipamento se encontrava. Através dos dados acima citados e das simulações realizadas com o auxílio do *software Proconf*, os resultados obtidos, reforçam e garantem a escolha bem-sucedida do equipamento-piloto;
- Fase 2: implementação da manutenção planejada com algumas etapas que a empresa ainda não possuía;
- Fase 3: Coleta de indicadores antes e após a implementação, compilando os resultados obtidos.

Figura 16 – Macro cronograma implementação pilares



Fonte: Arquivos da empresa

### 3.10.1 Cronograma de Implantação do Projeto

As atividades do projeto TPM são acompanhadas através da lista de atividades do TPM na figura 17, definido pela equipe envolvida. Essa lista foi revisada e atualizada semanalmente e possui atividades referentes à implantação da manutenção planejada e manutenção autônoma.

Figura 17 – Lista de atividades gerais

Responsável	Atividade	Prazo	Status
Supervisor produção/manutenção	Agendar reunião com supervisores da qualidade, manutenção, produção e segurança para definir critérios para classificação ABC dos equipamentos.	07/05/2021	Concluído
Lider manutenção autônoma	Apresentar datas para conclusão das etiquetas MA no equipamento piloto	07/05/2021	Concluído
Responsável TPM	Agendar reunião com supervisor da manutenção responsável pelo setor da estamperia	07/05/2021	Concluído
Lider manutenção autônoma	Programar capacitação MA para os operadores de máquina que não participaram das capacitações iniciais.	07/06/2021	Concluído
Especialistas	Programar capacitação MP para os manutentores que não participaram das capacitações iniciais.	07/05/2021	concluído
Responsável TPM	Finalizar padrões de limpeza e inspeção do equipamento piloto	30/04/2021	Concluído
Lider manutenção autônoma	Fabricar tabelões do equipamento piloto	30/04/2021	Concluído
Lider manutenção autônoma	Treinar todos os manutentores, operadores e integrantes das áreas de apoio quanto a metodologia das Lup's (lição de um ponto).	28/05/2021 28/06/2021	Concluído
Lider manutenção autônoma	Realizar análise criteriosa das etiquetas de melhorias para não incorrer em despadronezamentos e alterações críticas de originalidade dos equipamentos.	18/06/2021 09/07/2021	Concluído
Supervisor de manutenção	Montar plano de ação para eliminar vazamentos da prensa 400t	30/07/2021	Concluído
Supervisor de manutenção	Agendar pintura do equipamento piloto.	30/07/2021	Concluído
Responsável TPM	Auditar limpeza e organização das prensas semanalmente.	10/08/2021	Concluído
Lider manutenção planejada	Providenciar reforma do piso da prensa de 400t	10/08/2021	Concluído
Lider manutenção planejada	Agendar pintura do equipamento piloto	10/08/2021	Concluído
Responsável TPM	Agendar auditoria MP	11/08/2021	Concluído
Lider manutenção autônoma	Apresentar demandas de serralheiro para realizar melhorias (apresentar demandas para gestor da área e Sponsor do projeto TPM).	16/08/2021	Concluído
Responsável TPM	Agendar caminhada Genba MA (auditoria simplificada 5 perguntas) com a gestão.	06/08/2021	Concluído
Especialistas	Elaborar auditoria MA e MP para gestores aplicarem no genba (chão de fábrica)	10/08/2021	Concluído
Lider manutenção autônoma	Criar Indicador de recorrência de etiquetas vermelhas colocadas. Apresentar plano para resolução das etiquetas críticas em função do tempo previsto/disponibilidade de máquina para execução.	10/09/2021	Concluído
Operadores	Realizar a atualização do formulários de MA para o equipamento piloto	10/11/2021	Concluído
Equipe TPM	Reunião mensal de acompanhamento do projeto com o comitê diretivo, na 3ª quinta de cada mês às 13:30hrs às 15:30hrs	28/11/2021	Concluído

Fonte: Arquivo da empresa

### 3.10.2 Estrutura TPM

A estrutura para do TPM é formada por:

- comitê Diretivo;
- comitê Implementador;

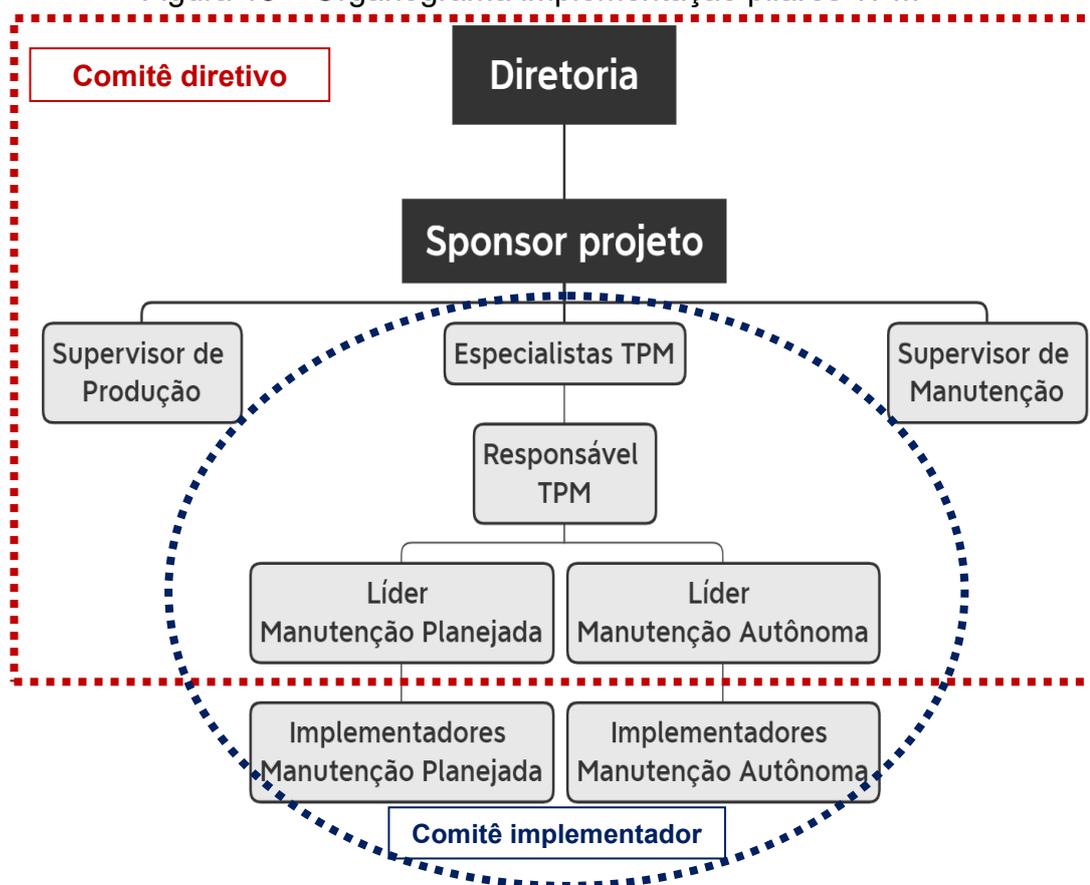
O Comitê Diretivo é formado por:

- diretoria;
- *sponsor* projeto;
- especialistas terceiros da área;
- supervisor manutenção e produção;
- responsável TPM;

- Líder MA e MP;

O comitê implementador é composto por especialistas da área justamente para que, durante as etapas da pesquisa, haja retroalimentações que visaram ao suporte e validações do trabalho que foi desenvolvido e implementado. Também contou com líderes da manutenção planejada, manutenção autônoma e os próprios implementadores que posteriormente passaram a ser os multiplicadores do TPM.

Figura 18 – Organograma implementação pilares TPM



Fonte: Elaborado pelo autor

Após definido em reunião quem será o comitê diretorio e o comitê implementador, representado por pessoas internas da empresa, vinculadas de alguma forma às rotinas da máquina, que fará parte da implementação do TPM, parte-se para, de fato, a execução das etapas da estratégia. A implementação também foi suportada por especialistas externos, para ajudar na implementação e na criação do padrão a ser seguido nas demais máquinas do parque fabril. Os especialistas auxiliaram na organização geral, treinamentos de qualificação para

toda a equipe envolvida, principalmente para o time operacional, para a sustentação do TPM e acompanhamento dos indicadores.

### 3.10.3 Rotinas de Gestão

As rotinas de gestão definidas para o TPM serão descritas nesta seção. O TPM possui quatro grandes rotinas de gestão:

- reunião diretiva;
- reunião comitê implementador;
- reunião diária TPM;
- auditorias.

Mensalmente, acontece uma reunião com o comitê diretivo do projeto. A duração dessa reunião é de aproximadamente uma hora e trinta minutos, Além do comitê diretivo, participam dessa reunião, supervisor de produção e manutenção, responsável pela engenharia de processo, segurança, qualidade e logística.

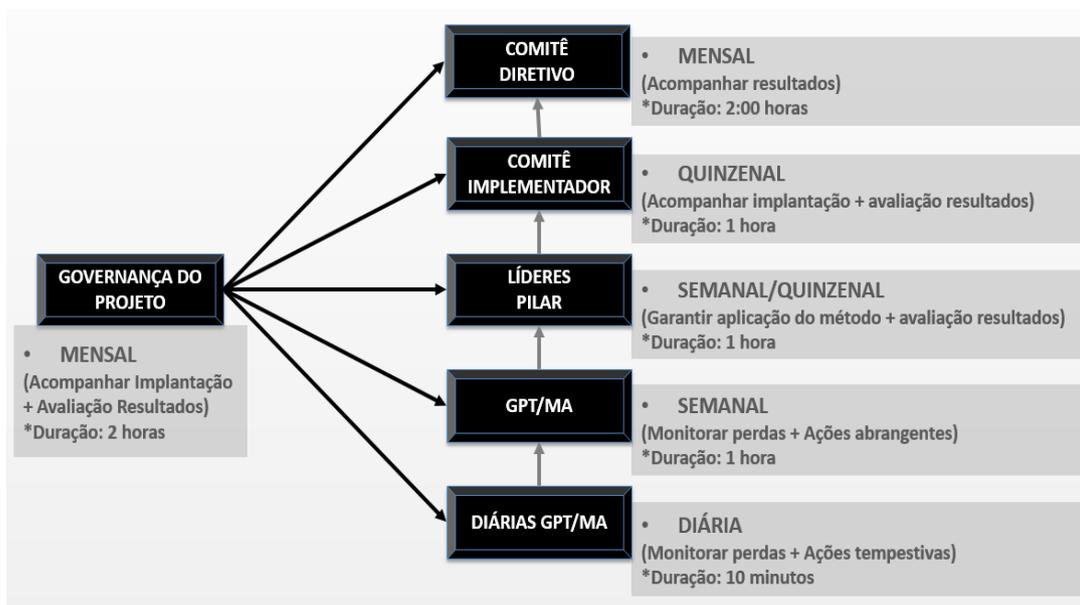
Nesta reunião, apresentam-se:

- os indicadores do projeto nas máquinas monitoradas;
- atividades executadas;
- dificuldades encontradas;
- resultados obtidos.

Pode-se dizer, então, que os objetivos dessa reunião são:

- validação dos “entregáveis” da fase anterior;
- validação do plano de contenção das pendências da fase anterior;
- validação dos “entregáveis” definidos para a fase seguinte;
- alinhamento e avaliação das demandas do *Gate* seguinte em termos de pessoas, logística e cronograma proposto (prazos).

Conforme a figura 19, abaixo, é possível observar as rotinas de gestão para o efetivo acompanhamento da implementação e mensuração dos resultados obtidos, bem como suporte para que as ações em andamento.

Figura 19 – Rotina de reuniões e *report* das ações e resultados

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4 ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

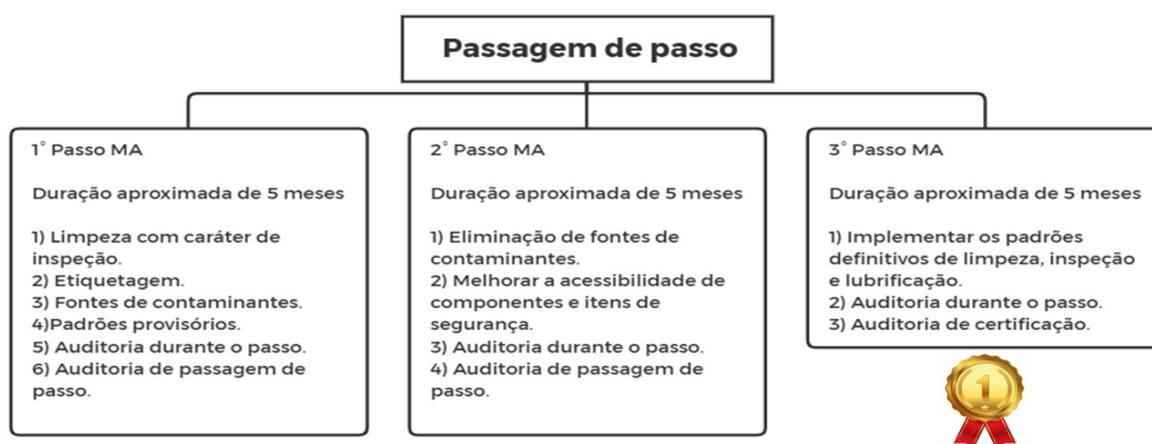
Este capítulo contempla a maneira de como o TPM foi implementado pela metodologia da pesquisa-ação, bem como suas etapas de execução. Será detalhado o estado atual da máquina-piloto em que se encontram indicadores muito aquém do esperado pela direção da empresa e, posteriormente, a implementação do TPM, os acompanhamentos dos resultados obtidos conforme a evolução das etapas.

### 4.1 Implementação da Manutenção Autônoma

#### 4.1.1 Etapas do Trabalho

O processo de implantação do pilar da manutenção autônoma (MA) segue uma série de etapas, as quais abordam todos os aspectos necessários. Destacam-se as três etapas de implantação principais que são: limpeza, contramedidas e padrões definitivos de limpeza, inspeção e lubrificação. Na figura 20, é apresentado o desenho esquemático das etapas de implantação da manutenção autônoma, através do cumprimento de fatores que determinam a passagem ou não de passo conforme questionário de auditoria, que pode ser visto no apêndice A. Após o cumprimento de todas as exigências da manutenção autônoma e garantindo uma nota maior de 90% dos requisitos atendidos em todos os passos, ocorre a certificação da máquina.

Figura 20 – Passagem de passo implementação da manutenção autônoma



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.1.2 Etiquetas MA

Etiquetagem é o processo realizado logo após a limpeza do equipamento e tem como objetivo mapear os pontos de anomalia identificados na remoção da sujidade. Além de promover a gestão visual, possibilita controle mais rigoroso dos problemas, através da criação do plano de ação que prioriza as etiquetas mais críticas. Vale ressaltar que as etiquetas são classificadas por cores e prioridades e sua descrição encontra-se nos esquemas abaixo.

Um ponto de destaque é a colocação das etiquetas. A primeira via da etiqueta fica no painel de controle, na caixa de etiqueta pendente, e a segunda via na máquina, no local mais próximo do problema.

Figura 21 – Caixa-etiquetas



Fonte: Arquivos da empresa

Figura 22 – Painel de controle da manutenção autônoma



Fonte: Arquivos da empresa

Etiquetas azuis: identificam manutenções que podem ser solucionadas pelo operador do equipamento.

Etiquetas vermelhas: identificam anomalias que devem ser solucionadas pelo pessoal de manutenção responsável pelo equipamento.

Etiquetas verdes: identificam pontos de lubrificação que podem ser propostos e implementados no equipamento.

Etiquetas amarelas: identificam possibilidades de melhorias que podem ser sugeridas e implementadas no equipamento.

Figura 23 – Após limpeza e inspeção colocação de etiquetas

TPM	TPM	TPM	TPM
1ª VIA - TABELÃO [NV] 10.000	1ª VIA - TABELÃO [NV] 20.000	2ª VIA - MÁQUINA [NV] 30.000	1ª VIA - TABELÃO [NV] 40.000
OPERAÇÃO	MANUTENÇÃO	MELHORIA	LUBRIFICAÇÃO
Qual a prioridade? [1] [2] [3] [4]	Qual a prioridade? [1] [2] [3] [4]	Qual a prioridade? [1] [2] [3] [4]	Qual a prioridade? [1] [2] [3] [4]
<b>Anomalia Detectada</b>	<b>Anomalia Detectada</b>	<b>Anomalia Detectada</b>	<b>Anomalia Detectada</b>
Equipamento: _____ Encontrada por: _____ Data: ____/____/____	Equipamento: _____ Encontrada por: _____ Data: ____/____/____	Equipamento: _____ Encontrada por: _____ Data: ____/____/____	Equipamento: _____ Encontrada por: _____ Data: ____/____/____
Descrição da Anomalia _____ _____ _____	Descrição da Anomalia _____ _____ _____	Descrição da Anomalia _____ _____ _____	Descrição da Anomalia _____ _____ _____
<b>Etiqueta Azul</b> Identifica anomalias que poderão ser resolvidas pelo operador do equipamento	<b>Etiqueta Vermelha</b> Identifica anomalias que deverão ser resolvidas pelo manutenedor responsável pelo equipamento	<b>Etiqueta Amarela</b> Identifica possibilidades de melhorias que podem ser sugeridas e implementadas no equipamento.	<b>Etiqueta Verde</b> Identifica pontos de lubrificação que podem ser sugeridas e implementadas no equipamento.

Fonte: Arquivo da empresa

A etiqueta possui um fluxo definido que auxilia no tratamento adequado para cada caso. As regras gerais de rotulagem são:

- para qualquer intervenção (conserto, melhoria, automação, lubrificação) na máquina TPM, é necessário abrir a etiqueta;
- cada etiqueta vermelha deve incluir uma nota de manutenção do SAP;
- as etiquetas amarelas são de responsabilidade da manutenção. Os técnicos responsáveis pela máquina MA devem coletar as etiquetas amarelas e discuti-las com o facilitador de manutenção e melhorias. As atualizações devem ser atualizadas na lista de atualizações da máquina;
- para etiquetas vermelhas, cabe à área de manutenção informar a data de execução da atividade;
- as etiquetas verdes são de responsabilidade da equipe de lubrificação. O técnico responsável pela lubrificação deve coletar essas etiquetas, analisá-las e, se necessário, incluí-las no cronograma de lubrificação;
- todas as etiquetas pendentes (azul, vermelho, amarelo e verde) devem ser armazenadas no painel de controle na caixa de etiquetas, bem como as já realizadas;
- ao final de cada mês, as etiquetas fechadas podem ser descartadas, a menos que todas as melhorias feitas sejam registradas na "lista de melhorias" e no gráfico de etiquetas atualizado.

#### **4.1.3 Lições de um Ponto (LUP's)**

As lições de um ponto (LUP) é um meio eficaz de transmitir conhecimento aos membros de um grupo. São treinamentos rápidos, adequados ao ambiente de trabalho, preparados por quem conhece um tema específico e precisa disseminar esse conhecimento. Uma LUP deve conter:

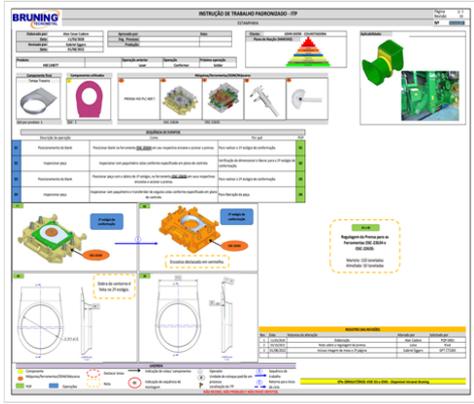
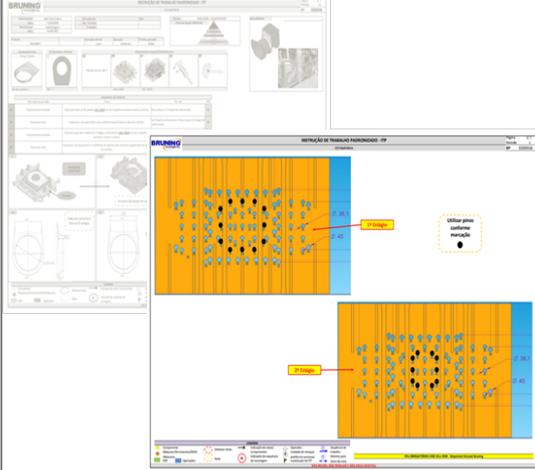
- texto compreensível (simples e objetivo);
- desenhos autoexplicativos;
- as informações devem estar juntas em uma única folha de papel;
- o treinamento deve ser concluído em no máximo 10 minutos.

Divulgação e treinamento: uma vez validada a LUP, deverá ser divulgado através de seu representante, podendo ser utilizada uma estrutura de facilitadores. As LUP's de manutenção são entregues conjuntamente pelos técnicos de

manutenção e pela fábrica, cabendo ao facilitador a responsabilidade de designar técnicos específicos para participar da atividade.

Disponibilizar a LUP: a LUP deve estar disponível para inspeção em local ou área próxima ao equipamento. Para equipamentos monitorados pelo TPM, as LUP's devem ficar expostas em uma pasta fixada no painel de controle próximo à máquina. Na imagem abaixo, é possível ver um exemplo de aplicação da LUP. Para um problema que ocorreu na máquina, foi realizada uma LUP, justamente para que todas as informações estejam próximas aos operadores, constando em uma IT, instrução de trabalho, onde que para cada troca de ferramenta (*setup*), seja possível a visualização através de imagens ilustrativas que contêm a posição dos pinos da almofada da mesa. Dessa forma, tem-se a possibilidade da mitigação de um possível erro operacional.

