



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

GABRIEL COSTA DA FONSECA

**AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO TPM PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA
PRODUTIVA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO ALIMENTÍCIA**

Recife

2019

GABRIEL COSTA DA FONSECA

**AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO TPM PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA
PRODUTIVA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO ALIMENTÍCIA**

Trabalho de conclusão de curso para apresentação ao programa de graduação de Engenharia Mecânica como requisito para obtenção da aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2.

Orientador: Prof. Marcus Costa Araújo.

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecário Josias Machado , CRB-4 / 1690

F676a Fonseca, Gabriel Costa da.
Avaliação da implementação do TPM para aumentar a eficiência produtiva de uma linha de produção alimentícia / Gabriel Costa da Fonseca. – Recife, 2019.
45 folhas, il., figs., tabs.

Orientador: Marcus Costa Araújo.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Graduação em Engenharia Mecânica, 2019.
Inclui Referências.

1. Engenharia mecânica. 2. Manutenção total da produção. 3. Pilares. 4. Eficiência. 5. Perdas. I. Araújo, Marcus Costa (orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-256



**ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC2**

Ao quinto dia do mês de julho do ano de dois mil e dezenove, às 09h, no auditório do PPGEM, no prédio anexo do DEMEC, reuniu-se a banca examinadora para a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, intitulado: **Utilizando o TPM para Aumentar a Eficiência Produtiva e Reduzir Perdas de uma Linha de Produção Alimentícia**, elaborado pelo aluno **Gabriel Costa da Fonseca**, matrícula **110.840.604-18**, composta pelos professores **Marcus Costa de Araújo** (Orientador), **Francisco Espedito de Lima** (membro titular) e **Justo Emilio Alvarez-Jácobo** (membro titular). Após a exposição oral, o candidato foi arguido pelos componentes da banca que em seguida reuniram-se reservadamente e deliberaram pela _____ do candidato, atribuindo-lhe a média ____ (_____), julgando-o apto à conclusão do curso de Engenharia Mecânica. Para constar, redigi a presente ata aprovada por todos os presentes, que vai assinada por mim e pelos demais membros da banca.

Prof.(a) Orientador(a): Prof. **Marcus Costa de Araújo** Nota:

Assinatura _____

Prof.(a)Membro: Prof. **Francisco Espedito de Lima** Nota:

Assinatura _____

Prof.(a)/Membro: Prof. **Justo Emilio Alvarez-Jácobo** Nota:

Assinatura _____

Recife, 05 de julho de 2019

Prof. José Maria Barbosa
Coordenador de Trabalho de Conclusão de Curso -TCC
Curso de Graduação em Engenharia Mecânica – CTG/EEP-UFPE

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até aqui, a minha família que me ensinou os principais conceitos da vida e que até hoje me motiva a ser uma pessoa melhor.

Também dedico a minha namorada que me apoiou e ajudou a concluir mais um ciclo da minha vida.

RESUMO

Devido ao fato de que as empresas buscam atingir uma maior eficiência produtiva e uma consequente redução de perdas para se destacar em termos de produtividade e custo sobre as demais, além de necessitar de produtos com alta qualidade, segurança e de um time engajado, surgiu a necessidade de um sistema de gestão industrial que pudesse viabilizar todos esses elementos. Por isso, esse estudo busca mostrar como a implementação de uma metodologia conhecida como Manutenção total da produção (TPM) consegue trazer esses elementos para dentro das indústrias através de seus pilares e das ferramentas utilizadas por cada um dentro de uma indústria alimentícia com coleta de dados reais de uma linha produção. Para tal foram utilizadas várias ferramentas buscando a erradicação dos diversos tipos de perdas. Por fim, os resultados obtidos ao se realizar a análise demonstram que a metodologia do TPM é capaz de aumentar a eficiência produtiva e reduzir as perdas, indo de encontro com as informações presentes na fundamentação teórica deste trabalho. Esse estudo se mostra relevante, pois mostra para os que ainda não tinham o conhecimento da metodologia e de sua forma de aplicação o quão eficaz a mesma pode ser e podem no futuro buscar sua replicação.

Palavras-chave: Manutenção total da produção. Pilares. Eficiência. Perdas.

ABSTRACT

Due to the fact that the companies seek to achieve greater productive efficiency and a consequent reduction of losses to stand out in terms of productivity and cost over the others, besides needing products with high quality, safety and an engaged team, made the need for an industrial management system that could enable all of these elements exist. Therefore this study seeks to show how the implementation of a methodology known as Total Productive Maintenance (TPM) can bring these elements into the industries through its pillars and the tools used by each one within a food industry with real data collection of a production line. To this end several tools were used to eradicate the various types of losses. Finally, the results obtained in the analysis demonstrate that the TPM methodology is able to increase the productive efficiency and reduce the losses, in keeping with the information present in the theoretical basis of this work. This study is relevant because it shows to those who did not yet have the knowledge of the methodology and its application form how effective it may be and may in the future seek its replication.

Key words: Total productive maintenance. Pillars. Efficiency. Losses.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Os pilares do TPM	13
Figura 2 –	Tipos de manutenção	19
Quadro 1 –	Resumo dos pilares	27
Quadro 2 –	Perdas e cálculo do OEE	29
Figura 3 –	Fluxograma das ferramentas nos passos de MA	30
Figura 4 –	Exemplo de árvore de perda	33
Figura 5 –	Exemplo de controle visual	36
Figura 6 –	Histograma dos valores de disponibilidade (μ_1) e da duração em meses da linha “A”	39
Figura 7 –	Histograma dos valores de eficiência de performance (μ_2) e da duração em meses da linha “A”	40
Figura 8 –	Histograma dos valores do índice de qualidade (μ_3) e da duração em meses da linha “A”	41
Figura 9 –	Histograma dos valores de OEE e da duração em meses da linha “A”	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Duração dos passos de MA da linha “A”	28
Tabela 2 –	Faseamento de implementação e metas do Caderno LIL ...	35
Tabela 3 –	Horas de produção da linha “A”	38
Tabela 4 –	Perdas em horas relacionadas a disponibilidade (μ 1) da linha “A”.....	38
Tabela 5 –	Perdas em horas relacionadas a eficiência de performance (μ 2) da linha “A”	39
Tabela 6 –	Volume produzido e defeituoso em toneladas da linha “A” .	40
Tabela 7 –	Valores percentuais dos 3 índices	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivo Geral	13
1.2	Objetivos específicos:	13
2	REFERENCIAL TEORICO	14
2.1	<i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	14
2.1.1	Etapa 1: Preparação – Passo 1 ao 5	15
2.1.2	Etapa 2: Introdução – Passo 6.....	15
2.1.3	Etapa 3: Implementação – Passo 7 ao 11	16
2.1.4	Etapa 4: Consolidação – Passo 12	16
2.2	Pilares do TPM	16
2.2.1	Programa 5S	16
2.2.1.1	<i>Senso de Utilização (Seiri)</i>	17
2.2.1.2	<i>Senso da Organização (Seiton)</i>	18
2.2.1.3	<i>Senso da Limpeza (Seiso)</i>	18
2.2.1.4	<i>Senso da Padronização (Seiketsu)</i>	18
2.2.1.5	<i>Senso da Autodisciplinica (Shitsuke)</i>	19
2.2.2	Pilar Manutenção Planejada (MP).....	19
2.2.3	Pilar Gestão da Iniciativa ou Gestão Antecipada (GA).....	20
2.2.4	Pilar Manutenção da Qualidade (MQ).....	21
2.2.5	Pilar Manutenção Autônoma (MA).....	22
2.2.6	Pilar Melhoria Focada (MF)	23
2.2.7	Pilar Educação e Treinamento (ET)	23
2.2.8	Pilar TPM Administrativo	25
2.2.9	Pilar Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA).....	26
2.2.10	Resumo dos Pilares.....	27
3	METODOLOGIA	28
3.1	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	28
3.2	Ferramentas aplicadas	30
3.2.1	Quase Acidente.....	30
3.2.2	Matriz de Habilidade	31
3.2.3	Gestão de Anomalias (Etiquetas)	31

3.2.4	Árvore de Perdas	32
3.2.5	Mapeamento de Processo	33
3.2.6	Análise de Causa Raiz	34
3.2.7	Caderno de Limpeza, Inspeção e Lubrificação	34
3.2.8	Caderno de Parâmetros	35
3.2.9	Informação MP	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
5	CONCLUSÃO.....	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas buscam atingir uma maior eficiência produtiva e uma conseqüente redução de perdas para se destacar em termos de produtividade e custo sobre as demais. Para este fim, estratégias de manutenção devem ser criadas para que as quebras em equipamentos sejam reduzidas para o mínimo possível (P. GUARIANTE, 2017).

As perdas associadas a manutenção são geralmente classificadas em 6 categorias, sendo: quebras de máquinas, ajustes e *setups* de linha, pequenas paradas de máquinas, redução de velocidade da linha, rejeitos de *start-up* de linha e rejeitos de produção normal (AZIZI, 2015). Essas perdas são as principais causadoras de alterações no funcionamento das máquinas, seja, para uma eficiência pior ou melhor. Assim, elas têm um impacto extremamente importante no custo de produção da indústria.

Segundo Mobley (1990, p. 5) “a qualidade da manutenção afeta significativamente a rentabilidade de uma empresa, pois 25 a 30% do custo total de produção da mesma é advindo de atividades referentes a manutenção”. Portanto, o custo de uma planta bem administrada e eficiente em sua área de manutenção se mostra bem menor.

Aliado a redução das perdas está a busca pela melhora da qualidade do produto produzido, pois um produto que foi produzido corretamente pela primeira vez não gera custo de reprocessamento para empresas ou até de descarte. Além disso, um produto sem defeitos está conectado diretamente também com a performance das máquinas, pois um produto sempre produzido dentro das especificações não requer ajustes no equipamento para sua adequação, evitando assim desgastes nas partes precisarão ser ajustadas e perda de produtividade.

