



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE - CAA
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RITA DE KÁSSIA ANDRADE DA COSTA

**UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA CAPDO DERIVADA DO PDCA PARA
AUMENTO DE PERFORMANCE DE MÁQUINA**

Caruaru

2021

RITA DE KÁSSIA ANDRADE DA COSTA

**UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA CAPDO DERIVADA DO PDCA PARA
AUMENTO DE PERFORMANCE DE MÁQUINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Engenharia de Operações e Processos da Produção

Orientador: Dr. Thalles Vitelli Garcez

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

C837u Costa, Rita de Kássia Andrade da.
Utilização da ferramenta CAPDO derivada do PDCA para aumento de performance de máquina. / Rita de Kássia Andrade da Costa. – 2021.
56 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Thalles Vitelli Garcez.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2021.
Inclui Referências.

1. Controle de perdas. 2. Manutenção produtiva total. 3. Melhorias. I. Garcez, Thalles Vitelli (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-133)

RITA DE KÁSSIA ANDRADE DA COSTA

**UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA CAPDO DERIVADA DO PDCA PARA
AUMENTO DE PERFORMANCE DE MÁQUINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Produção do Centro Acadêmico do Agreste – CAA, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Após defesa por videoconferência, a banca examinadora, composta pelos professores abaixo, considera a candidata **APROVADA**.

Caruaru, 26 de agosto de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Isaac Pergher (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Caio Bezerra Souto Maior (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir que tenha chegado até aqui, por ter me dado forças e colocado pessoas tão maravilhosas no meu caminho, as quais foram fundamentais para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Não poderia deixar de agradecer e dedicar esse trabalho a minha mãe, Maria Aparecida, a qual tenho orgulho e admiração da sua força e alegria, sem você mulher, sou nada. Quero agradecer ao meu Pai Cicero (*In memoriam*) a todos os ensinamentos que me foi passado, principalmente sua determinação e fé que as coisas iam dar certo mas que é preciso lutar para tal, como também ao carinho de minha tia Marli (*In memoriam*) transmitido durante todo o ano de pré-vestibular e na vida. Aos meus irmão, meu muito obrigada por sempre me apoiar e acreditar nas minhas escolhas.

Posso dizer que sou muito sortuda, em está concluído esse curso e durante ele, encontrar o amor da minha vida, San e amigos que tenho como irmãos. Amor, muito feliz em te ter na minha jornada de vida e poder contar com você nos meus momentos de certezas e incertezas. É maravilhoso poder contar com você, o seu apoio é, e sempre será muito importante.

Aos meus amigos, em especial os que tiveram no AP103, e a todos os outros amigos que queriam fazer do nosso apartamento uma oficina de estudo. Era maravilhoso ver o desespero coletivo pré prova. Vocês irão sempre está presente na minha vida, afinal, a militância não dorme. De fato, você tornara a caminhada mais leve.

Meu muito obrigada ao professor Thalles Garcez, pela orientação e a todos os professore que faz parte do campos UFPE - CAA, pelos conhecimentos transmitidos e toda contribuição para o desenvolvimento pessoal e profissional.

Por fim, não poderia deixar de agradecer aos meus colegas de trabalho, toda equipe de envase, os ensinamentos diários. São fundamentais no meu desenvolvimento como pessoa e profissional.

RESUMO

As constantes mudanças que ocorrem nos mais diversos ambientes de interação humana, exigem uma sociedade cada vez mais reinventiva, isto para garantir a capacidade de adaptação a dinâmica advindas dessas mudanças. O mundo industrial não pode ficar de fora, já que se exige desse setor novas formas de deixar os negócios rentáveis e produtivos. A redução das setes perdas apresentada no Lean Manufacturing, e a implementação de sistemas de gestão que minimizem tais desperdícios são exemplos de soluções inventivas utilizadas pelas organizações na busca da melhoria de sua capacidade competitiva. A metodologia de gestão TPM (*Total Productive Maintenance*) também se enquadra nessa percepção, composta por oito pilares bases, orientada na busca da produtividade, da zero quebra, do zero defeito de qualidade e do zero acidente em todos os elos organizacional, a gestão TPM e todas as suas ferramentas apresentam-se uteis para uso nos mais diversos problemas empresariais. Este trabalho, portanto, visa aplicar a ferramenta CAPDO (*Check, Action, Plan, Do*), instrumento da gestão TPM, encontrada no pilar de melhoria específica. Assim, o presente trabalho de conclusão de curso, tem como objetivo reduzir as perdas encontrada através do estudo analítico do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), em um processo de envase de bebida. O estudo foi formulado a partir de dados previamente disponibilizados pela gestão organizacional da empresa em questão, e com uso de ferramentas analíticas da ferramenta CAPDO, foi possível estabelecer resultados assertivos. Conclui-se, portanto que o objetivo principal deste trabalho foi alcançado.

Palavras-chave: TPM. Melhoria Específica. CAPDO. Redução de perda.

ABSTRACT

The constant changes that occur in the most diverse environments of human interaction, require an increasingly reinvented society, in order to guarantee the ability to adapt to the dynamics resulting from these changes. The industrial world cannot be left out, as this sector requires new ways to make business profitable and productive. The reduction of the seven losses presented in Lean Manufacturing and the implementation of management systems that minimize this waste are examples of inventive solutions used by organizations seeking to improve their competitive capacity. The TPM (Total Productive Maintenance) management methodology also fits into this perception, consisting of eight basic pillars, oriented towards the pursuit of productivity, zero breaks, zero quality defects and zero accidents in all organizational links, the management TPM and all of its tools are useful for use in the most diverse business problems. This work, therefore, aims to apply the CAPDO (Check, Action, Plan, Do), a TPM management tool, present in the specific improvement pillar. Thus, this course conclusion work aims to reduce the losses found through the analytical study of the OEE (Overall Equipment Effectiveness), indicator, in a beverage filling process. The study was formulated from data previously made available by the organizational management of the company in question, and with the use of analytical tools from the CAPDO tool, it was possible to establish assertive results. Therefore, it is concluded that the main objective of this work was achieved.

Keywords: TPM. Specific Improvement. CAPDO Loss Reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Atividades <i>Lean</i>	15
Figura 2	–	Integração do TPM com todos os departamentos organizacionais	15
Figura 3	–	Resumo da evolução do TPM no mundo	18
Figura 4	–	Os oito pilares da TPM	20
Figura 5	–	Educação e Treinamento	25
Figura 6	–	Análise PM	29
Figura 7	–	Ciclo PDCA	31
Figura 8	–	Fluxograma do processo de envase de bebidas	39
Figura 9	–	Estratificação do indicador OEE	40
Figura 10	–	Estratificação do Indicador de performance	41
Figura 11	–	Estratificação do equipamento encaixotadora	41
Figura 12	–	Estratificação de perda por SKU	42
Figura 13	–	Lição de um ponto (LUP)	46
Figura 14	–	Ação do plano ver e agir	47
Figura 15	–	Análise de causa do fenômeno	48
Figura 16	–	Consolidação de Resultado	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Etapas do ciclo CAPDO	32
Quadro 2	–	Questionamento do Problema 1	33
Quadro 3	–	Amostra de indicadores para avaliação de resultados de produção	35
Quadro 4	–	Perdas por baixa eficiência	36
Quadro 5	–	Definição inicial do CAPDO	43
Quadro 6	–	Definição do Fenômeno	43
Quadro 7	–	Plano de Ação Ver e Agir	45
Quadro 8	–	Plano de ações da análise de causa	49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAPDO - Check, Action, Plan, Do (Checar, Agir, Planejar, Fazer)

OEE - Overall Equipment Effectiveness (Eficácia Geral do Equipamento)

PDCA – Plan, Do, Check, Act (Planejar, Fazer, Checar, Agir)

PM - *Preventive Maintenance* (Manutenção Preventiva)

SKU - *Stock Keeping Uni* (Unidade de Manutenção de Estoque)

SMED - *Single Minute Exchange of Dies* (Troca Rápida de Ferramenta)

TPM - *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVAS	12
1.2	OBJETIVO GERAL	14
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	PAPEL DO TPM NO LEAN MANUFACTURING	15
2.2	EVOLUÇÃO DO TPM	16
2.3	EVOLUÇÃO DO TPM NO BRASIL	22
2.4	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)	23
2.4.1	Pilares do TPM	26
2.4.1.1	<i>Pilar Manutenção Autônoma (MA)</i>	<i>19</i>
2.4.1.2	<i>Pilar Manutenção Planejada (MP).....</i>	<i>21</i>
2.4.1.3	<i>Manutenção da Qualidade</i>	<i>21</i>
2.4.1.4	<i>Gestão Antecipada</i>	<i>23</i>
2.4.1.5	<i>Treinamento de Habilidades da Operação e Manutenção</i>	<i>23</i>
2.4.1.6	<i>Melhoria Específica (ME)</i>	<i>24</i>
2.4.1.7	<i>TPM Administrativo</i>	<i>26</i>
2.4.1.8	<i>TPM – Segurança, Higiene e Meio Ambiente</i>	<i>27</i>
2.5	FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PILAR DE ME.....	28
2.5.1	Análise PM (<i>Phenomenon, Physical, Mechanism</i>)	28
2.5.2	Estratificação	29
2.5.3	Diagrama de Pareto	29
2.5.4	Cinco Por Quês	30
2.5.5	PDCA	30
2.5.6	CAPDO	32
2.5.6.1	<i>Check C (Verificação)</i>	<i>33</i>
2.5.6.2	<i>Action A (Ação)</i>	<i>34</i>
2.5.6.3	<i>Plan P (Planejar).....</i>	<i>34</i>
2.5.6.4	<i>Do (Fazer).....</i>	<i>34</i>
2.5.7	OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)	35

3	METODOLOGIA.....	37
4	ESTUDO DE CASO.....	38
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	38
4.2	ANÁLISE OEE	39
4.3	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO (CHECK 1)	40
4.4	INCONVENIÊNCIAS E DISPOSIÇÕES IMEDIATAS (CHECK 2)	44
4.5	ANÁLISE DE CAUSA (ACTION 3)	48
4.6	PLANEJAMENTO DAS AÇÕES (PLAN 4)	49
4.7	IMPLEMENTAÇÕES DO RESULTADOS (DO 5)	50
4.8	VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS (DO 6)	51
4.9	CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS (DO 7)	51
5	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual do mundo é marcado por ondas de incertezas e mudanças, não só no seguimento industrial, mas em todo ambiente social, ambiental e econômico. Novas formas de empregos, novas exigências para maior rentabilidade dos negócios, reinvenção social para subsistência humana em um mundo cada vez mais instável, e isto se agravou ao se compreender o novo desafio pandêmico instaurado. E o mundo industrial não iria ficar de fora desse grande impacto, se antes a sobrevivência do negócio era marcada por desafios da globalização, tecnologia e da competitividade, hoje eles são ainda maiores frente ao retrocesso econômico.

Com a redução do poder de aquisição das pessoas, as opções por bens de consumo se tornaram mais exigentes, optando-se por produtos com maior qualidade e preços competitivos. E uma das saídas inteligentes que puderam ser adotadas pelas empresas para evitar perda de mercado e problemas financeiros, foi buscar a implementação de sistemas de gestão que minimizam tais prejuízos, de modo a tornar o processo produtivo, seguro e rentável.

E uma das opções de metodologia disponível hoje no mercado é o TPM (*Total Productive Maintenance*). Considerada uma metodologia colaborativa, capaz de identificar oportunidades de melhoria e eficiência em toda organização, além de garantir um ambiente seguro, operações estáveis e a com baixo custo (SUZUKI, 1994; AGUIAR et al., 2019).

O TPM é que uma metodologia robusta, estruturada em oito pilares, que são: manutenção autônoma, manutenção planejada, manutenção da qualidade, gestão antecipada, educação e treinamento, melhoria específica, segurança e meio ambiente, e administrativo. Onde elas buscam a excelência nas diversas áreas de atuação da organização, com a eliminação de perdas, aumento de produtividade, com otimização de ativos organizacionais e formas para atingir a quebra, o defeito e o acidente zero.