Figura 24 – Ilustração de uma LUP

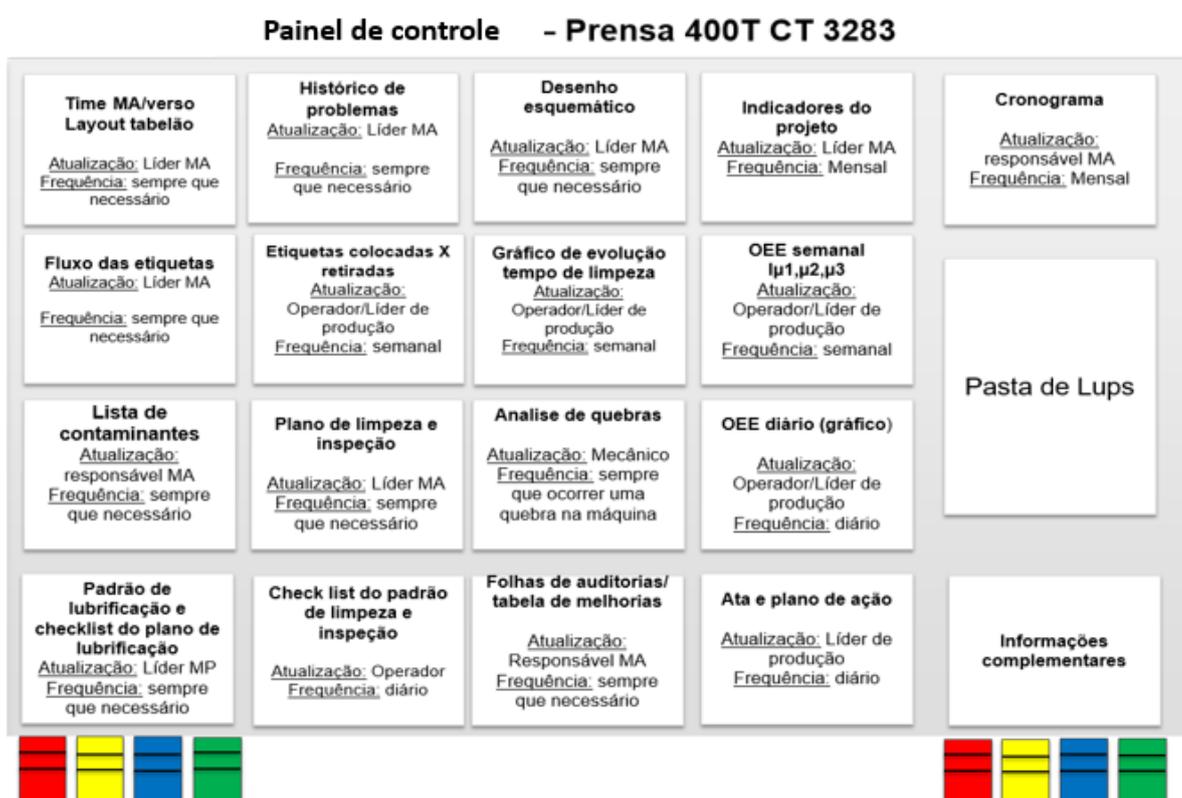
LIÇÃO DE UM PONTO - LUP					
Elaborado em: 08/09/2022					
TEMA: Inclusão das Mesas de Prensa na Instrução de Trabalho para auxiliar no Setup de Ferramenta					
CÓDIGO:	6054-P-001	ELABORADO POR:	Lulise Andreatta Silva	DATA DE CRIAÇÃO:	08.09.2022
TIPO DE LUP:	Conhecimentos Básicos	X	Solução Problema	Melhoria	
ANTES			DEPOIS		
					
PROBLEMA			SOLUÇÃO		
As Instruções de Trabalho não possuíam informações detalhadas sobre o setup de Ferramenta. O que ocasiona o aumento do tempo de troca de ferramenta no momento do setup, dependendo da experiência do operador titular da máquina.			Inclusão da imagem das mesas para facilitar a realização do setup. As imagens trazem quais pinos devem ser utilizados para cada ferramenta o que auxilia na redução do tempo de setup.		
Responsável	Analista de Met. Processo (P)	Analista de Manutenção (M)	Arvista de Qualidade (Q)	Técnico de Segurança (S)	Facilitador de Produção (O)

Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.1.4 Painel de controle MA

O Time MA deve criar o painel de controle da manutenção autônoma, onde serão armazenadas todas as informações importantes referentes à implantação. Existe um painel de controle MA em cada máquina, onde é possível observar todos os critérios e controles utilizados da manutenção autônoma. O líder MA da área deve disponibilizar e treinar o time MA quanto ao preenchimento dos formulários e informações do painel de controle. O *layout* do painel de controle MA pode ser visto na figura 25, bem como a frequência e o responsável pela atualização.

Figura 25 – Layout painel de controle MA



Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.1.5 Passo 1 – Realizar Limpeza e Recuperação da Máquina

Na primeira fase, os operadores, manutenção e todo o time envolvido na implementação, devem limpar seus equipamentos e buscar um entendimento mais completo de seu funcionamento. Essa fase ajuda a aproximar os funcionários de suas máquinas e os torna mais entusiasmados com o seu uso e conservação no dia

a dia. A limpeza inicial do equipamento deve ser tratada como o passo 1, sendo primordial a aplicação do 5S como base para as demais etapas. Este passo deve ser executado pelo time que tem contato no dia a dia com a máquina e estendido o compromisso também para múltiplas áreas como segurança, qualidade, logística, operadores e mantenedores, fazendo com que as demais equipes inseridas no processo sejam suporte para o cumprimento da tarefa.

Compondo o primeiro passo da manutenção autônoma, o dia “D” é um momento reservado para executar uma limpeza com caráter de inspeção, na máquina definida para a implementação do pilar de manutenção autônoma do TPM (manutenção produtiva total).

Inicialmente é realizada a capacitação dos participantes vista na fotografia 1, na semana do dia “D” ou no dia anterior, sobre os conceitos básicos de manutenção autônoma e 5S. Antes de iniciar o dia “D”, é realizada uma reunião de orientação (10 minutos) para demonstrar onde cada pessoa ficará alocada para executar as atividades de limpeza e etiquetagem, conforme fotografia 2.

Fotografia 1 – Treinamento manutenção autônoma



Fonte: Arquivos da empresa

Fotografia 2 – Treinamento dia “D”



Fonte: Arquivos da empresa

Após o momento de orientação, inicia-se o dia “D” com a remoção de sujidades presentes no maquinário e colocação de etiquetas conforme fotografia 3, 4,5 e 6.

Fotografia 3 – Limpeza e inspeção 1



Fonte: Arquivos da empresa

Fotografia 4 – Limpeza e inspeção 2



Fonte: Arquivos da empresa

Fotografia 5– Exemplo etiquetas 1



Fonte: Arquivos da empresa

Fotografia 6 – Exemplo etiquetas 2



Fonte: Arquivos da empresa

Nas figuras 7 e 8, abaixo, pode-se observar o estado em que a máquina se encontrava antes do dia “D” e a máquina restabelecida nas suas condições originais, após toda implementação da manutenção autônoma.

Fotografia 7 – Máquina estado atual



Fonte: Arquivos da empresa

Fotografia 8 – Máquina condições originais



Fonte: Arquivos da empresa

Esta primeira etapa consiste em identificar e eliminar diversos problemas que existem no equipamento e áreas próximas, através de uma limpeza intensa realizada com uma postura de inspeção. Para melhor entendimento, as atividades realizadas no primeiro passo da manutenção autônoma foram divididas em três grupos. Essas atividades serão detalhadas a seguir.

Atividades relacionadas ao planejamento da MA:

- preencher cronograma de atividades MA para os três passos;
- realizar análise diária do OEE;
- criar LUP e treinar os envolvidos por meio dela;
- realizar auditoria de passagem de passo;
- realizar auditorias periódicas de implantação de passo 1.

Atividades relacionadas à limpeza e inspeção:

- realizar Dia “D”;
- fazer fotos do antes x depois da limpeza;
- medir tempo de inspeção e limpeza de cada ponto;
- definir materiais adequados para limpeza e local apropriado (carrinho/armário);
- elaborar e implantar (treinar operadores) o plano provisório de limpeza e inspeção (*check list* e gráfico tempo limpeza);

- limpar, organizar e pintar (se necessário) áreas próximas do equipamento e identificar armários, painéis, ferramentas e produtos não conformes;
- desenvolver gráfico de acompanhamento do tempo de limpeza e inspeção.

Atividades relacionadas a pequenas melhorias e recuperação do equipamento:

- etiquetar os pontos de lubrificação (etiqueta verde);
- descrever lista de contramedidas (melhorias) com custo versus benefício;
- elaborar listagem de fontes de contaminações;
- eliminar todos os vazamentos, parafusos soltos, vibrações, avarias, etc.

#### **4.1.6 Passo 2 – Contramedidas (melhorias)**

Após a identificação e eliminação da maioria dos problemas encontrados no Passo 1, deve-se eliminar as fontes de contaminação mais frequentes e crônicas, como também realizar melhorias e tratar locais de difícil acesso. O objetivo do passo 2 é diminuir problemas que afetam o desempenho do equipamento, além de facilitar os serviços de manutenção e operação.

Para melhor entendimento, as atividades realizadas no primeiro passo da manutenção autônoma foram divididas em dois grupos:

- atividades relacionadas ao planejamento da MA - essas atividades foram detalhadas no capítulo 3.10.

Atividades relacionadas à limpeza e inspeção:

- eliminar as fontes de contaminação levantadas no passo 1;
- facilitar a inspeção do operador através de controles visuais (sentido de fluxo, sentido de giro, nível, pressão, painéis elétricos, identificação de armários, identificação de pontos de lubrificação, condição de operação de válvulas, esticar as correias quando houver e verificar condição de ventilação);
- fazer demarcação de áreas adjacentes e de armazenagem;
- avaliação e realização de melhorias sugeridas na etiquetagem referente à lista de melhorias;
- promover melhorias de segurança (proteções, iluminação, ergonomia e EPI's);
- melhorar a acessibilidade aos componentes.

#### **4.1.7 Atividades Relacionadas a Contramedidas:**

Neste capítulo, serão explicadas as seguintes atividades do Passo 2 MA:

1. eliminar as fontes de contaminação levantadas no passo 1: deve-se eliminar as fontes de sujeira e contaminação, projetando melhorias para manter a limpeza alcançada. As melhorias devem facilitar a limpeza, lubrificação e a inspeção visual diminuindo o tempo necessário para execução;
2. avaliação e realização de melhorias sugeridas na etiquetagem e na lista de melhorias, facilitar a inspeção do operador através de controles visuais (sentido de fluxo, sentido de giro, nível, pressão, painéis elétricos, identificação de armários, identificação de pontos de lubrificação, condição de operação de válvulas, esticamento de correias, condição de ventilação), melhorar a acessibilidade aos componentes, promover melhorias de segurança (proteções, iluminação, ergonomia e EPI's), essas atividade têm como objetivo facilitar a inspeção e limpeza do operador. Locais de difícil acesso podem receber símbolos e/ou cores em área de passagem frequente, servindo como lembrete para inspeção periódica;
3. fazer demarcação de áreas adjacentes e de armazenagem: todas as áreas próximas do equipamento devem estar limpas e bem sinalizadas. Armários, painéis, ferramentas, produtos não conformes e outros equipamentos de auxílio devem estar identificados e em bom estado de conservação.

#### **4.1.8 Passo 3 – Padrões Definitivos**

Para melhor entendimento, as atividades realizadas no primeiro passo da manutenção autônoma foram divididas em dois grupos:

- atividades relacionadas ao planejamento da MA - essas atividades foram detalhadas no capítulo 3.10.

Atividades relacionadas aos padrões definitivos - essas atividades serão detalhadas a seguir:

- criar os padrões definitivos de limpeza e inspeção (verificar a ordem das atividades, fluxo de execução, pontos de limpeza necessários, tempo das atividades, etc.);
- treinar todo o time MA e atualizar o painel de controle com o padrão definitivo;
- etiquetar todos os pontos de lubrificação (etiqueta verde);
- criar o padrão definitivo de lubrificação;

- implementar os controles visuais de lubrificação (adesivos visuais de lubrificantes);
- realizar treinamento (LUP'S explicativas e de conhecimento geral) de lubrificação com operadores autônomos.

#### **4.1.9 Atividades Relacionadas aos Padrões Definitivos**

Neste capítulo, serão explicadas as seguintes atividades do Passo 3 MA:

1. criação dos padrões definitivos de limpeza e inspeção (verificar a ordem das atividades, fluxo de execução, pontos de limpeza necessários, tempo das atividades, etc.). Nessa fase da implantação MA, deve-se revisar o padrão provisório de limpeza e inspeção. Essa revisão é necessária pois no passo 2 de MA são realizadas melhorias, as quais podem eliminar ou reduzir o tempo e/ou área de limpeza e inspeção. Sugere-se revisar a ordem das atividades, os pontos de limpeza e inspeção necessários, bem como o tempo e o turno responsável pela execução de cada atividade;
2. treinar todo o time MA e atualizar o painel de controle com o padrão definitivo. Após a revisão do plano provisório de limpeza e inspeção e aprovação do plano definitivo de limpeza e inspeção, os operadores e time MA devem ser treinados (execução do plano e preenchimento *check list*) pelo Líder MA;
3. etiquetar todos os pontos de lubrificação (etiqueta verde). Os pontos que necessitam de lubrificação nos equipamentos que têm manutenção autônoma em implantação são levantados pelos técnicos de lubrificação e operadores de produção;
4. Criar o padrão definitivo de lubrificação. Após o levantamento dos pontos de lubrificação, o analista de manutenção verifica se estes itens já estão contemplados no plano de lubrificação da máquina. Nesse momento e em conjunto com a equipe de lubrificação, é feita a avaliação e definição do lubrificante e padrão de lubrificação a ser seguido. São feitas fotos dos pontos que necessitam de lubrificação, e as informações das atividades a serem executadas são colocadas em um documento chamado “padrão provisório de lubrificação”. A conclusão dos padrões definitivos de lubrificação, bem como a execução da lubrificação, será realizada pela equipe de lubrificadores da área de engenharia de manutenção;

5. realizar treinamento (LUP'S explicativas e de conhecimento geral) de lubrificação com operadores autônomos. Para que o operador consiga realizar atividades de lubrificação autônoma (inspeção e monitoramento) é preciso que ele seja treinado pela equipe de manutenção planejada, através de LUP's. É de responsabilidade do operador autônomo contribuir com a verificação e monitoramento da execução da lubrificação.

#### 4.1.10 Registro das Etapas de Certificação

Após serem realizadas todas as etapas conforme cronograma previsto de execução da manutenção autônoma, a máquina passa por auditorias, tanto por pessoas internas ligadas ao projeto como de especialistas da área, que farão em conjunto a avaliação de todos os critérios exigidos para a certificação da máquina em TPM, abaixo é possível verificar, através do gráfico 1, em quais datas a máquina passou pelas auditorias, e, através do apêndice A,B,C pode-se observar quais foram os critérios utilizados, obtendo-se, assim, as notas finais. Somente é possível passar de passo com um percentual mínimo de 90% das perguntas com nota 5. Para conquista da medalha de bronze, o índice percentual que deve ser atingido é entre 90% a 94%, para medalha de prata o critério percentual fica entre 95% a 97% e para o ouro de 98% a 100%.

Gráfico 1 - Percentual avaliação auditorias



Fonte: Arquivos da empresa

## **4.2 Implementação da Manutenção Planejada**

### **4.2.1 Objetivos da Manutenção Planejada**

A missão da manutenção planejada é a de sistematizar todos os procedimentos de manutenção dentro da gestão do TPM, acompanhando os indicadores de desempenho da manutenção e determinando ações necessárias para o atingimento das metas estabelecidas. A manutenção planejada possui oito pilares, conforme visto no capítulo 2.6.

A manutenção planejada tem como objetivos:

- elevar a disponibilidade das máquinas e equipamento;
- elevar a confiabilidade;
- reduzir os custos de manutenção;
- buscar zero falhas nos equipamentos de classificação A e B de criticidade;
- desenvolver uma equipe de mantenedores altamente qualificada capaz de atingir as metas propostas de confiabilidade e disponibilidade resolvendo os problemas internamente com a mínima interferência de terceiros;
- detectar e tratar as anormalidades dos equipamentos antes que eles produzam defeitos ou perdas, desenvolvendo um sistema que promova a eliminação de atividades não programadas de manutenção.

### **4.3 Pilar 1 - Maquinário e Indicadores**

O pilar 1 objetiva criar metodologia referente a:

- classificação ABC de maquinários;
- análise de indicadores de manutenção (MTBF, MTTR, MDT e disponibilidade);
- atender as demandas oriundas da manutenção autônoma;
- treinar os operadores a fazerem pequenos reparos e inspeções periódicas no equipamento, para que eles passem a ter domínio total da operação e possam identificar pequenas anomalias e relatá-las à manutenção.

### 4.3.1 Ordens de Manutenção

O correto preenchimento das ordens de manutenção é fundamental para:

- garantir informações precisas sobre falhas;
- gerar indicadores e necessidade de análise de quebras;
- melhoria contínua em disponibilidade e custos.

O procedimento correto para uso das notas e ordens de manutenção corretivas é detalhado da seguinte forma:

- a área que necessita de intervenção da manutenção deve abrir um chamado de manutenção através de um *cockpit* (interface) que é integrado ao sistema SAP;
- a manutenção deve gerar a ordem de manutenção (acessar a nota e criar a ordem) na hora em que o manutentor for para a execução;
- o preenchimento das ordens digitais deve ser feito diretamente pelo aplicativo PMRUN, declarando as atividades (desvios), juntamente com os comentários em cada confirmação parcial. Assim como, o preenchimento do catálogo de ação, que equivale ao catálogo de defeitos, na confirmação final;
- o apontamento/reporte das horas das ordens digitais é feito diretamente pelo manutentor através do aplicativo PMRUN;
- nas ordens de manutenção preventiva não se deve preencher como máquina parada nem com o campo “defeito”, apenas preenchimento das horas do(s) mecânico(s) nas suas respectivas operações e das horas de serviço dentro da ordem, bem como o realizado e possíveis pendências de manutenção, após a realização da preventiva;
- as ordens que possuem requisição de compra pendente devem ser encerradas tecnicamente somente após o lançamento da nota fiscal. O PCM (planejador controlador de manutenção) deve verificar, na ordem de manutenção de compra, se o material já foi lançado pelo setor administrativo de materiais. Quando o campo “Qtde. Retirada” estiver igual ao campo “Qtde. Necessária” na aba “Componentes”, a subaba “Compras” e a subaba “Dados Gerais” também devem estar preenchidas, para após realizar tecnicamente o encerramento.

### 4.3.2 Indicadores:

Os indicadores utilizados na manutenção serão descritos a seguir:

Falhas / Quebra - A falha é o término da capacidade de um item de desempenhar a função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva o item a um estado de indisponibilidade.

MTBF - Tempo médio entre falhas (Confiabilidade): Probabilidade de que o componente ou sistema funcione corretamente sem a quebra por um período de tempo pré-determinado em determinadas condições ambientais, ou seja, tem por objetivo medir a qualidade das manutenções e componentes e a capacidade dos manutentores. Sua fórmula é expressa na imagem abaixo.

Figura 26 – Fórmula MTBF

$$\text{Tempo Médio entre Falhas (MTBF)} = \frac{\sum \text{Tempo de Produtivo (Horas)}}{\sum \text{Quantidade de Paradas}}$$

Fonte: Arquivos da empresa

MTTR - Tempo médio de reparo refere-se à média dos tempos que a equipe de manutenção leva para repor a máquina em condições de operar, ou seja, mede o acesso aos componentes e a capacitação dos manutentores. Sua fórmula é expressa na imagem abaixo.

Figura 27 – Fórmula MTTR

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tempo de Ocorrência} - \text{Tempos Logísticos}}{\text{Quantidade de Falhas}}$$

Fonte: Arquivos da empresa

MDT - Tempo inativo de manutenção inclui o tempo de atrasos logísticos (tempo para disponibilizar equipamentos de teste, peças de reposição e transporte). Sua fórmula é expressa na imagem abaixo.

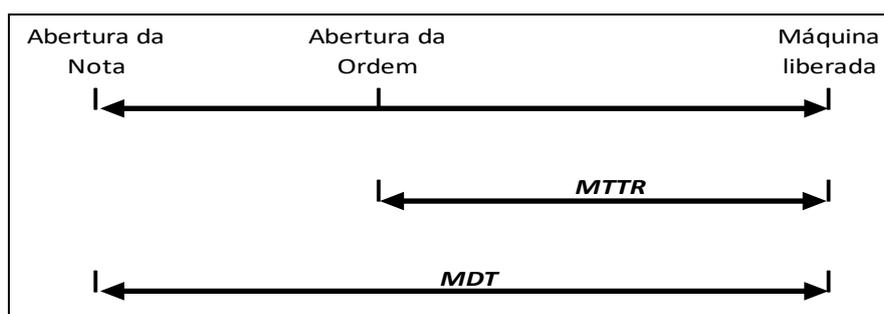
Figura 28 – Fórmula MDT

$$\text{Tempo Médio de Reparo (MDT)} = \frac{\sum \text{Tempo de Ocorrência (Horas)}}{\sum \text{Quantidade de Paradas}}$$

Fonte: Arquivos da empresa

Abaixo, na figura 29, temos um detalhamento entre a diferença dos cálculos de MTTR e MDT, porém, para essa dissertação, foi considerado o MDT como indicador.

