

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

CAROLINE PEREIRA GRECCO

IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM
UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA
TABAGISTA

Ituiutaba-MG

2021

Caroline Pereira Grecco

**IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM
UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA
TABAGISTA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social (FACES) da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando
Magnanini de Almeida

ITUIUTABA-MG

2021

Caroline Pereira Grecco

IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA TABAGISTA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social (FACES) da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Ituiutaba, 04 de junho de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini de Almeida

Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social

Prof. Dra. Déborah Oliveira Almeida Carvalho

Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo

Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social

DEDICATÓRIA

A minha família e as minhas amigas e amigos,
que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

À minha família que sempre esteve comigo, me apoiando e trazendo amor. Em especial à minha mãe pela amizade e confiança. Aos meus irmãos, Juninho e João Henrique e ao meu sobrinho Raul.

Ao Beni, meu cachorro, que me traz alegria e companheirismo.

Aos meus amigos, estes que me trouxeram momentos de diversão, parceria e apoio ao longo da graduação. Especialmente minha amiga Maria Laura pelos churrascos às quintas-feiras.

Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. Luís Fernando Magnanini de Almeida, por me guiar neste trabalho e fornecer as devidas correções.

Por último e não menos importante, agradeço a banca examinadora por disponibilizar tempo e atenção para avaliar e propor sugestões a este estudo.

RESUMO

A constante busca por um incremento na eficiência dos equipamentos e consequentemente da produtividade é uma realidade de muitas indústrias. Para tal, a filosofia *Total Productive Maintenance* (TPM) se tornou importante, pois além da entrega dos resultados auxilia na sua sustentabilidade. Fundamentada em oito pilares o TPM visa englobar todos os setores de uma organização, tem foco em desenvolvimento dos colaboradores e criação de uma nova cultura. O presente trabalho realizado em uma indústria do ramo alimentício, foi focado no aumento no tempo médio entre as falhas (MTBF) dentro do contexto da Manutenção Autônoma sendo este um dos pilares do TPM, utilizando ferramentas como: Etiquetas de defeitos (para garantir as condições básicas do equipamento) *Clean Inspection and Lubrification* (que visa a limpeza e lubrificação) e por último o *Centerline*, que são ajustes ótimos do equipamento que irão garantir que este performe sempre de maneira linear. Para a aplicação da metodologia foi realizada uma imersão com o time de linha visando treinar a equipe e cultivar uma nova cultura de “Sentimento de dono”, garantindo a sustentabilidade dos processos por meio de pessoas. Ao final do projeto, concluiu-se que a metodologia atingiu seus objetivos gerando resultados efetivos, superando a metas previamente definidas de 30 minutos de MTBF.

Palavras-chave: *Manutenção Autônoma (MA), TPM, Centerline, CIL, Defeitos.*

ABSTRACT

The constant search for increased equipment efficiency and consequently productivity is a reality of many industries. To this end, the Total Productive Maintenance (TPM) philosophy has become important in the pursuit of this goal, because in addition to the delivery of results it helps in its sustainability. Based on eight pillars, the TPM aims to encompass all areas of an organization, focuses on employee development and creation of a new culture. For the present work was implemented in a food industry one of the pillars of the TPM, the Autonomous Maintenance, using within this: Labels of defects, to ensure the basic conditions of the equipment, Clean Inspection and Lubrication (CIL) that aims at cleaning and lubrication and finally centerline that are optimal adjustments of the equipment that will ensure its maximum performance. As a result, it is concluded that the methodology effectively and consistently achieved its objectives, showing an increase in the meantime between failures (MTBF) output measure chosen to monitor the project.

Keywords: *Autonomous Maintenance (AM), TPM, Centerline, CIL, Defects.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Templo TPM

Figura 2 – Passos da Manutenção Autônoma

Figura 3 – Exemplo de WPA

Figura 4 – Exemplo de “5 Porquês”

Figura 5 – Ciclo da pesquisa-ação

Figura 6 – Organograma da empresa estudada

Figura 7 – Etiqueta de defeito

Figura 8 – Exemplo de manual de atividades

Figura 9 – Exemplos de Centerline

Quadro 1 – Fases implementação TPM

Quadro 2 – Exemplo de MTM

Quadro 3 – Exemplo de Checklist de CIL

Quadro 4– Exemplos de Checklist de Centerline

Gráfico 1 – Média semanal da parada 1

Gráfico 2 – Média semanal da parada 2

Gráfico 3 – Média semanal da parada 3

Gráfico 4 – Média semanal das outras paradas

Gráfico 5 – Comparação semanas MTBF x PARADAS

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	5
AGRADECIMENTOS.....	6
RESUMO	7
ABSTRACT	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
SUMÁRIO	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. Os três tipos de manutenção clássica	12
2.1.1. Manutenção corretiva	13
2.1.2. Manutenção preventiva	13
2.1.3. Manutenção preditiva	14
2.2. Indicadores da manutenção	15
2.2.1. Tempo de máquina rodando	16
2.2.2. Mean Time Between Failure (MTBF).....	16
2.2.3. Mean Time To Repair (MTTR).....	16
2.2.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)	17
2.3. Total Productive Maintenance (TPM).....	17
2.3.1. Pilares do TPM.....	19
2.4. Manutenção autônoma (AM)	21
2.4.1. Os sete passos da manutenção autônoma	21
2.5. Ferramentas de Análise de Causa Raiz	24
2.5.1. MTM (<i>Machine Transformation Matrix</i>).....	24
2.5.2. WPA (Work Point Analysis).....	25
2.5.3. “5 Porquês”	27
3. MÉTODO DE PESQUISA	28
3.1. Estudo de caso	30
3.1.1. Descrição da empresa.....	30
3.1.2. As principais atividades de rotina na Manutenção Autônoma.....	31
3.2. Gestão de defeitos	31
3.2.1. CIL – Limpeza Inspeção e Lubrificação (<i>Clean Inspection and Lubrication</i>) 32	
3.2.2. Ajuste padrão de máquina (<i>Centerline</i>).....	34
3.3. Implementação	35
4. RESULTADOS.....	36

4.1.	Análise das Principais paradas	36
4.2.	Análise das Outras Paradas	38
4.3.	Análise de Número de Paradas e MTBF	39
5.	CONCLUSÕES.....	40
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

Com a constante busca das empresas de diversos segmentos em melhorar seu desempenho, surge a necessidade da utilização de métodos e ferramentas que auxiliem nesse processo, com destaque para aquelas aliadas à melhoria nos processos gerenciais e que auxiliem em um aumento da produtividade.

O *Total Productive Maintenance* (TPM) originou-se no Japão em 1970, com o objetivo de obter maior eficiência da manutenção produtiva, por meio de um sistema compreensivo, baseado no respeito individual e na total participação dos colaboradores. (KARDEC e NASCIF, 2002).

Ainda segundo Kardec e Nascif (2002) a TPM visa o aumento da disponibilidade total da instalação, a qualidade do produto e a utilização de recursos, baseando-se no fato de que as causas das falhas e a má qualidade são correlacionados.

Por sua vez, a produtividade se torna um indicador essencial em meios de produção, pois a sua redução acarreta o não cumprimento de prazos com os clientes, redução das vendas e conseqüentemente redução dos lucros. Além da produtividade um indicador importante é a qualidade do produto, que neste contexto pode ser pautada em um produto dentro dos padrões legais e dentro das especificações técnicas propostas pela empresa, pois contribuiu para a fidelização e confiança do cliente. Sendo assim, produtividade e qualidade são indicadores que devem caminhar juntos.

Assim como o TPM, o PDCA (*Plan, Do, Check e Act*) criado por Walter Shewhart (MONTGOMERY, 2016) e aprimorado por William Edwards Deming, também se encaixa nesse contexto como uma ferramenta aliada no aumento da produtividade.

O ciclo PDCA é um método gerencial para a melhoria contínua e reflete, em suas quatro fases, o suporte da filosofia do melhoramento contínuo. Praticando-as de forma cíclica e ininterrupta, acaba-se por amparar a melhoria contínua e sistemática na organização, consolidando a padronização de práticas (MARSHALL *et al.*, 2010 p.94).

Partindo do ciclo PDCA pode-se afirmar que existem três estratégias elementares para à melhoria contínua: manutenção da performance atual, melhoramento incremental dos processos existentes e transformação ou modificação dos processos (BESSANT *et al.*, 2001).

Relacionada ao bom funcionamento do equipamento, a manutenção também tem importância significativa na produtividade. Uma manutenção mal executada, ou ainda, a ausência de manutenção, pode impactar diretamente na produtividade, seja por aumento

do tempo de produção, gerada pela redução de desempenho, ou ainda por uma parada efetiva (MARCORIN; LIMA, 2003)

Por fim, Belinelli, Pilatti e Frasson (2009) afirmam que a TPM requer que os funcionários da empresa compreendam o conceito de equipe, pois a obtenção dos resultados, tais como aumento de volume produzido, redução de paradas, falhas e quebras, é possível apenas através de um resultado sistêmico em equipe e não em resultados individuais.

Sendo assim, as empresas têm buscado realizar a melhoria contínua dos processos e a sua gestão integrada, buscando, dentre outros, a redução de quebras, diminuição do número de paradas e redução de desperdício. Por meio dessas iniciativas pretende-se aumentar a eficiência dos equipamentos levando uma maior produtividade, sendo uma boa manutenção um dos pilares para assegurar esses resultados.

O objetivo deste trabalho é utilizar de estratégias de melhoria contínua para o aumentar a produtividade de uma fábrica do gênero alimentício, por meio da redução do número de paradas de máquinas de produção contínua. Tendo como indicador de referência o aumento do Tempo Médio entre as Falhas ou *Mean time between failures* (MTBF), que por consequência reflete diretamente no aumento da eficiência do equipamento OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), aumentando assim a produtividade.

A meta proposta foi a entrega de 30 de MTBF, pois era um desejo da companhia atingir esse valor para se enquadrar entre as melhores fábricas do grupo em que está inserida.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Uma boa manutenção do equipamento aliada a metodologias de controle gerenciais são fundamentais para o alcance de um sistema de melhoria contínua integrado, que consequentemente acarreta o ganho de produtividade desejado pelas empresas. Nos tópicos seguintes serão abordados os três tipos de manutenção clássica.

2.1. Os três tipos de manutenção clássica

O significado de manutenção, de acordo com Gusmão (2003) é o conjunto de atividades guiadas para garantir, ao menor custo possível, a máxima disponibilidade do equipamento para a produção, na sua máxima capacidade, precavendo a ocorrência de falhas, e identificando e sanando as causas do desempenho deficiente dos equipamentos.

Sendo assim, a manutenção garante que o equipamento continue mantendo sua funcionalidade, visando a substituição periódica de seus componentes. Em uma produção real,

o equipamento pode apresentar vários tipos de falha que devem ser prontamente corrigidos. Entretanto, uma manutenção adequada busca evitar a ocorrência dessas falhas, utilizando cada vez mais a lógica preventiva do que a corretiva.