Com isso, o presente trabalho, objetiva mostrar um pouco sobre os pilares de TPM e sua evolução, como também, utilizar uma das ferramentas do pilar de melhoria, o CAPDO, para desenvolvimento de estudo de caso, para identificar os possíveis ganhos de desempenho e redução de perdas por pequenas paradas, em uma linha de envase de bebidas.

1.1 JUSTIFICATIVAS

Para a manutenção de um negócio sustentável e competitivo, faz-se necessário não somente encontrar ferramentas que alcancem esses objetivos, mas que sejam coerentes com a realidade da empresa, através de padronização de processo, por implementação de metodologias de melhoria, ou mesmo pela minimização de atividades que não geram valor ao negócio, entre outros meios. Ou seja, não dá para ser competitivo e ganhar mercado se a organização não estiver sempre em busca das melhores práticas de funcionamento.

Segundo Slack *et al.* (2018), o desempenho da produção pode ser crucial para o sucesso ou fracasso de uma organização, tudo dependerá da forma como esta organização responde as necessidades do cliente, do modo como gerencia e desenvolve as atividades industriais, de forma a está à frente de seus concorrentes.

A busca contínua pela minimização de desperdício, ou melhor, sua mitigação, tem as raízes no *Lean Manufacturing*, que é considerada uma filosofia necessária para todos os modelos enxutos de gestão. (DENNIS, 2008) Quando se fala em desperdício, fala-se em qualquer tipo de atividade que não agrega valor ao produto ou serviço final. Mas também quer dizer que o cliente não está disposto a pagar por atividades que não agregam valor, ou não sabem da existência de tais desperdícios, a exemplos, eles podem ser vistos como movimentações, espera, retrabalho, estoque, que existem nos processos e que devem ser mitigadas, a fim que não impactar no serviço ou produto final (DENNIS, 2008).

Além disso, Segundo Ohno (1988), pode se considerar que capacidade de um sistema de produção é igual à soma do trabalho que gera valor real com o desperdício. Ou seja, para que se consiga aumentar a eficiência de um processo é necessário reduzir desperdício. Na metodologia do TPM, eficiência significa tornar zero as interrupções dos equipamentos, de modo a maximizar não somente a disponibilidade equipamentos, mas também prevenir todos os tipos de perdas, assegurando-se zero acidentes, zero defeitos e zero falhas (SUZUKI, 1994). Uma das formas de se fazer o monitoramento das interrupções e do estado atual dos equipamentos de uma organização, é através do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), onde as informações extraídas através deste indicador fornecem base para as análises de performance, disponibilidade, qualidade e possíveis melhorias.

O presente trabalho utiliza das informações extraídas desse indicador para encontrar a causa raiz de um fenômeno que geram recorrentes incidências de pequenas paradas em uma linha de envase de bebida. Os dados em estudos estão compreendidos entre o ano de 2019 e junho de 2020. Com a análise desses dados é possível identificar o pior equipamento que causou 1084 interrupções do processo, além da motivação para a geração do problema que

causa com 362 interrupções, sendo 190 interrupções quando se está produzindo o produto SKU 1 de maior rentabilidade para empresa, dentro do intervalo de dados analisados

A partir dessa análise no indicador, é possível visualizar as grandes oportunidades de melhorias a fim de eliminar os desperdícios gerados pelas perdas com tombamentos de garrafas na encaixotadora, ou seja, propor uma análise e soluções com base na metodologia do TPM.

1.3 OBJETIVO GERAL

Analisar o indicador OEE de uma linha de envase visando identificar o equipamento que gera maior perda no processo, com o objetivo de aplicar ferramentas do pilar de melhoria específica a fim de gera ações que diminua perda do processo.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o mapeamento do processo de envase;
- Analisar quantitativamente e qualitativamente o indicador OEE com estratificações;
- Investigar as possíveis perdas do processo que estão afetando o indicador;
- Elabora a árvore de perda do equipamento em estudo;
- Estruturar o projeto na ferramenta CAPDO;
- Propor ações que diminua a perda identificada.

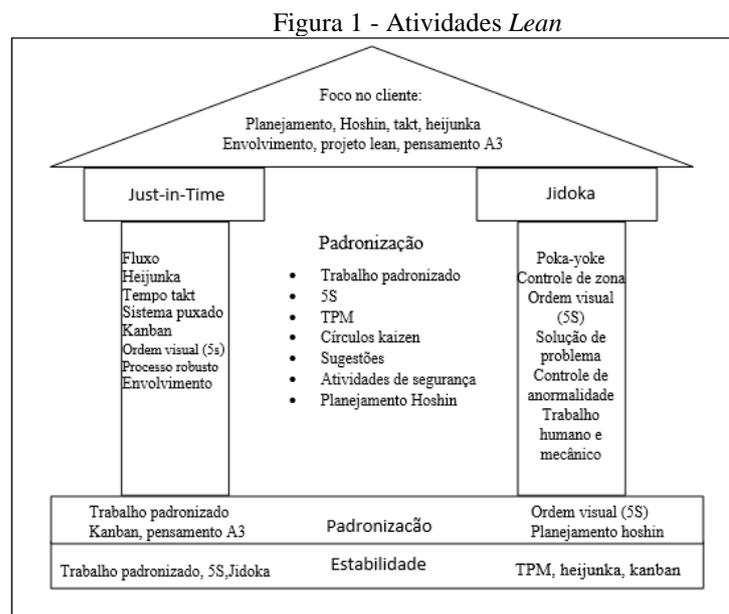
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo, serão abordados e relacionados os embasamentos teóricos com visões de diferentes autores, com relação aos assuntos do presente trabalho e que dará suporte para o desenvolvimento dos capítulos subsequentes.

2.1 PAPEL DO TPM NO LEAN MANUFACTURING

O sistema Toyota de Produção está relacionado com a adoção de sistema que integraliza todas as áreas de uma organização, de modo a fazer mais com menos, ou seja, menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinário, menos material e ao mesmo tempo sem fazer cortes bruscos na equipe muito menos sucatear os orçamentos de manutenção e ainda assim com capacidade de entregar aos clientes respostas as necessidades que geram (DENNIS, 2008).

Com o processo de evolução empresarial, as práticas, as ferramentas e as metodologias foram aprofundadas, técnicas como o sistema 5S, idealizado por Hiroyuki Hirano, *Total Productive Maintenance* (TPM) por Seiichi Nakajima, Fluxo Contínuo por *Keniche Sekine*, *Single Minute Exchange of Die* (SMED) por Shigeo Shingo, são alguns exemplos da evolução tecnológica e ferramental (DENNIS, 2008). Porém, a de se atentar, por vezes, as organizações não entendem os fundamentos de tais ferramentas ou as aplicam de modo insatisfatório o que fomenta resultados indesejados (DENNIS, 2008), a figura 1 mostra como o processo deve ser organizado.



Fonte: adaptado de DENNIS (2008)

Assim, compreende-se que os sistemas conversam em uma rede de informações, e o TPM tem um papel fundamental nesse processo, pois é responsável por manter o sistema produtivo estável, ou seja, sem interrupções e defeitos. Além disso, representa uma mudança de pensamento, sai da cultura onde o equipamento quebra e os mantenedores consertam e lubrificam para a concepção da responsabilidade pela funcionalidade do equipamento e por seu desempenho (DENNIS, 2008).

2.2 EVOLUÇÃO DO TPM

A manutenção preventiva foi introduzida no Japão, advinda dos Estados Unidos, no pós-segunda guerra quando as indústrias japonesas estavam retomando seus processos, tiveram seu primeiro contato com a técnica de manutenção preventiva, surgindo assim os primeiros passos do TPM (SUZUKI, 1994). A primeira empresa a introduzir o programa de manutenção preventiva nos seus processos automatizados foi a Nippondenso, que fazia parte da Toyota, visto pela gerência que usar os operadores das máquinas para ser também o mantenedores dela era muito mais proveitoso do que contratar engenheiros qualificados; pois além da redução de custo, fazia com que os operadores tivessem o conhecimento por completo da máquina, já que por passar maior tempo em contato com a ela o operador seria capaz de detectar mais rapidamente potenciais falhas da máquina e, consecutivamente, reduzisse o números de peças com defeito (AGUSTIADY; CUDNEY, 2016).

O que se viu no Japão foi a incorporação da manutenção preventiva (PM), vindo posteriormente a manutenção produtiva, manutenção planejada (MP) e engenharia da confiabilidade. E o que hoje chamamos de TPM nada mais é do que a manutenção produtiva advinda dos Estados Unidos, modificada e adequada ao ambiente industrial japonês, que hoje é referência (NAKAJIMA, 1988).

Segundo Nakajima (1988), o TPM teve o seu desenvolvimento em quatro etapas:

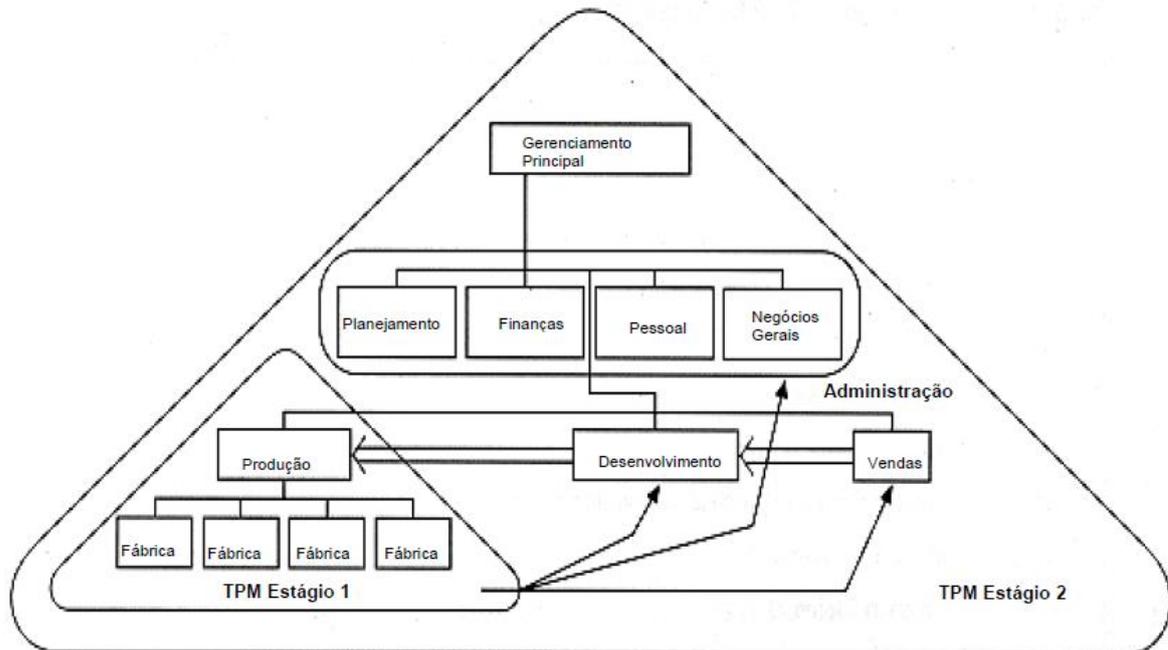
- Etapa 1: Manutenção por quebra (*Breakdown Maintenance*) – pode-se considerar nesse primeiro momento que existia, a princípio, a manutenção pela quebra, mas que se encaminhava para introdução da manutenção preventiva advinda dos EUA;
- Etapa 2: Manutenção preventiva (*Preventive Maintenance*) – foi estabelecida a manutenção preventiva, com aplicação estilo americano, em uma primeira empresa no Japão. Neste mesmo período, 20 empresas se unem para formar um

grupo de pesquisa de PM (*Japan Institute of Plant Maintenance* - JIPM) e em 1958 Geoger Smith (U.S) vem ao Japão para promover o PM;

- Etapa 3: Manutenção Produtiva (*Productive Maintenance*) – nesse período, é tido o reconhecimento e a importância da confiabilidade, manutenção e eficiência econômica no projeto da planta, surge, assim, teorias relacionadas à engenharia da confiabilidade, engenharia de manutenção e engenharia econômica, como também o Japão tem seu primeiro reconhecimento com o prêmio PM em 1964 e participações em convenções em Londres e Nova Iorque, é criado nesse período outro instituto de pesquisa (*Japan Institute of Plant Enginers* - JIPE);
- Etapa 4: Manutenção Produtiva Total – TPM - alcançando a eficiência da PM por meio de um sistema abrangente baseado no respeito pelos indivíduos e na participação total dos funcionários e de todas as áreas, o conceito de eficiência se estende e passa a englobar não apenas eficiência de máquina como também de processo e rotinas administrativas, envolvendo toda a organização e áreas. Nesse período, o Japão já era referência no TPM.