Figura 29 – Detalhamento do MTTR e MDT



Fonte: Arquivos da empresa

Disponibilidade: estado de um item caracterizado por ele como disponível, para poder desempenhar uma função requerida, excluindo o tempo em que o equipamento estava parado. Sua fórmula é expressa na imagem abaixo:

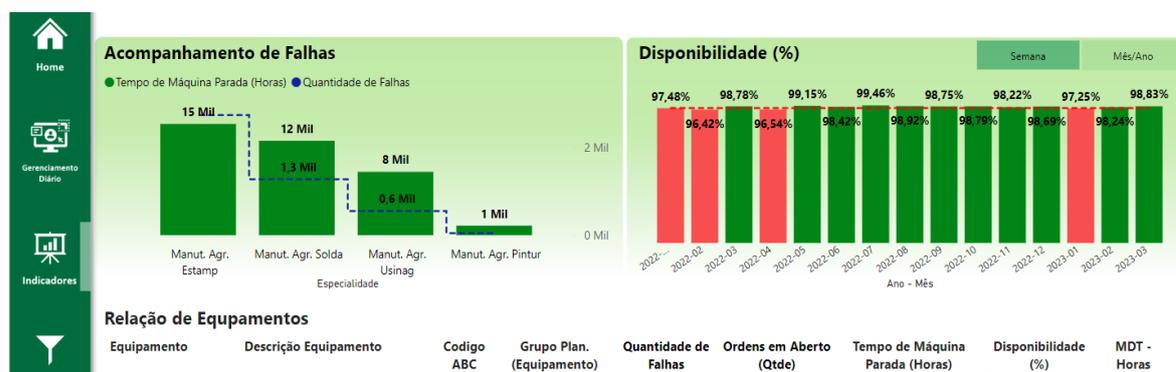
Figura 30 – Fórmula disponibilidade

$$\text{Disponibilidade de Manutenção(\%)} = \frac{\sum \text{Tempo Produtivo (Horas)} - \sum \text{Tempo de Parada (Horas)}}{\sum \text{Tempo Produtivo (Horas)}} * 100$$

Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.3.3 Procedimento para preenchimento dos indicadores

Os indicadores (Disponibilidade, MTBF e MDT) são monitorados em todos equipamentos, com suas classificações “A”, “AA”, “B”, “C” e principalmente em equipamentos em que a gestão de ativos TPM está implementada. Os dados para acompanhamento e alimentação do painel de controle MP são retirados da planilha de Excel “indicadores extraídos do SAP”, sendo esses dados atualizados mensalmente pela engenharia de manutenção e analisados pelos analistas de manutenção. Após os dados serem extraídos do SAP, são transformados em um BI (*Bussines intelligence*), para facilitar a visualização e a tomada de decisão, conforme figura 31 abaixo, traçando planos de ação para equipamentos abaixo da meta.

Figura 31 – Modelo de BI (*Bussines intelligence*)

Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.3.4 Classificação ABC e Maquinários

Para o atendimento de normas, requisitos de clientes e priorizar o atendimento da manutenção, os equipamentos são classificados por criticidade conforme descrito no capítulo 2.6, através do algoritmo de decisão para criticidade de máquinas. A responsabilidade de revisão da classificação dos maquinários é da engenharia de manutenção, juntamente com as áreas de manutenção, segurança, produção, meio ambiente e qualidade. Inicialmente, cada área (manutenção, segurança, produção, meio ambiente e qualidade) deverá realizar a classificação dos equipamentos de forma individual e baseada nos critérios correspondentes à área. Os critérios para avaliação da criticidade dos equipamentos podem ser vistos na imagem abaixo com um maior detalhamento.

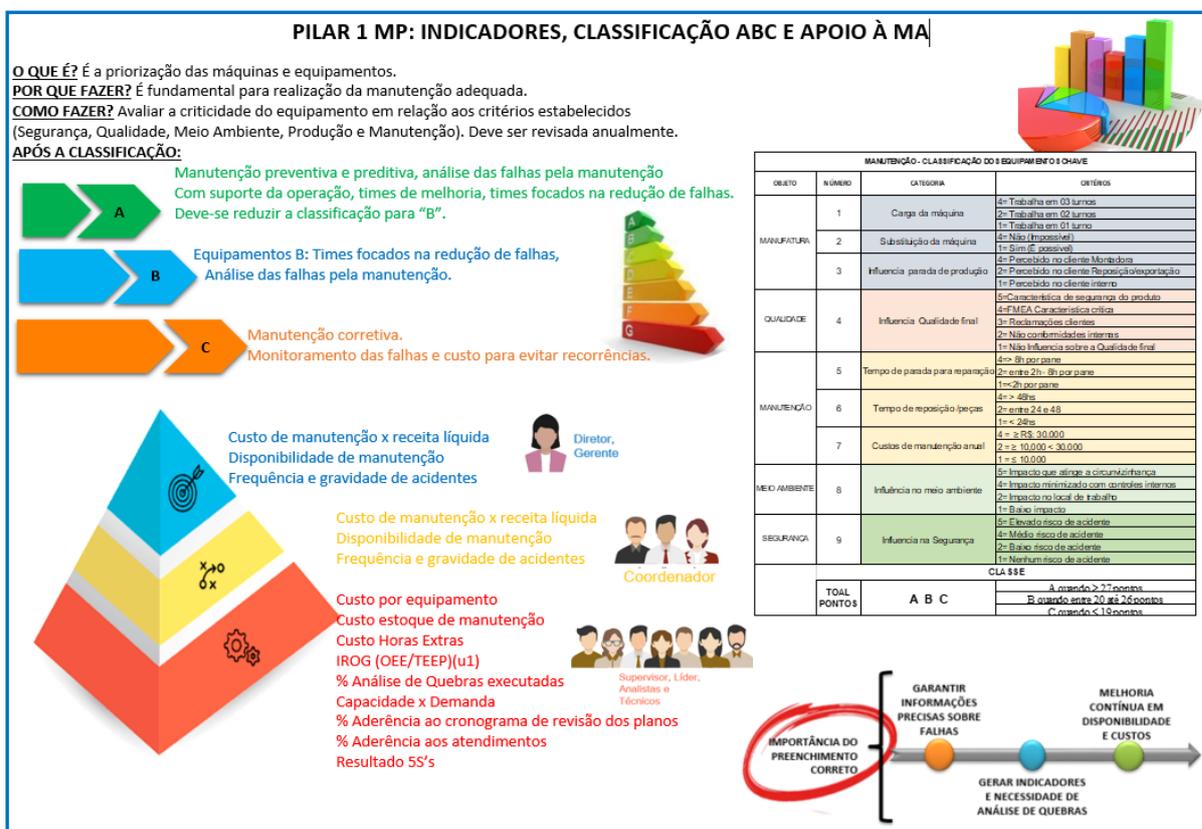
Figura 32 – Classificação maquinário

MANUTENÇÃO - CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CHAVE				
OBJETO	NÚMERO	CATEGORIA	CRITÉRIOS	
MANUFATURA	1	Carga da máquina	5= Trabalha em 03 turnos	
			3= Trabalha em 02 turnos	
			1= Trabalha em 01 turno	
MANUFATURA	2	Substituição da máquina	5= Não (Impossível)	
			2= Sim (É possível)	
			4= Percebido no cliente Montadora	
MANUFATURA	3	Influencia parada de produção	2= Percebido no cliente Reposição/exportação	
			1= Percebido no cliente interno	
QUALIDADE	4	Influencia Qualidade final	5= Equipamento que produz característica de segurança	
			4 = Reclamações clientes com falhas geradas pelo equipamento	
			3 = Equipamento que produz característica de regulamentação governamental	
			2= Não conformidades internas com falhas geradas pelo equipamento	
			1= Baixa influência sobre a Qualidade final do produto	
MANUTENÇÃO	5	Tempo de parada para reparação	4=> 17,2h por pane	
			2= entre 2h - 17,2h por pane	
			1=<2h por pane	
	MANUTENÇÃO	6	Tempo de reposição /peças	4= > 48h
				2= entre 24h e 48h
				1= < 24hs
MANUTENÇÃO	7	Custos de manutenção anual	4 = ≥ R\$: 50.000	
			2 = ≥ 30,000 < 50.000	
			1 = ≤ 30.000	
MEIO AMBIENTE	8	Influência no meio ambiente	5= Impacto que atinge além dos limites da empresa	
			4= Impacto na empresa sem viabilidade de controles internos	
			2= Impacto na empresa minimizado por controles internos	
			1= Baixo impacto não necessitando controles.	
SEGURANÇA	9	Nível de risco inventário NR 10/12	1= Máquina com nível de risco 1 - 3 no inventário de máquinas NR 10/12.	
			3 = Máquina com nível de risco 4 - 6 no inventário de máquinas NR 10/12.	
			5 = Máquina com nível de risco 7 - 8 no inventário de máquinas NR 10/12.	
	SEGURANÇA	10	Segurança do backup do equipamento	1 = A máquina possui backup que oferece as mesmas condições de segurança/ergonomia.
				3 = A máquina possui backup que parcialmente atende condições de ergonomia e segurança.
			5 = A máquina não possui backup que oferece as mesmas condições de segurança/ergonomia.	
<b>CLASSE</b>				
TOAL PONTOS	A B C	A quando ≥ 27 pontos		
		B quando entre 20 até 26 pontos		
		C quando ≤ 19 pontos		

Fonte: Arquivos da empresa

O pilar 1 da manutenção planejada contempla várias etapas, e pode-se observar todas essas etapas compiladas em uma imagem conforme mostrado abaixo, que é um layout proposto com todas as informações necessárias do primeiro pilar da manutenção planejada.

Figura 33 – Pilar 1 MP Indicadores, classificação ABC e apoio



Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.4 Pilar 2 - Zero Defeitos

Este pilar é destinado a sistematizar uma rotina de trabalho para atingir a quebra zero pelo setor de manutenção da empresa. Utilizam-se ferramentas e critérios que visam focar na solução da causa raiz que originou uma quebra, eliminando as possíveis falhas, sejam elas de grande ou pequena magnitude. Seu objetivo é criar uma cultura crítica de análise para soluções de problemas e integração entre os colaboradores, criando um vínculo importante com os demais pilares da manutenção planejada (MP). As ferramentas apresentadas abaixo se aplicam à área de manutenção, mas podem ser replicadas para qualquer setor de uma empresa.

#### 4.4.1 Análise de Quebras

- O que é uma falha: é quando um componente perde sua função, mas permanece trabalhando com velocidade/capacidade reduzida.
- O que é uma quebra: é um conjunto de falhas de um componente que origina uma parada do equipamento.
- O que é uma análise de quebra: é a ferramenta usada para identificar as possíveis causas de falha que originaram uma quebra, definindo prioridades e gerando planos de ações. Para isso usa-se um diagrama de Ishikawa, cinco porquês. Deve ser executada com o mínimo de três pessoas relacionadas com o setor que teve interface com a quebra analisada, sendo que a presença do técnico que efetuou o conserto e o operador que estava operando o equipamento, na hora em que ocorreu a quebra, é fundamental. Na figura 34, abaixo, é possível observar um modelo de análise de causa raiz.
- Quando fazer: a análise de quebra deve ser feita para o equipamento “A” do critério ABC sempre que ocorrer uma quebra com parada (MDT) maior que duas horas ou duas quebras repetitivas, em um mesmo subconjunto do equipamento dentro da semana. O tempo entre a quebra e o início da análise não pode ser maior que uma semana.
- Como fazer análises de quebras: o analista de cada área deve gerar semanalmente um relatório de paradas, relativo ao mês anterior, usando a transação no SAP (IW28), selecionando as ordens de manutenção com parada de máquinas com MDT  $\geq 2$  horas ou paradas 80/20 do gráfico de paretos.

Analisa-se as confirmações técnicas e o catálogo reportado na ordem de manutenção pelo técnico. Se surgirem dúvidas, conversar com as pessoas envolvidas previamente antes da reunião para entender a quebra ocorrida.

- Armazenamento de análises de quebra: as análises de quebras devem ser guardadas para registro e consulta. Depois de redigida a mão em formulário padrão, deve ser digitalizada e guardadas a cópia física e a digital, como pode-se observar nas figuras 34 e 35.

Figura 34 – Análise de quebra RCA

ANÁLISE DA CAUSA RAIZ DE FALHAS - RCA				TPM	
LINHA:	E102	DATA INÍCIO DA AVARIA:	17/02/2022	EQUIPE RESPONSÁVEL PELO RCA:	Engenharia de Manutenção
EQUIPAMENTO/CONJUNTO:	AIG054 - PRENSA 400T	DATA FIM DA AVARIA:	20/02/2022		
FALHA IDENTIFICADA POR:		PERÍODO DA ANÁLISE:			
I - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA					
<p>Notificação 10270560 - "Vazamento de óleo, falha quando aciona, martelo lento."; Notificação 10270698 - "Falha no painel da máquina"; Notificação 10270719 - "Martelo da máquina está baixando sozinho"</p> <p><b>Descrição do problema:</b> Depois que batia a peça o martelo voltava de maneira lenta, isso afetou o OEE da máquina e o líder abriu chamado. Foi identificado um vazamento no cilindro e problema no martelo - Vazamento nos 2 cilindros da máquina. A máquina foi aberta e feito a inspeção dos componentes para encontrar o problema (vedações da válvula, Conexão da válvula e do cilindro). Foi desmontado todo o cilindro para avaliar tudo (Retirar o óleo e os cilindros ocupou muito tempo); Não era a vedação e nem o cilindro, a cabeça de cilindro estava danificada. Foi enviada para ferramentaria e ficou aproximadamente 4 horas para ajuste e reparo. A falta de mobilidade para retirada dos componentes implicou em mais tempo de máquina parada.</p>					
II - DIAGRAMA DE ISHIKAWA					
<b>MEIO AMBIENTE</b> 1 Contaminação do óleo de trabalho da máquina 2 3 4		<b>MÉTODO</b> 1 Não consta análise e verificação do cilindro na intervenção preventiva 2 Qualidade do serviço na desmontagem do cilindro em intervenções anteriores 3 Falta de prioridade nos processos intermediário (Logística e Ferramentaria) 4		<b>MÁQUINA</b> 1 2 3 4	
<b>MATERIAIS</b> 1 Não havia peças de reposição (Kit Cilindro e vedação) 2 3 4 5		<b>MEDIDA</b> 1 2 3 4 5		<b>MÃO DE OBRA</b> 1 2 3 4 5	
<b>PROBLEMA</b>					
Vazamento e folga no cilindro					
III - CAUSAS PRIMÁRIAS EVIDENCIADAS					
1 Contaminação do óleo de trabalho da máquina 2 Não havia peças de reposição (Kit Cilindro e vedação) 3 Não consta análise e verificação do cilindro na intervenção preventiva 4 Qualidade do serviço na desmontagem do cilindro em intervenções anteriores 5 Falta de prioridade nos processos intermediário (Logística e Ferramentaria) 6 7					
IV - EVIDÊNCIAS DOCUMENTAIS DAS CAUSAS PRIMÁRIAS (FOTOS, PRINTS, DOCUMENTOS)					
Evidência (1)	Evidência (2)	Evidência (3)	Evidência (4)		

Fonte: Arquivos da empresa

Figura 35 – Cinco porquês

V - 5 POR QUÊS					
III	1º POR QUÊ	2º POR QUÊ	3º POR QUÊ	4º POR QUÊ	5º POR QUÊ
1	Contaminação do óleo da máquina	Quando é colocado um óleo novo ocorre a contaminação pela borra e óleo residual da máquina	Quando há necessidade de retirar o óleo da máquina e colocar um novo não é feito a retirada completa do óleo e a base do armazenamento do óleo também não é limpa, resultando em armazenamento de contaminantes	-	-
2	Não consta análise e verificação do cilindro na intervenção preventiva	Por histórico de falha não é necessário realizar verificações periódicas visto que não há nenhuma evidência de que este problema veio a ocorrer outras vezes	-	-	-
3	Baixa qualidade do serviço na desmontagem do cilindro em intervenções anteriores	Falta de método e meios corretos para executar a montagem do cilindro	Investimento elevado para execução de uma atividade pontual	-	-
4	Não havia peças de reposição (Kit Cilindro e vedação)	Não é um item de estoque	São equipamentos de custo elevado para manter em estoque e não há estudo ou levantamento do ROI para o investimento dos itens de reposição	-	-
		Não há verificação periódica do cilindro para compra de materiais de maneira prévia	Não consta análise e verificação do cilindro na intervenção preventiva	Por histórico de falha não é necessário realizar verificações periódicas visto que não há nenhuma evidência de que este problema veio a ocorrer outras vezes	
5	Falta de prioridade nos processos intermediários (Logística e Ferramentaria Corporativa)	Não há consciência de criticidade de manutenção entre a Unidade e os processos intermediários	Não existe processos intermediários próprios da unidade de negócio, existindo dependência da disponibilidade geral das áreas de apoio	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-

VI - CAUSAS RAIZES EVIDENCIADAS									
1	Quando há necessidade de retirar o óleo da máquina e colocar um novo não é feito a retirada completa do óleo e a base do armazenamento do óleo também não é limpa, resultando em armazenamento de contaminantes								
2	Não há peças de reposição do kit cilindro e vedação por que são equipamentos de custo elevado para manter em estoque e não há estudo ou levantamento do ROI para o investimento dos itens de reposição								
3	Falta de prioridade nos processos intermediários de Logística e Ferramentaria Corporativa, pois não existe processos intermediários próprios da unidade de negócio, existindo dependência da disponibilidade geral das áreas de apoio								
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

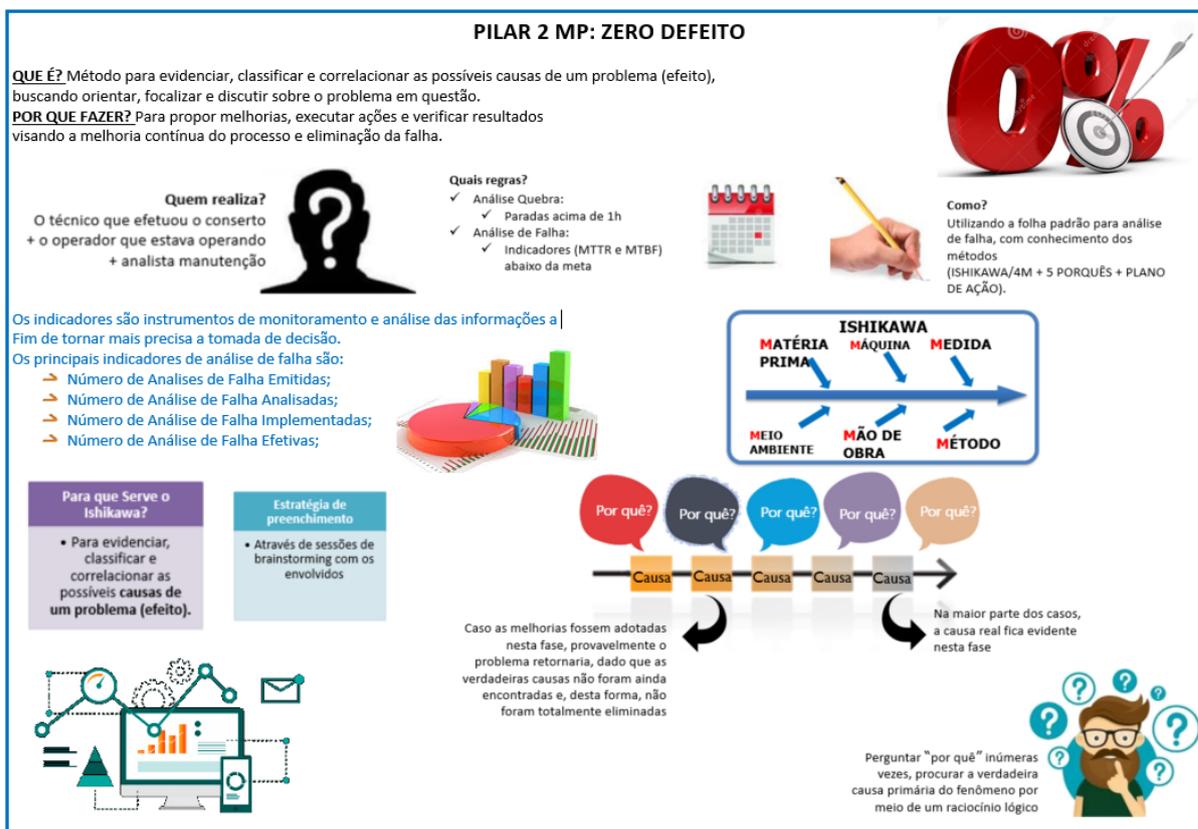
VII - PLANO DE AÇÃO 5W2H											
VI	WHAT? O que será feito?	WHEN? Prazo	WHERE? Onde será feito?	WHY? Justificativa	WHO? Responsável	HOW? Como será feito?	HOW MUCH? Custos	GANHO	PRIORIDADE	STATUS	
									G U T NOTA		
1.1	Estudo de viabilidade de acesso ao local de contaminação		Prensa 400T	Contaminação do óleo de trabalho da máquina	Kival / Segurança	Estudo de acesso e limpeza do local da contaminação	R\$ - R\$ -			0	OK
1.2	Aumentar periodicidade de filtragem do óleo		Prensa 400T	Contaminação do óleo de trabalho da máquina	Sandro	Intervenções periódicas de filtragem do óleo	R\$ - R\$ -			0	OK
2	Realizar orçamento de viabilidade ROI para o investimento dos itens de reposição (Cilindros e vedação)		Manutenção Agrícola / Engenharia de Manutenção	Caso algum dos itens do cilindro venha a estragar será necessário muitos dias de máquina parada	Monika / Engenharia de Manutenção	Orçamento do investimento	R\$ - R\$ -			0	OK
3	Criar uma relação de criticidade entre supervisão e área apoio		Manutenção Agrícola	O atendimento não está sendo efetivo	Jacson / Áreas de Apoio	Tratativas internas	R\$ - R\$ -			0	OK
4							R\$ - R\$ -			0	OK
5							R\$ - R\$ -			0	OK

Padrão desenvolvido pelo ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Fonte: Arquivos da empresa

O pilar 2 da manutenção planejada contempla também várias etapas, e pode-se observar todas essas etapas compiladas em uma imagem, conforme abaixo, em um *layout* proposto com todas as informações necessárias do pilar 2 da manutenção planejada.

Figura 36 – Pilar 2 MP Zero defeito



Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.5 Pilar 3 – Estrutura da Manutenção

A estrutura de manutenção planejada é composta por uma equipe gerencial, supervisor, líderes, engenheiros de manutenção (analista de engenharia e analistas de fábrica). Cada função tem suas responsabilidades distintas que, em conjunto, visam suprir todas as necessidades para o bom atendimento das tarefas de manutenção e geração de indicadores, atendendo as necessidades dos clientes internos e realizando a gestão necessária para a celebração de contratos e fiscalização dos fornecedores dentro de um custo compatível com a execução dos serviços.

O supervisor de manutenção direciona e disciplina a equipe de manutenção, em busca dos recursos necessários para que o setor atinja as metas estabelecidas de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, promovendo e participando de reuniões periódicas para apresentação de resultados e elaboração de planos de

ação, para a busca de objetivos nos prazos especificados, fornecendo o *feedback* necessário às partes interessadas.