Um dos mais conhecidos sistemas de gestão de indústrias é o *Total Productive Maintenance* (TPM). Ele é um programa que tem origem no Japão após a segunda guerra mundial, onde com o apoio de pensadores como Edward Deiming e Joseph Juran, começaram a conscientizar o povo da importância da qualidade para o processo produtivo (CARRIJO; LIMA, 2006). Portanto, os empresários japoneses começaram a buscar meios para aumentar a produtividade e reduzir perdas e isto primeiro se enraizou na indústria automobilística para depois atingir empresas do setor elétrico e de processo (SUZUKI, 1992).

Não demorou para o TPM começar a se expandir para o resto do mundo, pois ele demonstrou, dentro do Japão, 3 características muito importantes: ele transforma o ambiente de trabalho, melhora radicalmente os resultados da planta e, por fim, aumenta o nível de conhecimento e habilidades dos empregados tanto da manutenção como da produção (SUZUKI, 1992).

Segundo Nakajima (1989, p. 25) “o TPM pode melhorar o rendimento global das instalações graças a uma organização baseada no respeito à criatividade humana e com a participação geral de todos os empregados da empresa”.

No Brasil, a disseminação da metodologia ocorreu por volta da década de 90, graças, principalmente, a IM & C Internacional e ao Instituto Brasileiro de TPM (IBTPM), por meio de palestras, cursos, consultorias, etc. Todas licenciadas pelo *Japan Institute Plant of Maintenance* (JIPM), responsável pela gestão da metodologia no Japão e que vem crescendo desde então (CARRIJO; LIMA, 2006).

Neste trabalho avaliaremos como a metodologia do TPM é capaz de reduzir as perdas e conseqüentemente aumentar a performance de uma linha de produção de alimentos, ou seja, de uma indústria de processo.

1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o ganho de eficiência produtiva de uma empresa do ramo alimentício do estado de Pernambuco a partir da implantação do sistema de gestão TPM.

1.2 Objetivos específicos:

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Descrever os pilares do TPM e suas atividades;
- Compreender como o TPM influencia no comportamento das pessoas;
- Compreender a ligação existente entre os diversos pilares do TPM dentro da planta a ser estudada;
- Avaliar o aumento da eficiência operacional da planta, reduzindo as perdas de uma linha produtiva numa indústria alimentícia.

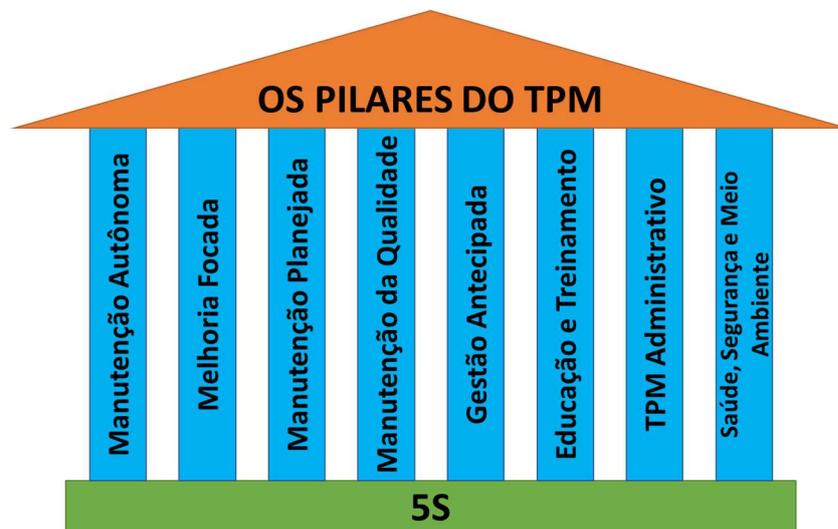
2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 *Total Productive Maintenance (TPM)*

O TPM surgiu no Japão após a segunda guerra mundial e visa a inclusão da qualidade dentro do processo produtivo. O TPM busca atingir os resultados esperados por meio da integração de todos os funcionários, do mais baixo ao mais alto escalão. Por isso, vários autores citam o comprometimento do time como um dos principais meios para que o modelo tenha sucesso, assim como, garantir treinamentos para o time e a criação de setores para gerenciar o desenvolvimento do mesmo (SHEN, 2015).

Para se implementar o TPM, primeiro deve-se implementar o programa 5S, pois ele é a fundação da construção para a implementação do mesmo (RANTESHWAR SINGH, 2013). O 5S consiste em 5 sentidos (utilização, autodisciplina, limpeza, organização e padronização) comportamentais que regem como os profissionais devem se portar em sua rotina visando máxima eficiência operacional. Após o 5S, inicia-se a implantação dos pilares do TPM que são Manutenção Autônoma (MA), Manutenção Planejada (MP), Manutenção Focada (MF), Manutenção da Qualidade (MQ), Educação e Treinamento (ET), Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA), TPM Administrativo (Organização) e Gestão Antecipada ou Inicial (GA) (HUGO PINTO, 2016). Cada um desses pilares contribui do seu próprio jeito para o sucesso do TPM, pois eles todos possuem metas diferentes, mas que levam ao mesmo resultado de redução de perdas e aumento de eficiência.

Figura 1. Os pilares do TPM.



Fonte: (SILVA, 2015).

Uma das mais importantes conquistas do TPM é o senso de posse advindo do operador junto ao seu equipamento pois, na manutenção autônoma praticada no TPM, os operadores se engajam nas rotinas de manutenção e atividades de melhorias que param com a deterioração forçada do equipamento, reduzem riscos de contaminação e ajudam a evitar possíveis quebras (SUZUKI, 1992).

Segundo J. L. Pierce (2003), o senso de posse tem um efeito positivo nas pessoas, demonstrado através de um senso mais intenso de responsabilidade de se atingir os resultados no trabalho, aliado a um maior comprometimento junto à organização e a uma maior produtividade e etc.

A implementação do TPM nas indústrias é feita seguindo um cronograma de 12 passos, que podem ser divididas em 4 etapas.

2.1.1 Etapa 1: Preparação – Passo 1 ao 5

Nesta etapa, como o próprio nome indica se constitui toda estruturação por parte da liderança da empresa daquilo que é necessário para se implementar o TPM e é de vital importância uma construção precisa para que se evite constantes correções (SHEN, 2015).

No passo 1, a direção da empresa anuncia internamente a decisão de implantar o TPM, para que no passo 2 se realizem os treinamentos de capacitação na ferramenta e desenvolvam-se as campanhas de conscientização do TPM para os empregados. No passo 3 e 4, se estabelece o time que será responsável pela condução da implementação da ferramenta, assim como as regras e objetivos esperados. Por fim, no passo 5 é desenvolvido o Master Plan da ferramenta onde são listadas todas as atividades (inseridas dentro dos pilares) desenvolvidas para se alcançar as metas e cada atividade terá um próprio planejamento anexado a ele (NIAZI, 2014).

2.1.2 Etapa 2: Introdução – Passo 6

Após a conclusão e aprovação do Master Plan a organização está pronta para oficializar que implantará o programa. Para isso uma reunião é realizada onde se é anunciado a implementação e a divulgação de todo o trabalho preparatório realizado nos passos 1 a 5, onde inclusive estarão as metas estabelecidas (NIAZI, 2014). Nesta reunião deve-se participar os membros da companhia como um todo, clientes e até empresas parceiras.

2.1.3 Etapa 3: Implementação – Passo 7 ao 11

Na fase de implementação, busca-se atingir aquilo que foi definido na preparação através da realização de atividades voltadas para tal. Estas atividades serão desenvolvidas pelos pilares e devem ser realizadas simultaneamente (SHEN, 2015).

No passo 7, busca-se iniciar as atividades mais direcionadas a elevação da eficiência dos equipamentos através da implementação dos pilares MA, MP e MF; porém, também é necessário no meio de tanto conhecimento novo um grupo voltado para se garantir o treinamento eficiente do time operacional, então também deve-se implantar o pilar ET (NAKAJIMA, 1989).

No passo 8, inicia-se a busca por melhorias de modo a tornar a operação e a produção de produtos mais fácil através de vários estudos conduzidos pelo pilar GA. No passo 9, é quando inicia-se o tratamento dos equipamentos de modo a reduzir os defeitos nos produtos graças as atividades do pilar MQ. No passo 10, busca-se uma geração de informações mais precisas e que ajude os outros pilares a atuar de forma mais eficiente, para isso, implementa-se o pilar da Organização. Considerado como o último passo de implementação o passo 11 (lembrando que esta numeração não possui valor real e todas ocorrem simultaneamente). Por fim, o mais importante passo, é a busca da redução de risco de impacto ambiental e da ocorrência de acidentes com a implementação do pilar SSMA (SUZUKI, 1992).

2.1.4 Etapa 4: Consolidação – Passo 12

Nesta etapa após a implantação do TPM, almeja-se alcançar os resultados, revisando as metas e gerando novos desafios, seguindo a ideia de melhoria contínua utilizando, por exemplo, um ciclo PDCA (*Plan, Do, Control e Act*) (NAKAJIMA, 1989).

É importante também atestar todas as melhorias conquistadas ao longo do processo para mostrar que está sendo feito progresso e, assim, mantendo o time motivado e engajado.

2.2 Pilares do TPM

2.2.1 Programa 5S

O programa 5S tem origem no Japão e começou a ser utilizado primeiramente pelas indústrias automobilísticas japonesas no pós-guerra, ou seja, na década de 50, assim como o

TPM ele se expandiu para os demais tipos de indústria, com o objetivo de reestruturar a economia do Japão (SILVA, 2015). O 5S só veio chegar ao Brasil por volta da década de 90.

O 5S se insere em todos os pilares do TPM ditando a forma como os times irão trabalhar em seu dia-dia, ou seja, como eles se organizarão como equipe e como irão garantir que suas ferramentas sejam bem aplicadas dentro das linhas de produção, basicamente, será um modelo de como se portar para todos os níveis da indústria.

O programa 5S é extremamente importante para qualquer indústria e ainda mais para o TPM, pois através dele conseguimos (VERES, et al., 2017, p. 4):

- Evitar o desperdício e deterioração forçada dos equipamentos devido ao mau uso;
- A prevenção de paradas inesperadas, estimulando a manutenção preventiva;
- O combate a todas as formas de poluição, por exemplo, sonora, visual, ambiental, etc.;
- Redução do risco de acidentes;
- A melhoria na qualidade dos seus produtos e serviços;
- Uma relação positiva entre a empresa e o trabalhador;
- A saúde mental e física dos trabalhadores;
- Mais qualidade de vida para todos na organização;
- Maior produtividade da planta como um todo.