Segundo Suzuki (1994), essa evolução e adaptação da manutenção ao longo do tempo, indica que a manutenção deixou ter uma abordagem apenas do estado físico do equipamento e passou para um tipo de manutenção que engloba redução de quebra, prevenção, confiabilidade, melhoria, comunicação com áreas administrativas, desenvolvimento de produto e departamento de vendas, a fim de aumentar as eficácias das atividades de forma a considerar um só resultado para todos, como é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Integração do TPM com todos os departamentos organizacionais



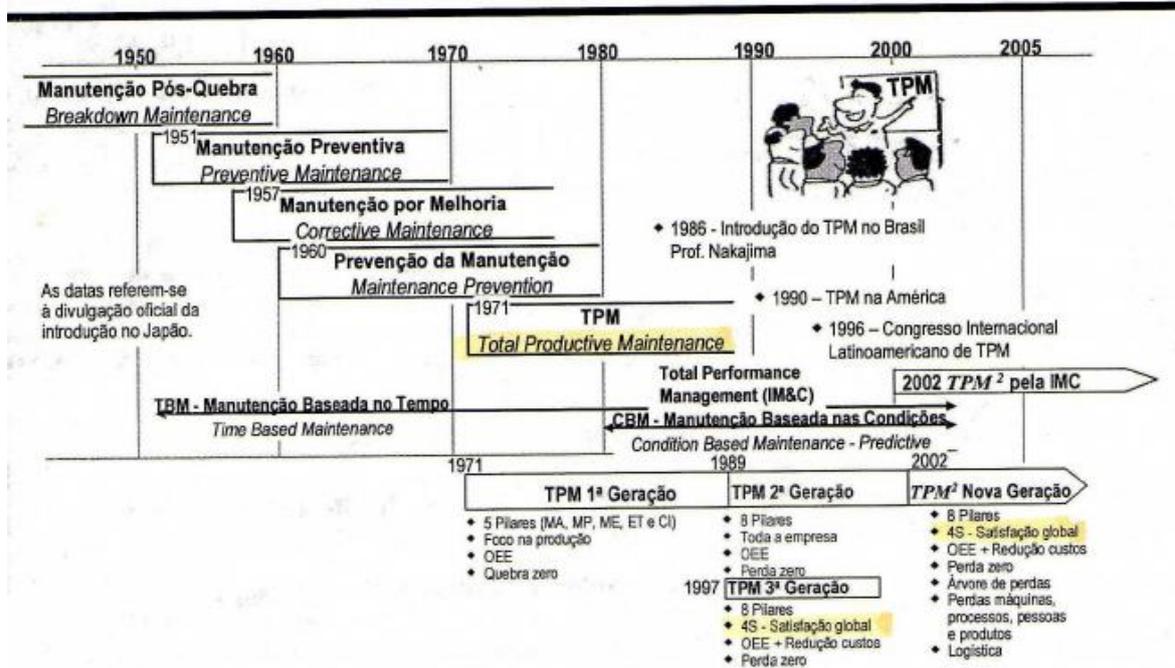
Fonte: Adaptado de SUZUKI (1994)

Nesse momento, o primeiro estágio do TPM está ligado apenas à função produção, já o segundo estágio do TPM está integrando às áreas de apoio com a função produção, que é quando a manutenção amplifica seu horizonte de alcance, ou seja, além do atendimento e estabelecimento da manutenção preventiva, ela estende a gestão para outras áreas como é visto na Figura 2 acima, a fim de garantir a eficiência das operações em todos os níveis da empresa.

2.3 EVOLUÇÃO DO TPM NO BRASIL

Desde a primeira visita do prof. Seiichi Nakajima em 1986 ao Brasil, para realização da premiação TPM Awards do instituto JIPM. A Figura 3 mostra em resumo a evolução do TPM no mundo, o Brasil vem demonstrando interesse pela metodologia TPM. Um dos fatores que contribuiu para a disseminação de interesse e conhecimento pela metodologia foram os esforços advindos de uma empresa de consultoria, IM&C Internacional de São Paulo, com fins lucrativos que realizava fóruns, cursos de capacitação e disponibilização de materiais de acordo com os critérios da JIPM (CARRIJO; TOLEDO, 2005).

Figura 3 - Resumo da evolução do TPM no mundo



Fonte: Adaptado de Marinheiro (2013)

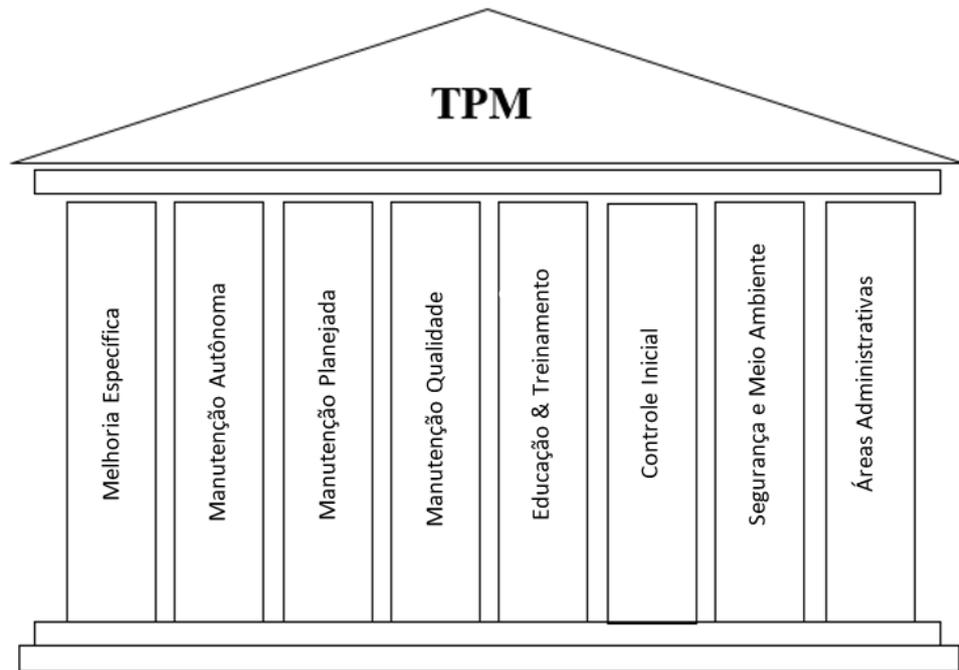
Outras empresas também foram responsáveis pela disseminação do TPM no Brasil, das quais já estavam com a metodologia consolidada e serviram de benchmarking. Ao fim da década de 90, o instituto IBTPM (Instituto Brasil TPM), uma organização sem fins lucrativo, teve grande importância na disseminação de conhecimento do TPM, compartilhando boas práticas do TPM de empresas nacionais e internacionais que já haviam implementado o TPM e eram reconhecidas com a premiação do TPM Awards da instituição JIPM (CARRIJO; LIMA, 2008).

2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

O desafio de qualquer metodologia de gestão é ser traduzido para as particularidades de cada organização, de modo que ela se adapte à atual realidade organizacional e não perca sua essência de funcionamento. Segundo Suzuki (1994), antes de qualquer mudança e implementação de metodologia é essencial o comprometimento da alta gerência, de modo a providenciar todo suporte físico e organizacional que irá surgir como necessidade durante o processo de implementação, com metas claras e bem definidas para todas as partes interessadas. Esse processo de implementação conta com oito principais pilares de implementação, que devem ser apropriadamente supervisionados e conter, cada qual, um

plano de atividades de modo a serem seguidas para que se alcance a meta geral estabelecida pela alta gerência (SUZUKI, 1994), os pilares são mostrados na Figura 4.

Figura 4 - Os oitos pilares da TPM



Fonte: Adaptado de Ribeiro (2014)

Os pilares, da Figura 4, representam os 8 pilares integrantes do TPM, onde cada pilar tem seu próprio conjunto de etapas (*steps*) a serem alcançadas, que engloba atividades específicas de cada pilar, onde juntos irão alcançar a meta estratégica inicial com a implementação do TPM, combater de forma estruturada os desperdícios e alcançar uma maior produtividade.

2.4.1 Pilares do TPM

Como é possível observar, os pilares são a sustentação da metodologia TPM, ou seja, cada pilar tem sua importância para o funcionamento da metodologia, e eles serão apresentados a seguir.

2.4.1.1 Pilar Manutenção Autônoma (MA)

Segundo Xenos (1998), a manutenção autônoma é uma estratégia com o intuito de envolver os operadores com cuidados diários do equipamento; de forma a desenvolvê-los e capacitá-los com atividades simples de manutenção, como reaperto, lubrificação e limpeza, de tal modo que eles consigam detectar anomalias no seu equipamento em estágio inicial, antes

que ela resulte em uma falha no processo ou equipamento. É uma forma de despertar interesse do operador no equipamento, dado que ele irá ser responsável por atividades de pequenos reparos e um momento de conhecimento homem-máquina.

Segundo Suzuki (1994), as atividades de manutenção autônoma são implementadas em sete etapas, ou seja, existe um conjunto de atividades para cada passo a ser alcançado, onde cada etapa depende inteiramente da condição atual de atendimento de atividades que conduzem à evolução para a próxima etapa. Essa análise é feita por sistemas de auditorias e padrões que irão informar a sua condição atual e a aprovação, ou não, para os passos seguintes, que são:

- Passo 1: Realização de limpeza inicial – O objetivo é prevenir a degradação acelerada do equipamento através de sujeiras, com ações de limpeza de pontos com fácil acesso no equipamento, sempre com o olhar investigativo, em busca de possíveis reparos para ação imediata ou de programação, expondo dessa forma as condições não básicas de funcionamento do equipamento;
- Passo 2: Identificação das fontes de sujeiras de difícil acesso – Aumentar a confiabilidade do equipamento com a eliminação de sujeiras, inspeção e lubrificação em lugares de difícil acesso, de forma a trazer maior acessibilidade para estes locais;
- Passo 3: Estabelecer padrão de limpeza, lubrificação e reaperto – A partir de controle visual de limpeza, lubrificação e reaperto de acordo com as necessidades do componente da máquina, de forma a manter o avanço dos passos anteriores. Esse padrão deve conter, o que deve ser inspecionado, qual método a ser utilizado, periodicidade das atividades (diário, semanal, mensal ou anual), responsável, entre outros;
- Passo 4: Inspeção geral do equipamento – Fornecer suporte técnico para que as inspeções sejam baseadas nos manuais, de forma a proporcionar um maior acesso as inspeções de pontos críticos, para que se possa melhorar a confiabilidade do equipamento e das inspeções de modo que qualquer pessoa seja capaz de realizar estas atividades através de controles visuais e especificações dos manuais versus equipamento;
- Passo 5: Inspeção geral do processo – Desenvolver as competências de processo do operador, para facilitar inspeções autônoma e identificar pontos de melhoria no equipamento;

- Passo 6: Manutenção autônoma sistêmica – Consolidar os procedimentos de manutenção tornando-os claros e confiáveis; revisar os planos de manutenção dos equipamentos na busca por melhorias, além estabelecer um fluxo de autogestão do sistema;
- Passo 7 Gestão autônoma – Manter e monitorar os registros de falhas de equipamentos para redução de custos e melhorias que garantam a segurança do operador, além da manutenibilidade, confiabilidade, qualidade e operabilidade do equipamento.

2.4.1.2 Pilar Manutenção Planejada (MP)

Segundo Suzuki (1994), a manutenção planejada garante o bom desempenho do equipamento durante sua vida útil. Ou seja, garante planos de manutenção ativos, revisados e melhorados para garantir as básicas condições de funcionamento do equipamento com a prevenção de possíveis paradas. Porém, a gestão planejada de máquinas é algo que nem toda empresa consegue vivenciar, mas é somente através dessa gestão que é possível usufruir efetivamente da vida útil do equipamento (CONEGLIAN *et al.*, 2017).