2.1.1. Manutenção corretiva

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) a manutenção corretiva é definida como, manutenção efetuada após ocorrência de uma quebra ou falha repentina, destinada a colocar um item em condição de executar uma função requerida.

Para Viana (2002) manutenção corretiva é a intervenção imediata, necessária para impedir graves consequências aos instrumentos e equipamentos de produção e a segurança do operador ou ao meio ambiente.

Segundo Pinto e Xavier (2001, citado por ALVES, 2009), a Manutenção Corretiva é a atuação para reparação de falhas ou do desempenho menor que o esperado. Ou seja, a manutenção corretiva é aquela utilizada quando houver alguma falha que impossibilite utilização normal do equipamento de forma parcial ou total. Sendo assim, será sempre uma manutenção morosa. A falha ou perda de desempenho ocorrerá e, só então, acontecerá a atuação da equipe de manutenção.

Pode-se concluir então que a manutenção corretiva é o tipo de manutenção mais cara e ineficiente, pois os custos de reparo, o tempo de máquina parada (reduzindo produtividade) e os recursos não foram previamente estabelecidos e uma estratégia corretiva tem que ser criada para recuperar os resultados como, por exemplo, o emprego de horas extras para garantir o volume planejado.

É impossível eliminar a ocorrência de manutenção corretiva, pois não se pode prever e se antecipar a todas as falhas, mas é possível minimizá-las empregando os outros tipos de manutenção listados.

2.1.2. Manutenção preventiva

A Manutenção Preventiva são as atividades realizadas, previamente planejadas, em um equipamento, com o objetivo de eliminar ou mitigar as probabilidades de sua falha. Xenos (1998) alega que esta deve ser a principal atividade de manutenção de qualquer empresa, já que ela é a responsável por reduzir a ocorrência de falhas, aumentando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo as paradas inesperadas na produção.

Conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) Manutenção Preventiva é definida como a manutenção realizada em intervalos

preestabelecidos, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a diminuir a probabilidade de falhas ou a degradação.

Sendo assim, a principal diferença com a manutenção corretiva é que na preventiva a ação ocorre antes da falha. Essa ação se ocorre por meio de inspeções diárias nos equipamentos e buscam encontrar um possível potencial crítico, componente desgastado por exemplo, e repará-lo antes que a falha ocorra. Pode-se dar também por meio de manutenções mais robustas com uma periodicidade e durabilidade maior, como no caso das manutenções mensais.

Conforme Souza (2011), manutenção preventiva, é uma atividade que visa a prevenção da ocorrência de uma falha ou uma parada do equipamento por quebra, também apoia a manutenção corretiva através da aplicação de uma metodologia de trabalho periódico, ou ainda a responsável pela intervenção que poderá parar ou não a produção de uma maneira planejada e programada.

O tempo dessa manutenção é previamente estabelecido e, portanto, não impacta na produtividade, pois o tempo de máquina parada já havia sido considerado no planejamento.

2.1.3. Manutenção preditiva

A manutenção preditiva tem como objetivo definir os parâmetros a serem mensurados e determinar os limites a serem tolerados. Assim, com essas informações, ações são tomadas para anteceder possíveis falhas mais graves, minimizando o tempo de parada de um equipamento ou planta e diminuindo o custo do reparo. (BALDISSARELLI E FABRO, 2018).

Conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) Manutenção Preditiva é a manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço requerida, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem.

Entende-se que há um acompanhamento contínuo de alguma característica do equipamento em questão e que, os dados coletados deste monitoramento sejam a base para decidir a parada para manutenção (SLACK, 2009).

De acordo com Souza (2011) Manutenção preditiva é aquela que indica as condições verdadeiras de funcionamento das máquinas com base em dados que declaram seus desgastes ou processo de degradação. Ainda segundo Souza (2011) trata-se da manutenção que prognóstica o prazo de vida útil das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja proveitoso, daí o nome manutenção condicionada.

Como a manutenção preditiva se trata de um prognóstico, uma ferramenta muito utilizada na manutenção preditiva é a análise de vibração, com ela é possível prever futuras quebras e agir antes que ocorram. Outra ferramenta muito comum são as que detectam vazamentos de ar ou óleo nos equipamentos.

2.2. Indicadores da manutenção

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, a manutenção é a associação de todas as ações técnicas e administrativas, englobando as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual este possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462, 1994). Baseado nessa definição, têm-se alguns indicadores que servem como medida para entender se o equipamento está ou não dentro do esperado de desempenho.

Segundo Baldissarelli e Fabro (2018) Os indicadores de manutenção são empregados para definir qual estratégia deverá ser tomada e em qual área, assim como destaca onde o desempenho está satisfatório; são ferramentas de análise fundamentais para avaliação de desempenho e direcionamento das ações. Os indicadores permitem a definição de estratégias utilizadas para alcançar os objetivos da manutenção, uma vez definida a área de perda uma boa estratégia de manutenção pode ser planejada e executada garantindo a sustentabilidade da produção.

Um dos primeiros pontos para o desenvolvimento de qualquer estudo é que se deve escolher indicadores que expressem os objetivos empresariais. Isto significa que é necessário escolher o que dará o maior retorno de acordo com o objetivo esperado. Sendo assim, os indicadores devem ser claros e precisos, pois uma distorção de valores pode gerar uma estratégia incorreta e uma manutenção não efetiva.

Sendo assim, na manutenção, os indicadores de desempenho são utilizados de forma ser possível analisar e compreender o ritmo a que ocorrem as falhas, os tempos de reparação, a disponibilidade dos equipamentos, bem como o sucesso da política de manutenção da empresa.

Ainda citando Baldissarelli e Fabro (2018) Os indicadores da gestão da manutenção mais conhecidos são o *Mean Time Between Failure* (MTBF), o *Mean Time To Repair* (MTTR), a manutenibilidade e a disponibilidade do equipamento.

Uma manutenção efetiva e bem executada deve refletir positivamente alguns indicadores de produtividade, sendo os considerados nesse trabalho listados nas subseções 2.2.1 a 2.2.4.

2.2.1. Tempo de máquina rodando

Expressa efetivamente, em unidade de tempo, o quanto o equipamento esteve produzindo. É expresso pelo tempo total de máquina parada planejadamente, ou não, subtraído do tempo total disponível. Não é necessariamente um indicador, mas serve como composição para cálculo dos indicadores de OEE e MTBF.

$$Tempo\ de\ máquina\ rodando = Tempo\ total\ disponível - Tempo\ de\ máquina\ parada \quad (1)$$

Em uma fábrica que funcione em regime de atividade ininterrupto o tempo total disponível é de 24 horas ou 1440 minutos.

2.2.2. Mean Time Between Failure (MTBF)

Segundo Viana (2002, *apud* Cagliume; Pilatti e Kovaleski, 2007) a concepção de MTBF pode ser descrito da seguinte maneira: “É determinado como a divisão da soma das horas trabalhadas disponíveis do equipamento para a operação, pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período”. Na tradução “Tempo médio entre falhas” expressa o tempo médio em que o equipamento funcionou sem interrupção, é expresso em unidades de tempo segundo a equação 2:

$$MTBF = Tempo\ de\ máquina\ rodando \div Número\ de\ falhas \quad (2)$$

Em outras palavras é o tempo médio entre as paradas de um equipamento. Um MTBF de 40 minutos, por exemplo, significa que o tempo médio entre uma falha e outra foi de 40 minutos, logo o tempo médio de performance sem paradas do equipamento foi de 40 minutos. Sendo assim, quanto maior for o índice de MTBF melhor e mais estável está o equipamento.

2.2.3. Mean Time To Repair (MTTR)

Na tradução “Tempo médio para reparo” é o tempo médio necessário para reparar o equipamento de uma falha. É o tempo em que o equipamento ficou parado para reparo. Por exemplo, o MTTR = 2 minutos significa que em cada uma das paradas do equipamento foi necessário em média 2 minutos para que este voltasse a operar.

Quanto menor o MTTR mais eficiente a equipe se mostra em manutenção corretiva.

2.2.4. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

É a eficiência produtiva do equipamento pela sua capacidade total em porcentagem.

$$OEE = \frac{(PRODUTIVIDADE \times CAPACIDADE \times PRODUTIVIDADE)}{CAPACIDADE \times PRODUTIVIDADE} \times 100 \quad (3)$$

Um equipamento com capacidade produtiva de 1000 unidades, mas que produziu apenas 500 terá um OEE de 50%. Quanto maior o OEE do equipamento melhor sua capacidade produtiva. A capacidade produtiva por sua vez é expressa pelo tempo de máquina disponível (geralmente 24H ou 1440min) multiplicado pela velocidade nominal do equipamento. Um equipamento com velocidade nominal de 100 unidades por minuto teria sua capacidade produtiva de 144000 unidades.

O OEE tem sido largamente utilizado como um indicador para medição do desempenho global do(s) equipamento(s) na manufatura que, ao estruturar a análise das perdas de utilização de sua capacidade, auxilia na orientação dos esforços de melhoria contínua dos pequenos grupos (JONSSON; LESHAMMAR, 1999).

2.3. Total Productive Maintenance (TPM)

A manutenção produtiva total, designada abreviadamente por TPM, é o conjunto de atividades que mantêm o compromisso voltado para o resultado. Sua excelência está em alcançar a máxima eficiência do sistema de produção, potencializar o ciclo total de vida útil dos equipamentos aproveitando todos os recursos existentes visando perda zero. É o conceito mais moderno de manutenção segundo (YAMAGUCHI, 2005).

Kardec e Nascif (2002) declaram que a TPM objetiva a “eficácia da empresa por meio da maior qualificação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos”. Com o desenvolvimento de pessoas, aumenta-se a qualidade dos serviços realizados, possibilitando mudanças em equipamentos, melhorando o resultado global final.

Segundo Tahashi e Osada (1993) TPM é definida como: Uma manutenção preventiva mais ampla, fundamentada na aplicabilidade econômica vitalícia de equipamentos, matrizes e gabaritos que desempenham os papéis mais importantes na produção. Ainda definem o significado das siglas em que “T” se refere a total eficiência global e envolvimento de todos os departamentos; “P” a busca da produtividade e da eficiência máxima atingindo “zero acidente, zero defeitos e zero quebra/falha”, ou seja, e eliminação de todas as perdas; “M” de manutenção do sentido de garantir a vida útil do equipamento.

TPM é uma filosofia de melhoria contínua que cria um sentimento de “dono” nos operadores de cada máquina, tornando-os responsáveis pela manutenção dos equipamentos e operação. A implantação do TPM pode gerar benefícios consideráveis pelo aumento da produtividade dos equipamentos. Quanto maior for o grau de automação da fábrica, maior será a redução de custos provenientes da utilização do TPM (BERTAGLIA, 2006).