O líder de manutenção garante a disciplina da equipe de manutenção em suas áreas, busca os recursos necessários para que o setor atinja as metas estabelecidas de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, promove e participa de reuniões periódicas com apresentação de resultados e desenvolvimento de planos de ação para encontrar soluções para os problemas encontrados.

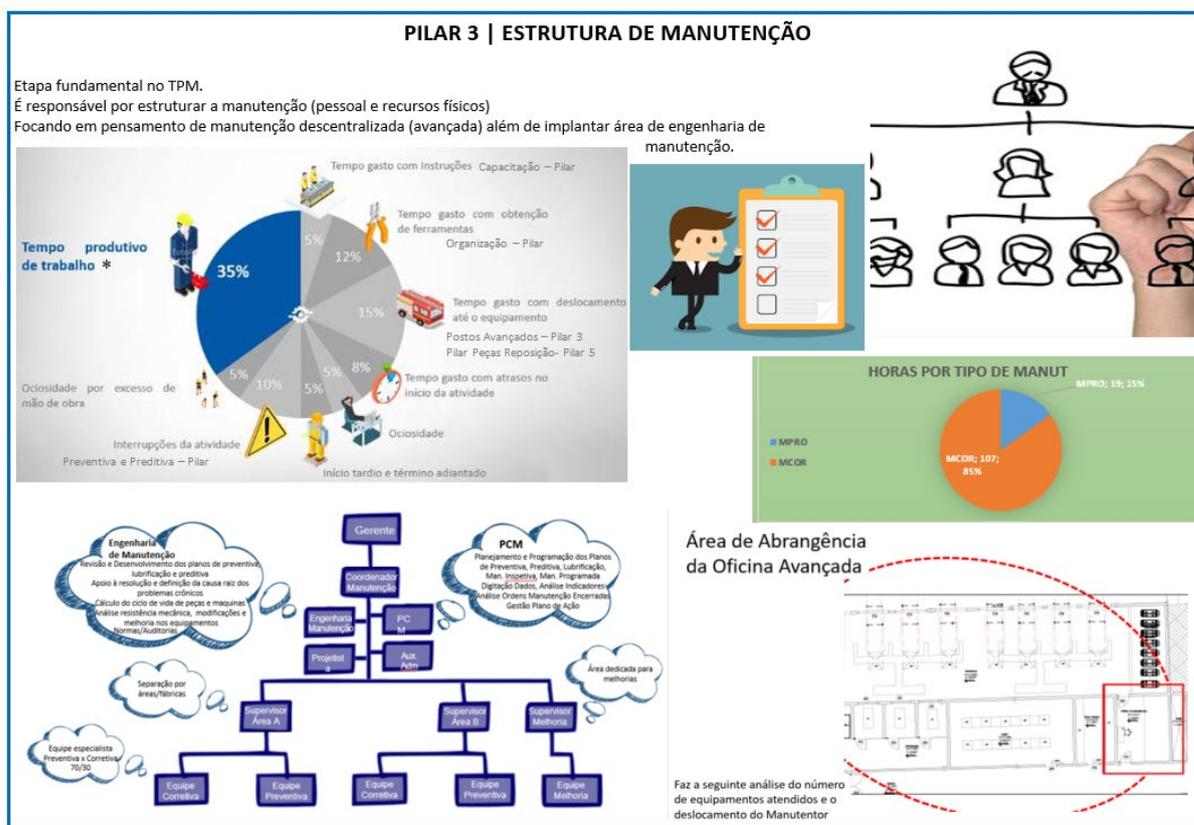
O técnico de manutenção é responsável por atividades voltadas para a manutenção da infraestrutura necessária ao funcionamento da empresa, aumento da confiabilidade dos equipamentos, redução dos custos de manutenção, elaboração e revisão dos planos de manutenção preventiva e preditiva, melhoria dos padrões e sistemática da manutenção, desenvolvimento de planos para a manutenção da confiabilidade dos equipamentos, desenvolvimento e acompanhamento do TPM, assistência técnica com a compra de itens de manutenção, máquinas e equipamentos.

O PCM da área realiza o planejamento e controle da manutenção, é responsável pela realização das ordens de compra, conferência dos materiais, análise e elaboração conjunta dos planos de ação, validação das ações realizadas e faz o controle dos indicadores para a busca dos objetivos traçados pela gerência, supervisão e apoio aos eletromecânicos junto a qualquer situação de adversidade nos equipamentos da empresa.

Eletromecânicos realizam manutenções corretivas, preventivas e preditivas nos equipamentos conforme cronograma, propõem melhorias nos equipamentos e executam conforme projeto elaborado, propõem alterações nos planos de manutenção preventiva, preditiva e lubrificação sempre que identificada oportunidade de melhoria e treinam, na fábrica, os operadores em atividades de manutenção autônoma.

Assim como no pilar 1 e 2 da manutenção planejada, o pilar da estrutura de manutenção, é possível observar, que contempla todas as informações abordadas acima. Todos esses passos estão compilados em uma imagem, conforme abaixo, em um *layout* proposto com todas as informações necessárias do terceiro pilar da manutenção planejada.

Figura 37 – Pilar 3 MP estrutura de manutenção



Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.6 Pilar 4 – Lubrificação

O objetivo desse pilar é realizar a padronização dos lubrificantes, tornando, assim, mais viável a redução de estoque e de diferentes fornecedores e reduzindo a quantidade e complexidade de compras.

Estabelecer e implantar plano de lubrificação, orientando e organizando a rotina e definindo os métodos e pontos para lubrificação.

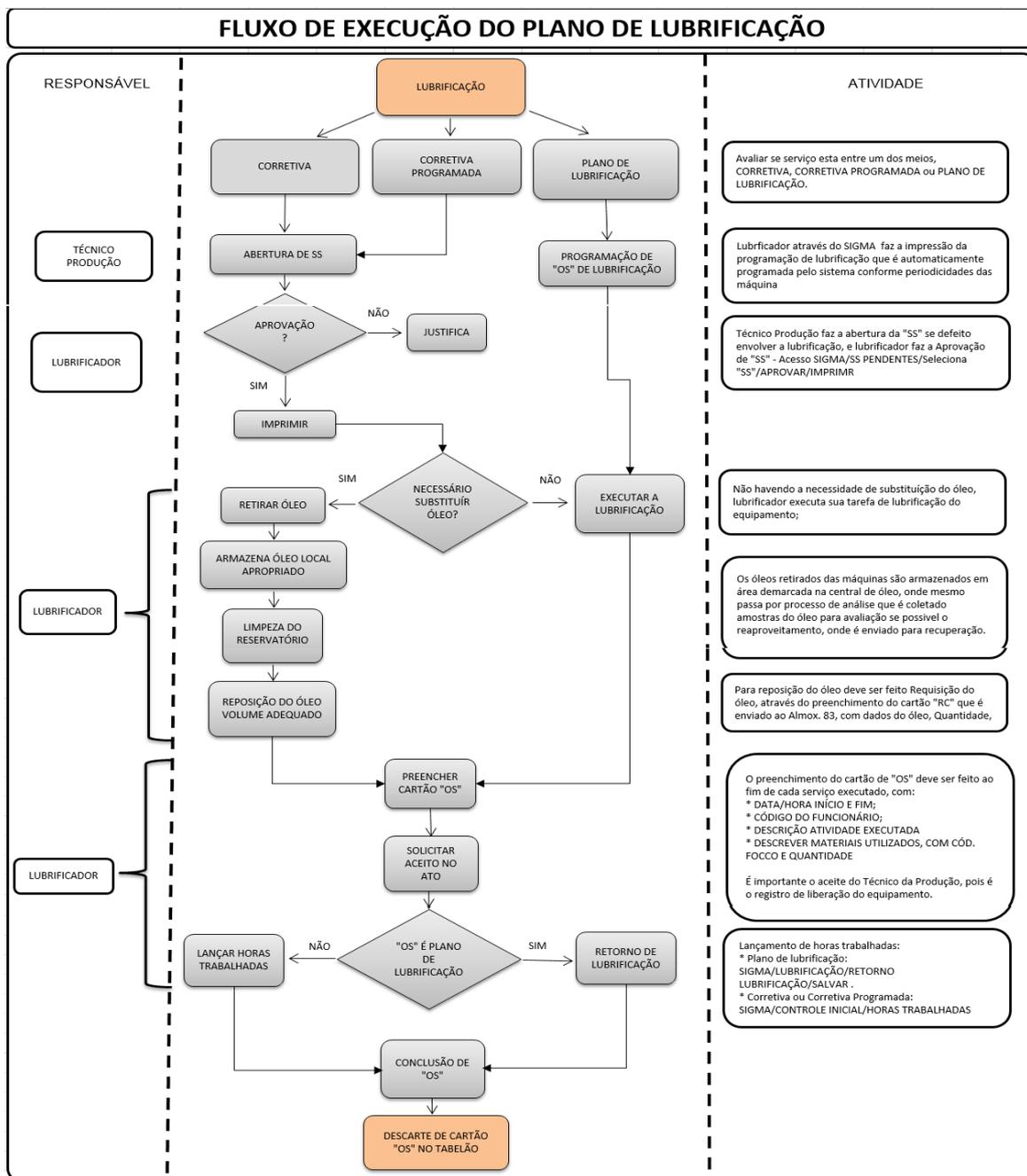
Outro objetivo também é estabelecer e implantar a central de lubrificação, cumprindo, então, uma organização previa de todas as ferramentas, documentos e material para realização dos serviços.

A lubrificação dos demais equipamentos é realizada por plano de lubrificação, gerado pelo sistema SAP, com sua periodicidade programável, conforme cadastrado no sistema.

O técnico em lubrificação realiza as tarefas seguindo o plano que é entregue pelo PCM que aprova as programações no sistema e imprime, para que realize as

lubrificações. Após serem executadas as tarefas, o lubrificador finaliza no sistema, concluindo a programação. Conforme fluxo, da imagem abaixo.

Figura 38 – Fluxo plano lubrificação

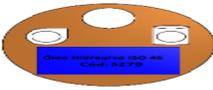


Fonte: Arquivos da empresa

### 4.6.1 Cores de Etiquetas

Para cada lubrificante foi definido uma cor diferente da outra para identificá-lo no ponto de lubrificação. Segue tabela para amostra de cores. Conforme a revisão dos planos de lubrificação, todos os equipamentos terão a identificação dos pontos de lubrificação. Podemos observar, na imagem abaixo, um exemplo de padrão de identificação.

Figura 39 – Cores de etiquetas

Tabela de identificação de Pontos de Lubrificação			
Identificação	Lubrificante	Código	Descrição
	Graxa Multis EP - 2	9163	Graxa Mineral
	Graxa Multis EP - 1	7208	Graxa Mineral
	Mobil Velocite Nº 6	6169	Óleo Mineral ISO 10
	Mobil Hidraulico AW 68	6167	Óleo Mineral ISO 68
	Mobil Nuto H 46	5279	Óleo Mineral ISO 46
	Mobil Nuto H 32	7294	Óleo Mineral ISO 32
	Mobil Vactra 2	6173	Óleo Lubrificação ISO 68
	MobilGear 600 xp 220	7204	Óleo Lubrificação ISO 220
	MobilGear 600 xp 680	7203	Óleo Lubrificação ISO 680
	Mobil Vacuoline ISO 150	8889	Óleo Lubrificação ISO 150

Fonte: Arquivos da empresa

Assim como no pilar 1, 2 e 3 da manutenção planejada, o pilar da gestão da lubrificação possui alguns princípios a serem seguidos, bem como estabelecimento e implantação de planos de lubrificação, com foco em redução de vazamentos e gastos excessivos. A implantação de uma central de lubrificação também se faz necessária para buscar uma padronização dos processos, por meio de coletas de dados, análises de óleo, rotinas específicas e elaboração de melhorias, todos estes citados, estão compilados em uma imagem, conforme abaixo, que é um *layout* proposto com todas as informações necessárias do quarto pilar da manutenção planejada.

Figura 40 – Pilar 4 MP gestão da lubrificação



Fonte: Arquivos da empresa

#### **4.7 Pilar 5 – Peças de Reposição**

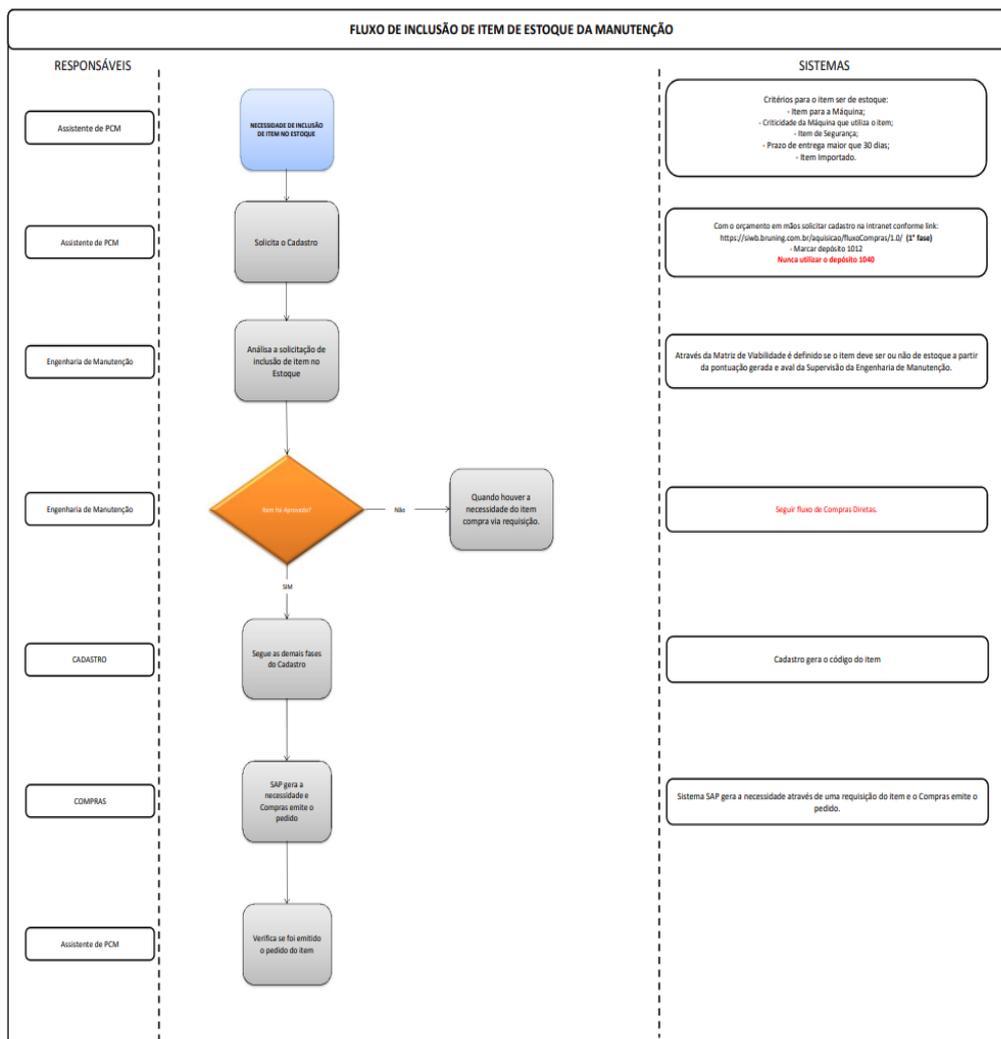
Este pilar define a sistemática para a reposição de peças, componentes e serviços necessários para manter o atendimento programado ou imediato das máquinas e equipamentos da fábrica.

Visa estabelecer um padrão de gerenciamento e critério para aquisição de peças de reposição demandadas, por meio da busca constante da padronização de componentes, para reduzir estoques de reposição e facilitar o trabalho de manutenção. Essa visão auxilia também o setor de recebimento e almoxarifado, na conferência e nas condições de transporte a armazenamento interno, se for o caso.

Todo item que é necessário para utilização em uma máquina deve ser informado à engenharia de manutenção para inclusão do código na lista técnica.

Da mesma maneira, quando um item é retirado por algum motivo, deve ser informado o código para a retirada do item da lista; caso ele não tenha mais nenhuma aplicação na empresa, deve ser retirado também do estoque. Abaixo segue imagem do fluxo de inclusão de itens de estoque de manutenção.

Figura 41 – Fluxo de inclusão de itens de estoque



Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.7.1 Definição de Compra para Manutenção

A necessidade de compra, requisição de peças e ou componentes é identificada através da intervenção do técnico no equipamento ou por ordens de manutenção preventivas ou programadas e pode acontecer de duas formas.

A primeira é quando esse item (peça) está no almoxarifado central da empresa. Nesse caso, o eletromecânico tem autonomia para efetuar a requisição via sistema, retirar do almoxarifado (itens com programa de remessa já definido) e fazer o reparo, colocando o equipamento em operação. A segunda é quando é necessária compra externa do item, que pode ser tipo *spot* (que não possui contrato de fornecimento e deve ser negociado, levando em conta que terá tempo de entrega

mais elevado) e a de itens que já possuem contrato de fornecimento, (que a reposição é mais rápida, pois o preço já está negociado). Essa necessidade deve ser comunicada ao analista que fará a solicitação via sistema de compras da empresa.

Na figura abaixo, assim como nos demais pilares, estão especificados, por layout proposto, alguns detalhes de como o pilar cinco está estruturado.

Figura 42 – Pilar 5 MP peças reposição

**PILAR 5 MP: PEÇAS DE REPOSIÇÃO**

**QUE É?** Etapa responsável pelas atividades de gerenciamento de peças de reposição.

**ATIVIDADES:** Definir lista de peças por equipamento e peças críticas  
 Definir itens que ficarão em estoque  
 Estabelecer padrão de gerenciamento de peças de reposição  
 Padronizar e reduzir tipos e quantidades de peças de reposição;  
 Ter controle visual e  
 Definir as áreas de estocagem próximas dos pontos de utilização (máquinas AB/oficinas setoriais)  
 Importante que o Almoarifado de Manutenção seja controlado pela Logística.



Setores	Valor do Estoque / Custo de Manutenção (%)
Açúcar e Alcool, Alimentos e Bebidas	41%
Aeronáutico e Automotivo	39%
Eletroeletrônicos - Energia Elétrica	38%
Químico e Saneamento	13%
Mineração e Siderúrgico	27%
Petróleo e Petroquímico	32%
Papel e Celulose e Plástico	26%
Previdal e Prestação de Serviços (EQ e MO)	24%
Máquinas e Equipamentos - Metálico	33%
<b>Média Geral</b>	<b>30%</b>

Setores	Rotatividade do Estoque de Manutenção (vezes)	Média Média dos Equipamentos (vezes)
Açúcar e Alcool, Alimentos e Bebidas	10	19
Aeronáutico e Automotivo	16	17
Eletroeletrônicos - Energia Elétrica	16	10
Químico e Saneamento	7	28
Mineração e Siderúrgico	18	20
Petróleo e Petroquímico	22	18
Papel e Celulose e Plástico	15	24
Previdal e Prestação de Serviços (EQ e MO)	9	10
Máquinas e Equipamentos - Metálico	7	12
<b>Média Geral</b>	<b>13</b>	<b>17</b>

A cada dois anos, a ABRAMAN lança o Documento Nacional, medidor da situação da Manutenção no Brasil a partir de ampla pesquisa realizada entre empresas representativas dos principais setores da economia de todo o país. Os dados e as informações do Documento são ferramentas que apoiam as decisões gerenciais e ainda servem de subsídios para trabalhos, palestras e artigos publicados no Brasil e no exterior.

Fonte: ABRAMAN Documento Nacional: A situação da Manutenção no Brasil. 2017



CATEGORIA	REPRESENTAÇÃO	CRITÉRIOS		
SEGURANÇA OPERACIONAL	A	Materiais e peças sobressalentes que não são recuperáveis, não podem ser substituídos por equivalentes, não é possível acompanhar o desgaste e não tem condições de prevenir a falha. Sua falta certamente causará a parada das operações, e pode gerar danos irreversíveis.		
GRAU DE IMPORTÂNCIA	REPRESENTAÇÃO	CRITÉRIOS		
RECON	Alto	1	Item cuja falta acarreta consequências críticas na produção com a interrupção nos processos da empresa. Em caso de necessidade, a sua falta impacta na quantidade e/ou qualidade na produção e gera risco ao meio ambiente ou à segurança.	
	Médio	2	Item cuja falta pode acarretar interferências na produção, no entanto são possíveis de serem substituídos por outros disponíveis em estoque. Os recursos disponíveis podem atenuar os impactos na produção, em relação à quantidade e/ou qualidade, ao meio ambiente ou à segurança.	
RE	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO DE IMPORTÂNCIA	
	Alto	Médio	Baixo	
SEGURANÇA OPERACIONAL	A	1	2	3
INSPEÇÃO	B	A1	A2	-
RECONDIÇÃO	B	B1	B2	B3
REPOSIÇÃO	MATERIAIS E PEÇAS SOBRESSALENTES COM RELAÇÃO A SUA UTILIZAÇÃO			
RECONDICIONAMENTO (C)	RESPOSTA (SIM/NÃO)			
PREVISÃO POSSÍVEL (B)	SIM	SIM	NÃO	NÃO
SEGURANÇA OPERACIONAL (B)	SIM	SIM	SIM	NÃO
REPOSIÇÃO (D)	SIM	SIM	SIM	SIM
PRE-CLASSIFQUE	C	B	A	D
CLASSIFQUE	C1   C2   C3	B1   B2   B3	A1   A2	D1

Fonte: Arquivos da empresa

## 4.8 Pilar 6 – Custo de Manutenção

Este pilar visa criar um sistema de gestão de custos das unidades para garantir a disponibilidade de máquinas no parque fabril a um custo aceitável para a empresa, possibilitando, assim, a gestão dos custos de manutenção.

### 4.8.1 Manutenção Industrial

Custo de manutenção industrial significa o valor investido para manter o bom funcionamento dos ativos da empresa, que se refere ao custo de peças, serviços contratados, mão de obra, reforma e melhoria de máquinas e equipamentos.