Um ponto importante na manutenção planejada é elaborar e implementar as várias atividades e relacioná-las com a gestão do tempo, as atividades específicas de cada passo (SUZUKI, 1994), podem ser descritas em:

- Passo 1: Avaliar e entender a condição inicial do equipamento;
- Passo 2: Restaurar equipamento e corrigir os pontos fracos;
- Passo 3: Construir um sistema de gerenciamento de informação;
- Passo 4: Manutenção periódica;
- Passo 5: Manutenção preditiva;
- Passo 6: Avaliar Sistema de manutenção planejada.

2.4.1.3 Manutenção da Qualidade

Os processos industriais estão mais automatizados, e isto está relacionado diretamente à intervenção humana. Com isso, a manutenção da qualidade tem papel fundamental em manter a qualidade do produto através da eficácia do equipamento, e não mais pelo método (SUZUKI 1994).

Segundo Agustiady e Cudney (2016), o objetivo desse pilar está em atacar as não conformidades geradas no processo, para identificar quais partes do equipamento estão relacionadas com a geração de não conformidade e da qualidade do produto.

Segundo Suzuki (1994), o papel da manutenção da qualidade é analisar o processo, identificar e manter as condições livres de defeitos. Os passos desse pilar podem ser descritos em:

- Passo 1: Matriz SQ – Analisar a relação de qualidade com os processos, ou seja,
- investigar os modos de defeitos, os processos e subprocessos onde acontece as anomalias, como também a gravidade, para eliminar a fonte de defeito de qualidade;
- Passo 2: Análise das condições das variáveis de processo – Após a elaboração da matriz SQ, verifica-se a existência de padronização das variáveis do processo, que quando identificadas, não provocam defeito. Para isso, é necessário realizar as condições dos 4M para cada variável;
- Passo 3: Preparar um gráfico dos problemas – Esclarecer as condições das variáveis de processo para os problemas, atuar com ver e agir com problemas caso não seja possível determinar contramedidas. Utilizar ferramentas da qualidade para investigação dos problemas e traçar ações com prazos bem definidos de resolução;
- Passo 4: Avalie a gravidade dos problemas (FMEA 1 – Análise de Modo e Efeito de Falha) – Priorizar os problemas de acordo com seu respectivo impacto no modo de defeito de qualidade, servirá de base para priorização das ações a serem tomadas;
- Passo 5: Análise P-M para localizar as causas dos problemas – Definir o fenômeno dos problemas de maior criticidade mapeado na etapa anterior e investigar utilizando a Análise P-M, que consiste em uma ferramenta robusta de eliminação de perdas que estão entre 1 – 5%;
- Passo 6: Avalie o impacto das contramedidas propostas (FMEA 2) – Avaliação do passo 5, após as contramedidas utilizando-se o FMEA;
- Passo 7: Implementação de melhorias – Com base na FMEA das ações propostas, faz-se a implantação das contramedidas que se espera ter maior impacto na busca do defeito zero;

- Passo 8: Revisão das condições das variáveis de produção – Verificar as variáveis do processo do passo 2. Percepção se estão adequadas e corretas após as atividades realizadas anteriormente, caso não, devem ser revisadas e atualizadas de modo a garantir as condições para defeito zero;
- Passo 9: Consolidação e confirmação dos pontos de verificação – Consolidar os pontos do passo 8 em uma matriz de verificação da qualidade, denominada matriz QM (Manutenção da Qualidade);
- Passo 10: Tabela de controle de componentes da qualidade – Os pontos críticos identificados no requisito qualidade devem ser inseridos na tabela de controle das condições. Esses pontos serão chamados de ponto Q, ou seja, pontos que, fora do padrão, interferem na qualidade.

2.4.1.4 Gestão Antecipada

Esse pilar busca a eficiência dos equipamentos em nível de projetos, ou seja, a aquisição de novos ativos ou projeção de equipamentos que garantam um custo de vida útil e econômico, além da eliminação de áreas de difícil acesso para a manutenção e produção, com redução tempo de intervenção e setup com uma maior confiabilidade (SUZUKI, 1994).

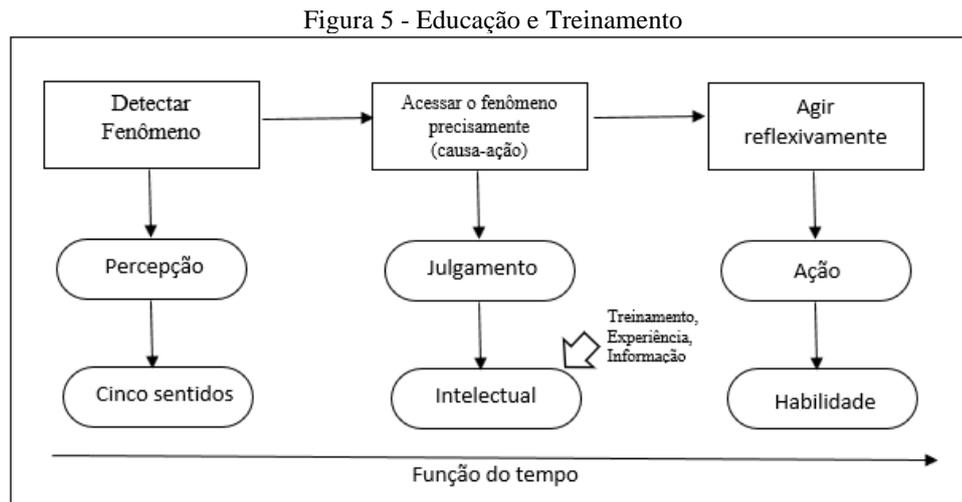
Segundo Ribeiro (2014), o objetivo desse pilar é desenvolver projetos que permitam encontrar confiabilidade aceitável de equipamentos, fácil acesso de operação e manutenção, levando em consideração custo, instalação e segurança. O autor também argumenta que, um dos grandes erros cometidos neste pilar é a falta de envolvimento dos mantenedores e operadores, pois os mesmos só são envolvidos quando o projeto já está pronto; como também, considerar apenas os custos de aquisição de novos equipamentos sem considerar custo de operação, manutenção, treinamento, estoque de sobressalentes, reforma e ferramentas.

2.4.1.5 Treinamento de Habilidades da Operação e Manutenção

Para que o TPM seja implementado, ele exige uma mudança cultural significativa e que é fundamental para seu funcionamento, assim gerando a necessidade de capacitação das pessoas para que estas acompanhem as mudanças nas suas funções, de forma a continuarem aptas e motivadas em suas atividades (RIBEIRO, 2003).

Segundo Suzuki (1994), para se chegar ao ponto de cooperação, avanço tecnológico a nível de equipamento e inovação de gerenciamento que o TPM exige, é necessário ter pessoas

competentes que entendam intimamente suas ferramentas, ou seja, é necessário a capacitação de todas as pessoas no ambiente organizacional, com isso o importante na capacitação é identificar o nível de conhecimentos necessário das atividades em termo de tecnologia, competência e conhecimento, para que se construa uma base de conhecimento levando em consideração termos práticos e teóricos em busca de desenvolver nas pessoas sentidos de percepção, ver e agir com prontidão, como mostra a Figura 5.



Fonte: Adaptado de SUZUKI (1994)

O pilar educação e treinamento não está apenas relacionado a aplicar capacitação, mas sim a propagá-la em local de trabalho, buscando promover o autodesenvolvimento e a disseminação de conhecimento através das pessoas, ou seja, treinar gerentes para planejar, desenvolver o staff de manutenção para apoiar operadores nas atividades de manutenção autônoma, e treinar líderes dos pequenos grupos e operadores a reconhecerem anomalias durante as atividades de rotina diária (RIBEIRO, 2014).

2.4.1.6 Melhoria Específica (ME)

Conforme Suzuki (1994), as atividades do Pilar de Melhoria Específica devem ser tratadas como prioridade em qualquer programa de implementação do TPM, essas atividades se iniciam logo após o lançamento do TPM em uma organização. Isso porque a melhoria específica tem como objetivo maximizar a eficiência dos processos, equipamentos e da planta através da eliminação das perdas em todos os processos, proporcionando com isso um aumento de desempenho.

As principais atividades ligadas ao pilar de melhoria específica, segundo Ribeiro (2014) são:

- Conhecer as grandes perdas;
- Definir as perdas;
- Elaborar a Árvore de perda;
- Aplicar técnicas analíticas para análise de causa;
- Utilizar a metodologia (MASP, CAPDO, DIMAC, FMEA etc.) para eliminar as grandes perdas;
- Priorizar a eliminação das grandes perdas;
- Contabilizar as melhorias implementadas;
- Fomentar a implementação das melhorias de forma horizontal;
- Treinar e capacitar nas ferramentas do ME.

Para que possamos propor melhorias, inicialmente deve-se conhecer de fato o processo e suas limitações, e garantir que estejam funcionando na condição básica do equipamento ou processo. Suzuki (1994) apresenta que o time de melhorias deve se preparar da seguinte forma:

- Compreender qual é a filosofia da melhoria específica;
- Compreender o significado de perda e as razões por trás da melhoria;
- Compreender o processo e seus princípios básicos;
- Coletar informações sobre falha, problemas e perdas;
- Esclarecer as condições básicas necessárias para assegurar um bom funcionamento;
- Compreender as técnicas para analisar e reduzir falhas e perdas;
- Acompanhar o processo de perto a fim de compreender o que realmente está acontecendo.

O processo de implementação da melhoria específica é sistêmico, assim como os outros pilares do TPM, composto por 7 passos de implementação que serão mostrados a seguir, com um grupo multidisciplinar cuidadosamente planejado e monitorado. A melhoria focada tem como objetivo eliminar todos os tipos de perdas, como fica evidenciado nos tópicos acima, através das suas identificações e quantificação em termos monetários com a utilização da árvore de perda.

Conforme descreve Suzuki (1994), os passos para implementação do pilar são:

- Passo 0: Seleção do tópico de melhoria – o primeiro passo é escolher o tópico e avaliar sua dificuldade, posteriormente desenvolver o planejamento das atividades e a formação de um time multidisciplinar;

- Passo 1: Entender a situação – Identificação das perdas, falhas e gargalos do processo a partir do estudo deste, observação das anomalias e medição. E estabelecer metas que sejam possíveis de alcançar;
- Passo 2: Expor e eliminar as anomalias – Exposição de todas anomalias identificadas no passo anterior, corrigindo as pequenas falhas com observação e ação e estabelecendo as condições básicas de funcionamento;
- Passo 3: Análise de causas – Estratificar e analisar as perdas identificada no processo com a aplicação de ferramentas analíticas, caso necessário, se conduz experimentos a fim de aprofundar o conhecimento acerca da perda identificada, seja por vídeo ou análise de causa no local de trabalho;
- Passo 4: Planejar melhoria – Planejamento de ações com prazos e pessoas responsáveis para executá-las. Onde se esboça propostas de melhoria, realiza-se comparações de custo-benefício das propostas e quantifica-se as ações realizadas;
- Passo 5: Implementar melhoria - Efetivar ações do passo anterior, praticando a gestão antecipada com o intuito de evitar novos problemas, a partir da realização de testes e aprovações da equipe responsável pelo equipamento;
- Passo 6: Verificar resultados – Avalie os resultados e verifique se os alvos foram alcançados;
- Passo 7: Consolidar ganhos – Formulação de padrões e instruções de trabalho para consolidação dos resultados. Inclusive ganhos baseados na restauração de condições básicas, os quais é importante que sejam avaliados periodicamente no plano de manutenção, de modo que estes proveitos não sejam perdidos.

Suzuki (1994) conclui que o sucesso para a melhoria específica é uma abordagem simples com a exposição dos pequenos defeitos e restaurando as condições básicas, pois as melhorias só são possíveis com o estrutural bem estabelecido.

2.4.1.7 TPM Administrativo

Neste pilar, busca-se identificar e eliminar perdas relacionados a atividades administrativas que dificultem a tramitação de informações entre as áreas dentro da organização, ou seja, maximizar as atividades dos setores de apoio da produção (MARINHEIRO, 2013).

A função desses departamentos é organizar informações que auxiliam processos decisórios, atividades do departamento de produção e redução de custos, buscando ter respostas rápidas às mudanças de mercado, com isso o TPM tem por objetivo minimizar o tempo de resposta e aumentar a qualidade e precisão das informações que afetam o departamento de produção, seja melhorando a eficiência de departamentos ou capacitando as pessoas (SUZUKI, 1994, p. 235).