Ainda segundo Segundo Kardec e Nascif (2002) evolução da manutenção pode ser fragmentada em três fases:

- **Primeira Fase:** Antes da primeira guerra mundial, em um cenário industrial pouco mecanizado e com equipamentos simples. A prioridade se dava em volumes de produção e não em produtividade, nesse cenário a manutenção era predominantemente corretiva.

- **Segunda Fase:** Período pós segunda guerra à 1960. Com o aumento na busca por produtos começa a haver um aumento na complexidade industrial, surge então a manutenção preventiva cujo objetivo era realizar manutenções periódicas, fundamentada no histórico de funcionamento do equipamento ou conforme as orientações dos manuais.

- **Terceira Fase:** A partir da década de 1970 começam a ocorrer mudanças aceleradas nas indústrias influenciadas cada vez mais pela competitividade. Surge então a preocupação por aumento de produtividade e melhoria contundia dos processos.

Segundo Tahashi e Osada (1993), um equipamento perde produtividade principalmente por seis grandes perdas:

1. Parada devido à quebra ou falha;
2. Perdas por mudanças de linha e regulagens;
3. Perdas por operação em vazio e pequenas paradas;
4. Perdas geradas por redução de velocidade;
5. Perdas por defeitos gerados no processo de produção;
6. Perdas no início da operação e por queda de rendimento.

O propósito da TPM é a eliminação de todas as perdas. Em suma, de acordo com IM&C Internacional (2006, p. 7 apud Manfredini 2009), está relacionado aos 4 M's:

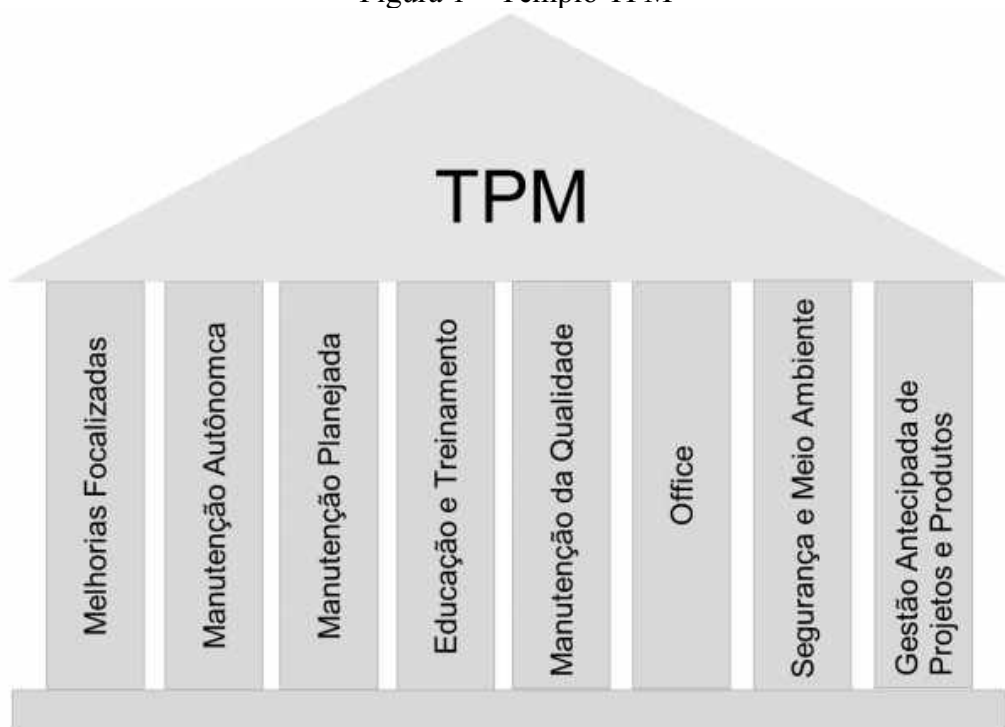
- **Man:** desenvolver habilidades e competências;
- **Machine:** identificar pontos fracos e corrigir;
- **Material:** otimização do uso e sua transformação;

- **Method:** potencializar a tecnologia disponível.

2.3.1. Pilares do TPM

Para o desenvolvimento a TPM junto à organização existem etapas a serem executadas, sendo que os detalhes são próprios a cada empresa, pois os objetivos e metas também são exclusivos em cada caso. Porém existem os alicerces comuns a todos, que se denominam pilares básicos de sustentação da TPM (NAKAJIMA, 1989), como representado na figura 1.

Figura 1 – Templo TPM



Fonte: Suzuki (1994)

O programa TPM de acordo com Slack et al. (2009), busca cinco objetivos para estabelecer a boa prática de manutenção, sendo ela: melhoria na eficácia dos equipamentos; realização da manutenção autônoma; planejamento da manutenção; treinamento de todo o pessoal em habilidades de manutenção relevantes; conseguir gerir os equipamentos logo no início.

De acordo com Nakajima (1989) a TPM normalmente é implementada em quatro fases:

1. Preparação;
2. Introdução;
3. Implantação;

4. Consolidação.

As fases por sua vez podem ser divididas em mais etapas como as relatadas no Quadro

1.

Quadro 1 – Fases implementação TPM

FASES	ETAPAS	PONTOS PRINCIPAIS
Preparação para a Introdução.	1. Manifestação da alta direção sobre a decisão de introduzir o TPM	Essa Manifestação deve acontecer num encontro interno da empresa sobre TPM, e deve ser publicada num boletim interno da empresa.
	2. Campanha de divulgação e treinamento para introdução do TPM.	Executivos: Realizam estudos em grupo, conforme os cargos que ocupam. Funcionários em geral: passam por seções orientadas por projeção de "slides" ou outros recursos.
	3. Estrutura para implantação do TPM.	Comissão ou grupos de estudo por especialidade. Secretaria.
	4. Estabelecimento de diretrizes básicas e metas para o TPM.	Benchmark e metas: previsão dos resultados.
	5. Elaboração do plano diretor para implantação do TPM.	Desde os preparativos para introdução até os detalhes da implantação.
Início da Introdução	6. Início do programa de TPM.	Convites: - Clientes; - Empresas Relacionadas; - Empresas Colaboradoras.
Implementação	7. Aperfeiçoamento individualizado nos equipamentos para melhorar rendimento operacional.	Seleção de um equipamento modelo: organização de uma equipe de projetos.
	8. Estruturação da manutenção por iniciativa própria.	Método de evolução passo a passo, diagnostico e aprovação.
	9. Estruturação da manutenção programada pelo departamento de manutenção.	Manutenção periódica, manutenção preditiva, controle de construções, peças sobressalentes, ferramentas e desenhos.
	10. Treinamento para melhora do nível de capacitação da operação e da manutenção.	Treinamento concentrado dos líderes: treinamento das outras pessoas envolvidas.
	11. Estruturação do controle da fase inicial de operação dos equipamentos.	Projeto MP: controle de flutuação na fase inicial: LCC
Consolidação	12. Execução total do TPM e elevação do nível geral.	Recebimento do prêmio PM: busca de maior desafio através de objetivos cada vez mais ambiciosos.

Fonte: Yamaguchi (2005)

Um dos pilares essenciais para a sustentabilidade da metodologia TPM é a Manutenção Autônoma, pilar escolhido para a fundamentação da metodologia, que será detalhado na seção 2.4.

2.4. Manutenção autônoma (AM)

A Manutenção Autônoma é um dos pilares para a implementação do TPM. Fidelis et al. (2015) cita que a manutenção autônoma tem como principal objetivo deixar o operador autônomo, para que de rapidamente consiga visualizar, identificar e lidar com irregularidades dos equipamentos que estão sob sua responsabilidade. Fidelis et al. (2015) ainda reforça que o pilar da manutenção autônoma tem como meta desenvolver nos operadores o cuidado e o zelo com suas máquinas e equipamentos, tendo os mesmos a capacidade de inspecioná-los e identificar eventuais problemas existentes.

Para Slack et al. (1999), a manutenção autônoma faz com que os funcionários envolvidos com os equipamentos da produção abracem a responsabilidade pelo menos em algumas tarefas da manutenção, com o objetivo de melhorar o desempenho de manutenção. A implementação dos princípios básicos da Manutenção Autônoma visa principalmente o corte de perdas por toda a empresa, e apresenta como objetivos gerais:

- Identificar e resolver falhas em estágio inicial;
- Anular paradas de produção por pequenas falhas;
- Aumentar a disponibilidade dos equipamentos por meio de ajustes, limpezas e *set-ups* rápidos;
- Impulsionar o desempenho do time de operação trabalhando juntamente com a manutenção;
- Garantir a confiabilidade do equipamento, produto e processo de produção;
- Capacitar pessoas;
- Elevar a produtividade.

2.4.1. Os sete passos da manutenção autônoma

Segundo NAKAZATO (1999) o procedimento de implementação da Manutenção Autônoma é constituído por 7 passos. Cada um dos passos tem seu próprio objetivo que juntos se somam aos objetivos gerais do TPM. A Figura. 2 apresenta a descrição de cada etapa.

Figura 2 – Passos da Manutenção Autônoma



Fonte: Adaptado de Nakazato (1999)

1. Limpar e inspecionar

A limpeza inicial consiste na realização de “5S” no ambiente de trabalho. Desta forma, o operador enquanto realiza a limpeza do equipamento passa a se habituar com os pontos de transformação e seu funcionamento. Durante essa etapa começam a aparecer alguns defeitos pois a limpeza gera consequentemente à uma inspeção. Souza (2001) afirma que na manutenção autônoma o objetivo da limpeza não consiste somente em limpar. Durante a limpeza, o operador tem que utilizar seus sentidos para detectar potenciais falhas no equipamento.

2. Eliminar fontes de sujeira e lugares de difícil acesso

Nesse momento, fontes de sujeira e contaminação devem ser detectadas e eliminadas, pois tanto fontes de contaminação quanto áreas de difícil acesso irão demandar um maior tempo para serem limpas e inspecionadas.

Nesse momento são eliminados qualquer tipo de vazamentos que podem gerar contaminação do ambiente ou do produto.

3. Elaborar padrões de limpeza e inspeção

O terceiro passo é a elaboração dos manuais com as normas e instruções para a realização das inspeções. De acordo com as lições aprendidas nos passos anteriores, a equipe deve elaborar os programas CIL (*Cleaning, Inspection and Lubrication*) e controles visuais. É nesta etapa que essas equipes começam a receber formação. (MANFREDINI, 2009).

Os manuais definem quais atividades de limpeza que irão realmente agregar valor e quais realmente devem ser realizadas. Com o objetivo de “Limpar para inspecionar, inspecionar para encontrar defeitos” é importante que o operador saiba qual área limpar, como limpar e se

atentar a possíveis defeitos. Os manuais devem ser detalhados, com textos claros e com imagens de como a atividade deve ser executada.