#### 4.8.2 Análise de Custos

Para a análise de custos é necessário constantemente buscar a otimização dos processos produtivos, reduzindo ao máximo as perdas, gerindo os custos de manutenção de forma planejada a fim de usar da melhor forma possível os recursos disponíveis.

Ao analisar a relação entre o valor gasto e a meta, faz-se necessário entender os motivos pelos quais por vezes a meta é superada, analisando os fatores que geram custos inesperados ou excessivos, para que sejam identificados e tratados, com o objetivo de não prejudicar o orçamento anual.

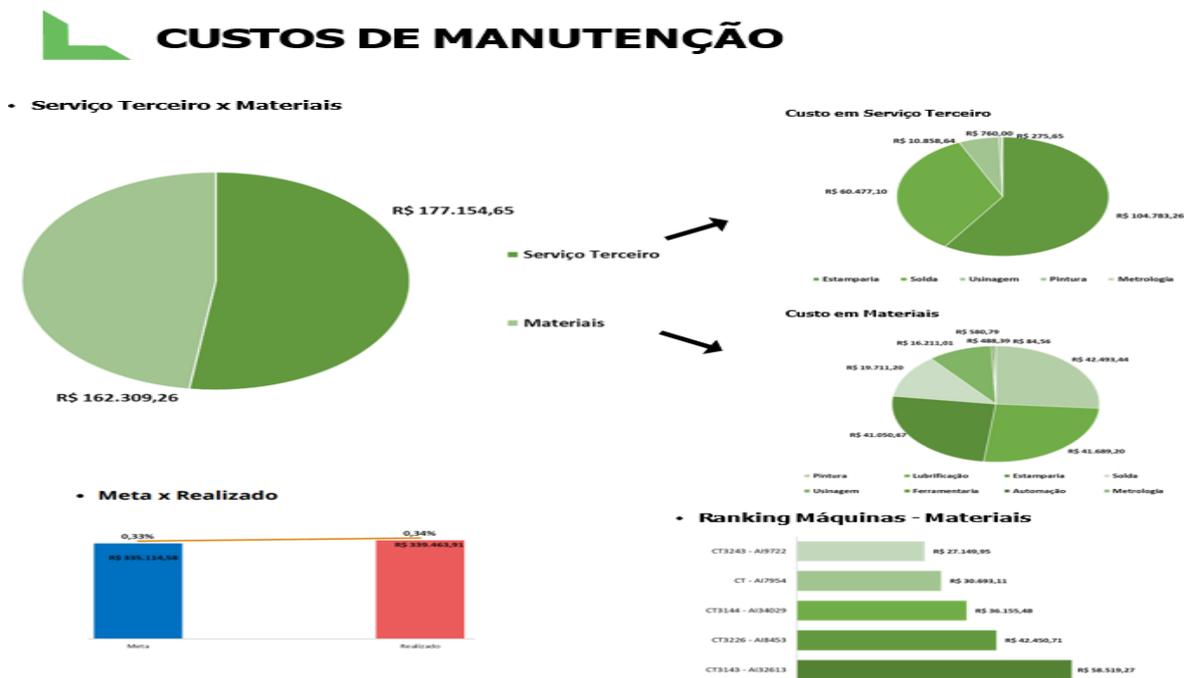
#### 4.8.3 Gerenciamento de Custo de Manutenção

Os analistas recebem por *e-mail*, todo mês, os custos totais mensais de todos os equipamentos, e é possível também analisar, por meio do BI (*bussiness intelingence*), todos os custos de manutenção e preservação dos equipamentos diariamente, que devem ser analisados, tratados e minimizados, com a realização de planos de ação. Dependendo da situação de cada unidade de negócio durante o mês, cada analista deve tomar decisões estratégicas, buscando atingir a meta mensal, no intuito de não comprometer o orçamento geral.

Nos tabelões de cada área de manutenção das unidades, existem gráficos onde é possível consultar os custos gerados durante o mês anterior e planos de ação, unindo com o mês corrente para buscar uma diminuição dos custos gerados.

Ainda como indicador de custo, são colocados nos tabelões das manutenções um pareto dos cinco principais custos de manutenção atrelados aos equipamentos que os consumiu, visto no gráfico 2 e na figura 44, que mostra as cinco máquinas que tiveram os maiores custos em cada especialidade para peças e serviços. A partir da geração desses gráficos, é possível verificar os custos das máquinas mensalmente.

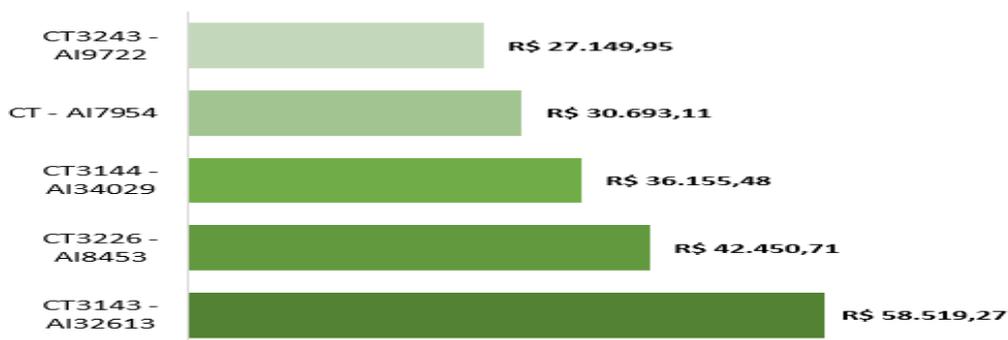
Gráfico 2 – Custos de manutenção



Fonte: Arquivos da empresa

Figura 44 – Top 5 custos manutenção

TOP 5 - Custo em materiais			
AI	CT	CT + AI	Custo
AI32613	3143	CT3143 - AI32613	R\$ 58.519,27
AI8453	3226	CT3226 - AI8453	R\$ 42.450,71
AI34029	3144	CT3144 - AI34029	R\$ 36.155,48
AI7954		CT - AI7954	R\$ 30.693,11
AI9722	3243	CT3243 - AI9722	R\$ 27.149,95



Fonte: Arquivos da empresa

Na figura 45, abaixo, assim como nos demais pilares, estão especificados, no layout proposto, alguns detalhes de como o pilar 6 é estruturado.

Figura 45 – Pilar 6 MP gestão de custos manutenção



Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.9 Pilar 7 - Preventiva e Preditiva

Os componentes ou peças das máquinas são substituídos em intervalos de tempo predeterminados com base em dados e informações sobre a vida útil desses componentes, para evitar a surpresa da indisponibilidade das máquinas. Leva-se em consideração a manutenção (reparação, lubrificação, substituição de peças, etc.) da máquina ao longo do tempo. A manutenção preventiva prolonga a vida útil das máquinas e equipamentos e, consequentemente, aumenta a sua disponibilidade, reduzindo dessa forma os custos da empresa. Idealmente, um programa de manutenção preditivo pode prevenir qualquer falha de máquina e equipamento antes que ela ocorra, se o mesmo for um documento retroalimentado da maneira correta por históricos e lições aprendidas.

Os planos de manutenção preventiva são baseados nos seguintes documentos: manual do equipamento, histórico de manutenção, planos de

manutenção antigos, experiência da equipe, aquisição de conhecimento em sala de aula, etc.

Um bom plano de manutenção preventiva deve ter suas atribuições claras e objetivas e não deixar margem para interpretações. A descrição da tarefa deve ser detalhada e colocada cronologicamente para facilitar a sua conclusão. O plano deve incluir uma lista de materiais que serão necessários para concluir a tarefa. O tempo e a quantidade de técnicos necessários para realizá-la devem ser corretos para alocação de recursos e cronograma.

Esse tipo de manutenção é planejado para evitar interrupções no processo, além de prolongar a vida útil das máquinas e equipamentos e, conseqüentemente, aumentar a disponibilidade das máquinas e reduzir os custos da empresa. Suas atividades são baseadas em observações regulares e planejadas, ajustes, substituições, reparos e limpezas básicas de componentes ou equipamentos para que não haja paradas devido a quebras repentinas.

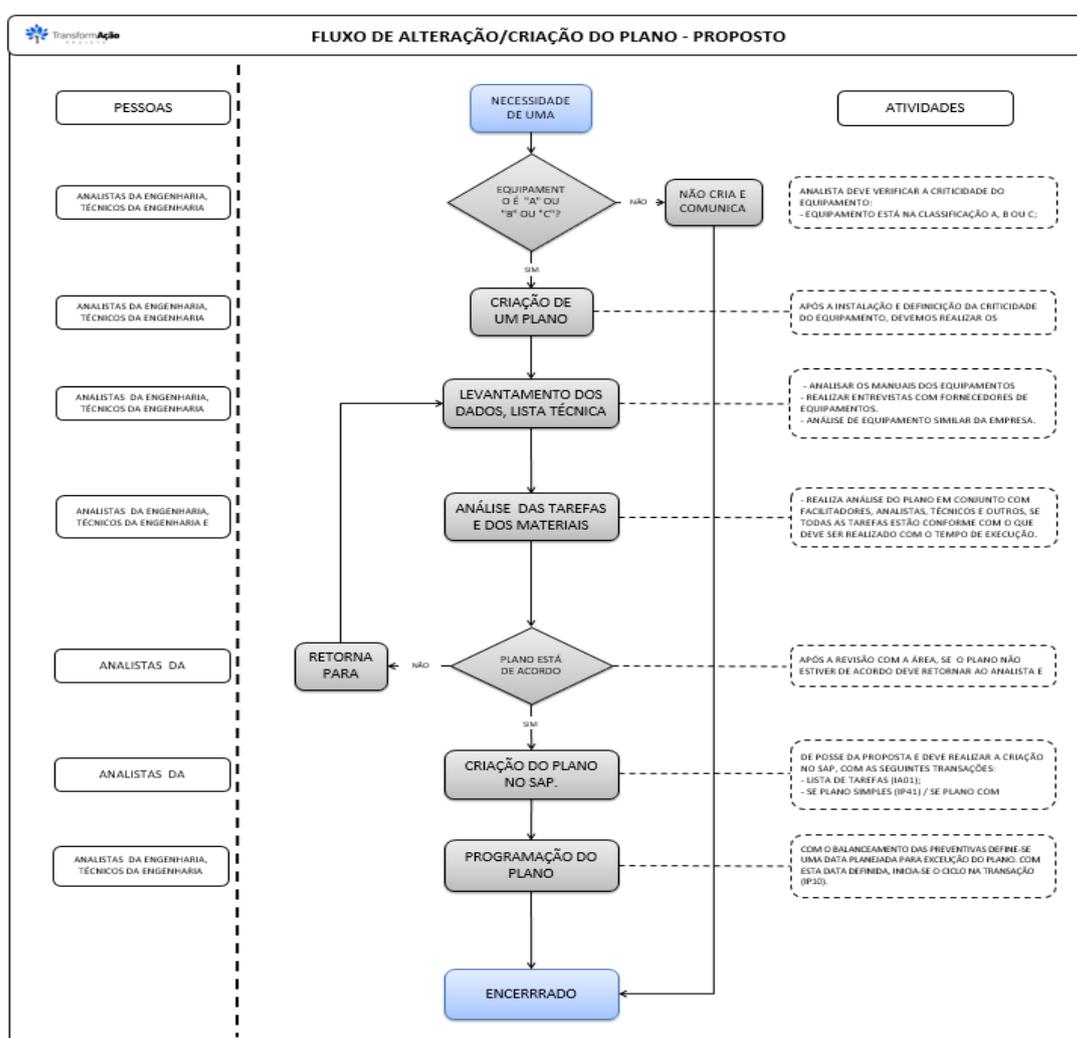
Abaixo, na figura 46, pode-se observar um exemplo parcial de um cronograma das preventivas das máquinas de um parque fabril, e, no gráfico 3, observa-se o balanceamento das cargas, distribuído entre as unidades de negócio, em horas de manutenções preventivas e em percentuais.



### 4.9.1 Criação do Plano de Manutenção

Caso seja necessário elaborar um novo plano, este deve partir do fluxo de aquisição de equipamentos conforme figura 47. Esse fluxo estabelece a sistemática entre a engenharia de processo, engenharia de manutenção e o time de manutenção.

Figura 47 – Fluxo alteração do plano



Fonte: Arquivos da empresa

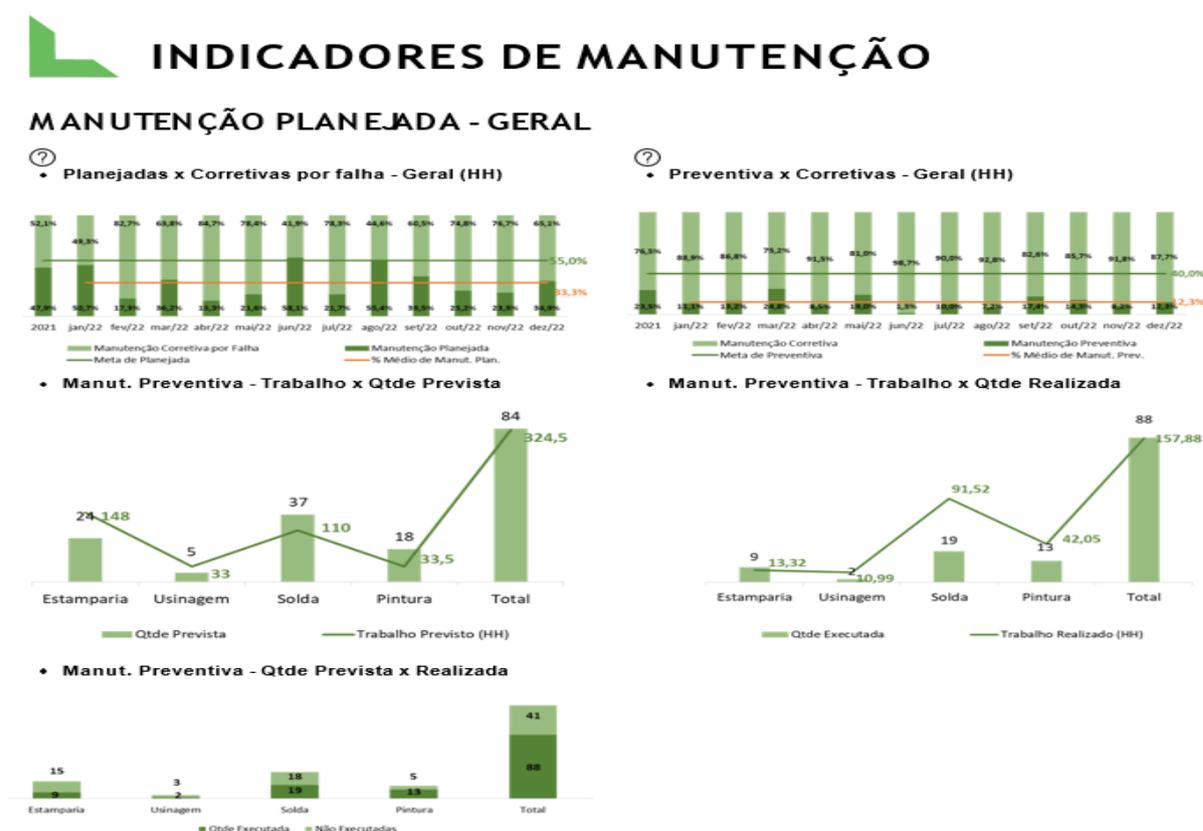
Posteriormente, para implementar um plano de manutenção preventiva no equipamento, é necessário verificar de que forma o equipamento está classificado como A, B ou C na classificação de maquinários. Caso o equipamento esteja dentro dos critérios da classificação de maquinários, os planos de manutenção serão implementados, caso contrário não deverá ser criado um novo plano.

## 4.9.2 Indicadores Manutenção Preventiva

O item trabalho por quantidade prevista/realizada verifica se o tempo de execução que está no plano de manutenção é o mesmo ou muito próximo do que foi planejado para o mês atual e é um indicador de acompanhamento, validando se o plano originalmente elaborado precisa ou não passar por revisão.

O item quantidade prevista por quantidade realizada verifica se o número de ordens realizadas corresponde ao número de ordens planejadas para o mês atual. O indicador será verificado pela data inicial do mês e ao decorrer do mesmo, as ordens que tiverem confirmação serão contabilizadas como fechadas (positivo para o indicador), ordens de manutenção com fechamento técnico (sem detalhamento do tempo) e compra de material são contadas como abertas (negativo para o indicador), a meta é 90%. O gráfico deve ser impresso e atualizado no painel de controle MP da área. Abaixo segue um exemplo dos indicadores gerados para o mês, contabilizando as horas e as quantidades realizadas, bem como o que se deixou de realizar, sendo as mesmas reprogramadas.

Gráfico 4 – Indicadores de manutenção preventiva



Fonte: Arquivos da empresa

### 4.9.3 Fluxo para Programar Manutenção Preventiva com PCP

Como a engenharia de manutenção planeja o cronograma anual de manutenção preventiva, as manutenções dentro das unidades de negócio da empresa são programadas com 60 dias de antecedência, negociando junto ao PCP da unidade (planejamento e controle de produção) a execução das manutenções. Os analistas de cada área, de posse das ordens de manutenção preventiva, fazem uma análise detalhada das mesmas e verificam quais ordens requerem parar máquinas e/ou comprar peças para manutenção, fazendo as requisições de compra se as peças necessárias não estiverem em estoque. Após a emissão do pedido de compra e o prazo de entrega definido, é verificado pelo analista se a peça será entregue até a data de execução da ordem; caso contrário, a mesma é remarcada para a data de chegada do material na empresa. Abaixo uma imagem do pilar 7, que fica no painel de controle da manutenção de cada área, exemplificando as etapas do processo.

Figura 48 – Pilar 7 MP gestão preventivas



Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.10 Pilar 8 – Aprimoramento

De acordo com as necessidades da empresa e do mercado atual, fica claro que não basta apenas saber a função, mas como executá-la com capacidade e rapidez, garantindo assim a agilidade do processo. A qualificação favorece o desenvolvimento do colaborador. Dessa maneira, a qualificação proporciona maior competência profissional em um prazo menor e mais chances de alcançar o sucesso em sua área de atuação. Faz-se necessária a busca por treinamentos para todos os eletromecânicos e técnicos, a fim de garantir o aprimoramento do desenvolvimento de suas respectivas atividades, tais como: operação segura e profissional de equipamentos específicos, para os processos industriais da empresa, complementando as qualificações adquiridas nos treinamentos.

Para que haja a busca pelos objetivos da empresa, bem como o atingimento de metas, é necessário que sejam determinados o perfil ideal de um manutentor, realizando uma avaliação técnica do estado atual do conhecimento. Após isso, desenvolver planos de treinamento do pessoal de manutenção tanto internos como externos, implantar o plano, desenvolver um sistema de avaliação da eficácia dos treinamentos elaborados, buscar a criação de um ambiente de autodesenvolvimento da equipe e buscar sempre o melhoramento de tudo que foi proposto, assim como um plano de PDCA com foco na melhoria contínua podendo ser usados no controle de processos e solução de problemas.

Figura 49 – Ciclo PDCA



Fonte: Arquivos da empresa

#### 4.10.1 Matriz Versatilidade

A principal ferramenta deste pilar é a matriz de versatilidade.

#### 4.10.2 Cruzamento das competências

A matriz de versatilidade consiste no cruzamento das competências necessárias para desempenhar determinada função com as competências que o colaborador possui. Ao comparar esses dados, identificamos as necessidades de treinamento direcionadas a cada funcionário e se há alguém na equipe que possa treiná-lo. Existem 4 níveis de desenvolvimento do modelo utilizado na matriz que são:

- Nível Q1: em treinamento;
- Nível Q2: treinado para realizar a manutenção;
- Nível Q3: realiza manutenção e detecta problemas;
- Nível Q4: realiza manutenção, detecta e treina o time.

Na figura 50, é possível observar o cargo do time de manutenção e os treinamentos que foram levantados como necessários para o exercício da função, em que estágio cada mantenedor se encontra e o que é necessário para cada função. Ainda a tabela conta com treinamentos que são requisitos da função que são denominados treinamentos básicos de conhecimentos gerais e também há os treinamentos específicos da função para que a mesma seja exercida da melhor forma possível, atendendo às necessidades da empresa.