O pilar administrativo desenvolve o conceito de que a área administrativa é uma fábrica de serviços para o processo de manufatura e que deve ser tão produtiva quanto. A partir disso, suas atividades devem ser implementadas com base em cinco linhas de ação, como coloca Ribeiro (1994):

- Melhoria específica – Realizar aperfeiçoamentos em suas atividades e procedimentos, de modo a garantir melhorias, racionalização e automatização de procedimentos;
- Educação e treinamento – Desenvolver as pessoas para que elas executem atividades com qualidade e baixo custo. É imprescindível estabelecer um programa de treinamento que cubra todas as especialidades e níveis juntamente com uma matriz de treinamento;
- Flexibilidade – Desenvolver as mais diversas habilidades das pessoas, para que estejam aptas a desenvolver qualquer atividade, de tal modo a tornar o sistema de alocação de recurso flexível de acordo com a necessidade;
- Medida de Desempenho – Estabelecer pontos de avaliação e indicadores de desempenho;
- Manutenção Autônoma – Promover uma cultura proativa nos colaboradores, ou seja, criar uma visão voltada a redução de custo e redução de tempo de execução das atividades de rotina

2.4.1.8 TPM – Segurança, Higiene e Meio Ambiente

Segundo Lopes (2019), inicialmente o pilar tem o dever de garantir a estabilidade dos equipamentos para impedir que gere risco aos operadores e caso exista condição insegura, tratada imediatamente o problema. Deve-se também, fornecer aos operadores treinamentos para que não exerçam procedimentos inadequados que comprometa a segurança individual e coletiva. “Eliminar acidentes e a poluição é uma exigência obrigatória para ganhar o Prêmio PM no Japão [...] Assegurar a confiabilidade do equipamento, de modo a prevenir o erro

humano e eliminar acidentes e poluição são doutrinas básicas no TPM” (SUZUKI, 1994, p. 267).

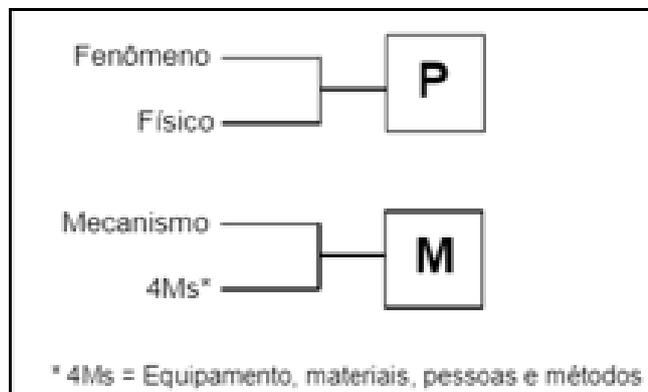
2.5 FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PILAR DE ME

2.5.1 Análise PM (*Phenomenon, Physical, Mechanism*)

Segundo Bochnia (2012), a análise PM é uma metodologia avançada do TPM, que deve ser aplicada a problemas que já foram analisados anteriormente por outras metodologias, mas que sua causa ainda não pôde ser identificada, ou com recorrência de falhas crônicas. Tal análise consiste em 8 passos, dos quais os quatros primeiros são utilizados para determinação da causa raiz do problema e os 4 últimos em forma de conter o problema.

Conforme Suzuki (1994), essa é uma forma de analisar os fenômenos em seus princípios físicos e os mecanismos por trás desses fenômenos, de forma a relacioná-los com as variáveis de produção, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Análise PM



Fonte: Adaptado de Suzuki (1994)

Segundo Ribeiro (2014), a análise PM é particularmente usada para atacar perdas com variáveis inter-relacionadas, como também problemas que não foram solucionados em análises mais simples, em que é necessário reduzir taxa de defeitos de 5% para zero.

O sucesso só é possível se as análises forem bem-feitas, e estas levarem em consideração as leis da física (SUZUKI, 1994), os passos para o sucesso da implementação são os seguintes:

- Passo 1: Clarificar fenômenos – Dividir os fenômenos de acordo com o tipo, onde, como e quando ocorrem, para melhor entendê-los, sem tentar apenas deduzi-los;

- Passo 2: Investigue o problema em princípios físicos envolvidos – Analisar os problemas de acordo com leis e princípios físicos;
- Passo 3: Identifique as condições que produzem o problema – Verificar todas as condições que intensificam o problema;
- Passo 4: Considere as variáveis de produção – Analise a relação entre condições estabelecidas no passo 3 e as variáveis de produção (equipamentos, materiais, mão de obra e métodos);
- Passo 5: Determine condições ótimas – Determine qual a condição ideal para cada fator causal, ou seja, que condição irá prevenir a ocorrência do fenômeno;
- Passo 6: Investigue métodos de mensuração – Definir formas confiáveis de medir a diferença entre o ideal e as condições casuais atuais;
- Passo 7: Identifique deficiências – Identificar quais as condições dos desvios, listando anteriormente;
- Passo 8: Formule e Implemente um Plano de Melhoria – Defina um plano e implemente correções para todos os desvios encontrados.

2.5.2 Estratificação

A estratificação consiste na divisão de informações em subgrupos com base em características distintas, que podem ser: insumo, parada de máquina, medida, pessoas, condições, entre outras. Tratar essas informações advindas do processo produtivo, a fim de identificar variações que estejam interferindo o andamento é uma arma bastante útil na fase de coleta e análise de dados (CARPINETTI, 2012).

2.5.3 Diagrama de Pareto

É uma ferramenta de estratificação de dados que, segundo Carpinetti (2012), estabelece que grandes partes dos problemas analisados advêm de um pequeno grupo de causas, evento chamado de oitenta vinte (80%-20%), onde, oitenta por cento dos problemas estão relacionados a apenas vinte por cento das causas, o que deve gerar poucas ações para eliminar os grandes problemas. Geralmente o diagrama é em gráfico de barras, como será mostrado no estudo de caso, apresentado neste trabalho.

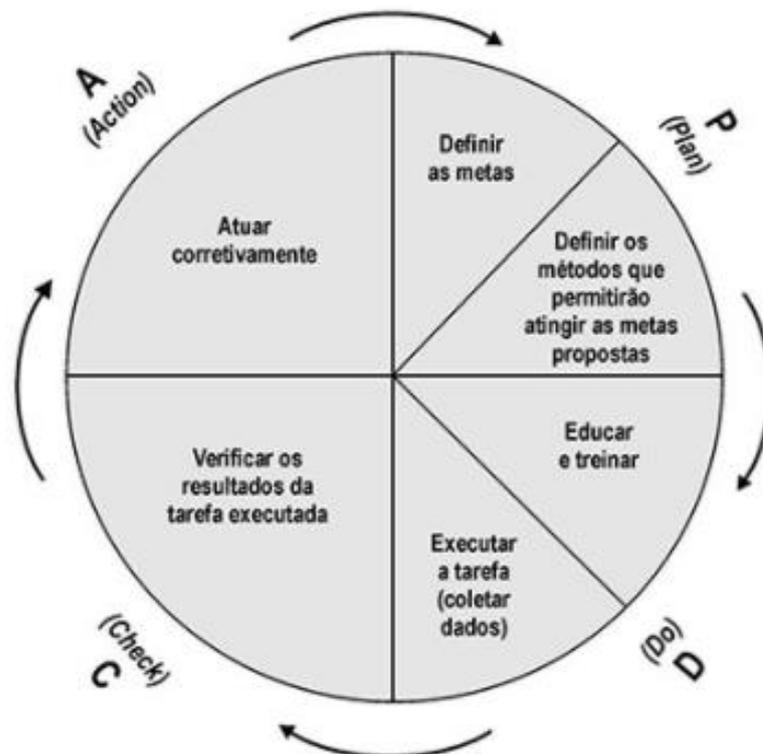
2.5.4 Cinco Por Quês

Segundo Ohno (1988), a base científica do Sistema Toyota de Produção é a indagação do porquê dos fatos, pois, através dela é possível entender o seu estado atual junto aos dados, realizando assim uma busca completa de informação. A indagação é uma forma de descobrir as causas reais de um problema, ou seja, através das reflexões das respostas são construídos pensamentos que vão além das causas imediatas (RIBEIRO, 2014).

2.5.5 PDCA

O ciclo PDCA (P - *Plan*, D - *Do*, C - *Check*, A - *Action*), onde cada letra define uma etapa do método a ser seguida e, segundo Carvalho e Paladini (2012), é um recurso de gestão da qualidade, com etapas claras e bem definidas, como é mostrado na Figura 7, em busca do controle ou da melhoria de um processo. De acordo com Campos (2014), o ciclo PDCA representa um método para prática de controle de processos, composto por quatro fases básicas.

Figura 7 - Ciclo PDCA



Fonte: Adaptada de Campos (2014)

As etapas a serem seguidas, segundo Carvalho e Paladini (2012), são:

- Planejamento (P – Plan): Essa etapa se refere a planejar detalhadamente as ações a serem executadas, que são estruturadas com base no que foi determinado como objetivo a ser atingido através do plano de ação;
- Execução (D – Do): Aqui o propósito é de executar tudo que foi planejado na etapa anterior;
- Controle (C – Check): Essa é a fase de avaliar a etapa anterior, confrontar se a execução das ações atingiu o planejado;
- Ação (A – Act): Nesta fase, os resultados anteriores são avaliados, com a finalidade de definir novas ações a serem planejadas, iniciando mais uma vez o ciclo PDCA, com lições aprendidas, novas metas ou apenas metas que ainda não foram alcançadas e precisam ser replanejadas. De modo a garantir o aperfeiçoamento de forma robusta e organizada.

2.5.6 CAPDO

Segundo Rosa *et al.* (2016), a melhoria nada mais é do que a redução de perdas do processo de forma estruturadas, através da formação de um time multidisciplinar com aplicação da metodologia CAPDO.

O ciclo CAPDO, é uma ferramenta desenvolvida pelos japoneses na década de 80, derivada do ciclo PDCA, onde ela se diferencia por ter o método iniciado da etapa Check (C), que consiste em verificar a condição ou resultados atuais, e estabelecer os trabalhos a partir desse ponto (SAAVEDRA, *apud* HOWELL, 2010).

Já para Bormio *et al.* (2005), a metodologia CAPDO é formada por 7 etapas bem estruturadas, e detalhada no Quadro 1:

- Check (Verificação) – verificar condição atual em relação a condição base de funcionamento;
- Action (Ação) – análise e identificação da causa raiz;
- Plan (Planejar) – planejamentos das ações com determinação de prazos e responsabilidades;
- Do (Fazer) – realização das ações, verificações de resultados e consolidação através de padronização.

Quadro 1 - Etapas do ciclo CAPDO

	Etapa	Descrição
C	1	Diagnóstico de situação
	2	Levantamento da inconveniência e disposições imediatas
A	3	Análise de causas
P	4	Planejamento das ações
Do	5	Implementação dos resultados
	6	Verificação dos resultados
	7	Consolidação dos resultados

Fonte: Bormio *et al.* (2005)

A seguir, será descrito detalhadamente as etapas da metodologia CAPDO utilizada no pilar de melhoria específica do TPM segundo SAAVEDRA (2010).

2.5.6.1 Check C (Verificação)

Nesta etapa, realiza-se o levantamento da situação atual com perdas tangíveis e intangíveis, como também das inconveniências e da clarificação do fenômeno. A situação atual será mostrada através da estratificação das perdas, de forma a dividir as perdas em partes menores, ou seja, sair de um indicador em nível de planta, estratificá-lo em níveis setoriais sucessivamente até chegar ao nivelamento de área.

Isso possibilita maiores ganhos e foco com relação ao trabalho. Em seguida, a etapa realiza o estudo do processo e de seus princípios de funcionamento básicos, onde é gerada a perda, identificada na estratificação inicial, para que consiga entender os desvios, a partir da investigação no seu lugar origem, conhecido como gemba.