4. Inspeção geral do equipamento

Para Manfredini (2009), esta fase exige o desenvolvimento dos operadores para entender as funções básicas, a estrutura e os princípios de funcionamento dos equipamentos. Nas etapas anteriores os operadores apenas detectavam as falhas, agora com os treinamentos e qualificações que recebem em cada categoria, passam a compreender mais profundamente sobre as funcionalidades e estruturas do equipamento. Essa etapa visa a capacitação do time produtivo.

5. Inspeção geral no processo

Segundo Tondato e Gonçalves (2011) o Passo 5 é a consolidação dos padrões criados nos passos anteriores com os já existentes em um único programa integrado de inspeção.

Nessa etapa poderão surgir melhorias dos processos realizados anteriormente. É sempre importante manter o processo vivo, novos pontos de inspeção podem surgir, pontos antigos podem ser eliminados, o sistema não deve se manter engessado.

6. Manutenção autônoma sistêmica

Tondato e Gonçalves (2011) ressaltam que nesse passo todas as pessoas devem estar habituados com a manutenção autônoma. Os processos devem estar padronizados, a mão de obra deve estar treinada em cada uma de suas responsabilidades. É importante que a liderança trabalhe no engajamento de pessoas, visando a mudança de cultura que irá garantir a sustentabilidade do negócio.

A equipe nesse ponto deve estar com uma maturidade técnica mais elevada.

7. Gestão autônoma

Nesse passo, os indicadores de produtividade devem ser mensurados e comparados com os de antes da implementação. Através dos indicadores será possível ter dados quantitativos dos ganhos da Manutenção Autônoma.

De acordo com IM&C Internacional, 2006, esta etapa tem como objetivo formar pessoas para que possam atuar como um “comboio com energia própria, ao invés de como locomotivas movidas à eletricidade”, e capazes de atingir as metas estabelecidas tanto pelas diretrizes quanto pelos desafios da empresa.

Uma grande aliada na obtenção dos resultados esperados são as ferramentas de análise de causa raiz, que buscam tratar a causa e não o efeito da falha, garantindo assim que o problema seja efetivamente solucionado e possibilita a criação de contramedidas mais robustas.

2.5. Ferramentas de Análise de Causa Raiz

Segundo Dobashi e Corrêa (1999) análise de causa raiz é o processo sistêmico de identificação, análise e correção dos motivos de causa de problemas, englobando uma várias de técnicas informais e estruturadas. Ainda completa que análise de causa raiz deve distinguir com clareza entre causa aparente e causa raiz. Causa aparente retrata a imediata ou razão óbvia para um problema. A causa aparente pode vir sim a ser a causa raiz, mas até que isto seja confirmado por análise, esta afirmação não pode ser feita.

Para resolução das falhas do equipamento durante o estudo de caso foi necessário a utilização de ferramentas de análise para encontrar a causa raiz. O equipamento pode apresentar paradas genéricas causadas por vários motivos, as ferramentas auxiliam na análise da falha para que a contramedida criada seja eficaz na tratativa da causa inicial e não sob seus efeitos.

Nos tópicos 2.3.1 a 2.3.3 serão abordadas três das principais ferramentas utilizadas, duas das quais, *Machine Transformation Matrix* e *Work Point Analyses* foram desenvolvidas pelo sistema de gestão adquirido pela empresa em que foi realizado o estudo de caso, as referências abaixo abordadas foram retiradas dos materiais fornecidos por ela.

2.5.1. MTM (*Machine Transformation Matrix*)

A matriz de transformação da máquina é utilizada para mapear todas as condições básicas que o equipamento deve apresentar, partindo dês da matéria prima aos ajustes mecânicos. Na primeira coluna é colocado o efeito observado na máquina quando a parada ocorre. Em seguida é preenchida a 3ª coluna com as informações das condições ideais que o produto, no caso a matéria prima, utilizado deve apresentar. Depois é preenchida a 4ª coluna com todos os conjuntos mecânicos que a matéria prima tem contato. Em seguida, é preenchida a coluna “Pontos de verificação” onde são mapeados todos os subconjuntos e pontos relacionados ao conjunto referido.

Na coluna “Condições ideais de produção” serão listados quais ajustes ou condições de manual de cada um dos pontos de verificação. Por último é preenchido denominado “Ações” que irá conter ações de verificação de cada ponto anteriormente mapeado. É muito importante que a ferramenta seja construída utilizando o manual do equipamento, pois além de garantir maior assertividade faz com que o operador obrigatoriamente estude os padrões.

No Quadro 2 há um exemplo de MTM utilizada para a parada de máquina “Paralelogramo” em que o efeito observado era “Embolamento de Rótulo”.

Quadro 2 – Exemplo de MTM

MTM - Machine Transformation Matrix - (Matriz de Transformação da Máquina)					
Nome da Perda: PARALELOGRAMO					
Condições Ideais			Pontos de Transformação		
Efeito	Condições Ideais de Produção	Condições Ideais de Produto	Ponto de Ocorrência	Pontos de Verificação	Ações
EMBOLOAMENTO DE RÓTULO	3 ROLAMENTOS DE AÇO INOX LIVRES DE CONTAMINAÇÃO	RÓTULO SEM ENCANOAMENTOS, COM ÁREA DE RESERVA LIVRE DE VERNIZ	STRAPPO	ROLAMENTO	VERIFICAR SE HÁ 3 ROLAMENTOS E SE ESTÃO LIVRES DE
	FASE DO STRAPPO A 30°			FASE	VERIFICAR SE A FASE DO STRAPPO ESTÁ A 30°
	EIXO DE ACIONAMENTO À 0,5mm DO EIXO PRINCIPAL			EIXO	VERIFICAR SE O EIXO DE ACIONAMENTO ESTÁ À 0,5mm do PRINCIPAL
	DOBRADOR SEM DESGASTE DOBRADOR À 90° EM RELAÇÃO AO EIXO DE		LIVRO	DOBRADOR	VERIFICAR POSSÍVEIS DESGASTES NO DOBRADOR ESTÁ 90° DO

Fonte: Documentos internos da empresa (2021)

Após mapeadas todas as condições ideais, as ações mapeadas podem começar então a serem executadas. Sempre que qualquer ponto de verificação não estiver de acordo com o padrão deve ser ajustado de acordo e o defeito deve ser registrado por “Etiqueta de defeito” que em seu fluxo deverá ser implementado a contramedida necessária. O tema “Etiquetas de defeitos” será explorado no tópico As principais atividades de rotina na Manutenção Autônoma.

Para um mesmo efeito é possível encontrar vários pontos de verificação fora do padrão que mesmo após serem retornados não irão solucionar o defeito, sendo assim não são a causa raiz do problema. Em outros casos é possível que conforme os ajustes passam a ser retornados ao padrão o defeito se amenize, não ficando claro qual a exata causa raiz, para estes casos é importante que haja contramedida para todos os defeitos encontrados.

A MTM uma vez construída pode ser utilizada novamente sempre que a mesma parada ocorrer pelo mesmo efeito mapeado. Sempre que um novo ponto de verificação for levantado ele deverá ser incluído na MTM a tornando assim um documento “vivo” passivo de atualização sempre que necessário.

2.5.2. WPA (Work Point Analysis)

Enquanto a MTM analisa um efeito observado que pode ter sido gerado por uma falha em qualquer um dos componentes em que a matéria prima tem contato, o WPA analisa apenas um componente em específico. Por exemplo, uma falha de aplicação de adesivo só pode ter sido causada por uma falha no conjunto “gomeira”, já que é o componente responsável pela

aplicação. Sendo assim, a ferramenta utilizada é o WPA em que o componente será analisado de forma detalhada. Essa ferramenta ajuda a identificar os componentes críticos no mapeamento de defeitos. A Figura 3 mostra o *template* utilizado.

Figura 3 – Exemplo de WPA

Equipment / Zone: _____		WORK POINT ANALYSIS		Date Created: _____																																										
Prepared(s): _____		Review(s): _____		Date Reviewed: _____																																										
1. Work Point Where the equipment & material meet and/or the transformation occurs WORK POINT	3. Sketch the Work Point Sketch where the product & equipment meet contact, show and draw the components, structure, and number list STRETCH THE WORK POINT	4. Operating Principle Describe what happens at the product & equipment meet, show and draw OPERATING PRINCIPLE																																												
2. Loss Impact List losses that occur at the point Safety: Quality: Scrap: Breakdowns: Effort: LOSS IMPACT			5. Standards List what is used in the work cell, like drawings, tools, fixtures, etc. STANDARDS																																											
6. Performs the Action or Transformation FORMING <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Equipment Components</td> <td style="text-align: center; font-weight: bold;">PERFORMS THE ACTION OR TRANSFORMATION</td> </tr> <tr> <td>Product / Material Components</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Process Conditions / Variables (Temp, Pressure, Force, Speeds, etc.)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Process Aids (Airflow, Vacuum, Friction Reducers, etc.)</td> <td></td> </tr> </table>		Equipment Components	PERFORMS THE ACTION OR TRANSFORMATION	Product / Material Components		Process Conditions / Variables (Temp, Pressure, Force, Speeds, etc.)		Process Aids (Airflow, Vacuum, Friction Reducers, etc.)		7. Determines Work Point POSITIONING <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Fasteners / Structure</td> <td style="text-align: center; font-weight: bold;">WORKING POINT POSITION</td> </tr> <tr> <td>Drive Components</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lubrication</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conveyors</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pneumatics / Hydraulics</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Electrical & Instruments</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Process / Other</td> <td></td> </tr> </table>	Fasteners / Structure	WORKING POINT POSITION	Drive Components		Lubrication		Conveyors		Pneumatics / Hydraulics		Electrical & Instruments		Process / Other		8. Determines Work Point CONTINUITY <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="text-align: center; font-weight: bold;">WORKING POINT CONTINUITY</td> </tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table>		WORKING POINT CONTINUITY																			9. Identifies a Problem Describe a problem or defect, show and draw NOVOS PADRÕES
Equipment Components	PERFORMS THE ACTION OR TRANSFORMATION																																													
Product / Material Components																																														
Process Conditions / Variables (Temp, Pressure, Force, Speeds, etc.)																																														
Process Aids (Airflow, Vacuum, Friction Reducers, etc.)																																														
Fasteners / Structure	WORKING POINT POSITION																																													
Drive Components																																														
Lubrication																																														
Conveyors																																														
Pneumatics / Hydraulics																																														
Electrical & Instruments																																														
Process / Other																																														
	WORKING POINT CONTINUITY																																													

Fonte: Documentos internos da empresa (2021)

As áreas devem ser preenchidas da seguinte forma:

1. Work Point: Ponto de trabalho, onde os equipamentos e materiais entram em contato para transformar o material, ou seja, a partir desse ponto o material não será mais o mesmo de quando o processo foi iniciado. A descrição deve ser simples e direta ao ponto. Exemplo: Local onde ocorre aplicação de adesivo.