Ele possui esse nome, pois é baseado em 5 conceitos básicos que na língua japonesa começam com a letra ‘S’ e ao trazer para o português foram definidos como *sensos*, são eles (RANTESHWAR SINGH, 2013):

2.2.1.1 Senso de Utilização (*Seiri*)

Nessa etapa, busca-se eliminar tudo aquilo que não é mais necessário ou está estocado em excesso no local de trabalho de forma a evitar possíveis informações incorretas, acidentes no trabalho, liberação de espaço no local e livrar o caminho para circulação de operadores (SILVA, 2015).

No caso de materiais duvidosos, eles devem ser alocados numa chamada ‘Área Vermelha’, onde deverão ser designados prazos para retiradas dos materiais e os responsáveis por avaliar ao fim do prazo se realmente existe a necessidade de se manter aquele material.

2.2.1.2 Senso da Organização (*Seiton*)

Deve-se definir primeiro os critérios organizacionais e depois alocar os materiais de acordo com aquilo que foi estabelecido para que tudo seja de fácil acesso e o retorno do mesmo para seu lugar também, gerando um aumento de produtividade graças a esse ganho de tempo (VERES, et al., 2017). Por exemplo, um objeto de hora em hora deve ser mantido próximo ao posto de trabalho e algo usado uma vez na semana no almoxarifado.

A essência de se praticar o Seiton está em seguir a seguinte frase “Um lugar para cada coisa, cada coisa em seu lugar”. Onde o ambiente estará organizado permitindo uma operação mais eficiente.

2.2.1.3 Senso da Limpeza (*Seiso*)

Ao aplicar o *Seiso*, busca-se manter os postos de trabalho limpos e os equipamentos sem anomalias, pois neste programa não se busca apenas limpar para deixar o equipamento bonito, mas sim limpar e ao mesmo tempo inspecionar para que se identifique as fontes de sujeiras e outras causas de deterioração forçada.

Deve-se ter em mente que mais importante que limpar é não sujar, gerando um aumento da moral do time, diminuição de riscos de possíveis contaminações, de riscos de segurança e de desperdícios (SILVA, 2015).

2.2.1.4 Senso da Padronização (*Seiketsu*)

No *Seiketsu*, busca-se a manutenção de tudo que se conquistou ao aplicar os 3 sentidos anteriores por meio da padronização dos procedimentos realizados de forma a garantir sua continuidade, logo essa padronização deve ser simples e de fácil entendimento (VERES, et al., 2017).

Além disso, ele é muito importante já que ajuda na manutenção da melhora da saúde física, mental e emocional dos trabalhadores conquistadas por essas práticas.

2.2.1.5 Senso da Autodisciplina (*Shitsuke*)

O objetivo desse senso é tornar o programa parte da cultura das pessoas, ou seja, um hábito para elas e aperfeiçoar tudo aquilo conquistado com os S's anteriores através da melhoria contínua e autodesenvolvimento operacional (RANTESHWAR SINGH, 2013).

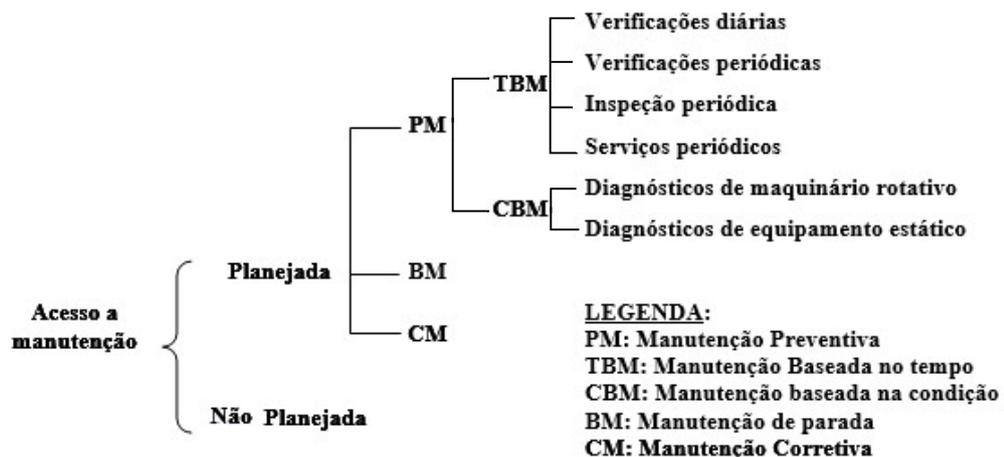
Nele iremos desenvolver atividades de avaliação da performance dos grupos autônomos, considerando uma planta utilizando TPM, de forma a desenvolver também maior sentimento de propriedade e de trabalho em equipe dentro dos times.

2.2.2 Pilar Manutenção Planejada (MP)

O objetivo do pilar MP é conquistar e manter uma alta disponibilidade para as máquinas, alta confiabilidade, um custo ótimo de manutenção, zero quebra / falha e ter sempre em estoque partes reservas (RANTESHWAR SINGH, 2013). Portanto, conquistando esses objetivos se conseguirá ter máquinas e equipamentos livres de problemas e quebras para entregar produtos de alta qualidade.

Os tipos de manutenção desenvolvidas nas suas atividades são a manutenção de quebra (BM), manutenção corretiva (CM) e a manutenção preventiva (PM) que atua baseada no tempo (periódica) ou na condição do equipamento (preditiva), como mostrado na figura 2 (KIGSIRISIN; PUSSAWIRO; NOOHAWM, 2016).

Figura 2: Tipos de manutenção



Fonte: (SUZUKI, 1992, p. 123).

As atividades do pilar se desenvolvem ao longo de seis passos que, assim como na manutenção autônoma, requerem auditorias extremamente rigorosas para aprovação para que as atividades de melhora de equipamentos, de melhora de tecnologia de equipamento e desenvolvimento de habilidades de manutenção sejam efetivas (SUZUKI, 1992). Os seis passos têm por objetivo:

- Passo 1: Avaliar os equipamentos e entender a situação atual;
- Passo 2: Restaurar deterioração e corrigir pontos fracos;
- Passo 3: Construir um sistema de gerenciamento de informação;
- Passo 4: Construir um sistema de manutenção periódica;
- Passo 5: Construir um sistema de manutenção preditiva;
- Passo 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada.

2.2.3 Pilar Gestão da Iniciativa ou Gestão Antecipada (GA)

O objetivo deste pilar é garantir uma redução considerável do tempo que se leva para desenvolver inicialmente um novo equipamento ou produto até a sua produção em larga escala utilizando ou produzindo o mesmo e, por fim, atingindo um *Vertical Startup* (VSU), ou seja, desde o primeiro momento operar rápido, livre de falhas e de maneira correta (SUZUKI, 1992).

Dentre as atividades desenvolvidas estão análise de custo de vida da máquina, desenvolvimento de projeto MP, *failure mode and effect analysis* (FMEA), análise dos quatro métodos (4-M), etc. todas voltadas para este objetivo de se ter um equipamento fácil de operar e livre de falhas e de um produto fácil de produzir e que se adeque bem aos equipamentos existentes no processo ou que serão gerados. Suas atividades se estruturam em 4 passos são eles:

- Passo 1: Investigar e analisar a situação atual;
- Passo 2: Estabelecer um sistema de GA;
- Passo 3: Corrigir o novo sistema e treinar as pessoas;
- Passo 4: Colocá-lo em prática de maneira simples.

2.2.4 Pilar Manutenção da Qualidade (MQ)

O pilar MQ tem por objetivo manter o equipamento em perfeitas condições para produzir os produtos com um alto nível de qualidade (KIGSIRISIN; PUSSAWIRO; NOOHAWM, 2016). Em indústrias de processo, a qualidade surge através de atividades focadas, onde os defeitos de qualidade são eliminados do processo depois de se identificar o parâmetro da máquina que afeta a qualidade do produto (RANTESHWAR SINGH, 2013).

Os principais defeitos de qualidade são defeitos em embalagem, defeitos visuais no produto, contaminação, composição e/ou propriedades fora da especificação e não uniformidade das características do produto (NAKAJIMA, 1989). Para se evitar estes defeitos verifica-se periodicamente o estado da máquina e checa-se periodicamente se as especificações dos produtos se encontram na faixa aceitável de trabalho (SUZUKI, 1992). Portanto, os potenciais defeitos de qualidade podem ser previstos por análises de tendência e então impedidos de acontecer.

Os defeitos podem advir de quatro fontes de erros, sendo elas as pessoas destreinadas, métodos de produção inadequados, equipamentos fora da condição básica e materiais fora da especificação (NAKAJIMA, 1989). Para se atingir sucesso na erradicação dessas causas precisamos reestabelecer a condição básica dos equipamentos, eliminar possíveis falhas do processo e capacitar o time operacional a todo custo.

O pilar QM se estrutura em 10 passos, são eles:

- Passo 1: Preparar matriz da qualidade assegurada;
- Passo 2: Preparar uma análise através de tabela das variáveis de produção;
- Passo 3: Preparar uma análise do problema através de gráficos;
- Passo 4: Avaliar os problemas através de FMEA;
- Passo 5: Fazer uma análise MP para descobrir as causas;
- Passo 6: Avaliar a efetividade das contramedidas com FMEA;
- Passo 7: Colocar em prática melhorias;
- Passo 8: Revisar as variáveis de produção;
- Passo 9: Confirmar os pontos de verificação das variáveis;
- Passo 10: Construir uma tabela de controle e assegurar a qualidade através de um controle rigoroso.

2.2.5 Pilar Manutenção Autônoma (MA)

O objetivo do pilar MA é manter equipamentos operando sem quebras, operadores com senso de propriedade e com conhecimento técnico sobre os equipamentos, tanto para operar como para fazer manutenção, não só nos seus equipamentos como também em vários outros equipamentos, permitindo a eliminação de defeitos realizada pelos próprios operadores (RANTESHWAR SINGH, 2013). As atividades desenvolvidas por eles são reparos, limpeza, inspeção visual, lubrificação, etc.