Figura 50 – Modelo de matriz de versatilidade

		MATRIZ DE VERSATILIDADE							
		MANUTENÇÃO							
REQUISITO DA FUNÇÃO	AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS	X	X	X	X	X	X	X	X
	INSTRUCOES DE SAUDE E SEGURANCA	X	X	X	X	X	X	X	X
	INSTRUCOES DE SAUDE E SEGURANCA I	X	X	X	X	X	X	X	X
	PROGRAMA DE INTEGRACAO	X	X	X	X	X	X	X	X
	INFORMATICA	X	X	X	X	X	X	X	X
	SOB O EDE	X	X	X	X	X	X	X	X
	SISTEMA DE PRODUTIVIDADE I	X	X	X	X	X	X	X	X
	MANUFATURA / MANUT ROTINA / SEG LEG	X	X	X	X	X	X	X	X
	RESOLUCAO DE PROBLEMAS	X	X	X	X	X	X	X	X
	INGLES	X	X	X	X	X	X	X	X
	ERGONOMIA BASICA	X	X	X	X	X	X	X	X
	MANUFATURA I	X	X	X	X	X	X	X	X
	LEITURA E INTER DESENHO E METROLOGIA	X	X	X	X	X	X	X	X
	SISTEMA DE PRODUTIVIDADE - MANUTENCAO	X	X	X	X	X	X	X	X
	NOCCES DE CLP	X	X	X	X	X	X	X	X
	TAUTO CAD	X	X	X	X	X	X	X	X
	TOLERANCIAS GEOMETRICAS	X	X	X	X	X	X	X	X
	SISTEMAS HIDRAULICOS	X	X	X	X	X	X	X	X
	SISTEMAS PNEUMATICOS	X	X	X	X	X	X	X	X
	MANUTENCAO PLANEJADA	X	X	X	X	X	X	X	X
	NOCCES DE MATERIAIS	X	X	X	X	X	X	X	X
	NIR 30	X	X	X	X	X	X	X	X
	NIR 12-SEGURANCA EM MAQUINAS E EQUIPAMENTOS	X	X	X	X	X	X	X	X
	NIR 33-ESPACO CONFINADO (FORMACAO)	X	X	X	X	X	X	X	X
	NIR 35-TREINANDO EM ALTURA	X	X	X	X	X	X	X	X
	NIR 18-PLATAFORMA ELEVATORIA	X	X	X	X	X	X	X	X
	COMANDOS ELETRICOS	X	X	X	X	X	X	X	X
	ELEOTRECNICA BASICA	X	X	X	X	X	X	X	X
	ELEOTRECNICA	X	X	X	X	X	X	X	X
	LUBRIFICACAO BASICA	X	X	X	X	X	X	X	X
INST CONTING P/ MAQUINAS CRITICAS DA ESTAMPARIA	X	X	X	X	X	X	X	X	
INST CONTING P/ MAQUINAS CRITICAS DA SOLDA	X	X	X	X	X	X	X	X	
	CONHECIMENTO								
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p><b>LEGENDA</b></p> <p>Requisito da função:</p> <p><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> Capacitado</p> <p><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle; background-color: #ccc;"></span> Não capacitado</p> <p><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px; vertical-align: middle; background-color: #fff;"></span> N/A</p> </div>								
	HABILIDADE								
Treinamentos específicos do processo	MANUTENÇÃO DE ROLOS MOTOMAN	Integração; Esquema elétrico; Programação básica; Hardware manutenção; Software comunicação (I/O);							
	MANUTENÇÃO DE ROLOS CLOS	Programação básica; Hardware manutenção; Software comunicação (I/O);							
	MANUTENÇÃO DE ROLOS ARR	Programação básica; Hardware manutenção; Software comunicação (I/O);							
	MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS DE SODA ENB	Conhecimento placas eletrônicas; Conhecimento na medição de tiristor; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS DE SODA PUNUS	Conhecimento placas eletrônicas; Conhecimento na medição de tiristor, diodo, cascata; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS DE SODA CLOS	Conhecimento placas eletrônicas; Conhecimento na medição de tiristor, diodo, cascata; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO DE TOCHAS DE SODA	Treinamento de conserto de tochas de solda manual; Treinamento de conserto de tochas de solda robóticas;							
	MANUTENÇÃO DE TALLAS	Conhecimento placas eletrônicas; Testes e medição dos componentes; Conhecimento e identificação dos erros e alarmes; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO DE EMISORA PUNTO	Identificação de curto em transformador; Identificação de diodo queimado; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO DE SISTEMAS HIDRAULICOS, PNEUMATICOS E ELETROPNEUMATICOS	Treinamento em circuitos pneumáticos e hidráulicos; Sistemas de acionamento pneumático e hidráulico; Válvulas pneumáticas e hidráulicas; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO EM CALADOR A	Programação básica; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO EM PNEUMÁTICA	Conhecimento do sistema de embreagem; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO DE CONSERTO DE CHILLER E CIRCUITOS DE TENSÃO ELETRONICA	Identificação de componentes; Conhecimento geral de placas eletrônicas;							
	MANUTENÇÃO DE CHILLER E CIRCUITOS DE TENSÃO ELETRONICA	Programação básica; Manutenção em geral;							
	MANUTENÇÃO DE LASER 3D	Programação básica; Eletrônica básica; Manutenção em geral;							
MANUTENÇÃO DE CENTRO DE USINAGEM MAZAK	Programação básica; Eletrônica básica; Manutenção em geral;								
<b>LEGENDA</b>	<p>Preenchimento cor sólida: REAL;</p> <p></p> <p>Q1 - Em Treinamento: - Não possui o treinamento para a atividade/função.</p> <p></p> <p>Q2 - Treinado para realizar a manutenção: - Treinado, mas necessita de supervisão; - Garante a sempre a qualidade mínima necessária, conforme planejado.</p> <p></p> <p>Q3 - Realiza operação e Detecta Problemas: - Garante a qualidade mínima exigida. - Detecta problemas durante a manutenção. (Sempre Supervisor presente).</p> <p></p> <p>Q4 - Agilo para Treinar: - Capaz de ensinar outros. - É questionado técnico de assuntos. (Sempre Supervisor presente). - Possui o conhecimento de manutenção para treinamento prático.</p>	Preenchimento hachurado: EXPECTATIVA;							
SUPERVISOR:									

Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.10.3 Determinação do Perfil Ideal dos Manutentores

A determinação do perfil é estipulada pela descrição da atividade exercida e não pela descrição do cargo. Isso se deve ao fato de que um técnico com a mesma função, por exemplo um eletromecânico II, poder trabalhar no setor de robótica, outro na estamparia e outro apenas no setor de usinagem, não necessariamente exigindo o mesmo nível de atividade.

As descrições existentes são as da tabela 9 e são representadas pela linha verde da matriz de versatilidade. Cada uma das funções possui um nível de conhecimento requerido, bem como a abertura de algumas atividades específicas da função. A inclusão ou exclusão de treinamentos, atrelada à função requerida, poderá ocorrer a pedido de qualquer uma das áreas, desde que de comum acordo e constatado em ata de reunião analista/liderança de manutenção.

Tabela 9 – Descrição de atividades

Programação de CLP's
Manutenção Elétrica e Mecânica em Robótica
Manutenção Elétrica e Mecânica em Usinagem
Manutenção Eletrônica em Bancada
Manutenção Elétrica em Mecânica em Talhas
Manutenção Elétrica e Mecânica em Prensas
Manutenção Elétrica em Estufas
Manutenção de Caldeiras
Manutenção de Torres de Resfriamento
Manutenção de Compressores
Manutenção Mecânica em Prensas
Manutenção Mecânica em Talhas
Manutenção Mecânica em Exaustores
Manutenção Mecânica em Misturadores
Manutenção Mecânica em Beneficiamento
Manutenção Mecânica em Estufas
Serralheiro
Operador de Caldeira
Analista de Engenharia de Manutenção - TPM
Analista de Engenharia de Manutenção - Mecânica
Analista de Engenharia de Manutenção - Elétrica
Analista de Engenharia de Manutenção - Lubrificação

Fonte: Elaborado pelo autor

#### **4.10.4 Avaliação da Situação Atual**

Para a avaliação do perfil atual dos manutentores, correlacionando com os principais tipos de treinamentos exigidos, a aplicação de uma prova teórica e prática deve ser efetuada, justamente para analisar os conhecimentos de cada colaborador. A passagem para o nível de Q2 da matriz de versatilidade só pode ocorrer após a demonstração de proficiência na resolução da falha e não recorrência do defeito corrigido. Esse processo de avaliação pode ser teórico, prático ou ambos, podendo também ser realizada uma auditoria, acompanhamento da resolução de alguma falha após o treinamento realizado.

#### **4.10.5 Desenvolvimento de um Plano de Treinamento para o Pessoal de Manutenção**

O procedimento segue o mesmo modelo já descrito na figura da matriz de versatilidade, mas é importante notar que a matriz atual representa os primeiros cursos obrigatórios para a função, e novos cursos serão adicionados a cada ano. Cada curso recém-criado deve ser incluído na matriz de versatilidade até que, ao final dos anos seguintes, não haja necessidade de inclusão de novos conhecimentos.

#### **4.10.6 Implementação do Plano**

Ao final do levantamento das necessidades dos cursos/treinamentos para o próximo ano, a equipe que analisou deve elaborar um cronograma com desdobramentos semanais e mensais. Esse cronograma, deve ser entregue ao RH, caso a equipe tenha sugestões de fornecedores eles já devem estar inclusos nesse cronograma, para facilitar a gestão do RH, referente aos orçamentos e disponibilidade de recursos para o próximo ano.

Abaixo, segue imagem do *layout* proposto para o pilar 8 da manutenção planejada, podendo-se, por meio dele, entender-se melhor o fluxo a ser seguido, por conter imagens para facilitar a compreensão.



## 5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO

O sucesso da organização depende, diretamente, de um bom sistema de gerenciamento de manutenção. Uma compreensão global da manutenção pode permitir uma maior eficiência, por exemplo, para responder mais rapidamente a uma avaria, evitar que um problema se repita eliminando a sua causa. Dessa forma, proporcionando redução de custos, maior disponibilidade e vida útil do equipamento.

Este trabalho de dissertação, teve como objetivo evidenciar a realização da implementação parcial do TPM, ou seja, atuando apenas em alguns pilares, já evidencia resultados positivos.

Após a implementação dos três pilares propostos para essa dissertação, foi possível verificar que não é um procedimento fácil de ser implementado, e possui uma complexidade consideravelmente alta, pois diversas áreas são envolvidas e, de fato, são enfrentadas diversas dificuldades, a principal delas é a resistência à mudança cultural, como já citado por Arromba et al., (2021) entre outras. Para que um projeto dessa dimensão seja desenvolvido com sucesso, era óbvio que o envolvimento de todos os departamentos de todos os membros da organização seria fundamental, para que a nova estratégia utilizada se tornasse eficaz e trouxesse benefícios à organização. Alguns pontos como a visão, cultura e vontade de buscar sempre a melhoria contínua foram extremamente necessários.

Quando nos deparamos com resultados já obtidos por alguns estudos realizados, percebe-se que, após a implementação do TPM, seja ele parcial ou total, alguns autores, obtêm resultados expressivos logo após a implementação, e outros, por diversos fatores, como será exemplificado aqui nas discussões, não obtêm de imediato resultados tão relevantes. Assim como para Paropate et al., (2013), que a partir do artigo sobre uma empresa de cardagem de uma fiação, ao analisar o desempenho atrelado a eficiência após a implementação do TPM, foi constatado uma melhora no OEE de 68,98% para 71,46%. Já Guariente et al., (2017) obtiveram aumento de 12% na OEE (de 70% para 82%), e Ahmad et al., (2018), apontam uma melhora na OEE dos equipamentos de 75,09% para 86,02%.

Para Moreira et al., (2018) após a implementação do TPM, apresentou um aumento de 2% na OEE. Já Ribeiro et al., (2018) mostram indicadores de manutenção bem como, MTBF, MTTR e disponibilidade e também apontam uma melhora de 25%, 13,3% e 1,2%, respectivamente.

Pinto et al., (2020) descreve que, após a implementação da manutenção produtiva total de forma parcial, desde os procedimentos iniciais da implementação, bem como o compromisso assumido por todos os quadros e direção da empresa, houve um aumento da OEE de aproximadamente 5%, para o MDT uma diminuição de 28%, já o MTBF um aumento de 21% e para disponibilidade um aumento de 2%.

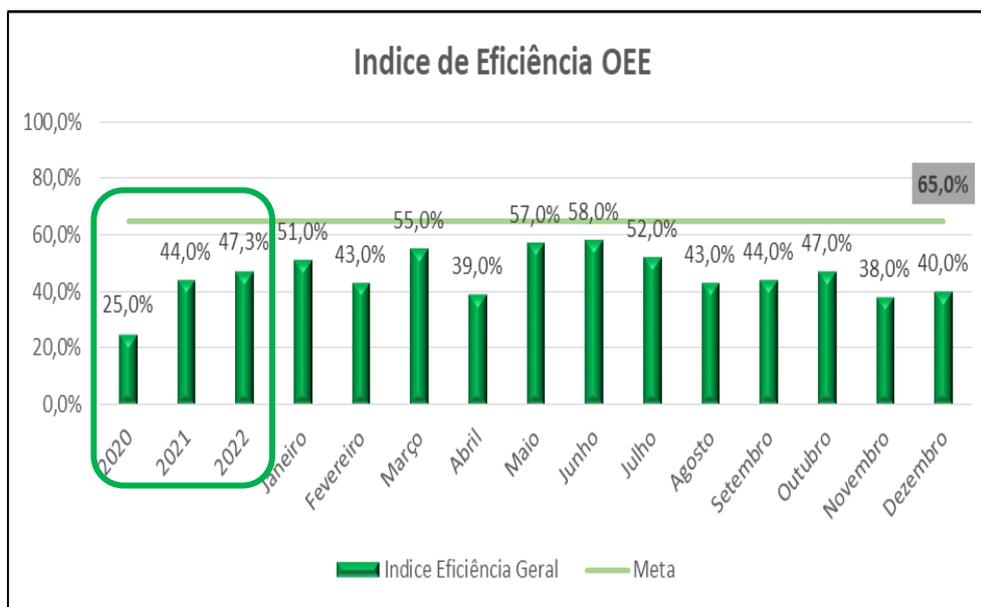
O valor de OEE alcançado ainda não é suficiente para alguns casos citados, bem como o de estudo dessa dissertação, considerando o valor de referência mundial de 85% e a meta da empresa do estudo, estabelecida em 65%. Portanto os esforços devem ser continuados no sentido de melhorar os diferentes fatores que afetam o indicador OEE, bem como a qualidade, a disponibilidade e o desempenho.

Os resultados conquistados após a implementação da nova gestão de ativos ressaltam a importância do mesmo. A partir do gráfico 5, está representado um ganho de 76% entre os anos de 2020/2021 e, para os anos de 2021/2022, um ganho de 7,5% para a OEE. Em relação à disponibilidade de manutenção através do gráfico 6, é evidenciado um ganho de 51,7%, entre os anos de 2020/2021, e para os anos de 2021/2022 um ganho de 6,2%. Ainda no gráfico 6, fica ilustrado, para os meses de fevereiro e abril, uma disponibilidade menor do esperado, sendo que em fevereiro ocorreu vazamentos nos cilindros auxiliares, devido a uma contaminação do óleo, gerando desgaste excessivo das vedações, vindo a ocorrer uma manutenção corretiva e, para o mês de abril, por meio de um diagnóstico da falha, foi constatado um erro na montagem dos parafusos do martelo principal, manutenção esta executada há dois anos, vindo a gerar uma quebra em abril/2022, devido aos esforços e problemas gerados na má fixação dos parafusos.

Em relação ao tempo médio entre falhas vistas no gráfico 7, está representado um ganho de 132% entre os anos de 2020/2021 e, para os anos de 2021/2022, um ganho de 118%. E para o tempo médio de parada mostrado no gráfico 8, evidencia um ganho de 55% entre os anos de 2020/2021 e, para os anos de 2021/2022, um ganho de 22%.

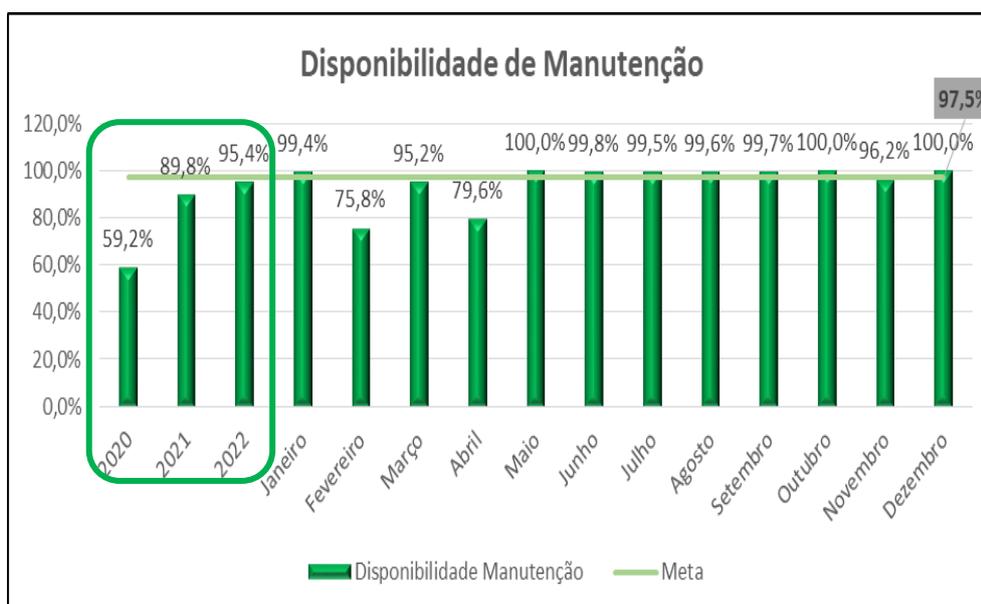
É possível constatar uma grande melhora dos indicadores, o que representa que, de fato, a implementação do TPM é sem dúvidas uma excelente alternativa para as empresas que pensam na melhoria de sua produtividade.

Gráfico 5 – Índice de eficiência global OEE



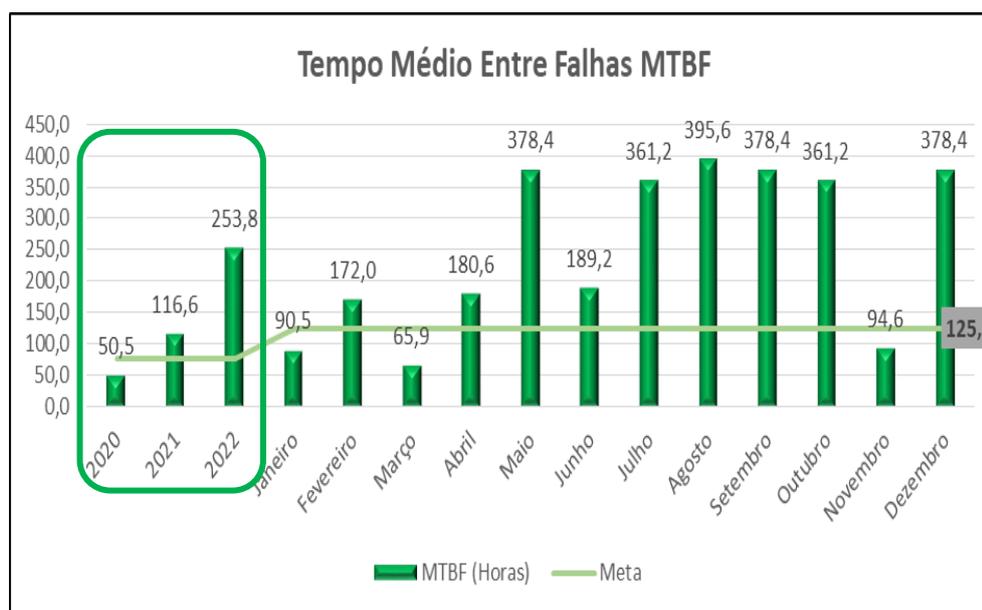
Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 6 – Disponibilidade de manutenção



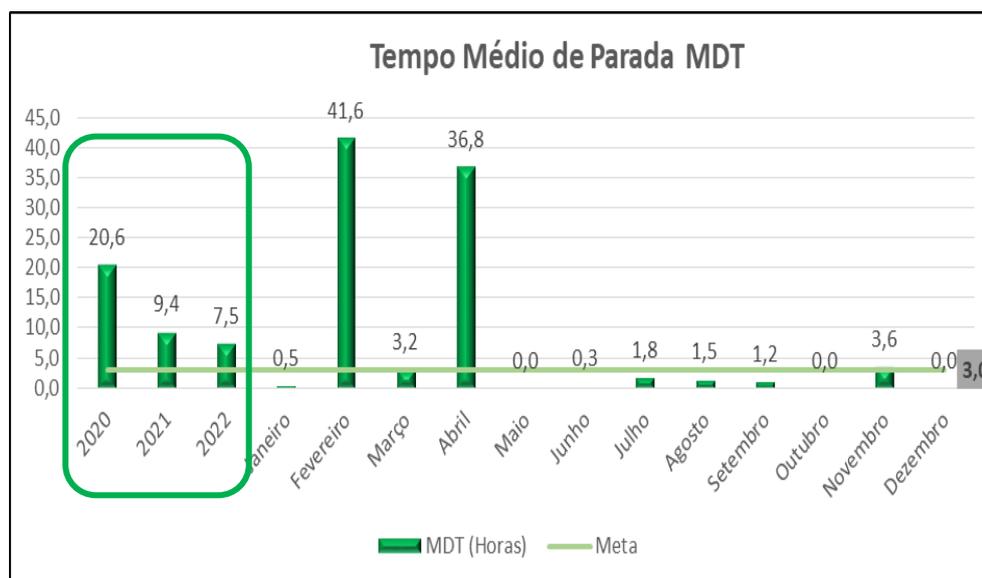
Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 7 – Tempo médio entre falhas



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 8 – Tempo inativo de manutenção



Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 10 mostra um resumo dos resultados obtidos a partir da implementação do TPM, estratégia essa proposta para este trabalho, sendo mostrado em números e percentuais os ganhos, trazendo também dados de redução de custo de manutenção. Durante a implementação no ano de 2021, tivemos um aumento de 3% no custo, justificável pelos investimentos que foram

realizados no equipamento durante a implementação, já para o ano de 2022, observa-se uma redução significativa de custo de manutenção em 30%.

Tabela 10 – Ganhos após implementação do TPM

Indicadores	2020	2021	2022
OEE Produção ( + Melhor )	25,0%	44,0%	47,3%
Ganho	+ Melhor	+ 76,0%	+ 7,5%
Disponibilidade Manutenção ( + Melhor )	59,2%	89,8%	95,4%
Ganho	+ Melhor	+ 51,7%	+ 6,2%
MTBF Manutenção ( + Melhor )	50h	116h	253h
Ganho	+ Melhor	+ 132%	+ 118%
MDT Manutenção ( - Melhor )	20h	9h	7h
Ganho	- Melhor	- 55%	- 22%
Custos Manutenção ( - Melhor )	R\$ 89.494,00	R\$ 92.244,00	R\$ 63.800,00
Ganho	- Melhor	+ 3%	- 30%

Fonte: Elaborado pelo autor

Na tabela 11, é possível observar os ganhos em peças a mais produzidas, observada através de uma disponibilidade maior de máquina e melhora na eficiência produtiva. Nesses dados extraídos do sistema SAP, entre os anos de 2020/2021, pode ser visto um ganho de 100,7%, sendo possível produzir 175.071 peças a mais. Já entre os anos de 2021/2022, uma melhora de 5,9%, gerando um aumento da capacidade de produção de 20.903 peças.