2. Loss Impact: Impacto da perda. Listar perdas que ocorrem neste ponto de trabalho, seja parada de equipamento, defeito de qualidade do produto, aumento de estrago etc.

3. Sketch Work Point: Esboço do ponto de trabalho. É importante que o desenho seja feito a mão e não escaneado do manual, pois faz com que a pessoa que esteja preenchendo a ferramenta se atente aos detalhes e ao funcionamento do componente.

4. Operating Principle: Princípio de funcionamento. É descrito como o componente funciona, descreve em detalhes como cada subcomponente atua. Exemplo: O tambor

transferidor é acionado pelo movimento do motor principal, o movimento é transmitido no eixo pelas engrenagens de acionamento da cadeia cinemática até o tambor seguinte.

5. *Standards*: Padrões. São listados todos os padrões do equipamento, ajustes, limpezas, *Centerline etc.* O tópico *Centerline* será abordado mais adiante.

6. *Performs the action or Transformation*: Formando o ponto de trabalho. São os itens que fazem parte da transformação, divididos em: Componentes do equipamento: equipamento diretamente envolvido na transformação, tocando o material. Produto / material: Material envolvido ou alterado na transformação. Condições do processo/variáveis: Condições da transformação como Temperaturas, Velocidades, Pressões. Auxílios no processamento: Equipamentos que auxiliam na transformação.

7. *Determines Work Point Positionning/Continuity*: Determinar elementos de fixação e de continuidade. Mapeia de forma explodida elementos de fixação, como parafusos, e elementos de continuidade, como engrenagens, do equipamento.

8. *Lista novos padrões criados*. Exemplo: Os parafusos de fixação do componente deveriam estar com trava química, nesse caso uma “Lição de um ponto” será criada para informar toda a tripulação da necessidade. O tópico “Lição de um ponto” mais adiante.

O WPA visa analisar o componente estudado com mais detalhes, de forma mais ampla, trabalha de forma semelhante à MTM quanto a verificação dos componentes e registros de defeitos. Por ser tão detalhada é uma importante ferramenta para desenvolvimento de pessoas em conhecimento técnico.

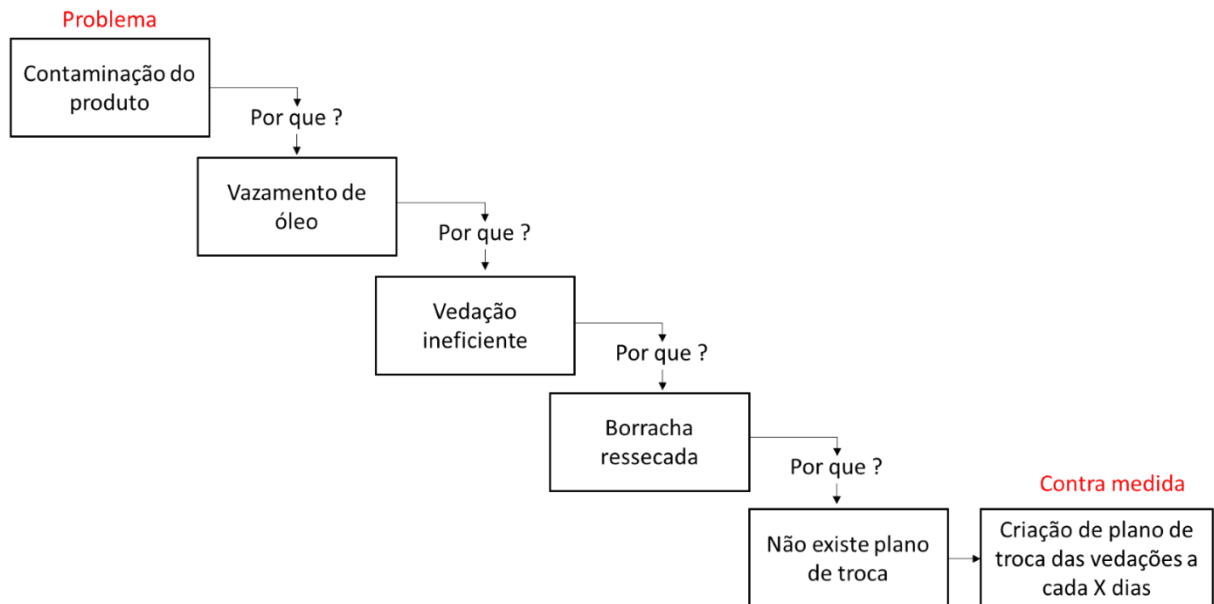
2.5.3. “5 Porquês”

O método dos “5 Porquês” se originou na Toyota e foi proposto para suportar a identificação da causa raiz de uma falha por meio de cinco questionamentos consecutivos de sobre o porquê ocorram determinados eventos (OHNO, 1997). Para aplicação desta técnica, um indivíduo ou um grupo deve analisar as causas possíveis de um problema de maneira crítica. Apesar de ser uma metodologia simples, a técnica dos “5 Porquês” costuma apresentar resultados significativos (WERKEMA, 1995).

A ferramenta “5 Porquês” visa mapear todas as falhas ocorridas e encontrar a falha principal que desencadeou todas as outras. A metodologia se dá por meio da realização de perguntas, de acordo com a resposta de cada uma delas uma nova pergunta é feita até que se encontre a causa raiz e a partir dela uma contramedida deve ser criada. O objetivo é utilizar de forma sistêmica para chegar a um diagnóstico de falha, utilizado para falhas mais objetivas nas

quais será possível obter as respostas para as perguntas (OHNO, 1997). A Figura 4 exemplifica a utilização da ferramenta.

Figura 4 – Exemplo de “5 Porquês”



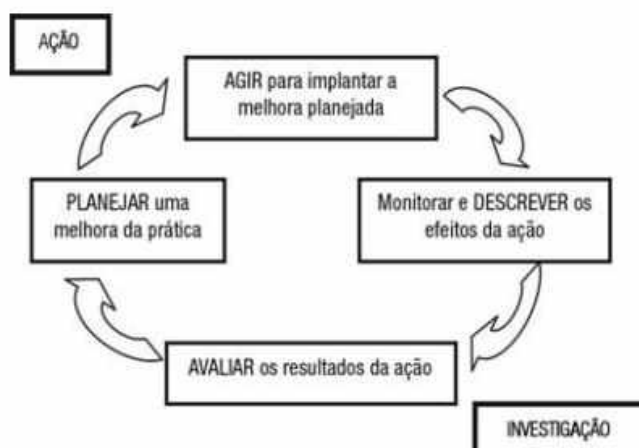
Fonte: Adaptado de Ohno (1997)

Essa ferramenta auxilia na criação de uma contramedida para a efetiva causa do problema. Esta deverá garantir que a falha, pelo mesmo motivo, não volte a acontecer.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método implementado foi a pesquisa-ação; baseada no diagnóstico do problema, coleta e análise de dados, planejamento e implementação de ações e por fim avaliação dos resultados, sendo todas as etapas monitoradas. O ciclo da pesquisa-ação pode ser observado na figura 5:

Figura 5 - Ciclo da pesquisa-ação



Fonte: Pesquisa-ação: uma introdução metodológica (2021)

Segundo Tripp (2005), A maior parte dos processos de melhoria segue o mesmo ciclo. A resolução de problemas, por exemplo, começa com a identificação do problema, o planejamento da solução, sua implementação, seu monitoramento e a avaliação de sua eficácia. Define ainda o método como: Uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consolidadas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática”.

Já Turrioni e Mello (2010), definem a pesquisa-ação como um método qualitativo de abordagem de resolução de problemas, que abrange muitas formas de pesquisa voltadas para a ação.

Para a etapa de coleta de dados, foram coletados os dados de OEE, MTBF e número de paradas de um módulo produtivo piloto, estabelecendo assim a linha base que seria os resultados iniciais do equipamento antes da implementação da Manutenção Autônoma. Em seguida foi realizada a limpeza inicial do equipamento para encontrar o maior número de defeitos possíveis e eliminar as fontes de contaminação e as áreas de difícil acesso.

Durante 5 semanas foram realizados treinamentos com os colaboradores do módulo onde foi passado apresentação das rotinas e foco na criação de cultura e disciplina quanto aos processos. Após esse período foi colocado em prática todas as rotinas e aprendizados.

Os próximos passos foram focados na sustentação do resultado e continuidade dos processos.

3.1. Estudo de caso

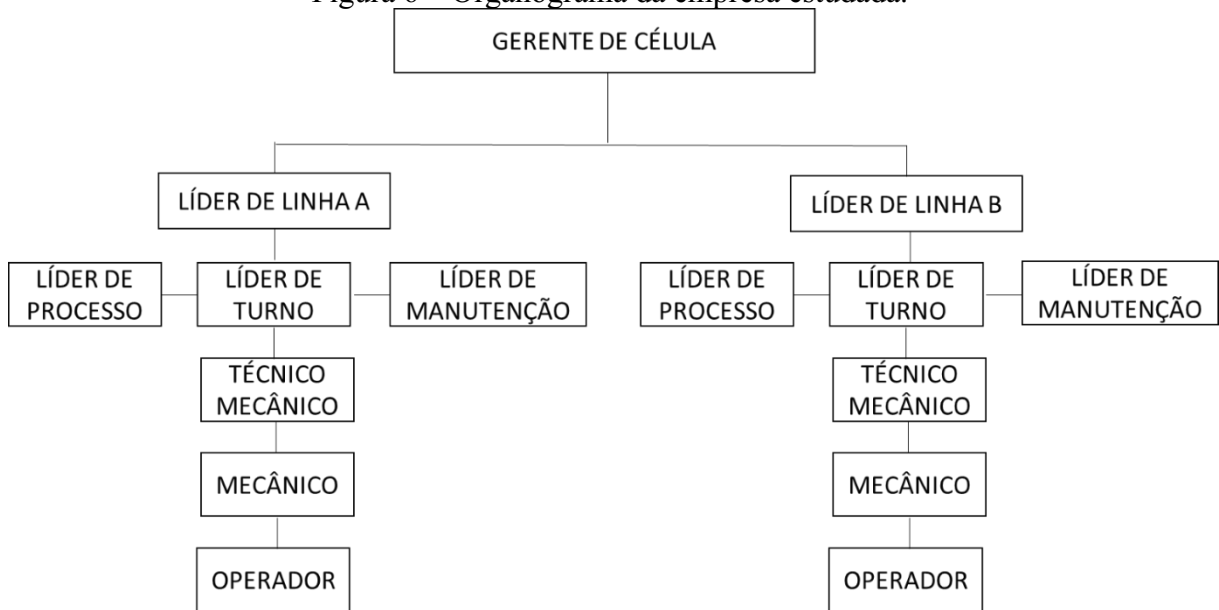
3.1.1. Descrição da empresa

O estudo de caso foi realizado em uma empresa da área alimentícia localizada no Triângulo Mineiro que conta cerca de 1500 funcionários diretos e indiretos, no regime de trabalho 6/3 operando em 3 turnos, sendo 24 horas por dia, 7 dias por semana.