Como consequência deste objetivo, o time técnico estaria disponível para se capacitar ainda mais e desenvolver atividades mais complexas junto ao equipamento de modo a aumentar ainda mais a performance (KIGSIRISIN; PUSSAWIRO; NOOHAWM, 2016). Um fator determinante para se ter sucesso nesse objetivo é a operação possuir dentro de si o senso de posse junto ao seu equipamento para que sejam capazes de opera-lo de forma extremamente eficiente.

A manutenção autônoma é considerada o pilar que alavanca o resultado de todos os outros pilares do TPM. Ela se estrutura em sete passos, onde suas atividades só são realmente bem-sucedidas se o avanço de um passo para o outro for estritamente controlado. Para que se tenha esse controle (SUZUKI, 1992) afirma: “Para que este controle aconteça, tenha grupos oficiais de auditoria e padrões de aprovado/reprovado. O Gerente Principal de uma planta deve dar a aprovação final para que os grupos possam mudar de um passo para o outro”. Seus passos são:

- Passo 1: Realizar limpeza inicial;
- Passo 2: Eliminar fonte de sujeira e locais de difícil acesso;
- Passo 3: Estabelecer padrões de limpeza e inspeção;
- Passo 4: Fazer a inspeção geral no equipamento;
- Passo 5: Fazer a inspeção geral do processo;
- Passo 6: Sistematizar a manutenção autônoma;
- Passo 7: Praticar melhoria contínua através do autogerenciamento.

Portanto, MA aplicada de maneira equivocada não irá resultar em bons resultados, logo o TPM também não irá entregar os resultados esperados, pois ela irá apenas provocar a

saturação do operador com um acúmulo excessivo de atividades que serão mais descritas ao longo do trabalho.

2.2.6 Pilar Melhoria Focada (MF)

Melhoria focada é definida por Suzuki (1992, p. 41) como “A melhoria focada que inclui todas as atividades que maximizam a eficácia global do equipamento, processos, e plantas através de uma inexorável eliminação de perdas e melhoria de desempenho”. Para isso são usadas diversas ferramentas, por exemplo: Análise de causa raiz, 12 passos Kaizen, *Poka Yoke*, etc., de maneira sistemática com a mentalidade de zero perdas, em relação a pequenas paradas, quebras, velocidade, ajustes, etc (RANTESHWAR SINGH, 2013).

As atividades desenvolvidas pelo pilar seguem 5 passos são eles:

- Passo 1: Identificar as maiores perdas;
- Passo 2: Analisar Causas;
- Passo 3: Determinar contramedidas;
- Passo 4: Implementar contramedidas;
- Passo 5: Verificar resultados e ganhos.

O princípio por trás da melhoria contínua é que um grande número de pequenas melhorias é muito mais valioso e efetivo para a organização do que poucas melhorias de alta complexidade (KIGSIRISIN; PUSSAWIRO; NOOHAWM, 2016). Isto ocorre, pois grande parte dos problemas são básicos que ainda não temos o entendimento sobre eles e assim as melhorias complexas não seriam efetivas sem antes resolver o que é mais simples.

2.2.7 Pilar Educação e Treinamento (ET)

Uma operação treinada e capacitada é extremamente necessária para se atingir os objetivos de cada pilar. Logo, a melhoria contínua proposta pelo TPM só é possível através de uma capacitação contínua dos empregados em todos os níveis da organização. Os operadores são treinados para saber lidar com equipamentos quebrados ou danificados utilizando além do “*Know-How*” o “*Know-Why*”, ou seja, eles mesmos são capazes de encontrar a causa dos problemas e a ensinar os outros a lidar com essas situações (KIGSIRISIN; PUSSAWIRO; NOOHAWM, 2016).

Os treinamentos no TPM devem começar desde o primeiro dia do programa e só serão efetivos quando a abordagem do treinamento conseguir aumentar as habilidades dos operadores de uma maneira geral. Além do benefício nas atividades desenvolvidas pelos operadores, esse nível de conhecimento também aumenta a moral do time como um todo e os torna mais orgulhosos de trabalhar na companhia (NAKAJIMA, 1989).

Para se medir o nível de conhecimento das pessoas utilizamos o conceito de prática em que levamos em conta a ideia de que o quão mais rápido uma pessoa é capaz de resolver um problema maior é seu nível de prática. Os quatro níveis são (SUZUKI, 1992):

1. Falta conhecimento teórico e prático, logo necessita de treinamento;
2. Possui conhecimento teórico básico, mas não prático, logo precisa praticar;
3. Domina a prática, mas ainda não a teoria, logo ainda não pode transmitir o conhecimento;
4. Tem domínio da prática e da teoria, logo pode transmitir o conhecimento para outros.

A intenção de tudo isso é desenvolver nos operadores as quatro habilidades principais, que são desenvolvidas através de treinamentos “*On The Job*”, atividades de MA e MF e lições de um ponto (formulário simples que transmite o conhecimento relativo a um tópico). Estas habilidades permitem ao operador detectar anomalias, quais atividades de rotina devem ser feitas, entender o funcionamento do equipamento como um todo e descobrir as causas de anomalias; entender a relação do equipamento com a qualidade do produto, evitando possíveis defeitos e, por fim, ser capaz de fazer reparos nos equipamentos e adquirir um entendimento completo do mesmo (NAKAJIMA, 1989).

Suas atividades se estruturam em 6 passos são eles:

- Passo 1: Avaliar a situação atual e estabelecer prioridades;
- Passo 2: Montar um programa de treinamento para operadores e técnicos;
- Passo 3: Implementar e pôr em prática o programa montado;
- Passo 4: Criar um sistema de desenvolvimento das habilidades, utilizando treinamentos práticos, teóricos, lições de um ponto, etc.;
- Passo 5: Criar uma cultura de incentivo para o autodesenvolvimento;
- Passo 6: Avaliar a situação e se planejar para o que virá.

2.2.8 Pilar TPM Administrativo

Este pilar busca aumentar a produtividade e a eficiência dos cargos administrativos dentro da empresa através da criação de procedimentos para as atividades desenvolvidas (KIGSIRISIN; PUSSAWIRO; NOOHAWM, 2016). Para isso, se analisam atividades que podem ser automatizadas para se obter maior velocidade nas atividades administrativas rotineiras necessárias para o funcionamento industrial.

Os departamentos administrativos têm como principais atividades dentro das organizações, a função de processar as informações para poder ajudar na tomada de decisão dos demais departamentos, ajudar na redução de custos, permitir uma rápida reação a alterações no contexto social e econômico que ela está inserida e ganhar a confiança dos clientes (NAKAJIMA, 1989). Para isso ele ataca nove tipos de perdas relacionadas a essas atividades, sendo elas (RANTESHWAR SINGH, 2013):

1. Perda de processamento;
2. Perda de comunicação;
3. Perda de custos;
4. Perda de *set-up*;
5. Perda de ociosidade;
6. Perda de precisão;
7. Quebra de equipamento de escritório;
8. Falha nos canais de comunicação;
9. Perda de tempo para recuperação de informações.

Estas perdas devem ser reduzidas através do aumento do rendimento e da redução das variáveis associadas a cada atividade de modo a diminuir a variabilidade do seu processo. Para isso deve-se elaborar as seguintes atividades que podem ser consideradas passos (SUZUKI, 1992):

- Passo 1: Implantar o conceito de ‘Fábricas de Dados’;
- Passo 2: Abordar o trabalho administrativo como um equipamento;
- Passo 3: Determinar visão e missão dos departamentos e buscar o atingimento;

- Passo 4: Fazer a implementação através das 5 atividades chaves (Melhoria focada, manutenção autônoma, educação e treinamento, pessoal flexível e mensuração de desempenho);
- Passo 5: Buscar mostrar resultados mensuráveis para provar a efetividade;

O TPM administrativo se espelha nos outros pilares buscando seus objetivos através da aplicação de técnicas adaptadas de pilares como MA, MF, MP e MQ (RANTESHWAR SINGH, 2013).

2.2.9 Pilar Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA)

O pilar SSMA tem como objetivo realizar e promover atividades que evitarão possíveis danos ao ambiente ao redor da fábrica e às pessoas que ali trabalham, logo se terá um local seguro para trabalhar e favorável ao meio ambiente. Seu foco é zero acidentes, zero incêndios e zero danos à saúde das pessoas (KIGSIRISIN; PUSSAWIRO; NOOHAWM, 2016).

A importância dada a segurança nas plantas é a mais alta possível e, por isso, desde a preparação para a implantação da ferramenta deve-se abordar temas de segurança (RANTESHWAR SINGH, 2013), tanto que no Japão, para se ganhar a premiação em excelência na ferramenta é necessário a eliminação de acidentes e contaminações (NAKAJIMA, 1989). O TPM consegue reduzir esses riscos pois, através dele conseguimos reduzir as falhas e defeitos nos equipamentos. Com o 5S temos ambientes limpos e organizados, o número de pessoas desqualificadas diminui e as atividades dos pilares MA e MF eliminam áreas inseguras, o senso de propriedade faz com que os operadores assumam responsabilidade pela sua segurança, etc.

Para se obter o sucesso desejado, deve-se manter a prática de segurança inserida na rotina diária das pessoas, ter todos na companhia se mostrando engajados com a segurança, criação de procedimentos de controle para possíveis acidentes, criar sinalizações chamativas e fáceis de entender para os riscos, treinar os operadores para entender possíveis situações de risco utilizando ferramentas do pilar ET e garantir um ambiente de trabalho tranquilo para evitar pessoas estressadas (NAKAJIMA, 1989). É importante que essas atividades se expandam também aos terceiros dentro da planta, pois em grande parte do tempo vão estar participando de atividades que irão possuir riscos de segurança.

As atividades do pilar se relacionam e acontecem ao longo dos sete passos de MA da seguinte maneira (SUZUKI, 1992):

- Passo 1: Realizar limpeza inicial para localizar e eliminar problemas que afetem a segurança e o ambiente.
- Passo 2: Eliminar as fontes de sujeira e locais de difícil acesso que trazem riscos.
- Passo 3: Incluir procedimentos de segurança em seu padrão de limpeza e inspeção e implementar controles visuais de segurança;
- Passo 4 e 5: Qualificar ainda mais a operação relacionando suas habilidades nos equipamentos com conhecimento de segurança;
- Passo 6 e 7: Consolidar tudo que se fez até o momento e garantir que todos tenham conhecimento de segurança.