Após o estudo realizado do princípio de funcionamento do processo, é possível identificar as variáveis que não estão na condição base. E, para cada uma dela existe um modo de problema que deve ter um fenômeno associado e que é identificado através das respostas da ferramenta da qualidade 5W1H, como é mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Questionamento do Problema 1

1	<i>What</i>	Em que coisa você está vendo o problema? Em qual produto o problema impacto?
2	<i>Where</i>	Onde você está vendo o problema? Em que local, em qual localização do equipamento ocorre o fenômeno?
3	<i>When</i>	Quando você está vendo o problema? Em qual momento ocorre?
4	<i>Who</i>	Problema está relacionado com habilidade ou pessoa? Alguém pode influenciar no resultado, positivamente ou negativamente?
5	<i>Which</i>	De qual modo a tendência está se desenvolvendo? É aleatória ou padrão?
6	<i>How</i>	Como o estado está mudando em relação a condição normal?

Fonte: Adaptado de SAAVEDRA (2010)

Com as respostas das etapas do Quadro 2, obedecendo-se a sequência (6 + 1 + 2 + 3 + 5 + 4) das respostas obtidas, é possível encontrar o fenômeno do estudo. Essa forma de determinar o fenômeno relacionado ao problema em estudo, é crucial para que nenhum aspecto da perda deixe de ser analisado. Após a clarificação do fenômeno se faz necessário verificar se as condições básicas de funcionamento estão estabelecidas, caso não, as disposições imediatas como ações de ver e agir, devem ser realizadas a fim de estabelecer as condições de funcionamento, pois existe a possibilidade de uma ou mais inconveniências seja a causa raiz do fenômeno identificado do problema em estudo. (SAAVEDRA, 2010).

2.5.6.2 *Action A (Ação)*

Nessa etapa, realiza-se a análise de causa, ou seja, determina-se a causa raiz do problema através da aplicação da ferramenta Cinco Porquês ou Diagrama de Causa e Efeito para determinação dessa causa raiz, e isto, a partir do fenômeno identificado na etapa anterior. Para que isto ocorra, a etapa sustenta que se faz necessário entender, detalhadamente, o princípio de funcionamento junto com a equipe multidisciplinar próximo ao local onde ocorre o fenômeno sem desconsiderar nenhuma ideia nesta fase.

2.5.6.3 *Plan P (Planejar)*

Aqui desenvolve-se ações para evitar a ocorrência da causa raiz identificada, através de um cronograma de atividades com base, também, na ferramenta da qualidade 5W2H. Além disso, determina-se as contramedidas e planeja-se atividades da etapa 1 pendente.

2.5.6.4 *DO (Fazer)*

Consiste em implementar e acompanhar os avanços das ações que foram planejadas, além do modo execução das ações e a eficácia delas. Nessa etapa, é fundamental que padrões sejam criados ou atualizados para que os resultados alcançados não sejam perdidos, principalmente se for estabelecimento das condições básicas. Caso a meta não tenha sido alcançada, retorna-se para a etapa de análise da causa e aprofunda-se um pouco mais no processo de identificação (Bormio et al., 2005).

Por último, estabelece-se os ganhos com as atividades realizadas e apresenta-se para toda a equipe os resultados, a fim de mostrar a importância da eliminação de perdas crônicas do processo.

2.5.7 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Utilizado desde o fim da década de 60, a Eficiência Global do Equipamento (OEE) é que um indicador que gerência a eficiência de todas as perdas ligadas ao processo produtivo, em todos os níveis hierárquicos, atuando diretamente ou indiretamente em todas as perdas ligadas a um produto (RIBEIRO, 2014). Esse gerenciamento é feito através de informações obtidas no processo, e está relacionado a equipamentos, materiais, pessoas e métodos.

Esta gestão, portanto, promove a identificação e eliminação das perdas para maximizar os resultados relacionados a produtividade (P), qualidade (Q), custos (C), entrega (D), segurança e meio ambiente (S) e moral (M), conhecida como dimensão PQCDMS (SUZUKI, 1994). O Quadro 3 detalha quais resultados estão relacionados aos indicadores PQCDMS Suzuki (1994).

Quadro 3 - Amostra de indicadores para avaliação de resultados de produção

P (Produção)	<ul style="list-style-type: none"> • Produtividade de trabalho aumentada; • Produtividade de equipamentos aumentada; • Produtividade de valor agregado; • Rendimento de produto aumentado; • Taxa de operação da fábrica aumentada; • Número de empregados reduzidos.
Q (Qualidade)	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa de defeito de processo reduzida; • Reclamações de clientes reduzida; • Taxa de refugo reduzida; • Custo de contramedidas de qualidade-defeito reduzida; • Custo de reprocesso reduzidos.
C (Custo)	<ul style="list-style-type: none"> • Hora de trabalho de manutenção reduzidas; • Custos de manutenção reduzidos; • Custos de recursos reduzidos (consumo unitário reduzido); • Economia de energia (consumo unitário reduzido).
D (Entrega)	<ul style="list-style-type: none"> • Entregas atrasadas reduzidas; • Inventário de produtos Reduzidos; • Taxa de giro de inventário reduzido; • Inventário de partes sobressalentes reduzido.
S (Segurança)	<ul style="list-style-type: none"> • Número de quebras de acidentais reduzido; • Número de outros acidentes reduzido; • Eliminação de incidentes de poluição; • Grau de melhoria nos requisitos ambientais estatutários.
M (Moral)	<ul style="list-style-type: none"> • Número de Sugestões de melhoria aumentado; • Frequência de atividades de pequenos grupos aumentada; • Número de papeis de lição de um-ponto aumentado; • Número de irregularidades detectadas aumentado.

Fonte: Adaptado de Suzuki (1994)

O gerenciamento das perdas relacionadas à materiais, equipamentos, pessoas e métodos, pode ser dividido, segundo Ribeiro (2014), em 16 tipos. As perdas relacionadas a baixa eficiência dos equipamentos, a baixa eficiência das pessoas, a baixa eficiência da utilidade de materiais, podem ser mostradas no Quadro 4.

Quadro 4 - Perdas por baixa eficiência

Perdas relacionadas aos Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção programada • Falha no Equipamento • Ajuste do equipamento • Troca de ferramental • Pequenas paradas • Redução de desempenho • Correção de defeitos • Defeito no início de funcionamento
Perdas Relacionadas às Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> • Falhas administrativas • Falha operacional • Desorganização de linha • Falha logística • Medição e ajustes excessivos
Perdas relacionadas aos materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Desperdício de energia • Perda de material • Perda por baixa eficiência de ferramental

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2014)

Ao todo, tem-se 16 perdas a serem mitigadas a fim de aumentar a eficiência global dos equipamentos. Além disso, define-se, a título de compreensão para o referido estudo de caso a ser aplicado nesse presente trabalho, que perda é a qualquer diferença da nossa condição base, onde ira-se atacar as perdas que diminuem as eficiências dos equipamentos.

3 METODOLOGIA

Pesquisas podem ser classificadas quanto a sua abordagem quantitativa e qualitativa. Segundo Martins (2012), na abordagem qualitativa, os pesquisadores do estudo consideram as percepções dos indivíduos como fonte de informação relevante para o desenvolvimento de projetos, isso implica na existência de pontos de convergência e divergência nas opiniões sobre um mesmo tema.

Com isso, a construção da realidade objetiva do trabalho, se dá através da perspectiva do pesquisador, fundamentada na revisão bibliográfica, junto com a realidade das pessoas e as evidências encontradas no ambiente de pesquisa. Já na abordagem quantitativa, o desenvolvimento da pesquisa se dá através do estabelecimento de variáveis juntamente com a mensuração e análise de dados que será a característica mais marcante da abordagem.

Quando se fala dos possíveis métodos de pesquisa, segundo Filippini (1997), as categorias utilizadas métodos de pesquisa elas podem se dividir em sete categorias (Survey, Estudo de caso, Modelagem, Simulação, Estudo em campo, Experimento e Teórico/conceitual). Especificamente para o estudo de caso, caracteriza-se como um estudo de caráter empírico, que investiga um fenômeno dentro de uma realidade de contexto real através da análise de dados existentes com o objetivo de conhecer, de forma detalhada, o fenômeno investigado (MIGUEL; SOUSA, 2012).

Assim, pode-se construir as características mais claras relacionadas ao trabalho aqui realizado. Quanto à sua natureza, tem-se uma pesquisa de caráter aplicado, já que se usa de práticas reais para estabelecer compreensão sobre problemas específicos e de interesse comum. Sequencialmente, aqui se apresenta um trabalho de característica descritiva, tendo em vista que existe um processo de descrição e caracterização de um problema observável e específico, com uma relação íntima com variáveis mensuráveis.

Já para o procedimento utilizado pelo referido Trabalho de conclusão de Curso, tem-se um estudo de caso com abordagem quantitativa, abordagem está que se apresenta quando há a coleta e análise de dados e variáveis mensuráveis. Todo este trabalho foi realizado em uma indústria de bebida com a finalidade de reduzir a perda por pequenas paradas no processo, utilizando a ferramenta CAPDO do pila de ME. A análise de dado foi originalizada da base de dados do apontamento hora - hora do OEE da linha de envase.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

O estudo de caso foi realizado em uma empresa multinacional, fundada em 1860 com presença de 22 fábricas pelo mundo, é uma empresa conhecida pela sua marca notável no mercado, possuindo distribuição de seus produtos em 190 países. Com sua primeira fábrica construída em 1904, a cada ano vem marcando presença no mercado com aquisição de marcas, prêmio e super prêmio no seguimento de bebidas, hoje com mais de 30 marcas pertencentes a seu portfólio.

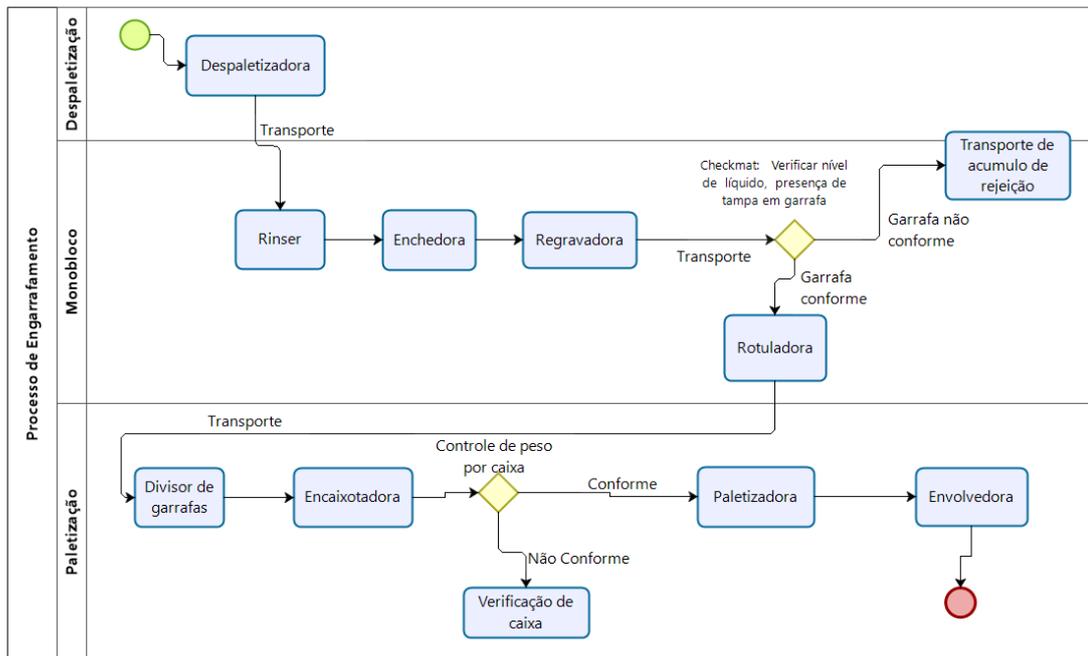
É uma empresa que alcançou gerações não apenas na indústria de bebidas como também da moda e da arte, inclusive com participações de grandes artistas na produção de conteúdo envolvendo a marca. Atualmente é vista como um estilo de vida, suas marcas no mundo têm como objetivo estarem presentes nos momentos de celebrações das pessoas ao redor do mundo.