A companhia é dividida em 3 células de produção e cada uma das células são subdivididas em linhas, sendo linha A e linha B.

Cada célula conta com um Gerente e cada linha conta com um Líder de linha. Na estrutura de cada linha têm-se o Líder de Processos, o Líder de manutenção e o Líder de turno (um por turno). O time de linha é dividido em: Técnico Mecânico, Mecânico e Operador. A Figura 6 sintetiza o organograma da empresa estudada.

Figura 6 – Organograma da empresa estudada.



Fonte: Autoria própria

As responsabilidades de cada cargo dentro da Manutenção Autônoma são:

- **Líder de Linha:** Responsável pela padronização do CIL (Limpeza, Inspeção e Lubrificação) e pela gestão dos defeitos.
- **Líder de Processo:** Responsável pelo “Ajuste padrão de máquina - *Centerline*”;
- **Líder de Manutenção:** Responsável pelas estratégias relacionadas a manutenção.
- **Líder de Turno:** Responsável por garantir as rotinas e execução dos processos dentro do turno.

- **Operadores, Mecânicos e Técnicos Mecânicos:** Responsáveis pela execução das atividades.

3.1.2. As principais atividades de rotina na Manutenção Autônoma

Nos próximos tópicos serão abordadas as principais rotinas implementadas durante a execução do estudo de caso que garantiram o alcance e manutenção dos resultados obtidos.

3.2. Gestão de defeitos

Defeitos podem ser qualquer divergência entre a condição real e a ideal. Na empresa estudada os defeitos eram classificados em sete tipos:

1. **Condição Básica:** Tudo que não está de acordo com a condição ideal estabelecida. Exemplo: Componente desgastado; ajuste fora do *Centerline*.
2. **Segurança:** Item ou situação que ofereça risco a integridade física. Exemplo: Botoeira de emergência não acionando.
3. **Qualidade:** Defeitos de condição básica que interferem na qualidade do produto. Exemplo: Peça com aperto excessivo gerando amassamento do produto.
4. **Fonte de contaminação:** Agentes que contaminam a máquina ou o produto. Exemplo: Vazamento de óleo.
5. **Difícil acesso:** Área de difícil acesso. Exemplo: Para verificar a integridade de algum componente o operador precisa desmontar uma determinada proteção que leva muito tempo, se a proteção fosse de acrílico transparente ele não precisaria desmontá-la para a verificação.
6. **Item desnecessário:** Item sem função. Exemplo: Aplicadora de mentol em uma linha que não produz mais produto com mentol.
7. **Falhas menores:** Outras falhas

Os defeitos podem ser encontrados a qualquer momento, entretanto, o momento ideal é durante a parada planejada na realização do CIL.

Quando um defeito é encontrado, o procedimento que deve ser realizado é a abertura de uma “Etiqueta de defeito”. O operador deve preencher descrevendo a anomalia encontrada, a ação tomada para solucionar e deve propor uma contramedida para que o problema não volte acontecer. A contramedida pode ser um novo ponto de CL, CIL ou Manutenção. Por Exemplo: Temperatura de selagem muito elevada gerando queima do produto; Solução: Redução da

temperatura; Contramedida: Inclusão no *checklist* de *Centerline* e verificação da temperatura de selagem em 130°C. Na Figura 9 traz um exemplo de uma etiqueta de defeito utilizada na empresa.

Figura 7 - Etiqueta de defeito

The image shows two forms used for defect reporting. The left form, titled 'Manutenção Autônoma', is divided into two main sections: 'Solução sem nota' and 'Enc. CIL?'. It includes fields for 'Data', 'Colaborador', 'Prazo', 'Responsável', 'Módulo', 'Prioridade', 'Máquina', 'Perda', and 'Descrição da anomalia'. There is also a table with columns for 'SEGURANÇA', 'QUALIDADE', and 'DIFÍCIL ACESSO', and rows for 'FALHAS MENORES', 'FONTE DE CONTAMINAÇÃO', and 'CONDIÇÕES BÁSICAS'. The right form, titled 'Detalhamento da Contramedida', includes fields for 'Descrição da atividade', 'Tempo p/ exec.', 'Frequência', 'Código', 'Quantidade', and 'Ferramentas Necessárias'. It also has a section for 'EPI Necessário' with checkboxes for 'Máscara', 'Luva', 'Óculos', and 'Avental'. At the bottom, there is a 'Validação da Contramedida' section with checkboxes for 'SIM' and 'NÃO' for three different categories.

Fonte: Documentos internos da empresa (2021)

Após a sugestão da contramedida a etiqueta permanece na linha até que todos os turnos a validem entrando então no fluxo de registro de defeitos.

3.2.1. CIL – Limpeza Inspeção e Lubrificação (*Clean Inspection and Lubrication*)

Os três turnos são divididos em dois de 500 minutos e um de 440 minutos, totalizando 1440min que tem em 1 dia. No início de cada turno ocorre uma parada de máquina realizada de forma planejada em que o time de linha realiza o CIL. Essas atividades são descritas em um manual padronizado com todas as atividades críticas (que se não forem realizadas poderão gerar falhas como parada de equipamento ou perda em qualidade do produto) e conta com um *checklist* em que o time deve assinalar se a atividade foi ou não realizada.

Nem todas as atividades precisam ser executadas todos os turnos, entretanto, todos os turnos terão atividades para serem realizadas. A frequência de realização depende muito da atividade, para um item que acumula muita sujeira, por exemplo, deve-se realizar procedimentos de limpeza em todos os turnos, para um item que não acumula tanto deve ser diária, com apenas um dos turnos ficará responsável por realizá-la.

O controle da realização é feito diariamente pelo Líder de Linha, quando há falha de execução cabe a ele exercer a função de *Coach* diretamente com o time operacional. A atividade dura em média 30 minutos e é realizada em todos os turnos.

O equipamento deve ser limpo para que haja a inspeção, a qual deve ser realizada para encontrar defeitos, a fim de reduzir o número de paradas e quebras. O ideal que os defeitos sejam encontrados nesse momento para evitar que apareçam durante a produção.

As atividades que compõem o *checklist* são sugeridas pelo time de linha por meio das “Etiquetas de defeito”. Cada um dos turnos deve avaliar a atividade sugerida e definir como “Validada” ou “Não validada”. Uma vez que todos os turnos validem a atividade o Líder de Linha inclui o novo ponto no caderno de CIL. Se algum dos turnos não concordar com a atividade proposta cabe ao time de Técnicos mecânicos conversarem entre si e chegarem em um acordo. Cabe ao Líder de Turno acompanhar se as atividades estão sendo realizadas conforme o padrão e ao time de linha executá-las. Na figura 8 tem-se um exemplo do manual de atividades.

Figura 8 – Exemplo de manual de atividades



- ☐ Limpar acúmulo de talos da área do moto-redutor .
- ☐ Limpar dutos de sucção e sopro da extração de talos.
- ☐ Limpar furos de aceleração de tabaco com aspirador de pó

Fonte: Documentos internos da empresa (2021)

O Quadro 3 ilustra um exemplo do checklist que deve ser preenchido. Os espaços que estão preenchidos simbolizam as atividades de frequência diária, somente o primeiro turno irá realizá-la.

Quadro 3 – Exemplo de Checklist de CIL

TAREFA	TEMPO	PERDA	SEG			TER			TER			QUA			QUI		
			1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
INSPECIONAR LONA S90	5'	FALTA CIGARRO FUNIL															
LIMPAR GRUPO ALUMÍNIO	15'	ALUMÍNIO FALTANTE															

Fonte: Documentos internos da empresa (2021)

3.2.2. Ajuste padrão de máquina (*Centerline*)

As máquinas industriais permitem uma série de ajustes, tanto de parâmetros (pressão, temperatura, entre outros), quando ajustes mecânicos. Cada máquina da indústria em questão é operada por cerca de nove colaboradores diferentes ao longo dos três turnos, sendo assim, antes do presente estudo, cada um deles ajustava a máquina de acordo com suas preferências. Com isso havia divergências entre a eficiência dos turnos e o tempo de resposta na resolução de defeitos era maior.

O processo de ajuste padrão de máquina especifica o ajuste ótimo de cada máquina, sendo assim todos os operadores devem segui-lo, garantindo que ela opere nas mesmas condições independentemente do fator humano. Um ajuste padrão é uma referência numérica ou visual em que caso a máquina perca o ajuste o colaborador saiba exatamente para onde retornar. Uma vez que garante o ajuste ótimo espera-se que a máquina tenha um menor número de paradas (aumentando o MTBF) e caso esse ajuste se perca o tempo de retorno seja mais curto (reduzindo o MTTR). Conforme Figura 9.

Figura 9 – Exemplos de *Centerline*

Fonte: Acervo da autora (2021)

O time de linha deve checar na primeira hora de cada turno todos os pontos ajuste da máquina e realizar o checklist da atividade. Cabe ao Líder de Processo verificar o preenchimento do *Checklist* e em caso de falha deve conversar com o operador sobre a importância do procedimento de execução. Sempre que algum ponto de ajuste estiver fora do padrão deve-se retornar e sinalizar a não conformidade por meio das etiquetas de defeito.

Novos pontos de ajuste podem ser sugeridos pelo time de linha e, após serem validados em todos os turnos, o Líder de Processo acrescenta o novo ponto sugerido, assim como no fluxo de inclusão de novos pontos para CIL. No Quadro 4 têm-se um exemplo do *checklist*.

Quadro 4 – Exemplos de *Checklist* de *Centerline*

PERDA	PONTO VERIFICAÇÃO	PONTO REF.	ALVO		ESTÁ NO PADRÃO ?					
					1ª Turma		2ª Turma		3ª Turma	
			MÍN	MAX	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
APLICAÇÃO ADESIVO	TEMPERATURA DO SELADOR	DISPLAY	ANOTAR							
			130°C 140°C							

Fonte: Documentos internos da empresa (2021)

3.3. Implementação

O processo de treinamento da equipe chamada de “imersão” teve duração de 5 semanas. No processo de imersão foi passado para o time de linha toda a teoria do TPM juntamente com a realização exercícios práticos do uso das ferramentas de análise de causa raiz. Foram levados para a imersão defeitos reais que ocorriam no módulo piloto, a equipe disponha dos manuais do equipamento e iniciaram o processo de criação das primeiras ferramentas de MTMs, WPAs e 5 Porquês.