2.2.10 Resumo dos Pilares

Quadro 1: Resumo dos pilares.

Pilares	Sigla	Objetivo	Quantidade de Passos	Ferramentas Analisadas
Manutenção Autônoma	MA	Operadores técnicos, com senso de posse e capazes de liderar projetos de melhoria.	7	Caderno de Limpeza, Inspeção e Lubrificação; Caderno de Parâmetros.
Melhoria Focada	MF	Zero perda aliada a melhoria contínua.	5	Árvore de Perdas; Análise de Causa Raiz.
Manutenção Planejada	MP	Planos de manutenção efetivos (TBM, CBM), zero quebra e baixo custo.	6	Etiquetas.
Manutenção da Qualidade	MQ	Zero defeitos e zero reclamações de consumidor.	10	Mapeamento de Processo.
Gestão Atencipada	GA	Vertical Startup (VSU) e projetos seguros (FMEA).	4	Informação MP.
Educação e Treinamento	ET	Operadores capacitados (Know-Why).	6	Matriz de Habilidade.
TPM Administrativo	-	Processo decisório rápido com pouca burocracia.	5	-
Saúde, Segurança e Meio Ambiente	SSMA	Zero acidente, zero impacto ambiental e zero lesões.	7	Quase Acidente.

Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

3 METODOLOGIA

Neste trabalho será analisado como a eficiência de uma linha de produção “A” de uma indústria de produtos alimentícios, que possui certificação ISO 9001 e FSC 22000, localizada na região nordeste do Brasil evolui com a implementação da metodologia do TPM. A metodologia foi introduzida, no ano de 2015, através de uma consultoria contratada pela direção da empresa que coordenou os esforços do passo 1 ao 12 citados no item ‘2.1’.

O autor auxiliou nas atividades da metodologia a partir de agosto de 2017, onde a linha em questão se encontrava no passo 3 de manutenção autônoma (MA), logo participou ativamente na consolidação da implementação das ferramentas referentes ao passo 3 e passo 4 e na manutenção no que foi conquistado no passo 1 e 2. A linha ao final do período de estudo ainda se encontra no passo 4, portanto ainda está avançando na metodologia para atingir o último passo que é o 7.

Irá ser considerado, para se ter uma análise mais efetiva, a evolução da linha nos passos de manutenção autônoma (MA) como base temporal onde veremos como ela se comporta com o andamento dos passos. Os resultados começaram a ser contabilizados a partir do *startup* da linha realizado em fevereiro de 2014, onde em julho de 2015 ela adentrou na metodologia do TPM. A duração de cada passo é ilustrada na tabela abaixo.

Tabela 1: Duração dos passos de MA da linha “A”.

Passo de MA	Data de Início	Data Final	Duração de meses
Antes da Implementação	10/02/2014	30/06/2015	17 meses
Passo 1	01/07/2015	28/04/2016	10 meses
Passo 2	29/04/2016	08/06/2017	13 meses
Passo 3	09/06/2017	25/07/2018	14 meses
Passo 4	26/07/2018	27/04/2019	9 meses
Total	10/02/2014	27/04/2019	63 meses

Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

3.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Para medir a eficiência utilizaremos o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que é um indicador utilizado por diversas companhias e já se provou ser extremamente confiável para ser utilizado na prática. No quadro abaixo pode-se ver as 6 maiores perdas consideradas pelo OEE e como calcula-las segundo Azizi (2015, p. 2):

Quadro 2: Perdas e cálculo do OEE.

CLASSIFICAÇÃO DA PERDA	CATEGORIA DAS 6 GRANDES PERDAS	CÁLCULO
Disponibilidade(μ_1)	Parada de Máquina	$\mu_1 = \frac{\text{Horas de Produção} - \text{Paradas} - \text{Setup e Ajustes}}{\text{Horas de produção}}$
	Setup e ajustes	
Eficiência de Performance(μ_2)	Ociosidade e pequenas paradas	$\mu_2 = \frac{\text{Horas de Produção} - \text{Peq.Paradas} - \text{Perdas de Velocidade}}{\text{Horas de produção}}$
	Redução de velocidade	
Índice de Qualidade(μ_3)	Produtos defeituosos	$\mu_3 = \frac{\text{Quantidade Produzida} - \text{Produtos Defeituosos} - \text{Produtos Descartados}}{\text{Quantidade Produzida}}$
	Produtos descartados	

As 6 maiores perdas podem ser entendidas da seguinte maneira:

- Parada de máquina: Qualquer parada maior que 10 minutos e quebras;
- Setup e ajustes: Tempo necessário para realizar as atividades de troca de produto;
- Ociosidade e pequenas paradas: Tempo de máquina parada por falta de produto e qualquer parada menor que 10 minutos, respectivamente;
- Redução de velocidade: Tempo em que a linha roda com uma velocidade menor que a definida;
- Produtos defeituosos: Produtos que por algum motivo não servem para o consumidor e devem ser reprocessados;
- Produtos descartados: Produtos que por algum motivo não servem para o consumidor e devem ser descartados.

Os 3 índices são percentuais, então, para se obter o OEE fazemos:

$$OEE = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

Os resultados serão recolhidos junto a indústria através do seu sistema de reporte de eficiência, onde o cálculo do OEE é realizado de forma automática através do sistema que recebe os dados de produção gerados pela linha que serão todos convertidos para valores em hora, permitindo assim uma informação extremamente condizente com a realidade.

Para gerar os dados da linha, fica definidas 2 pessoas por turno como responsáveis por inserir os dados de volume produzido, número de produtos defeituosos, ocorrência de todas as paradas (pequenas paradas, quebras e perdas operacionais), velocidade a qual a linha estava rodando, número de pessoas faltantes, se houve acidente e perdas de cada equipamento (reprocesso e varredura).

3.2 Ferramentas aplicadas

Para implementar a metodologia do TPM, cada pilar coloca em prática uma série de ferramentas que irão garantir que suas perdas sejam combatidas de maneira eficiente. Logo, é necessário discorrer sobre as principais ferramentas estabelecidas na linha de produção “A” durante os passos de MA.

O fluxograma abaixo permite entender quando cada ferramenta será introduzida na linha de produção:

Figura 3: Fluxograma das ferramentas nos passos de MA.



Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

3.2.1 Quase Acidente

A ferramenta do quase acidente se origina do trabalho realizado pelo pilar de SSMA no passo 1 de MA, onde seu principal objetivo é garantir que todas as condições inseguras da linha de produção sejam combatidas para que não ocorram acidentes. Seu funcionamento é simples, por exemplo, se uma pessoa tropeça em uma caixa e quase cai ela sofreu um quase acidente, pois o acidente se caracteriza apenas quando ela realmente cai e para evitar que isso venha a acontecer é realizada uma investigação.

Na implementação da ferramenta, deve-se definir um modelo de formulário com informações chave, tais como: Pessoas envolvidas, tipo de quase acidente, se foi aberto uma etiqueta, quem será o líder da investigação e o prazo de encerramento. Durante a investigação são envolvidas pessoas do time de SSMA, a vítima do quase acidente e o supervisor da área de maneira que a causa raiz do problema seja identificada. Os operadores devem ter como objetivo abrir pelo menos um formulário por mês.

No gerenciamento do processo, as categorias para classificar os quase acidentes (Por exemplo: Escorregão, tropeço, pressionamento de partes corpóreas, etc.) são um fator chave, pois permite que se enxergue e conseqüentemente ataque os tipos mais recorrentes na planta, além disso é sempre necessária uma renovação do formulário de modo que as categorias ainda sejam pertinentes. As análises devem ser mensais de modo a acompanhar a evolução de cada categoria e também monitorar o número de análises pendentes visando sempre ter 100% de cumprimento.

3.2.2 Matriz de Habilidade

A matriz de habilidade é uma ferramenta do pilar ET implementada no passo 1 de MA e seu propósito é garantir o mapeamento de todos os conhecimentos que um operador de determinada parte da linha deve possuir para executar sua função com excelência. Logo, ela permite identificar os *gaps* de conhecimento existentes para que sejam eliminados e não haja impactos na performance da linha.

Na construção da matriz, deve-se primeiro mapear todas as habilidades necessárias para cada equipamento entrevistando um técnico e um operador que atuem em cada máquina. Após o levantamento, se constrói uma matriz onde as colunas são as habilidades necessárias e as linhas os operadores, permitindo uma visão matricial. Para o preenchimento deve-se conduzir entrevistas, onde o supervisor irá questionar seus operadores a respeito das habilidades que se encaixam na sua função dentro da linha e irá determinar uma classificação, essa classificação do conhecimento do operador para cada habilidade é definida seguindo-se a teoria dos 4 níveis como explicado no item 2.2.7, onde aqueles que possuem o nível 4 são identificados como pessoas chaves na replicação do conhecimento para eliminação dos *gaps*.

Deve-se acompanhar mensalmente a evolução do nível de conhecimento da linha, através de treinamentos voltados especificamente para os principais '*gaps*' existentes. O objetivo é sempre atingir um nível de capacitação acima de 80%, ou seja, pelo menos 80% de todos os operadores em suas respectivas habilidades possuírem um nível 4. É importante que a cada mudança de passo a matriz seja revisada, pois novas habilidades serão inseridas, visto que novas ferramentas são introduzidas necessitando o mapeamento dessas habilidades.

3.2.3 Gestão de Anomalias (Etiquetas)

O pilar MP para gerenciar as anomalias existentes nas máquinas desde itens desnecessários, fontes de sujeira, falta de condição básica, locais de difícil acesso, defeitos menores, etc. Utiliza um sistema de etiquetas que permite sinalizar e planejar a erradicação das falhas presentes no equipamento baseado em conceitos determinados pelo time de prioridade com nível 1, 2 e 3 de urgência, ou seja, deve constar na etiqueta o tipo de problema, a descrição do mesmo, a priorização, o responsável para a resolução e prazo para resolução.