Tabela 11 – Ganho em peças produzidas após implementação do TPM

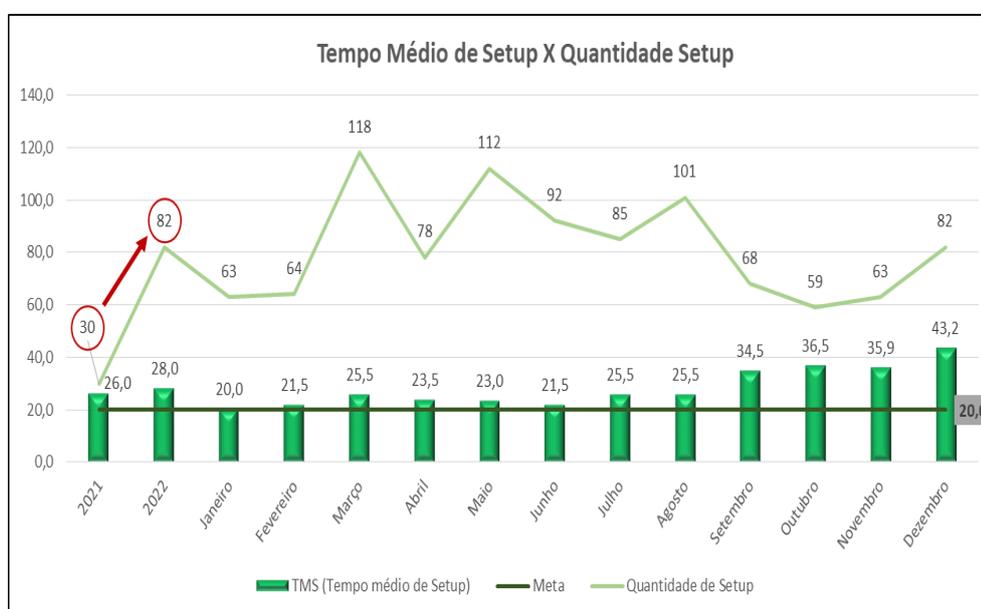
OEE (Eficiência Global do Equipamento)					Dados SAP		
Máquina	Ano	Meta OEE	Resultado OEE	Tempo médio processamento de peças (segundos)	Quantidade peças produzidas no ano	Ganho na produção de peças	Ganho percentual
Prensa 400t	2020	65%	<b>25,0%</b>	0,20s	173887	–	–
Prensa 400t	2021	65%	<b>44,0%</b>	0,20s	348958	<b>175071</b>	<b>100,7%</b>
Prensa 400t	2022	65%	<b>47,3%</b>	0,20s	369861	<b>20903</b>	<b>5,9%</b>

Fonte: Dados do *software* de gestão da produção

Entretanto, conforme mencionado na secção 3.8, a máquina do estudo, após a divisão da empresa em unidades de negócio, acabou perdendo peças de maior

volume de produção e passou a produzir lotes menores de peças, devido à característica dos clientes da unidade, conseqüentemente com volumes menores. A mudança de característica de produção trouxe consigo, conforme Claunch et al., (1989), ganhos em flexibilidade produtiva, redução de custos através de redução de inventário, redução de sucata devido ao aumento e controle de qualidade que pequenos lotes proporcionam, redução do *Lead Time*, através da redução da espera das peças no fluxo produtivo. Por outro lado, gerou aumento na quantidade de *setups* realizados ao longo do ano, e pode-se observar uma elevação no tempo dos mesmos, conforme o gráfico 9.

Gráfico 9 – Tempo médio de setup e quantidades de setup



Fonte: Elaborado pelo autor

Durante a implementação do TPM, como já mencionado, uma das dificuldades era manter as rotinas estabelecidas, fazendo todos os níveis hierárquicos seguirem as fases e etapas propostas. Entende-se que essas dificuldades eram normais porque foi um processo de mudança da maneira de se trabalhar, com novas funções anteriormente não exercidas pelos colaboradores.

Nesse contexto, a atuação da empresa em conjunto com os especialistas se fez importante, pois foram desenvolvidos planos de auditorias cíclicas que, de fato, ajudam em muito a estabilização das ações realizadas e a sua sustentação.

A necessidade de encontrar soluções eficazes e exequíveis revelou-se complexa e desafiante, demonstrando ser crucial o uso de aptidões pessoais como a criatividade e a liderança, bem como a aplicação de várias competências técnicas.

Um ponto importante a ser considerado nos resultados finais é o trabalho que precisa ser restabelecido, visando à diminuição dos tempos de *setup*, a retomada de métodos como o *presset* e *TRF* (troca rápida de ferramenta), já inicialmente implementados, poderiam auxiliar na elevação da eficiência, visando ao alcance da meta organizacional pretendida de 65% para a prensa-piloto, seria uma opção viável para projetos futuros. A diminuição da rotatividade, bem como reforços de treinamentos já executados, certamente ajudaria também na busca da meta estabelecida.

Alguns aspectos durante a implementação da manutenção produtiva total foram possíveis de serem observados, atrelados a um nível de maior ou menor impacto nos resultados obtidos, vinculados aos indicadores que foram acompanhados. Na tabela 12, pode-se observar, por meio de símbolos, de que forma os pilares contribuíram com maior ou menor intensidade. Os ganhos de eficiência produtiva medidos pela OEE e os indicadores de manutenção foram pontuados com base no avançar de cada implementação.

Tabela 12 – Pilares implementados e seus impactos nos indicadores

INDICADORES GANHOS	PILARES IMPLEMENTAÇÃO MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL		
	Manutenção Autônoma	Manutenção Planejada	Controle Inicial
OEE Produção ( + Melhor )			
Disponibilidade Manutenção ( + Melhor )			
MTBF Manutenção ( + Melhor )			
MDT Manutenção ( - Melhor )			
Custos Manutenção ( - Melhor )			

LEGENDA	
	1 - Nenhum impacto
	2 - Baixo Impacto
	3 - Médio Impacto
	4 - Alto Impacto

Fonte: Elaborado pelo autor

## 6 CONCLUSÃO

Para a estabilização e amadurecimento do novo modelo de gestão de ativos na organização, é sugerido que as auditorias continuem sendo realizadas com certa frequência, no sentido de garantir e sustentar o projeto realizado, sendo uma maneira de manter o engajamento de todos os envolvidos durante a implementação. Uma opção que pode ser implementada é a criação de um programa, que através de uma classificação dos melhores, reconhece e premia as equipes que alcançam e garantem a continuidade e resultados esperados pela empresa.

A formação dos operadores e técnicos e a realização de auditorias para promover um acompanhamento constante do preenchimento dos registos utilizados na empresa deve ser considerada um fator chave para medir o desempenho da organização. É da máxima importância que os dados analisados sejam confiáveis, caso contrário a gestão irá tomar decisões baseadas em pressupostos errados.

Para extrair o melhor através de uma equipe de operadores de máquinas e de manutenção, é necessário estabelecer um processo contínuo de aprendizado, não há uma fórmula única, porém, passa pela retenção do conhecimento, pelo aprendizado adquirido, sendo o mesmo compartilhado dentro da organização.

Para problemas ocorridos e detecção de defeitos no maquinário, o método de análise de causa raiz, pode ser usado, contudo os problemas nesses casos muitas vezes já aconteceram. A implementação de técnicas de manutenção preditivas, utilizadas para determinar a condição do equipamento, que está sendo avaliado, permite a identificação de anomalias de vibração dos componentes, sobreaquecimentos, vazamentos, folgas e etc... Na era da indústria 4.0, se faz necessário, automatizar máquinas, para que ocorra uma espécie de auto regulação, quando o sistema não foi preparado para isso, com o intuito de gerar um monitoramento contínuo, de vários pontos de forma estratégica, de tal modo que se identifique o problema antes que o mesmo ocorra, fica o desafio para trabalhos futuros que desejam avançar no tema, que tange a melhoria da eficiência na produtividade e disponibilidade de maquinários.

Este trabalho forneceu uma visão geral dos benefícios do TPM e uma abordagem para sua implementação em uma organização. A liderança também deve estruturar sua implementação de TPM com foco no envolvimento total dos funcionários. Isso é possibilitado por uma liderança participativa que deve fazer suas

tomadas de decisões, com base no desenvolvimento do time operacional, iniciando pelos níveis mais baixos. A retomada de projetos estratégicos como o *preset* e troca rápida de ferramenta (TRF), também é um ponto importante para a sustentação do TPM implementado, bem como novas soluções e melhorias, fazendo com que a organização como um todo se mova para o alcance dos objetivos desejados.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5462. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Associação Brasileira De Normas Técnicas, n. 1, p. 37, 1994.

AHMAD, N. HOSSEN, J. ALI, S. M. **Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case**. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, [s. l.], v. 94, n. 1–4, p. 239–256, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00170-017-0783-2>>

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. **"Justification of total productive maintenance initiatives in Indian manufacturing industry for achieving core competitiveness"**. Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 19 Iss: 5 pp. 645 – 669, 2008.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. **"Total productive maintenance: literature review and directions"**. International Journal of Quality & Reliability Management, 25 (7), 709-756, 2009.

ALASWAD, S.; XIANG, Y. **A review on condition-based maintenance optimization models for stochastically deteriorating system**. Reliability Engineering and System Safety, [s. l.], v. 157, p. 54–63, 2017.

ANTUNES, J. et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. 1a edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARCA, J. G.; PRADO, J. C. **"Personnel participation as a key factor for success in maintenance program implementation"**, International Journal of Productivity and Performance Management, 57 (3), 247-258, 2008.

ARNO, R. et al. **What is RCM and how could it be applied to the critical loads?** IEEE Transactions on Industry Applications, v. 51, n. 3, p. 2045–2053, 2015.

ARROMBA, I. F. et al. **Dificuldades observadas na implantação da Manutenção Produtiva Total (TPM): evidências empíricas do setor manufatureiro.** *Gestão & Produção*, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9649-2021v28e5300>>

BARTZ, T.; SILUK, J.C.M.; BARTZ, A.P.B. **Melhoria do desempenho industrial com TPM implementação.** *Jornal da qualidade em engenharia de manutenção*, 20 (1), 2-19, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JQME-07-2012-0025>>

BECKER, S.W. **TQM funciona: dez razões pelas quais esforços equivocados falham.** *Gestão Análise*. Vol. 82 No. 5, pp. 30-4, 1993.

BEN-DAYA, M. et al. **Handbook of Maintenance Management and Engineering.** Londres: Springer, 2009.

CARDOSO, C. **OEE na prática. Gestão de produção com índice OEE.** Kitemes, 2013.

CASTILHO, A. **Dinâmica do trabalho em grupo.** Rio de Janeiro: Quality Mark, 1998.

CASTRO, B. et al. **Partial discharge monitoring in power transformers using low-cost piezoelectric sensors.** *Sensors (Switzerland)*, v. 16, n. 8, p. 3225–3231, 2016.

CHIARADIA, Á. J. P. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: Um estudo de caso na indústria automobilística.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2004.

CHINESE, D.; GHIRARDO, G. **Maintenance Management in Italian Manufacturing Firms: Matters of Size and Matters of Strategy.** *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 16/2: 156–180, 2010.

CIAMPONE, M. H. T. **Grupo operativo: construindo as bases para o ensino e a prática**. São Paulo, 1998.

CLAUNCH, J. W.; STANG, Philip D. **Set-up Reduction: Saving Dollars with Common Sense**. Flórida: PT Publications, 1989.

COSTA, R.; MORIMOTO, R.; FERNANDEZ, F.; RIBEIRO, J. **Desafios da Administração Estratégica para a Implantação da TPM (Manutenção Produtiva Total) na Indústria de Embalagens de Latas de Alumínio para Bebidas no Brasil**. *Sistemas & Gestão*, 10(3), 370- 383, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7177/sg.2015.v10.n3.a3>>

DEHLER, G. E.; EDMONDS, R. K. **Using action research to connect practice to learning: A course project for working management students**. *Journal of Management Education*, [s. l.], v. 30, n. 5, p. 636–669, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1052562905277302>>

DIAS, P.; SILVA, F.J.G.; CAMPILHO, R.D.S.G.; FERREIRA, L.P.; SANTOS, T. **"Análise e Melhoria de uma Linha de Montagem na Indústria Automotiva"**. *Procedia Manuf.*, Vol. 38, pp. 1444-1452, 2019. Disponível em: <doi: 10.1016 / j.promfg.2020.01.143>

DOGRA, M.; SHARMA, V.; SACHDEVA, A.; DUREJA, J. **TPM - a key strategy for productivity improvement in process industry**. *Journal of Engineering Science and Technology*, v.6, n.1, p.1-16, 2011.

ENGEL, G. **Pesquisa – Ação**. Editora da UFPR, volume 1, n.16, 2000.

FERREIRA, U. M. et al. **Thermography as a Tool in Electric Panels Maintenance**. *IEEE Latin America Transactions*, v. 13, n. 9, p. 3005–3009, 2015.

FILIPPO, D. **Pesquisa-ação em Sistemas Colaborativos**. Capítulo 26 In:

PIMENTEL, M.; FUKS, H. (Ed.). *Sistemas Colaborativos*. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 449- 466, 2012.

FOGLIATTO, S.; RIBEIRO, D. L. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier Ltda, 2009.

FRITSCH, C. PROCONF: **Um Software orientado para Análises de Confiabilidade**. XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, n. 9, 1998.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GIURIA-FARÍAS, A.; NORIEGA-REVOREDO, C.; ALTAMIRANO-FLORES, E. **Maintenance management model based on RCM and TPM to optimize times and costs within the useful life cycle of nautical assets**. Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, [s. /], v. 2022-July, p. 1–13, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.747>>

GUARIENTE, P.; ANTONIOLLI, I.; FERREIRA, L.P.; PEREIRA, T.; SILVA, F.J.G. **Implementing autonomous maintenance in au automotivo componentes fabricante**. Procedia Manuf., vol. 13, pp. 1128-1134, 2017. Disponível em: <[doi:10.1016 / j.promfg.2017.09.174](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174)>

GUPTA, A.K.; GARG, R.K. **OEE improvement by implementing TPM: a case study**. International Journal of IT Engineering and Applied Science Research (IJIEASR), 1, 115-124, 2012.

HANSEN R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros**. Tradução de Altair Flamarion Klippel; Bookman, Porto Alegre, 2006.

HASHEMIAN, H. M.; BEAN, W. C. **State-of-the-art predictive maintenance techniques**. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, v. 60, n. 10, p. 3480–3492, 2011.

HEDMAN, R.; SUBRAMANIYAN, M.; ALMSTRÖM, P. **Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE**. *Procedia CIRP*, [s. l.], v. 57, p. 128–133, 2016.

HIRANO, H. **JIT Implementation Manual**. 2a edição ed. Boca Raton - FL: Taylor & Francis Group, 2010.

JAPAN INSTITUTE FOR PLANT MAINTENANCE (JIPM). **600 Forms Manual**. Japan, 1995.

JIA, X. **Reliability analysis for q-Weibull distribution with multiply Type-I censored data**. *Quality and Reliability Engineering International*, [s. l.], v. 37, n. 6, p. 2790–2817, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/qre.2890>>

KAMPA, A.; GOLDA, G.; PAPROCKA, I. **Discrete event simulation method as a tool for improvement of manufacturing systems**. *Computers*, [s. l.], v. 6, n. 1, 2017.

LABIB, A.W. **Uma estrutura para benchmarking de manutenção produtiva apropriada**. *Decisão de gestão*, 37 (10), 792-799, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/00251749910302890>>

LANZA, G. et al. **Measuring global production effectiveness**. *Procedia CIRP*, [s. l.], v. 7, p. 31–36, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.006>>

LOZANO J.; SAENZ-DIEZ J.C.; MARTINEZ E.; JIMENEZ E.; BLANCO J. **Integration of the SMED for the improvement of the supply chain management of spare parts in the food sector**, *Agricultural Economics*. v. 63, n. 8, p. 370-379, 2017.

MANFREDINO, A. et al. **Manutenção autónoma em operações na Procter and Gamble Porto**. 2009.

MCKONE, K. E.; SCHROEDER, R. G.; CUA, K. O. **The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance.** Journal of Operations Management 19, 39-58, 2001.

MENGUE, D. C.; SELLITTO, M. A. **Estratégia de Manutenção Baseada em Funções de Confiabilidade para uma Bomba Centrífuga Petrolífera.** Revista Produção Online, v. 13, n. 2, p. 759–783, 2013.

MOHANAVELU, T.; KRISHNASWAMY, R.; MARIMUTHU, P. **Simulation modelling and development of analytic hierarchy process-based priority dispatching rule for a dynamic press shop.** International Journal of Industrial and Systems Engineering, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 340–364, 2017.

MOHER, D.; Liberat,i A.; Tetzlaff, J. **Itens de relatório preferidos para revisões sistemáticas e meta-análises: a declaração PRISMA.** Annals of Internal Medicine, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>>

MOREIRA, A.; SILVA F.J.G.; CORREIA A.; PEREIRA T.; FERREIRA L.P.; DE ALMEIDA F. **Cost reduction and quality improvement in the printing industry.** Procedia Manuf 2018;17:623-30. doi: 10.1016/j.promfg, 2018.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. **Medição de desempenho usando a eficácia geral do equipamento (OEE): revisão da literatura e discussão de aplicação prática.** Int J Prod Res 46(13):3517–3535, 2008.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. **Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion.** International Journal of Production Research, [s. l.], v. 46, n. 13, p. 3517–3535, 2008.

NAKAJIMA, S. **Introdução à Manutenção Produtiva Total (TPM).** Cambridge: Productivity Press, 1998.

NAKAZATO, K. **Manual de implementação do TPM.** Japão: Japan Institute of Plant Maintenance. 1999.

NOON, M.; JENKINS, S.; LUCIO, M. **FADS, técnicas e controle: as agendas concorrentes de TPM e tecax no correio real (Reino Unido)**. *Journal of Management Studies*, 37 (4), 499-519. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/1467-6486.00191>>, 2000.

NOVAES, M. B. C. de.; GIL, A. C. **Pesquisa-ação participante como estratégia metodológica para o estudo de empreendedorismo social em administração de empresas**. *Revista de Administração Mackenzie*, Vol. 10, p. 134- 160, 27p. 2009.

PAROPATE R, SAMBHE R. **A implementação e avaliação da manutenção produtiva total - um estudo de caso de uma empresa indiana de médio porte**. *Int J Appl Innov Eng Manag* 2(10):120–125, 2013.

PETTER, R.R.; VAZ.; C.R.; RESENDE, L.M.M.; SELIG, P.M. **Produção, produção limpa mais limpa, produção enxuta, 5s e manutenção autônoma: uma proposta metodológica de implantação conjunta**. No *Anais do VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão* (pp. 1-23). Rio de Janeiro: UFF, 2011.

PINTO, G. *et al.* **International Journal of Industrial Engenharia e Gestão Implementar um plano estratégico de manutenção usando a metodologia TPM**. [s. l.], 2020.

PINTO, J. P. **Manutenção Lean**. Lisboa: Lidel, 2013.

PODUVAL, P. S.; PRAMOD, V.R.; JAGATHY, R.V.P. **Barreiras na implementação de TPM em Indústrias**. *International Journal of Sceintific & Technology Research*, 2 (5), 28-33, 2013.

POLETTTO, J. P. **An Alternative to the Exponential and Weibull Reliability Models**. *IEEE Access*, [s. l.], v. XX, p. 1–1, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/access.2022.3219426>>

RAJPUT, H. S.; JAYASWAL, P. **Literature for OEE TPM-to-Improve-OEE**. [s. l.], v. 2, n. 6, p. 4383–4386, 2012.

RAUSAND, M. Reliability centered maintenance. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 60, p. 121–132, 1998.

RIBEIRO, H. **A bíblia do TPM: Como gerenciar a produtividade na empresa**. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2014.

RIBEIRO, I. M.; GODINA, R.; MATIAS, J.C.O. **Improving the availability of a production line through TPM in an automotive gearbox industrial unit**. [S. l.]: Springer International Publishing, 2019. ISSN 21941017.v. 281 Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-3-030-14973-4\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14973-4_14)>

RIBEIRO, P. S. J.C.; FERREIRA L.P.; SILVA F.J.G.; PEREIRA M.T.; SANTOS G. **The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study**. *Procedia Manuf* 2018;38:765-75, 2019.

RODRIGUES, M.; HATAKEYAMA, K. “**Analysis of the fall of TPM in companies**”, *Journal of Materials Processing Technology*, 179 (1-3), 276–279, 2006.

SAHOO, S. **Uma exploração empírica de TQM, TPM e sua integração da Índia indústria de transformação**. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29 (7), 1188-1210, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0075>>

SCHMIDT, B., WANG, L. **Cloud-enhanced Predictive Maintenance**. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99/1–4: 5–13, 2018.

SELLITO, M. A.; BORCHARDT, M.; ARAÚJO, D.R.C. **Manutenção centrada em confiança: aplicando uma abordagem quantitativa**. *Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (pp.1-8). Curitiba: ABEPRO, 2002.

SELLITTO, M. A. **Expected utility of maintenance policies under different manufacturing competitive priorities: A case study in the process industry**.

CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, [s. l.], v. 38, p. 717–723, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.06.012>.

SELLITTO, M. A.; PINHO, B. **Maintenance Strategy Choice Supported by the Failure Rate Function: Application in a Serial Manufacturing Line**. Periodica Polytechnica Social and Management Sciences, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 38–51, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3311/ppso.18627>>

SINGH, R. et al. **Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study**. Procedia Engineering, [s. l.], v. 51, n. NUICONE 2012, p. 592–599, 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, I. G. D. et al. **Efficiency and internal benchmark on an armament company**. Benchmarking: An International Journal, [s. l.], v. 25, n. 7, p. 2018–2039, 2018. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/BIJ-08-2016-0128>>

SOUZA, V. C. **Organização e Gerência da Manutenção: Planejamento, Programação e Controle da Manutenção**. 5ª edição, São Paulo: All Print Editora, 2013.

Suzuki, T. **TPM in process industries**. Portland, OR, Productivity Press, 416p, 1994.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **TPM: Manutenção produtiva total**. São Paulo: ED. IMAM, 1993.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2007.

THIOLLENT, M. **Pesquisa – Ação nas Organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

TONDATO, R. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Educação e Pesquisa.** [s. l.], v. 31, n. 3, p. 443–466, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1517-9702200500030000>>

VENKATESH, J. **An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM).** 2005.

VENKATESH, J. **Introdução à manutenção produtiva total (TPM).** O Centro de Recursos de Manutenção de Plantas, 2003.