A imersão contou com a presença de todos os colaboradores de linha que atuavam no módulo piloto escolhido, sendo 2 técnicos mecânicos, 4 mecânicos e 4 operadores. Contou também a presença do líder de linha, do líder de manutenção e do líder de processos. É de suma importância a presença da liderança durante essa etapa, pois alimenta a filosofia de “Liderança servidora” além de engajar o time sustentando cultura de trabalho em equipe.

Esse processo marca os primeiros passos para a criação de uma nova cultura, cultivando no operador o sentimento de “dono” do equipamento.

Para estimular ainda mais esse sentimento, nessa etapa foram separadas as principais perdas que o equipamento gerava e cada uma delas recebeu um “dono de perda”. O operador se tornava responsável por reduzir aquela perda específica, gerando na equipe uma espécie de competição saudável em que cada um buscava reduzir sua perda. Vale ressaltar que o operador

além da sua perda em específico era responsável também por todas as outras, essa separação de “dono de perda” foi um caminho encontrado pela empresa apenas para estimular ainda mais os resultados individuais que no final refletiriam no resultado do equipamento como um todo.

Juntamente com os treinamentos foram realizadas as primeiras limpezas iniciais para encontrar defeitos e as rotinas de CIL, CL e FLUXO DE DEFEITOS foram implementados.

Com o objetivo de atingir um MTBF igual a 30, a medida “paradas” (*stops*) foi a primeira a ser analisada, com a redução no número de paradas consequentemente aumentaria o MTBF. Como o equipamento apresentava historicamente em média 1250 minutos de tempo de máquina rodando, para conseguir um MTBF de 30 minutos o equipamento poderia parar em média 42 vezes ($1250/42 \cong 30$ minutos).

Para análise dos dados, foram levantados os dados fornecidos pelo sistema do equipamento dos últimos três meses. A partir desses foi montado um Pareto de quais paradas representavam um maior impacto e que deveriam ter uma atenção maior.

4. RESULTADOS

4.1. Análise das Principais paradas

Para análise dos resultados a medida de saída escolhida foi o MTBF. Foram levantados os dados referentes ao módulo piloto à implementação quanto ao número de paradas e MTBF que consequentemente refletem diretamente no índice de eficiência OEE.

Buscando atingir a meta de 42 paradas por dia as primeiras paradas a serem priorizadas foram as 3 principais de maior impacto, que representavam somadas 56,4% de todas as paradas do dia. Para essas foi estipulado o alvo diário a ser entregue que consequentemente determinava o alvo por turno. Ao finalizar o turno, se este não atingiu a meta a “Parada Planejada” do próximo turno era focada em encontrar defeitos relacionados àquela perda específica, assim como a realização de alguma limpeza mais técnica na área.

Os gráficos 1, 2 e 3 representam respectivamente o gráfico da comparação da média diária das paradas 1, 2 e 3 (nomes genéricos atribuídos a paradas reais do equipamento) ao longo das semanas 25 a 39.

Gráfico 1 – Média semanal da parada 1

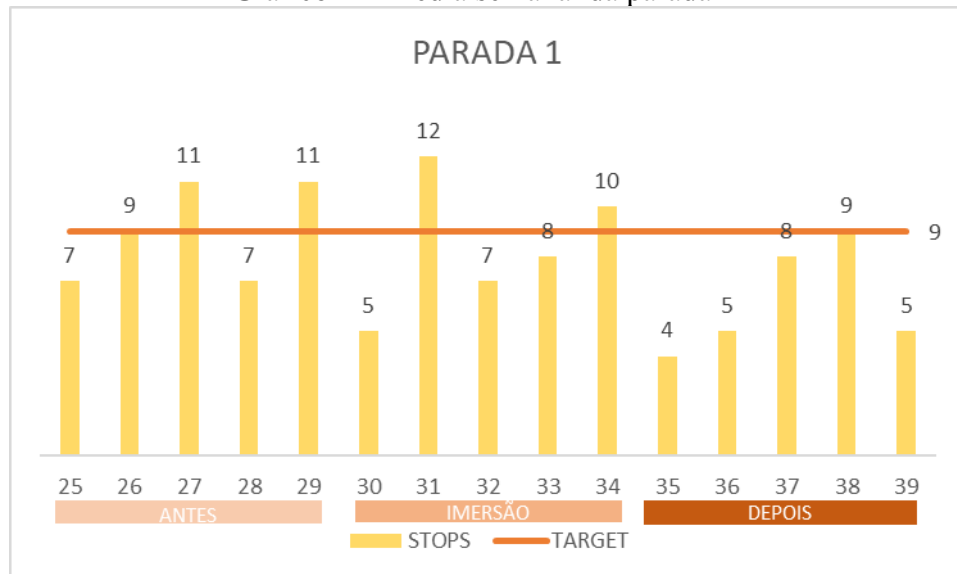


Gráfico 2 – Média semanal da parada 2

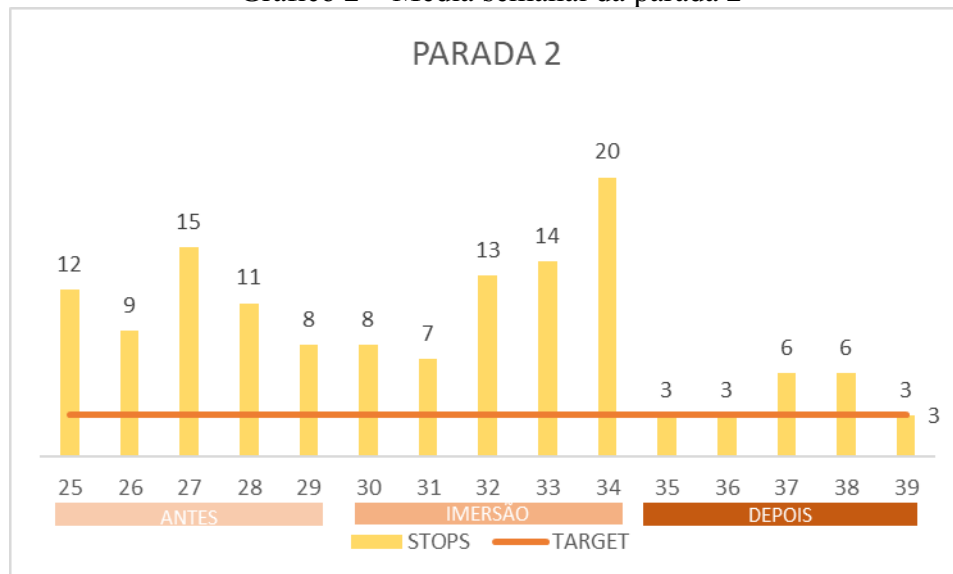
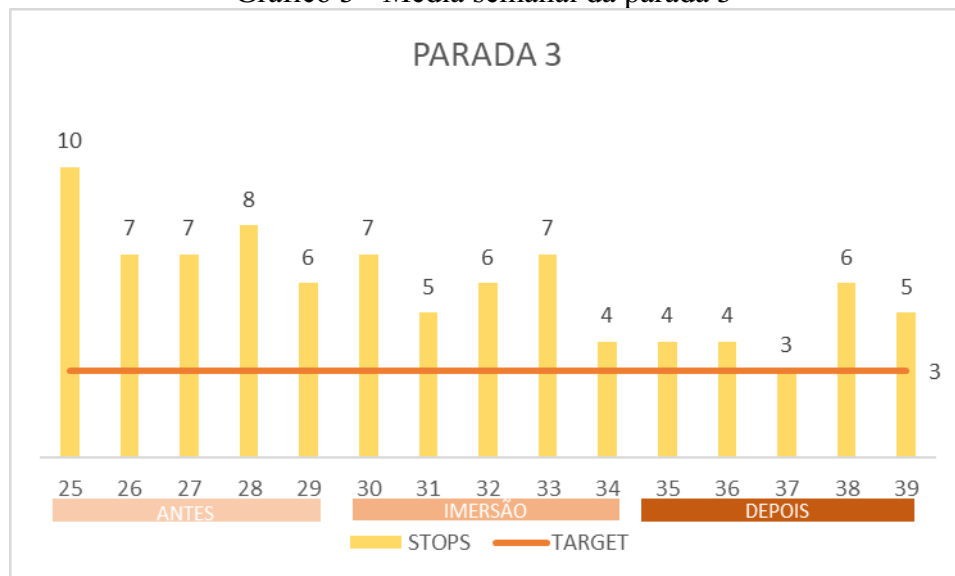


Gráfico 3 - Média semanal da parada 3



Observa-se que a Parada 1 obteve redução de 29% na média do número de paradas diárias quando comparada o período de antes e durante a imersão depois do processo implementado. As paradas de número 2 e 3 tiveram redução comparando-se a média inicial de 64% e 31% respectivamente. Em todas os casos foi possível observar que os resultados variavam muito de uma semana para outra demonstrando uma instabilidade do processo e após a total implementação os resultados se mantiveram mais estáveis durante as 5 semanas analisadas.

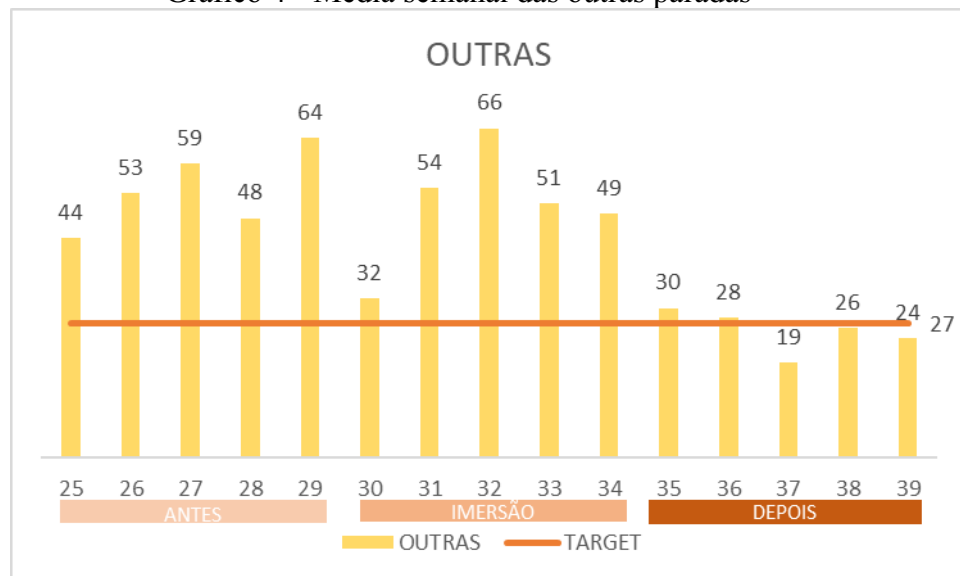
4.2. Análise das Outras Paradas

Além das 3 principais paradas também foi necessário analisar as outras paradas que ocorriam no equipamento. Como a soma das metas das principais 3 paradas (parada 1, parada 2 e parada 3) resultam em 15 e o objetivo final seria 42 paradas restaram 27 paradas como meta de todas as outras paradas de máquina somadas.