Existem 3 tipos de etiquetas, a primeira é a que sinaliza uma falha na qual o operador do equipamento é capaz de resolver, a segunda etiqueta sinaliza que somente o time técnico consegue sanar o problema e, por fim, a terceira etiqueta indica que, independentemente de quem irá resolver o problema, este apresenta um risco de segurança para os funcionários. Deve-se acompanhar semanalmente a resolução e o número de etiquetas pendentes de cada tipo, onde a meta de resolução para a 1ª a 2ª em torno de 85% e a 3ª de 100% por representar risco de segurança.

A meta de proporção entre a 1ª e a 2ª etiqueta irá variar de acordo com o passo seguindo uma curva de evolução, pois isso permite enxergar o quão o time operacional é capaz de resolver os problemas de seus equipamentos, já que quanto mais etiquetas do primeiro tipo e menos do segundo, mais o time é dono de seu equipamento, ou seja, autônomo. A resolução de anomalias é o principal foco do passo 1, portanto esse processo é vital para o sucesso desta etapa e aumento da disponibilidade dos equipamentos.

3.2.4 Árvore de Perdas

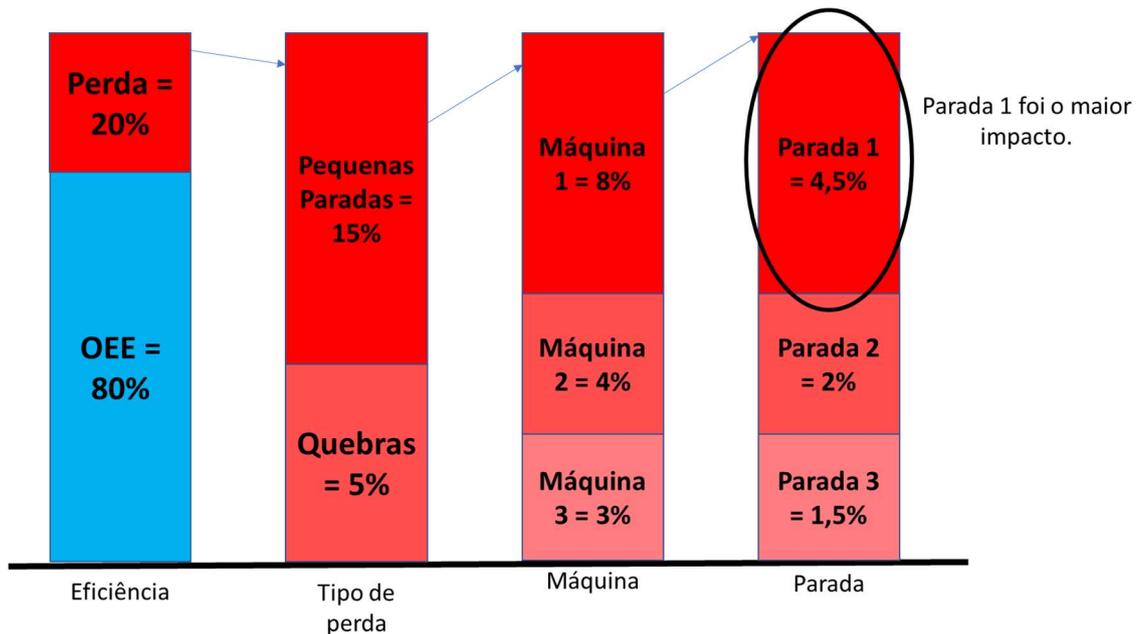
Essa ferramenta é parte fundamental do funcionamento do pilar MF e por isso é introduzida no passo 1 de MA, pois a mesma permite entender a fundo onde estão as maiores perdas da linha de produção. Sua estratificação pode ir desde perdas em geral até o maior tipo de falha que ocorre na linha para que os maiores impactos possam ser tratados. Ela pode ser aplicada para eficiência, mão-de-obra, materiais, energia, quebras, etc. Com uma boa árvore de perdas se tem um entendimento a fundo das perdas permitindo focar nos maiores impactos.

A construção da ferramenta é feita levando em consideração o apontamento (este apontamento irá conter o número de ocorrências de cada parada e a duração total da soma das

paradas) das paradas de cada máquina realizado pelo time operacional, seu acompanhamento deve ser diário, para que sempre no dia seguinte se possa entender o que mais impactou na performance da linha no dia anterior e se reaja rapidamente permitindo uma recuperação rápida da performance.

Os níveis da árvore variam, podendo ter vários modelos diferentes, o modelo abaixo na figura 4 segue a ordem de eficiência, tipo de perda, máquina e parada.

Figura 4: Exemplo de árvore de perda



Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

3.2.5 Mapeamento de Processo

O mapeamento de processo é implementado pelo pilar de QM no passo 2 de MA com a intenção de se conhecer todos os *inputs* e *outputs* de todas as transformações que ocorrem nos equipamentos da linha, mapeando também todos os parâmetros relacionados a esses elementos. Além disso, é colocada a informação quais os defeitos que aquele parâmetro pode causar caso esteja fora do especificado, isso permite ter um rápido entendimento do que está fora do padrão em um processo produtivo ao se identificar algum tipo de defeito sendo gerado. Logo, têm-se correções rápidas, aumentando a qualidade do produto produzido e a confiabilidade do processo como um todo.

Para a construção do mapeamento de processo é necessário junto ao técnico e operador do equipamento entender todo seu funcionamento a fundo, para então começar a registrar todos os *inputs* e *outputs* do processo e quais são os pontos ótimos de cada parâmetro relacionados a esses elementos. Sempre que houver alguma mudança no processo é necessário realizar a revisão do mapeamento para que ele permaneça efetivo, além disso deve-se disponibilizar em cada equipamento seu mapeamento para que o operador consulte rapidamente em caso de necessidade e também estude tudo que ocorre em sua máquina.

3.2.6 Análise de Causa Raiz

Este processo conduzido pelo pilar MF é introduzido no passo 2, pois busca entender e erradicar as maiores perdas identificadas nas árvores de perdas das linhas que não possuem uma causa clara, para isso utiliza ferramentas da qualidade como o diagrama de Ishikawa, os 5 porquês, o 5W1H, etc. É importante que durante a análise sejam envolvidos o operador do equipamento, o técnico da área e o supervisor da linha junto ao time do pilar para que toda a expertise adquirida no dia-dia seja aproveitada.

Este processo deve ser utilizado em caráter semanal e mensal, ou seja, ele é alimentado pelas árvores de perda semanais e mensais, onde ao se identificar os problemas que necessitam de uma análise mais profunda o coloque em prática definindo o líder de análise e time junto a um prazo para a finalização do trabalho. Deve-se sempre acompanhar o percentual de conclusão e o número de análises atrasadas.

O grande objetivo é que a medida que a linha avance nos passos de MA (por volta do passo 5) todas as análises sejam lideradas e conduzidas pelo time operacional, pois ninguém conhece tão bem seu equipamento e processo como eles. No passo 2, este processo é de extrema importância, pois o principal foco do passo 2 é a erradicação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso e em sua grande maioria para se encontrar a causa desses problemas é necessária uma análise mais aprofundada.

3.2.7 Caderno de Limpeza, Inspeção e Lubrificação

O caderno de LIL é trazido pelo pilar MA para garantir que todas as 3 atividades ocorram na periodicidade correta e seguindo o procedimento padrão estabelecido. Nele se encontra quais os EPI's necessários, ferramentas necessárias, tempo estimado que o

procedimento leva, tempo real gasto, identificação da instrução operacional referente ao local em questão, foto do local, sua periodicidade, etc. Todas essas informações visam garantir agilidade ao realizar a tarefa para que cada vez mais o time operacional passe menos tempo fazendo-as para que possam estar participando e/ou liderando atividades de melhoria.

O acompanhamento do tempo gasto deve ser semanal e mensal e será feito através do caderno onde está o tempo gasto em cada atividade, logo se pode ter uma visão onde se gasta mais tempo limpando/inspecionando/lubrificando para que os esforços em melhorias e automatizações sejam efetivos. Já que a redução desse tempo é vital para a progressão dos passos de MA, onde cada vez mais os operadores vão assumindo mais responsabilidades e para isso seu tempo nessas atividades deve diminuir.

Sua implementação e metas se dá de forma faseada, de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 2: Faseamento de implementação e metas do Caderno LIL.

Tipo de caderno	Passo de Implementação	Meta Passo 2	Meta Passo 3	Meta Passo 4
Limpeza	Passo 2	80%	90%	90%
Inspeção	Passo 3	-	80%	90%
Lubrificação	Passo 4	-	-	80%

Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

3.2.8 Caderno de Parâmetros

O caderno de parâmetros tem sua construção feita pelo time de MA no passo 3 junto ao time operacional utilizando como base o mapeamento do processo desenvolvido no passo 2, para que todas as variáveis do processo estejam nele e se definam os *ranges* aceitáveis de funcionamento. De modo a garantir que todas variáveis estejam trabalhando na faixa de valores apropriadas serão realizadas inspeções periódicas pelo time operacional e, para que não haja dúvidas da realização, é necessário a utilização de um caderno para registro e comprovação.

Na construção do caderno deve haver as seguintes informações: tempo estimado do procedimento, foto do local, periodicidade, qual a ação adotada se o valor estiver fora, quais os EPI's necessários para a atividade e o espaço para sinalizar o cumprimento da atividade e se foi encontrado anomalias. Por fim, se deve acompanhar semanalmente o valor de cumprimento das inspeções e dos parâmetros dentro do padrão, ambos buscando a meta de 100%.

Além do caderno, também são utilizados adesivos de controle visual para que as verificações sejam ainda mais rápidas e a prova de erros. Por exemplo, se a temperatura de um tanque estiver dentro ou fora do esperado será dada pelo termômetro que possuirá um adesivo verde no espaço de valores aceitáveis e vermelho nos inaceitáveis como mostrado na figura 5.

Figura 5: Exemplo de controle visual



Fonte: (registros do autor).

3.2.9 Informação MP

Essa ferramenta trazida pelo pilar GA no passo 4 de MA, busca garantir que todas as melhorias feitas pelo time nos equipamentos e que representa uma alteração do formato/funcionamento inicial da máquina sejam registradas e que no futuro ao comprar novos equipamentos os mesmos já venham com essas modificações. Isto ocorre, pois, cada processo tem seus problemas próprios e por mais que se tente fazer a máquina especificamente para aquele processo não se conseguirá evitar os problemas.