No Brasil, a companhia está presente em São Paulo e em Suape, onde o estudo foi desenvolvido. A planta tem como principal objetivo atender dois dos SKU chave da companhia para todo o Brasil e exportação, sendo todo o processo compreendido na mesma. Ela é vista como uma planta benchmarking para as outras plantas do grupo ao redor do mundo, tecnológica e enxuta, da qual conta com indústria 4.0 e com a fabricação de 8 SKU do grupo.

O fluxograma do processo, apresentado pela Figura 8, será especificamente da área de envase de bebida, onde o estudo foi realizado. Após o enchimento, a garrafa recebe tampa e passa pelo primeiro ponto de verificação, chamado de *Checkmate*, onde se verifica nível de líquido na garrafa e presença de tampa, para então ser liberada a rotulagem da garrafa.

Caso esteja não conforme, a garrafa é expulsa e transferida para o transporte de acúmulo. No bloco final do processo de envase, as garrafas são distribuídas de forma proporcional nos canais de entrada da encaixotadora, esses canais nada mais são do que transportes acumuladores de garrafas que são agrupados em 4 canais de garrafas, e separados em conjunto de 12 garrafas pelos dedos seletores, e assim liberados para receber as caixas.

Figura 8 - Fluxograma do processo de envase de bebidas



Fonte: Autora (2021)

O último *check* de conformidade é realizado pela balança, após encaixotadora. A fim de entregar produtos conformes aos clientes, no processo se verifica o peso padrão de cada caixa, caso a não conformidade exista, a balança paralisa toda movimentação de caixa do transporte, até que seja verificada a não conformidade existente. Por fim do processo de envase, são realizados a paletização e envolvimento das caixas, onde a caixa é posta em paletes, envolvida com filme *stretch* para então ser armazenada e, futuramente, distribuída para consumo.

4.2 ANÁLISE OEE

Com *reviews* dos indicadores da planta, após fechamento do ano de 2019, foram verificadas grandes oportunidades de ganho de performance em equipamentos que comprometeram os resultados durante todo o ano, com isso, no ano de 2020 tinha-se como objetivo iniciar programas de melhorias com o intuito de reduzir perdas da planta e adquirir ganhos de performance.

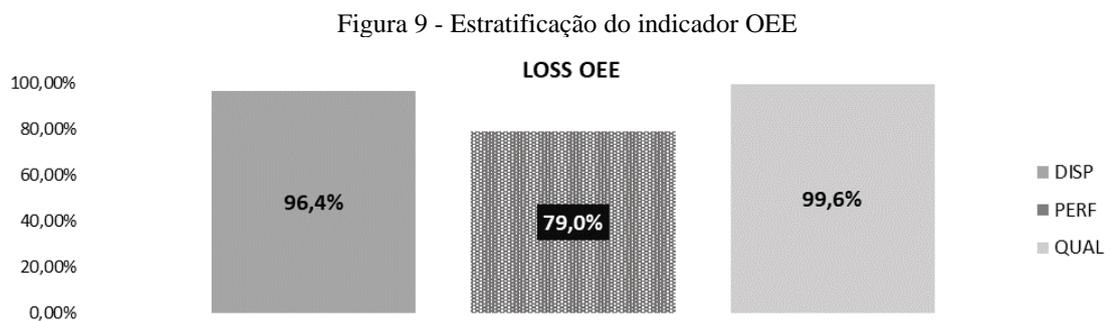
A seleção do tema do estudo de caso será definida através da estratificação do indicador de OEE, com o objetivo de identificar equipamentos de pior performance e, junto com a equipe multidisciplinar, ter diferentes visões de um mesmo problema. A equipe é

formada por dois operadores, um mecânico e um estagiário, todos com supervisão e apoio metodológico do coordenador de manutenção e envase.

4.3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO (CHECK 1)

Segundo Suzuki (1994), é importante ter uma visão macro e clara para se identificar o equipamento que está apresentando falhas constantes. Ou seja, se faz necessário investigar inicialmente o problema de uma forma macro, seus subprocessos envolvidos, equipamento e gargalo. E uma forma de se obter essa visão no estudo de caso, é através da análise de OEE, que será feita a seguir, por se tratar de um indicador que gerência a eficiência dos equipamentos, como também as perdas ligadas ao processo.

Com a análise do indicador de OEE (Figura 9), é possível visualizar a estratificação do OEE da linha de envase em termo de performance, disponibilidade e qualidade, e com isso visualizar as macro perdas relacionado a cada indicador da seguinte forma:



Fonte: Autora (2021)

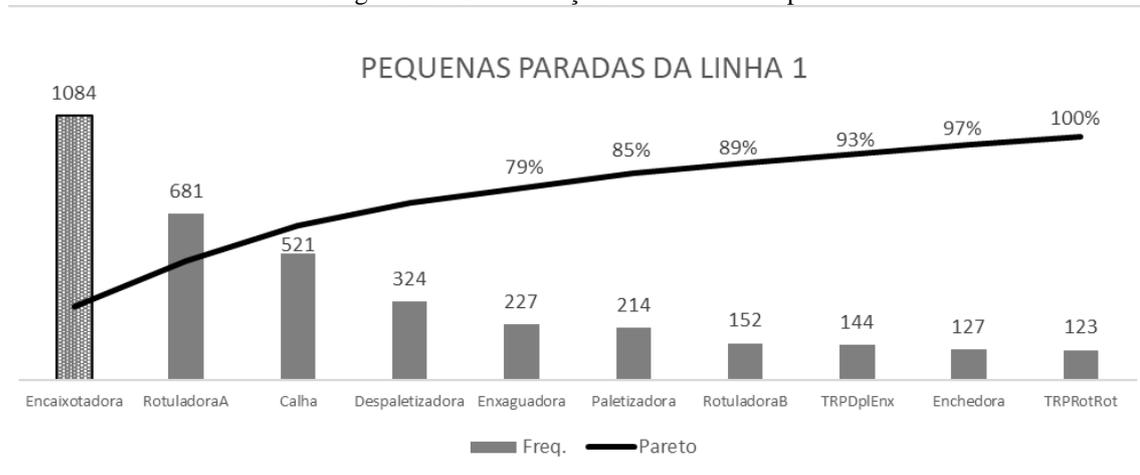
O indicador de disponibilidade indicado como (DISP) e o indicador de qualidade (QUAL), foram indicadores que menor apresentaram perdas quando analisados no ano de 2019. Entretanto, o indicador de performance indicado em (PERF) é o indicador que mede toda perda de linha em termos de paradas corretivas, paradas de processo que está relacionado a pequenas paradas, ou seja, interrupções do processo de zero a dez minutos, paradas operacionais e paradas por insumo. Com isso, pode-se verificar, na Figura 9, que o indicador de performance (PERF) foi o que obteve o pior desempenho no ano de 2019. Com isso, através da estratificação do indicador de performance, identifica-se os desvios e oportunidades de melhoria existentes e estruturá-lo na ferramenta CAPDo do pilar de melhoria específica.

Inicialmente, é realizada estratificação dos dados considerando apenas a linha de envase 1, por se tratar da linha que tem uma maior demanda de utilização. Como também,

serão consideradas apenas perdas por baixa eficiência de equipamento, conforme mostrado anteriormente no Quadro 4, relacionado a pequenas paradas, ou seja, perdas por parada de máquina de zero a dez minutos, perdas crônicas do processo que podem ser consideradas ocorrências graduais ao longo do tempo, onde são classificadas como parte do processo ou situação normal de operação.

A estratificação é uma forma de se aprofundar e avaliar um possível problema (RIBEIRO, 2014). A partir disso, foram analisados os dados com o horizonte de 1 ano e meio (2019 até junho de 2020) e pôde-se verificar, de acordo com a Figura 10, que o equipamento com um maior impacto na performance de linha é a encaixotadora, demonstrando uma frequência de parada de processo igual a 1.084 vezes, ou seja, dentro do intervalo de tempo de análise de dados (2019 até junho de 2020), o operador teve 1.084 vezes o equipamento parado por algum motivo, gerando um total de 4.133 minutos de equipamento parado durante o horizonte de tempo analisado. Com a finalidade de conhecermos os motivos da geração de perda por pequena parada, será realizada novamente a estratificação de dados, considerando agora apenas o equipamento encaixotadora.

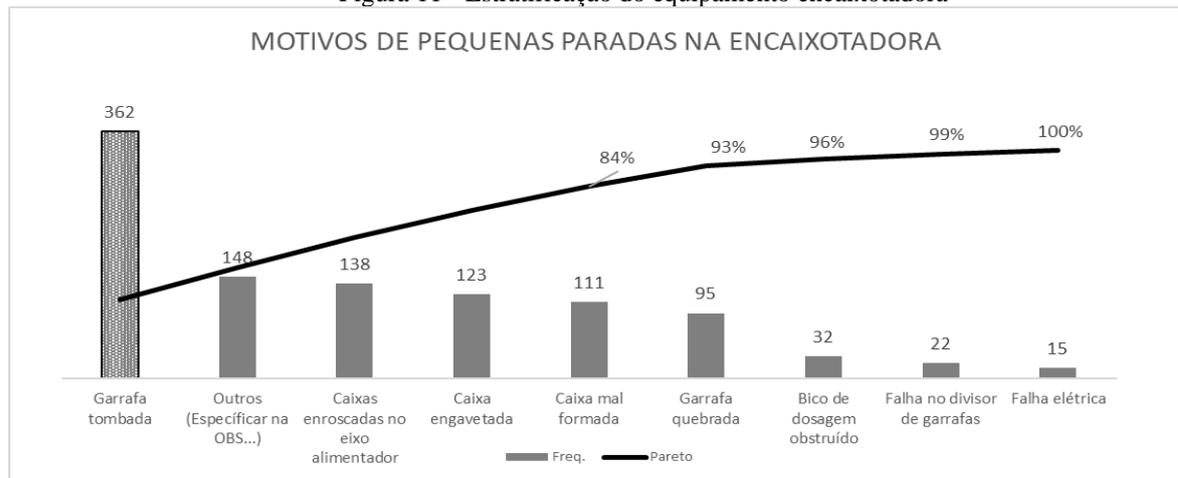
Figura 10 - Estratificação do Indicador de performance



Fonte: Autora (2021)

Ainda é possível identificar, de acordo com o Figura 11, que a perda de eficiência do equipamento encaixotadora está relacionada a pequenas paradas por tombamento de garrafas, com uma frequência de 362 paradas num total de 1.358 minutos dentro do intervalo de análise de dados analisado.

Figura 11 - Estratificação do equipamento encaixotadora

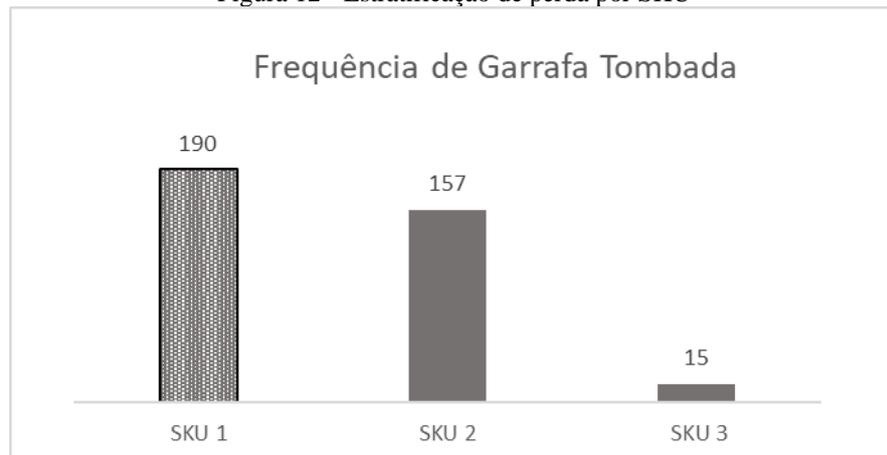


Fonte: Autora (2021)

Para que seja possível compreender melhor a ocorrência de tombamento de garrafas na encaixotadora, segue-se a estratificação e análise da ocorrência entre os produtos, denominados SKU, que são produzidos na linha de envase 1, usados identificar algum padrão de ocorrência entre eles.