Como as outras paradas ocorrem de forma pulverizada, por não serem paradas crônicas como as 3 principais, a estratégia adotada foi focar durante a parada planejada em limpezas e inspeções na área em que a maior parte das pequenas paradas se encontrava concentrada.

O gráfico 4 representa a evolução semanal quanto a média diária da soma de todas as outras paradas.

Gráfico 4 - Média semanal das outras paradas



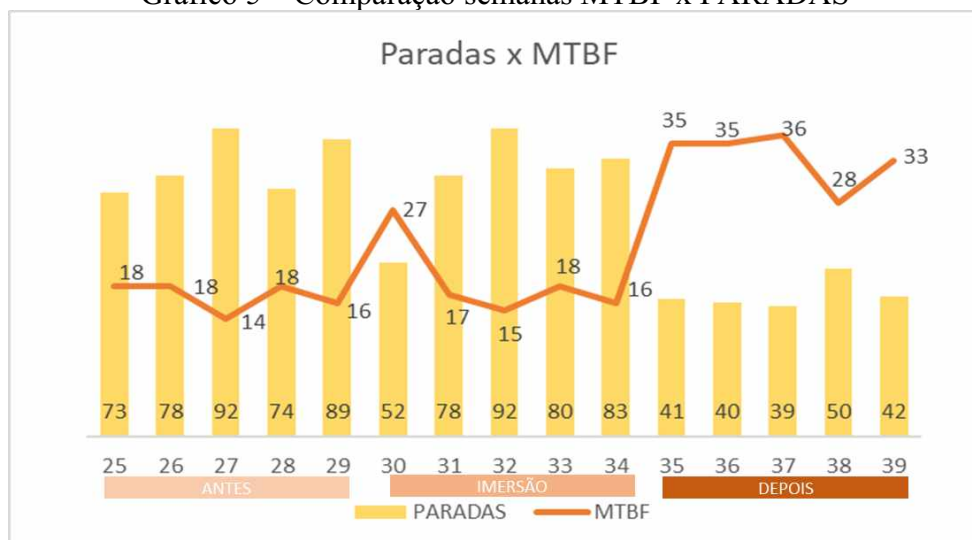
Fonte: Documentos internos da empresa (2021)

Foi possível observar que houve uma redução de 51% na média diária da soma das outras paradas assim como maior sustentabilidade dos resultados após a total implementação do projeto durante as 5 semanas subsequentes.

4.3. Análise de Número de Paradas e MTBF

Após o levantamento das paradas e da utilização das ferramentas de análise de causa raiz para controlá-las foram, por fim, analisados os resultados de número de paradas totais e consequentemente seu efeito na medida de saída, o MTBF. Os dados monitorados foram o do mesmo período de monitoramento das paradas crônicas e das demais, com uma queda destas após o período de implementação o número absoluto de paradas foi reduzido gerando um aumento no MTBF. O gráfico 5 representa a evolução semanal da média do número absoluto de paradas e do MTBF.

Gráfico 5 – Comparação semanas MTBF x PARADAS



Observa-se que em algumas semanas, como a 35 e 36 por exemplo, obteve-se a mesma quantidade de MTBF sem necessariamente ter o mesmo número de paradas, isto se deve ao fato que o tempo de máquina rodando utilizado no cálculo do MTBF não era o mesmo, logo o tempo de máquina rodando da semana 35 foi ligeiramente maior que na semana 36, pois ao ser dividido por um número maior de paradas obteve o mesmo resultado que a divisão por um número de paradas menor.

Observou-se considerável redução do número de paradas totalizando 46% quando comparados a média do resultado antes da implementação total com os resultados após. Com a redução do número de paradas obteve-se o aumento em 89% do MTBF utilizando a mesma base de comparação.

Apesar do resultado não ter sido atingido na semana 38 ele se manteve estável e sustentável ao longo das 5 semanas de análise pós implementação, obtendo em média 42.4 paradas por semana e 33 de MTBF demonstrando a eficácia no ganho dos resultados e na sustentação destes.

5. CONCLUSÕES

Em números e a título de comparação, a Manutenção Autônoma se mostra efetiva, aumentando a confiabilidade do equipamento. Com número de paradas mais baixos e MTBF mais alto o equipamento se torna mais estável e por consequência sua performance também aumenta.

O principal desafio na implementação da Manutenção Autônoma é a disciplina em manter todas as rotinas, mesmo em um dia de alta performance a produção deve ser

interrompida para execução de CIL, o CL deve sempre ser conferido e defeitos devem ser encontrados todos os dias. A equipe como um todo deve sempre estar engajada e vendo valor nas tarefas executadas, assim as contramedidas sugeridas tendem a serem mais robustas e eficazes.

A Manutenção Autônoma é uma ferramenta viva que deve sempre estar sendo atualizada. Sua eficácia é garantida considerando que haja disciplina em executar as rotinas e engajamento de todo o time envolvido.

Com o objetivo inicial de apresentar por meio de um estudo de caso a eficiência da implementação da manutenção autônoma os números apresentados comprovam a metodologia. A meta de entrega de 42 paradas com medida de saída de MTBF igual a 30 minutos foi atingida e a sustentabilidade dos resultados se manteve durante as 5 semanas de controle pós implementação que foram analisadas.

Para estudos futuros a metodologia pode continuar sendo aplicada buscando aumentar ainda mais o MTBF reduzindo cada vez mais o número de paradas. A mesma metodologia pode também ser aplicada à outros tipos de perdas do equipamento, no estudo apresentado foi aplicado para reduzir o número de paradas de máquina para ganhar performance, porém a mesma lógica pode ser aplicada para melhora nos resultados de qualidade (separando os principais defeitos de qualidade), para reduzir quantidade de estrago (mapeando os principais motivos de estrago de material em máquina) e assim sucessivamente, sempre definindo os principais pontos a serem tratados e cultivamos o “sentimento de dono” na equipe.

Essa criação de uma “nova cultura” é essencial para que o estudo traga resultados e que esses resultados sejam sustentados pois o fator humano é quem efetivamente irá colocar em ação toda a teoria do método.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Paulo Rodrigo. Proposta de implementação de um plano de manutenção autônoma dentro do contexto da filosofia TPM: aplicação para um equipamento de corte de chapas em uma empresa metalúrgica. 2009 Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: CONFIABILIDADE E MANTENABILIDADE. RIO DE JANEIRO: ABNT, 1994.

BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. Manutenção Preditiva na indústria 4.0. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 12-22, 2019.

BELINELLI, Marjorie; PILATTI, Luiz Alberto; FRASSON, Antonio Carlos. A Manutenção Produtiva Total (TPM) como ferramenta para aumento de disponibilidade de máquina: estudo de caso em uma indústria do ramo Siderúrgico. **XVI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO-SIMPEP**, 2009..

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. Saraiva Educação SA, 2017.

BESSANT, John; CAFFYN, Sarah; GALLAGHER, Maeve. An evolutionary model of continuous improvement behaviour. **Technovation**, v. 21, n. 2, p. 67-77, 2001.

CABRAL, J. P. Saraiva “Organização e Gestão da Manutenção, dos conceitos à prática ...”, Lidel, Março de 1998, Lisboa.

DOBASHI, T.; CORREA, F. Root cause analysis: techniques and applications; Analise de causa raiz: tecnicas e aplicacoes. 1999.

FIDELIS, Nordana Tonaco Santos; RESENDE, Andrade de Alves, GUIMARÃES, M. P; TANNUS S. P. O papel da manutenção autônoma no processo de implementação da TPM em uma empresa do setor automobilístico. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGETP). Perspectivas Globais a Engenharia de Produção. Artigo. Fortaleza, outubro, 2015.

GARCIA, GH; BRITO, Jorge Nei. Gerenciamento Eficiente da Manutenção Através de Indicadores de Performance. IN: VIII Congreso Latino-Americano de Ingeniería Mecánica, 2013, Cuenca – Ecuador. Actas Del VIII Congreso Latino-Americano de Ingeniería Mecánica, 2014.

GUSMÃO, Carlos Alberto. Índices de Desempenho da Manutenção: Um Enfoque Prático. **Revista Mantener**, n. 4, p. 13-17, 2001.

JONSSON, Patrik; LESSHAMMAR, Magnus. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems-the role of OEE. **International Journal of Operations & Production Management**, 1999.

KARDEC, A.; NASCIF, J. A. Manutenção–função estratégica, Qualitymark. **Ltda, Rio de Janeiro**, 2005.

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

MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de ciência & tecnologia**, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.

MARSHALL, ISNARD JUNIOR, ET AL. GESTÃO DA QUALIDADE. 10ª EDIÇÃO, RIO DE JANEIRO. EDITORA: FGV, 2010.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução Ao Controle Estatístico Da Qualidade** . Grupo Gen-LTC, 2000.

NAKAJIMA, Seiichi. Introdução ao TPM. **São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos**, 1989.

NAKAZATO, K. MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO TPM. JAPÃO: JIPM, JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. 1999

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção além da produção**. Bookman, 1997.

REIS, R. ; BARCELOS, M. A. ; MACHADO, M. M. . IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIA DE TRABALHO PARA ZERO PERDAS EM INDÚSTRIA DO GÊNERO ALIMENTÍCIO. IN: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017, CATALÃO. SIENPRO, 2017.

SOUZA, Valdir Cardoso de. Organização e gerenciamento da manutenção: programação e controle de manutenção. 4ª. **São Paulo: All Printe Editora**, 2011.

SLACK, Nigel et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SUZUKI, T. TPM in Process Industries. Tokyo: Japan Institute of Plant Maintenance, 1994.

OSADA, Takahashi; YOSHIKAZU, Takahashi. TPM/MPT–Manutenção Produtiva Total. **São Paulo: IMAN**, 1993.

TONDATO, Rogerio; GONÇALVES, Mirian Buss. Manutenção Autônoma: Um Estudo de Caso.

TURRIONI, J.; MELLO, C; H. PESQUISA-AÇÃO NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. IN: CAUCHICK, P. A. M., METODOLOGIA EM PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E GESTÃO DE OPERAÇÕES. CAMPUS: SÃO PAULO, 2010.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção**. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. In: **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. 1995. p. 384-384.

XENOS, Harilaus G. Gerenciando a manutenção produtiva. **Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial**, v. 171, 1998.

YAMAGUCHI, Hiroki et al. Mutations in TERT, the gene for telomerase reverse transcriptase, in aplastic anemia. **New England Journal of Medicine**, v. 352, n. 14, p. 1413-1424, 2005.

YAMAGUCHI, Carlos Toshio. TPM–Manutenção produtiva total. **São Paulo Del Rei: ICAP**, 2005.