Para seu funcionamento é recomendado que inicialmente se faça um mutirão das melhorias já implementadas e se faça o filtro daquelas que modificarão o equipamento para depois se acompanhar bimestralmente as novas que forem surgindo. As melhorias

selecionadas devem ser registradas em um formulário que irá conter a situação anterior e a nova existente, qual o ganho financeiro e intangível (redução de paradas, aumento de segurança, redução de risco de qualidade, etc.), quem foi o responsável pela criação e o implementador da melhoria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os períodos de análise definidos, deu-se prosseguimento ao cálculo de OEE fazendo o levantamento das horas de produção da linha nos períodos.

Tabela 3: Horas de produção da linha “A”.

Passo de MA	Horas de Produção (h)
Antes da Implementação	5344
Passo 1	4952,4
Passo 2	4793
Passo 3	5119,8
Passo 4	4221,7
Total	24430,9

Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

Em seguida, partiu-se para o cálculo da disponibilidade (μ_1) da linha, onde foi necessário o levantamento das perdas ‘Parada de Máquina’ e ‘Setup e Ajustes’:

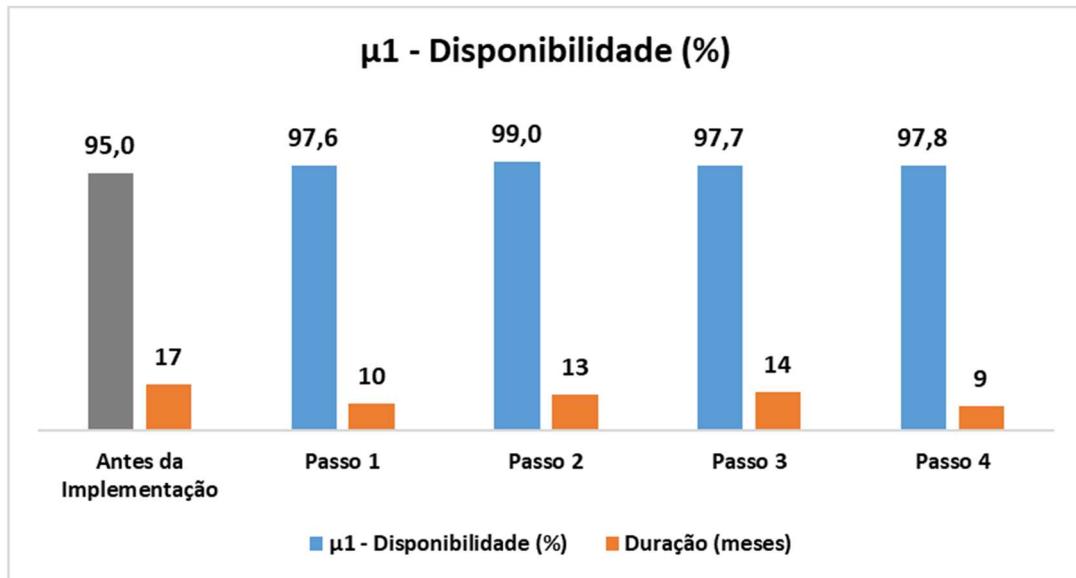
Tabela 4: Perdas em horas relacionadas a disponibilidade (μ_1) da linha “A”.

Passo de MA	Parada de Máquina (h)	Setup e Ajustes (h)
Antes da Implementação	242,6	24,9
Passo 1	112,9	7,1
Passo 2	47,5	0,4
Passo 3	113	3
Passo 4	90	2

Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

Percebe-se no passo 2 uma redução grande nas perdas devido ao foco principal do passo 1 que é a resolução de anomalias dos equipamentos utilizando as etiquetas e o aumento do conhecimento operacional através da matriz de habilidade, levando ao aumento da disponibilidade dos equipamentos. Porém, observa-se que com a mudança de passo e consequentemente de foco tivemos uma pequena reincidência dos problemas sanados nos demais passos já que proporcionalmente ao tempo de linha rodando ainda houve redução da indisponibilidade dos equipamentos. Então, se faz o cálculo de μ_1 apresentado na figura 6:

Figura 6: Histograma dos valores de disponibilidade (μ_1) e da duração em meses da linha “A”.



Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

Percebe-se o ótimo resultado no passo 2 de 99%, devido, como dito anteriormente, ao foco dado a resolução de anomalias do passo 1 com a implementação do processo de etiquetas juntamente com a matriz de habilidade levando a resolução de várias anomalias.

Continua-se agora com o cálculo da eficiência de performance (μ_2), onde foi necessário o levantamento das perdas ‘Ociosidade e Pequenas Paradas’ e Redução de Velocidade’:

Tabela 5: Perdas em horas relacionadas a eficiência de performance (μ_2) da linha “A”.

Passo de MA	Ociosidade e Pequenas Paradas (h)	Redução de Velocidade (h)
Antes da Implementação	384,1	964
Passo 1	102,5	489,9
Passo 2	78,2	129,2
Passo 3	87	54,3
Passo 4	75,8	37,2

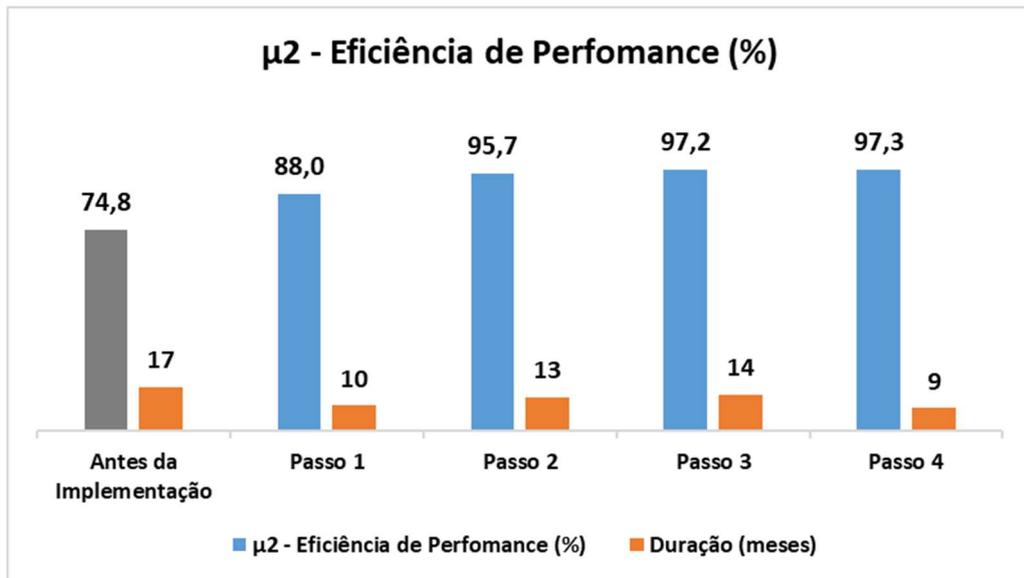
Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

O cálculo da redução de velocidade é feito levando em consideração a velocidade que a linha rodou e a que ela deveria estar rodando (nominal), então ao saber essa diferença se consegue saber quantas horas de produção se deixou de ter pela redução da velocidade da linha.

Pode-se perceber que, ao longo dos passos 1 a 4, as perdas caem progressivamente, pois inicialmente devido as anomalias do equipamento e por eles não possuírem melhorias

(informações MP), mapeamento de parâmetros, caderno de limpeza, ou seja, por existirem muitas oportunidades em relação à máquina e processo ao equipamento, não se consegue operar da maneira esperada fazendo-se com que haja muitas paradas e que se opere abaixo da sua velocidade nominal. É possível observar o resultado da aplicação de μ_2 na Figura 7:

Figura 7: Histograma dos valores de eficiência de performance (μ_2) e da duração em meses da linha “A”.



Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

Consegue-se perceber que o valor de μ_2 cresceu progressivamente e a partir do passo 3 ele atingiu uma certa estabilidade, visto que após a implementação de todas as ferramentas citadas, anteriormente, o equipamento passou a ter uma confiabilidade operacional muito acima e agora possui cada vez menos paradas e velocidade reduzida.

Por fim, foi realizado o cálculo do índice de qualidade (μ_3), onde foi necessário realizar o levantamento do volume produzido e de todas as unidades defeituosas, ou, seja aquela que foi reprocessada ou descartada:

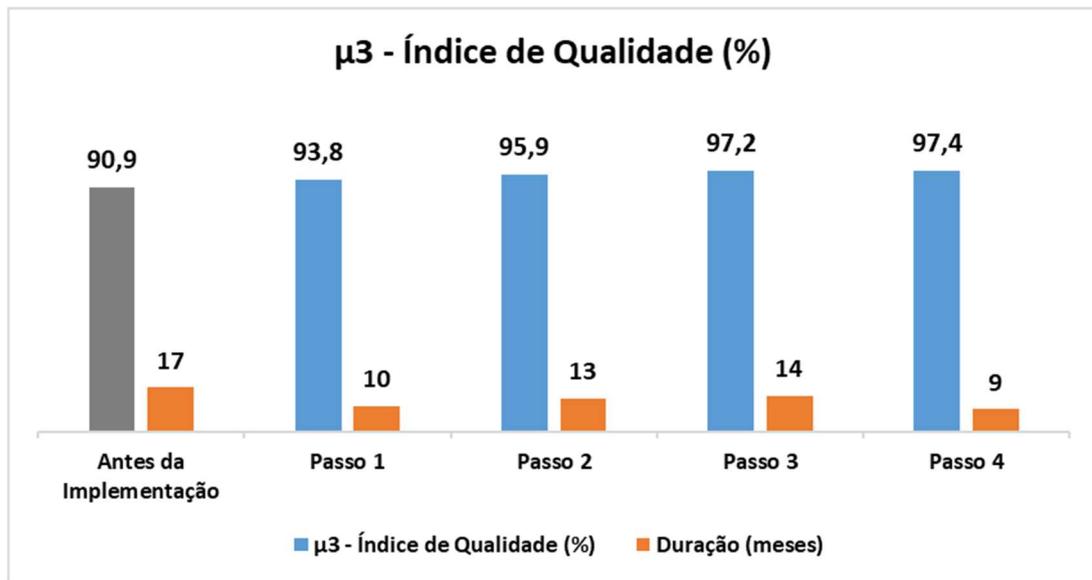
Tabela 6: Volume produzido e defeituoso em toneladas da linha “A”.