VIANA, H. R. G. **Manual de Gestão da Manutenção.** 1ª edição, Brasília: ENGETELES Editora, 2020.

VISHNU, C. R.; REGIKUMAR, V. **Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study.** Procedia Technology, v. 25, n. Raerest, p. 1080–1087, 2016.

WAEYENBERGH, G., PINTELON, L. **A Framework for Maintenance Concept Development.** *International Journal of Production Economics*, 77:299–313, 2002. WANG, J.; ZHOU, Z.; PENG, H. **Flexible Decision Models for a Two-dimensional Warranty Policy with Periodic Preventive Maintenance.** *Reliability Engineering & System Safety*. 162:14–27, 2017.

WICKRAMASINGHE, G.; Perera, A. **"Effect of total productive maintenance practices on manufacturing performance: Investigation of textile and apparel manufacturing firms"**, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 27 No. 5, pp. 713-729, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2015-0074>>

WILLMOTT, P. **Manutenção produtiva total: The Western Way.** Butterworth-Heinemann, Oxford, 1994.

# APÊNDICE A – FOLHA DE AUDITORIA DE CERTIFICAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÔNOMA PASSO 1

Quesitos		Ruim	Fraco	Sufic.	Bom	Excel.	OBSERVAÇÃO
		0	2	3	4	5	
1	<b>O tabelão foi preenchido conforme o layout estabelecido e está atualizado?</b> <small>Analisar se o tabelão possui todas as informações conforme o layout estabelecido e se todas as informações estão atualizadas.</small>						
2	<b>Todo o time (produção, manutenção, processo, qualidade, ferramentaria e segurança) foi treinado e está participando ativamente?</b> <small>Verificar se todo o Time MA recebeu o treinamento de TPM. Perguntar assuntos genéricos ligados ao TPM para os operadores e áreas de apoio (qual o objetivo do TPM, sua importância, etc.). Verificar se todo o Time MA (incluindo áreas de apoio) está participando das atividades do TPM (reuniões diárias, semanais, atualização informações, colocação e resposta às etiquetas, etc.).</small>						
3	<b>Os operadores receberam os EPI's necessário para a realização das atividades de MA? O registro dos EPI's está preenchido?</b> <small>Verificar se os envolvidos com a MA (operadores, técnicos, facilitadores) receberam e estão utilizando os EPI's necessários (luvas, óculos, protetor auricular, sapato de segurança) para a realização das atividades de MA (plano de limpeza e inspeção, atividades autônomas, etc.). Verificar se o registro dos EPI's foi preenchido corretamente.</small>						
4	<b>O cronograma de atividades está sendo cumprido por ambas as partes (MA e MP)?</b> <small>Verificar se o cronograma de atividades está preenchido com o planejamento das atividades. Verificar se as atividades estão dentro do prazo.</small>						
5	<b>Análise do IROG está sendo feita (μ1, μ2, μ3) e os operadores estão participando? Sabem a principal parada?</b> <small>Perguntar aos operadores se a análise do IROG está sendo feita. Se sim, perguntar como funciona esta análise e qual a principal parada não programada no equipamento.</small>						
6	<b>Existem Lições de um Ponto (LUP's)?</b> <small>Verificar no tabelão a existência de no mínimo uma LUP. Perguntar para os operadores se receberam treinamento das LUP's.</small>						
7	<b>Existe uma lista inicial de melhorias com custo versus benefícios?</b> <small>Verificar no tabelão a existência da lista de melhorias com o custo versus benefício. Verificar se a lista está atualizada.</small>						
8	<b>As etiquetas estão evoluindo (colodas versus retiradas)?</b> <small>Analisar no gráfico de estratificação das etiquetas se houve colocação e retirada de etiquetas.</small>						
9	<b>Já atingiu 80% de retirada das etiquetas?</b> <small>Analisar no gráfico de estratificação das etiquetas se 80% do total das etiquetas foram retiradas.</small>						
10	<b>Existe falta de parafusos, parafusos e porcas soltas e vibrações na máquina?</b> <small>Ao analisar o equipamento, notou-se a falta de parafusos, parafusos e porcas soltas, vibrações e ruídos anormais?</small>						
Quesitos		Ruim	Fraco	Sufic.	Bom	Excel.	OBSERVAÇÃO
		0	2	3	4	5	
11	<b>Existe vazamento de lubrificantes e ar comprimido e os níveis estão corretos?</b> <small>Verificar no equipamento se existe algum vazamento. Verifica se os níveis de lubrificantes estão corretos.</small>						
12	<b>Os produtos não conformes estão bem separados dos produtos conformes e estão identificados?</b> <small>Verificar se existe na máquina ou área próxima um local identificado para a armazenagem/separação dos produtos não conformes.</small>						
13	<b>Possui Plano Provisório de Limpeza e Inspeção?</b> <small>Verificar no tabelão MA a existência do plano provisório de limpeza e inspeção.</small>						
14	<b>O check list de limpeza e Inspeção está sendo preenchido por todos os turnos?</b> <small>Verificar no tabelão MA a existência, preenchimento e atualização do check list de limpeza e inspeção. Conversar com o operador sobre método de preenchimento do check list (Exemplo: verificar no plano provisório um ponto de limpeza e questionar o operador sobre a execução desta atividade: qual a frequência e qual o turno responsável, etc.)</small>						
15	<b>O tempo de limpeza está sendo monitorado?</b> <small>Verificar no tabelão MA a existência e atualização do gráfico de evolução do tempo de limpeza.</small>						
16	<b>Existe kit para limpeza?</b> <small>Verificar junto com o operador a existência, local de armazenagem e itens do kit de limpeza. O local de armazenagem é próximo ao equipamento? O kit de limpeza é adequado?</small>						
17	<b>As áreas próximas a máquina foram demarcadas, estão limpas e organizadas?</b> <small>Verificar se as áreas de trânsito/passagens são adequadas e sinalizadas (ausência de poeira e sujeira). Verificar condições de limpeza e organização do armário/carrinho (kit de limpeza, ferramentas, EPIs, instrumentos de medição)</small>						
18	<b>Tampas, proteções, etiquetas, placas de identificação são legíveis e estão em boas condições?</b> <small>Verificar se as tampas, proteções, etiquetas, placas das áreas próximas e do equipamento estão legíveis em boas condições (isentas de poeira, sujeira, rasgos, manchas, etc.)</small>						
19	<b>O equipamento está limpo e organizado?</b> <small>Verificar se o equipamento está limpo e organizado. Verificar a ausência de poeira, vazamento de óleos, graxa e resíduos de trabalhos.</small>						
20	<b>Existe lista das fontes de contaminação? (fontes de sujeira e áreas difíceis de limpar)</b> <small>Verificar no tabelão MA a existência e atualização da lista de fonte de contaminação. Está preenchida de forma correta? Possui datas para as atividades? As atividades estão dentro do prazo?</small>						
<b>Pontuação:</b>							
<b>Nível de Avaliação:</b>	0. Nada foi feito	2. Trabalha-se apenas em alguns pontos	3. Parte das atividades estão definidas	4. As atividades estão implantadas porém precisam evoluir	5. Atividades implantadas com sucesso		

## APÊNDICE B – FOLHA DE AUDITORIA DE CERTIFICAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÔNOMA PASSO 2

Máquina: _____ Project Leader: _____							<input type="checkbox"/> Auditoria de acompanhamento - Min.: 75 pontos
Auditor: _____ Data: ___/___/___ Nota: _____							<input type="checkbox"/> Auditoria de Passagem de Passo - Min.: 90 pontos
Quesitos		Ruim	Fraco	Sufic.	Bom	Excel.	OBSERVAÇÃO
		0	2	3	4	5	
1	<b>O tabelão foi preenchido conforme o layout estabelecido e está atualizado?</b> Analisar se o tabelão possui todas as informações conforme o layout estabelecido e se todas as informações estão atualizadas.						
2	<b>Todo o time (produção, manutenção, processo e segurança) foi treinado e está participando ativamente?</b> Verificar se todo o Time MA recebeu o treinamento de TPM. Perguntar assuntos genéricos ligados ao TPM para os operadores e áreas de apoio (qual o objetivo do TPM, sua importância, etc.). Verificar se todo o Time MA (incluindo áreas de apoio) está participando das atividades do TPM (reuniões diárias, semanais, atualização informações, colocação e resposta às etiquetas, etc.).						
3	<b>Os operadores receberam os EPI's necessário para a realização das atividades de MA? O registro dos EPI's está preenchido?</b> Verificar se os envolvidos com a MA (operadores, técnicos, facilitadores) receberam e estão utilizando os EPI's necessários (luvas, óculos, protetor auricular, sapato de segurança) para a realização das atividades de MA (plano de limpeza e inspeção, atividades autônomas, etc.). Verificar se o registro dos EPI's foi preenchido corretamente.						
4	<b>O cronograma de atividades está sendo cumprido por ambas as partes (MA e MP)?</b> Verificar se o cronograma de atividades está preenchido com o planejamento das atividades. Verificar se as atividades estão dentro do prazo.						
5	<b>Análise do IROG está sendo feita (μ1, μ2, μ3) e os operadores estão participando? Sabem a principal parada?</b> Perguntar aos operadores se a análise do IROG está sendo feita. Se sim, perguntar como funciona esta análise e qual a principal parada não programada no equipamento.						
6	<b>Há ações de melhoria em caso de não atingimento das metas (indicadores, auditorias, etc.)? As falhas estão sendo monitoradas?</b> Perguntar para o Time MA se são realizadas ações de melhorias em caso de não atingimento das metas. Perguntar ao time MA se as falhas também estão sendo monitoradas e como é o método de controle. Verificar se existe no Tabelão ou em outro local relação das melhorias a serem executadas (plano de ação) com prazo, responsável e impacto no IROG.						
7	<b>Existe uma pasta com Lições de Um Ponto (mais de uma)?</b> Verificar no tabelão a existência de duas ou mais LUP'S. Perguntar para os operadores se receberam treinamento das LUP'S.						
8	<b>Existe uma lista inicial de melhorias com custo versus benefícios?</b> Verificar no tabelão a existência da lista de melhorias com o custo versus benefício. Verificar se a lista está atualizada.						
9	<b>As etiquetas estão evoluindo (colodas versus retiradas)?</b> Analisar no gráfico de estratificação das etiquetas se nos últimos três meses houve colocação e retirada de etiquetas.						
10	<b>Já atingiu 85% de retirada das etiquetas?</b> Analisar no gráfico de estratificação das etiquetas se 85% do total das etiquetas foram retiradas.						

Quesitos		Ruim	Fraco	Sufic.	Bom	Excel.	OBSERVAÇÃO
		0	2	3	4	5	
11	<b>Existe falta de parafusos, parafusos e porcas soltas, vibrações na máquina e vazamentos?</b> Ao analisar o equipamento, notou-se a falta de parafusos, parafusos e porcas soltas, vibrações, ruídos anormais ou vazamentos?						
12	<b>As fontes de contaminação (fontes de sujeira e áreas difíceis de limpar) foram identificadas e eliminadas?</b> Verificar no tabelão MA a existência e atualização da lista de fonte de contaminação (sujeira, poeira, vazamento). Analisar se todas as contaminações da área estão descritas na lista. Verificar se todas as contaminações presentes na lista foram eliminadas.						
13	<b>Foram implementados padrões de controle visual?</b> Verificar no equipamento se foram implantados os padrões visuais (sentido de fluxo, sentido de giro, nível, pressão, painéis elétricos, condição de operação de válvulas, esticamento de correias, condição de ventilação).						
14	<b>As contramedidas (melhorias levantadas pelo time MA) foram executadas?</b> Analisar no gráfico de estratificação de etiquetas e na caixa de etiquetas pendentes se todas as etiquetas amarelas foram executadas. As etiquetas abertas devem possuir prazo para execução da atividade.						
15	<b>Foi melhorada a acessibilidade aos componentes?</b> Verificar no equipamento se foi melhorado a acessibilidade aos componentes (válvulas, indicadores, regulagens, etc. para o operador ou manutentor).						
16	<b>Foram levantadas e executadas melhorias de segurança (Proteções, Iluminação, Ergonomia e EPI's)?</b> Verificar no equipamento se foi melhorado a acessibilidade aos componentes (válvulas, indicadores, regulagens, etc. para o operador ou manutentor).						
17	<b>Foi revisado o plano de lubrificação?</b> Verificar se o plano de lubrificação foi revisado e está atualizado com o croqui.						
18	<b>Existe evolução no tempo de limpeza?</b> Verificar no tabelão MA a existência e atualização do gráfico de evolução do tempo de limpeza. Analisar se o tempo de limpeza diminuiu.						
19	<b>As áreas próximas a máquina foram demarcadas, estão limpas e organizadas? Tampas, proteções, etiquetas, placas de identificação são legíveis e estão em boas condições?</b> Verificar se as áreas de trânsito/passagens são adequadas, demarcadas e isentas de poeira e sujeira. Verificar condições de limpeza e organização do armário/carrinho (kit de limpeza, ferramentas, EPIs, instrumentos de medição). Verificar se as tampas, proteções, etiquetas, placas das áreas próximas e do equipamento estão legíveis em boas condições (isentas de poeira, sujeira, rasgos, manchas, etc.).						
20	<b>O equipamento está limpo e organizado?</b> Verificar se o equipamento está limpo e organizado. Verificar a ausência de poeira, vazamento de óleos, graxa e resíduos de trabalhos.						
<b>Pontuação:</b>							
<b>Nível de Avaliação:</b>		0. Nada foi feito	2. Trabalha-se apenas em alguns pontos	3. Parte das atividades estão definidas	4. As atividades estão implantadas porém precisam evoluir	5. Atividades implantadas com sucesso	

## APÊNDICE C – FOLHA DE AUDITORIA DE CERTIFICAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÔNOMA PASSO 3

<b>FOLHA DE AUDITORIA PASSO 3   MANUTENÇÃO AUTÔNOMA</b>							
Máquina: _____ Project Leader: _____					<input type="checkbox"/> Auditoria de acompanhamento - Mín.: 75 pontos <input type="checkbox"/> Auditoria de Passagem de Passo - Mín.: 90 pontos		
Auditor: _____ Data: ___/___/___ Nota: _____							
Quesitos		Ruim	Fraco	Sufic.	Bom	Excel.	OBSERVAÇÃO
		0	2	3	4	5	
1	<b>O tabelão foi preenchido conforme o layout estabelecido e está atualizado?</b> Analisar se o tabelão possui todas as informações conforme o layout estabelecido e se todas as informações estão atualizadas.						
2	<b>Todo o time (produção, manutenção, processo e segurança) foi treinado e está participando ativamente?</b> Verificar se todo o Time MA recebeu o treinamento de TPM. Perguntar assuntos genéricos ligados ao TPM para os operadores e áreas de apoio (qual o objetivo do TPM, sua importância, etc.). Verificar se todo o Time MA (inclusive áreas de apoio) está participando das atividades do TPM (reuniões diárias, semanais, atualização informações, colocação e resposta às etiquetas, etc.)						
3	<b>Os operadores receberam os EPI's necessário para a realização das atividades de MA? O registro dos EPI's está preenchido?</b> Verificar se os envolvidos com a MA (operadores, técnicos, facilitadores) receberam e estão utilizando os EPI's necessários (luvas, óculos, protetor auricular, sapato de segurança) para a realização das atividades de MA (plano de limpeza e inspeção, atividades autônomas, etc.). Verificar se o registro dos EPI's foi preenchido corretamente.						
4	<b>O cronograma de atividades está sendo cumprido por ambas as partes (MA e MP)?</b> Verificar se o cronograma de atividades está preenchido com o planejamento das atividades. Verificar se as atividades estão dentro do prazo.						
5	<b>Análise do IROG está sendo feita (μ1, μ2, μ3) e os operadores estão participando? Sabem a principal parada?</b> Perguntar aos operadores se a análise do IROG está sendo feita. Se sim, perguntar como funciona esta análise e qual a principal parada não programada no equipamento.						
6	<b>Há ações de melhoria em caso de não atingimento das metas (indicadores, auditorias, etc.)? As falhas estão sendo monitoradas?</b> Perguntar para o Time MA se são realizadas ações de melhorias em caso de não atingimento das metas. Perguntar ao time MA se as falhas também estão sendo monitoradas e como é o método de controle. Verificar se existe no Tabelão ou em outro local relação das melhorias a serem executadas (plano de ação) com prazo, responsável e impacto no IROG.						
7	<b>Estão sendo geradas LUP's de forma contínua e as existentes foram entendidas pelos operadores?</b> Verificar no tabelão se estão sendo geradas LUP's de forma contínua. Verificar a data da última LUP. Pedir para os operadores explicarem as LUP's mostrando seu entendimento.						
8	<b>As etiquetas estão evoluindo (colodas versus retiradas)?</b> Analisar no gráfico de estratificação das etiquetas se nos últimos três meses houve colocação e retirada de etiquetas.						
9	<b>Já atingiu 90% de retirada das etiquetas?</b> Analisar no gráfico de estratificação das etiquetas se 90% do total das etiquetas foram retiradas.						
10	<b>Existe falta de parafusos, parafusos e porcas soltas, vibrações na máquina e vazamentos?</b> Ao analisar o equipamento, notou-se a falta de parafusos, parafusos e porcas soltas, vibrações, ruídos anormais ou vazamentos?						

Quesitos		Ruim	Fraco	Sufic.	Bom	Excel.	OBSERVAÇÃO
		0	2	3	4	5	
11	<b>As contramedidas (lista de melhorias levantadas pelo time MA) foram executadas? As fontes de contaminação (fontes de sujeira e áreas difíceis de limpar) foram identificadas e eliminadas?</b> Analisar no gráfico de estratificação de etiquetas e na caixa de etiquetas pendentes se todas as etiquetas amarelas foram executadas. As etiquetas abertas devem possuir prazo para execução da atividade. Verificar no tabelão MA a existência e atualização da lista de fonte de contaminação (sujeira, poeira, vazamento). Analisar se todas as contaminações da área estão descritas na lista. Verificar se todas as contaminações presentes na lista foram eliminadas.						
12	<b>Foi melhorada a acessibilidade aos componentes e implementado os padrões de controle visual?</b> Verificar no equipamento se foi melhorada a acessibilidade aos componentes (válvulas, indicadores, regulagens, etc. para o operador ou manutentor). Verificar no equipamento se foram implantados os padrões visuais (sentido de fluxo, sentido de giro, nível, pressão, painéis elétricos, condição de operação de válvulas, esticamento de correias, condição de ventilação).						
13	<b>Os padrões definitivos de Limpeza e Inspeção foram definidos? Os operadores foram treinados?</b> Verificar no tabelão se o padrão de Limpeza e Inspeção foi revisado e definido como padrão definitivo. Perguntar aos operadores se foram treinados com o padrão definitivo.						
14	<b>Os operadores estão executando limpeza? O check list de limpeza e inspeção está sendo preenchido?</b> Verificar no tabelão MA a existência, preenchimento e atualização do check list de limpeza e inspeção. Conversar com o operador sobre método de preenchimento do check list (Exemplo: verificar no plano provisório um ponto de limpeza e questionar o operador sobre a execução desta atividade: qual a frequência e qual o turno responsável, etc.)						
15	<b>O Padrão definitivo de Lubrificação foi elaborado?</b> Verificar no tabelão se o padrão de Lubrificação foi definido. Perguntar aos operadores se foram treinados com LUP's para entender e conhecer o método de lubrificação utilizado pela MP. É de responsabilidade do operador autônomo conhecer o plano de lubrificação, entender como é feita a lubrificação pela MP e qual o estado adequado do equipamento após a lubrificação. É de responsabilidade da MP revisar e executar os planos de lubrificação.						
16	<b>Os pontos de lubrif. foram identificados com adesivos de lubrificação?</b> Ao analisar o equipamento, verificar se existem adesivos de lubrificação. Estes adesivos devem estar de acordo com o plano definitivo de lubrificação.						
17	<b>Os manutentores estão executando a lubrificação? O Check list está sendo preenchido?</b> Verificar no tabelão MA a existência, preenchimento e atualização do check list de lubrificação. Conversar com o operador autônomo sobre como realiza o controle e inspeção (o qual foi treinado através de LUP's) do plano de lubrificação executado pela MP.						
18	<b>Existe evolução no tempo de limpeza?</b> Verificar no tabelão MA a existência e atualização do gráfico de evolução do tempo de limpeza. Analisar se o tempo de limpeza diminuiu.						
19	<b>As áreas próximas a máquina foram demarcadas, estão limpas e organizadas? Tampas, proteções, etiquetas, placas de identificação são legíveis e estão em boas condições?</b> Verificar se as áreas de trânsito/passagens são adequadas, demarcadas e isentas de poeira e sujeira. Verificar condições de limpeza e organização do armário/carrinho (kit de limpeza, ferramentas, EPIs, instrumentos de medição). Verificar se as tampas, proteções, etiquetas, placas das áreas próximas e do equipamento estão legíveis em boas condições (isentas de poeira, sujeira, rasgos, manchas, etc.)						
20	<b>O equipamento está limpo e organizado?</b> Verificar se o equipamento está limpo e organizado. Verificar a ausência de poeira, vazamento de óleos, graxa e resíduos de trabalhos.						
<b>Pontuação:</b>							
<b>Nível de Avaliação:</b>	1. Nada foi feito	2. Trabalha-se apenas em alguns pontos	3. Parte das atividades estão definidas	4. As atividades estão implantadas porém precisam evoluir	5. Atividades implantadas com sucesso		

## APÊNDICE D – PAINEL DE CONTROLE DA MANUTENÇÃO PLANEJADA



## APÊNDICE E – AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DADOS DA EMPRESA**

Na situação de Diretor de Manufatura e Manutenção da empresa Bruning Tecnometal LTDA, eu, Lúcio Cantarelli Noal, AUTORIZO, desde já, o USO e DIVULGAÇÃO de dados, fotos e documentos gerados no processo de implementação da manutenção produtiva total em uma máquina piloto da empresa, que visa o aumento da disponibilidade do equipamento, eficiência produtiva e redução de custos. Além disso estou ciente que esta pesquisa será utilizada para a elaboração da dissertação de mestrado de Jacson Rafael Weber.

Panambi, 31 de março de 2023.



---

Lucio Cantarelli Noal