Passo de MA	Volume Produzido (t)	Volume Defeituoso (t)	% de Defeitos
Antes da Implementação	7526	687	9,13%
Passo 1	9023	559	6,19%
Passo 2	10123	415	4,10%
Passo 3	11329	322	2,84%
Passo 4	9510	251	2,64%

Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

Pode-se concluir um aumento do volume produzido e ao mesmo tempo uma redução considerável da quantidade de produtos defeituosos, devido novamente as ferramentas (Mapeamento de processo, análise de causa raiz, caderno de parâmetros e matriz de habilidade) implementadas ao longo dos passos que permitem o entendimento da origem dos defeitos e a erradicação dos mesmos.

Figura 8: Histograma dos valores do índice de qualidade (μ_3) e da duração em meses da linha “A”.



Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

No passo 2, temos a implementação da ferramenta mapeamento de processo que traz um grande diferencial para o índice de qualidade da linha, pois garante uma rápida reação a qualquer alteração no produto que deveria estar sendo produzido de maneira correta pela identificação de todos os *inputs* envolvidos no processo. Isso leva o índice a atingir um valor praticamente estável no passo 3 e 4 estando limitado por volta dos 97%, onde ele se encontra limitado pelas perdas tecnológicas do equipamento que serão tratadas por volta do passo 6.

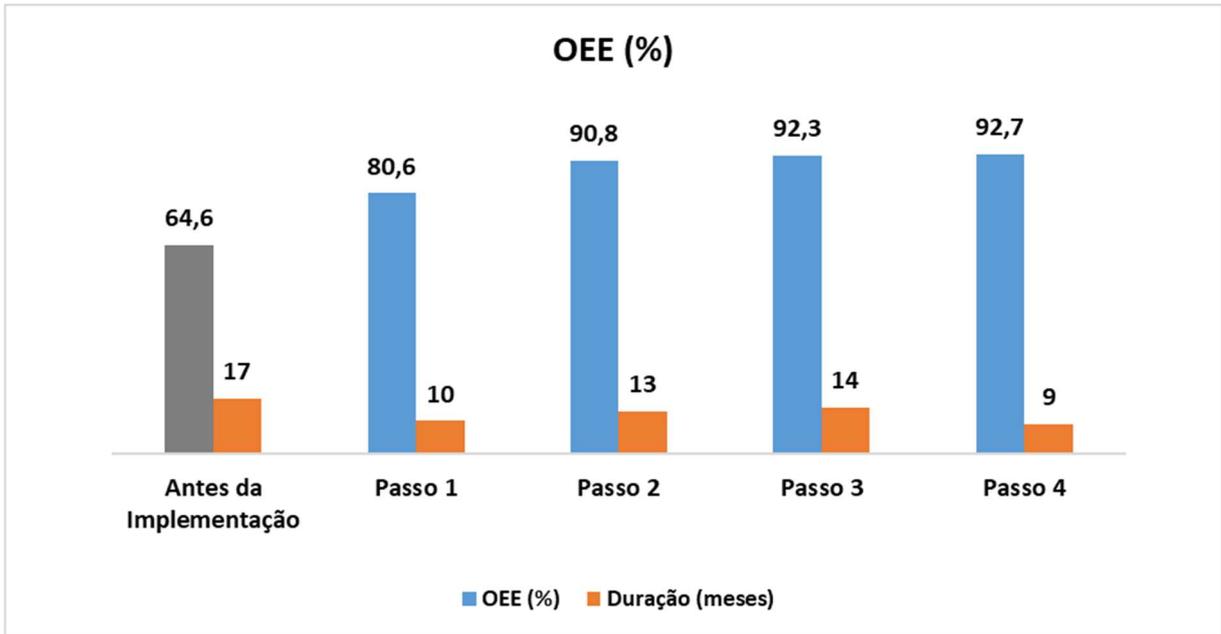
Agora que se possui os 3 parâmetros necessários para o cálculo do OEE, utilizamos a tabela abaixo para obter os valores na figura 9:

Tabela 7: Valores percentuais dos 3 índices.

Passo de MA	μ_1 - Disponibilidade (%)	μ_2 - Eficiência de Performance (%)	μ_3 - Índice de Qualidade (%)
Sem metodologia	95,0%	74,8%	90,9%
Passo 1	97,6%	88,0%	93,8%
Passo 2	99,0%	95,7%	95,9%
Passo 3	97,7%	97,2%	97,2%
Passo 4	97,8%	97,3%	97,4%

Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

Figura 9: Histograma dos valores de OEE e da duração em meses da linha “A”.



Fonte: (Desenvolvido pelo autor).

Vemos, portanto, uma melhora significativa na eficiência da linha ao entrar na metodologia já que em 10 meses (duração do passo 1) ela aumentou 16%, mostrando o impacto que o TPM trouxe para a mesma. Nos demais 36 meses ou 3 anos, o crescimento foi de 12,1%, ou seja, em média de 4% ao ano reafirmando mais uma vez o diferencial que a metodologia trouxe.

Considerando o aumento ao longo dos 4 passos, que duraram em torno de 46 meses, ou seja, aproximadamente 4 anos, foi de 28,1% gerando um enorme ganho atingindo um pico de 92,7% no período de 26/07/2018 a 27/04/2019. Também vemos a redução nas perdas da linha de mesma proporção, visto que esse acréscimo no OEE são perdas que deixaram de existir.

5 CONCLUSÃO

Ao fim deste trabalho foi possível compreender como todos os pilares Manutenção Autônoma (MA), Manutenção Planejada (MP), Manutenção Focada (MF), Manutenção da Qualidade (MQ), Educação e Treinamento (ET), Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA), TPM Administrativo (Organização) e Gestão Antecipada ou Inicial (GA) tem um papel extremamente importante a desempenhar dentro da indústria e como suas atividades se complementam para que os resultados esperados sejam alcançados. Por exemplo, conseguimos perceber como o pilar ET é fundamental para o avanço da metodologia de MA, pois é ele que permite toda a transferência de atividades do time técnico para o operacional, além, claro, da participação do pilar MF para direcionar as atividades de melhoria nos lugares de maior perda, etc.

Como mostrado o alto grau de crescimento do OEE se deu graças a implementação da metodologia na linha visto que em seu primeiro ano foi gerado um crescimento de 16% e ao total de 4 anos um crescimento de 28,1%. Este fato demonstra que para as indústrias do ramo alimentício o TPM se mostra atraente visto que sua origem se deu nas indústrias automotivas e o mesmo foi readaptado para elas. Além disso, é necessário extrema disciplina e rigidez para que todas as ferramentas sejam aplicadas da maneira correta.

Percebe-se que com a implementação das diversas ferramentas citadas neste trabalho o conhecimento e conseqüentemente o valor agregado das atividades realizadas pelo time operacional cresceu consideravelmente permitindo que os problemas existentes sejam tratados por eles, já que possuem um maior conhecimento em relação aos seus equipamentos. Isto faz com que o 'senso de dono' cresça exponencialmente nos mesmos, visto que cada vez mais terão um maior tempo livre para solucionar seus problemas, além de promover uma mudança de sua rotina pela melhoria no funcionamento do seu equipamento. Ainda assim ainda faltam 3 passos para a linha avançar dentro da metodologia de manutenção autônoma podendo evoluir ainda mais.

Uma sugestão de trabalho futuro nesta linha de estudo seria adentrar a fundo nas atividades de um determinado pilar, buscando entender melhor suas fronteiras, como todas suas ferramentas serão gerenciadas e quando serão implementadas em seus respectivos passos. Além de explicar o seu principal link com cada um dos demais pilares.

REFERÊNCIAS

- AZIZI, A. Evaluation Improvement of Production Productivity Performance using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance. **Procedia Manufacturing**, v. 2, p. 186-190, 2015.
- CARRIJO, J. R. S.; LIMA, C. R. C. A implementação do TPM – Total Productive Maintenance nas empresas brasileiras: uma busca pela competitividade. **XII SIMPEP**, Bauru, 6-8 Novembro, 2006.
- HUGO PINTO, C. P. Implications of Total Productive Maintenance in Psychological Sense of Ownership. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 217, p. 1076 – 1082, 2016.
- J. L. PIERCE, T. K. The state of psychological ownership: Integration and extending a century of research. **Review of General Psychology**, v. 7, p. 84-107, 2003.
- KIGSIRISIN, S.; PUSSAWIRO, S.; NOOHAWM, O. Approach for Total Productive Maintenance Evaluation in Water Productivity: A Case Study at Mahasawat Water Treatment Plant. **Procedia Engineering**, v. 154, p. 260-267, 2016.
- MOBLEY, R. K. **An Introduction to Predictive Maintenance**. [S.l.]: [s.n.], 1990.
- NAKAJIMA, S. **TPM: Development Program. Implementing total productive maintenance**. [S.l.]: [s.n.], 1989.
- NIAZI, A. A. **Total Productive Maintenance for Organisational Effectiveness**. [S.l.]: Notion Press, 2014.
- P. GUARIANTE, I. A. L. P. F. T. P. F. J. G. S. Implementing Autonomous Maintenance in an Automotive Components Manufacturer. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1128-1134, 2017.
- RANTESHWAR SINGH, A. M. G. D. B. S. S. D. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine shop: A case of Study. **Procedia Engineering**, v. 51, p. 592-599, 2013.
- SHEN, C. C. Discussion on Key success factors of TPM in enterprises. **Journal of Applied Research and Technology**, v. 13, p. 425-427, 2015.
- SILVA, J. P. A. R. D. 5S - O pilar básico do TPM. **Lean em Portugal**, 2015. Disponível em: <<http://leanemportugal.blogspot.com/>>. Acesso em: Junho 2018.
- SUZUKI, T. **TPM em indústrias de processo**. [S.l.]: [s.n.], 1992.

VERES, C. et al. Case study concerning 5S method impact in an automotive company.
Procedia Manufacturing **22**, 2017. 900-905.