Com isso, verifica-se através da Figura 12, que o SKU 1 é responsável por uma perda de 786 minutos por tombamento de garrafas na encaixotadora, com uma frequência de 190 vezes e uma média de 5 paradas por cada vez que o SKU 1 esteve em processo de envase; diferente do SKU 2, como é visto na estratificação da Figura 12, apesar desse ter uma frequência de tombamento 21% menor em relação ao SKU 1, sua média de tombamento por produção é muito baixa, em torno de 1 tombamento por cada vez que esteve em processo, por se tratar de um SKU que a geometria da garrafa lhe fornece maior estabilidade nos transportes, como também pela maior demanda de produção da linha e baixa rentabilidade para empresa. Com isso, segue-se para determinação de equipe, metas e ganhos do projeto para, posteriormente, definir o fenômeno da perda relacionado ao problema de tombamento de garrafa na encaixotadora com relação ao produto SKU 1.

Figura 12 - Estratificação de perda por SKU



Fonte: Autora (2021)

A formação de grupo, conforme Quadro 5, tem uma grande importância para o desenvolvimento do projeto, esta deve ser realizada multidisciplinarmente, e que tenham relação com a perda como também conhecimento sobre os princípios básicos de funcionamento do processo envolvido, para que se consiga ter visões longe de suposições vagas.

Quadro 5 - Definição inicial do CAPDO

Grupo de Melhoria																						
NOME DO GRUPO: Zero Tomba	OBJETIVO: Redução de pequenas paradas na encaixotadora por tombamento de garrafas																					
PROBLEMA: Tombamento de garrafas na encaixotadora																						
INTEGRANTES DO GRUPO DE MELHORIA	FUNÇÃO																					
OP 1	OPERADOR LÍDER DA ENCAIXOTADORA																					
OP 2	OPERADOR APOIO DA ENCAIXOTADORA																					
MEC	MECÂNICO LIDER DA LINHA																					
ESTAGIÁRIO	ESTARIÁRIO DE MANUFATURA																					
COORDENADOR	COORDENADOR DE MANUTENÇÃO/ENVASE																					
ESTRATIFICAÇÃO	SAVES PLAN																					
<table border="1"> <caption>Estratificação de Perda</caption> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>Frequência</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inicial (T/Dia)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Meta pós trabalho</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria	Frequência	Inicial (T/Dia)	5	Meta pós trabalho	1,0	<p>Meta: Redução de 80% de pequenas paradas por tombamento equivalente a 478'</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">SAVE/year</th> </tr> <tr> <th>Garrafas</th> <th>Caixas</th> <th>Litros</th> <th>Oee</th> <th>\$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>119.472</td> <td>9.956</td> <td>107.525</td> <td>0,5%</td> <td>R\$ 65.000,00</td> </tr> </tbody> </table>	SAVE/year					Garrafas	Caixas	Litros	Oee	\$	119.472	9.956	107.525	0,5%	R\$ 65.000,00
Categoria	Frequência																					
Inicial (T/Dia)	5																					
Meta pós trabalho	1,0																					
SAVE/year																						
Garrafas	Caixas	Litros	Oee	\$																		
119.472	9.956	107.525	0,5%	R\$ 65.000,00																		

Fonte: Autora (2021)

O grupo formado para este estudo de caso está exposto no Quadro 5, de forma multidisciplinar e não limitante. Foram realizados *brainstorming* com inspetores da qualidade como também mecânicos antigos, juntamente com os integrantes do grupo, a fim de se conhecer o fenômeno relacionado ao problema, como mostra o Quadro 6.

Foi possível estimar os ganhos obtidos pela implementação do processo através de itens tangíveis (garrafas, caixas, litros), como também foi possível prever benefícios a partir do indicador OEE em relação a um ganho anual como também monetário, como apresentado no Quadro 5.

O próximo passo da etapa *check* (C), é a clarificação do fenômeno relacionado ao problema de tombamento de garrafas identificado na estratificação dos dados. Que se dará através da ferramenta de qualidade 5W+1H, que é uma ferramenta derivada do 5W2H, juntamente com a investigação da situação atual, onde a perda acontece.

Investigar o problema em campo, mais especificamente conhecer as etapas do processo, seu princípio de funcionamento, a diferença do cenário ideal para o cenário atual, identificar as correlações existentes, entre outros meios de investigação, é de extrema importância para que a clarificação utilizando a ferramenta seja bem definida.

A determinação do fenômeno deve acontecer com a participação de todos os membros de projeto, de modo a não descartar qualquer opinião. No presente trabalho, inicialmente se fez observações das ocorrências em campo, juntamente com vídeos e fotos, para se obter mais informações, como também, a pesquisas de manuais e desenhos técnico da máquina, para posteriormente realizar a determinação do fenômeno, que é mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Definição do Fenômeno

MODO DE PROBLEMA: TOMBAMENTO DE GARRAFA
IDENTIFICAÇÃO DO FENÔMENO (5W1H)
1 – WHAT SKU1 900 ml 2 – WHERE Na encaixotadora, próximo ao dedo seletor 3 – WHEN Durante a transferência da mesa de agrupamento para o separador 4 – WHO Não depende de uma habilidade técnica ou operacional 5 – WHICH Tendência aleatória 6 - HOW Tombamento de garrafa
FENÔMENO
Tombamento de garrafa do SKU1 de 900 ml na encaixotadora, próximo ao dedo seletor durante a transferência da mesa de agrupamento para o separador com tendência aleatória, onde não depende de uma habilidade técnica ou operacional.

Fonte: Autora (2021)

Através das respostas adquiridas no Quadro 6, com a utilização da ferramenta 5W1H juntamente com a soma das respostas obedecendo a sequência das perguntas 6 + 1 + 2 + 3 + 5 + 4 , é possível visualizar que as garrafas estão tombando durante a transferência da mesa de

agrupamento para o separador na encaixotadora linha 1, próximo ao dedo seletor, com tendência aleatória, onde não depende de uma habilidade técnica ou operacional. Exceto toda observação e investigação em campo, a descrição extra apontada na planilha de OEE da área, teve um papel importante na descoberta do fenômeno. A sua determinação nos permite seguir para segunda etapa do CAPDO, pois através dele consegue-se alcançar uma maior clareza do problema inicial identificado que é o tombamento de garrafa, permitindo assim um foco mais específico com maiores chances de acertos.

A seguir, será investigada as condições reais *versus* ideais de funcionamento, para que seja possível tomar ações imediatas.

4.4 INCONVENIÊNCIA E DISPOSIÇÕES IMEDIATAS (CHECK 2)

Nesta etapa é realizado o levantamento de todas as variáveis do processo, e analisa-se sua condição de funcionamento de acordo com os princípios de funcionamento, ou seja, sua condição base.

A medida que são encontradas as anomalias do processo, entendendo que essas se caracterizam pelas condições que fogem da condição de funcionamento base, é definido então um plano de ações de ver e agir para todas as situações encontradas. Com isso, no presente estudo, foram verificadas todas as variáveis e condições base atuais, incluindo a verificação de algumas condições necessárias de atuação ver e agir, que são as que estão com status NOK (não conforme), como pode ser visualizado no Quadro 7.

Quadro 7 - Plano de Ação Ver e Agir

WHAT?	HOW?	WHO?	STATUS	WHEN?
Inspecionar a posição do dedo seletor na régua	Verificar se o posicionamento dos dedos está correto e em bom estado de funcionamento	MEC	NOK	AGO
Verificar folga dos dedos seletores	Verificar a condição do atual, e compara como deveria estar no estado de bom funcionamento	MEC	OK	AGO
Verificar réguas de passagem	Verificar a condição do atual, e compara como deveria estar no estado de bom funcionamento	MEC	NOK	AGO
Verificar parâmetro de velocidade de esteira	Modificar parâmetros de velocidade dos trechos do transporte	MEC	OK	AGO
Verificar a condição da régua de suporte dos dedos	Verificar a condição do atual, e compara como deveria estar no estado de bom funcionamento	MEC	OK	SET
Setup feito corretamente	Verificar se as marcações e ajuste estão corretos	MEC/ OP1	OK	AGO

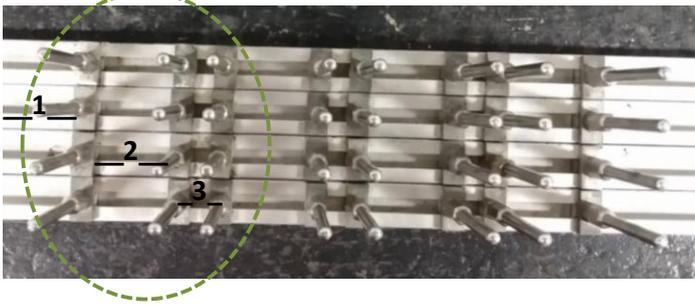
Esteira sem lubrificação	Lubrificar esteira com água	MEC	NOK	SET
Condição da esteira	Identificar pontos de desgastes	OP2	OK	SET
Sincronismo da régua A com a régua B	Verificar sincronismo das régua de seleção	OP1	OK	AGO

Fonte: Autora (2021)

Com o planejamento de ver e agir das inconveniências, sequencialmente, foi realizado o detalhamento das ações tomadas, inicialmente foram identificados espaçamentos fora do padrão dos dedos de seleção na régua, como também alguns deles estavam empenados. A partir disso, foi executada uma LUP (lição de um ponto), conforme Figura 13, para que seja utilizada e verificada em todo setup a padronização dos espaços, pois os espaçamentos diferentes implicam forçar a garrafa tombar ou pular para frente da régua seletora.

Para que não venham a se perder os padrões da condição de base, se faz necessário padronizá-los, e deixá-los em local de fácil acesso, com a finalidade de consulta ou treinamento.

Figura 13 - Lição de um ponto (LUP)

Local: ENCAIXOTADORA		LUP - LIÇÃO DE UM PONTO	
Conhecimento: <input type="checkbox"/>		Anomalia: <input checked="" type="checkbox"/>	
		Melhoria: <input type="checkbox"/>	
Preenchido por: Estagiário MEC			
<u>DISTÂNCIA PADRÃO DOS DEDOS NA RÉGUA DE DIVISÃO DE GARRAFAS</u>			
Procedimento:		Fotos	
<p>Ao realizar SETUP na encaixotadora deverá ser analisado os distânciamentos dos dedos ANTES de pôr a régua de divisão de garrafas na máquina :</p> <p>PADRÃO: (1) Estremidade - Primeiro dedo : 195 mm (2) Conjunto de dedos: 50mm (3) Entre o conjunto de dedos: 13 mm</p> <p>NÃO PADRÃO: Distâncias difetente do expecificado acima.</p>			
Ferramentas necessárias.		Segurança:	
Paquímetro		Uniforme <input checked="" type="checkbox"/>	Mangote <input type="checkbox"/>
		Protetor auricular <input type="checkbox"/>	Luva Latex <input type="checkbox"/>
		Luva anticorte <input type="checkbox"/>	Capacete <input type="checkbox"/>
		Bota <input type="checkbox"/>	Protetor facial <input type="checkbox"/>
		Óculos <input type="checkbox"/>	Máscara <input type="checkbox"/>
Data do treinamento:			
Multiplicador			
Treinando			
Data de atualização: Revisão: 0		_____ Coordenador da área	

Fonte: Autora (2021)

A segunda ação do plano ver e agir foi realizar a ativação do ponto de lubrificação com água na esteira, com o intuito de diminuir a pressão das garrafas nos dedos, através da redução do atrito entre a superfície da garrafa com a esteira. Na terceira ação, e não menos importante, foi realizada a troca das régua de passagem do transporte da encaixotadora, elas têm a função de conectar os transportes e fazer com que essa transferência seja feita de forma suave, ou seja, não ocorra tombamento no momento da transferência, conforme mostrado na Figura 14, na qual é apresentada o antes e o depois, assim contribuindo com uma melhor compreensão do desgaste encontrado.

Figura 14 - Ação do plano ver e agir



Fonte: Autora (2021)

Na terceira ação do plano, foi identificado grande desgaste, mas devido ao tempo de entrega do material, para realização da troca das régua de passagem, esta ação específica demorou 3 meses para ser finalizada, com um custo média de material para troca de dois mil de quinhentos reais. Essas ações de ver e agir acarretaram numa diminuição da incidência de tombamento em 40%, ou seja, passou-se a ter 3 tombamentos de garrafas por produção, mas não o suficiente para alcançar a meta do projeto.

Nesta etapa de *Check*, conseguiu-se observar que, a falta de condição básica de funcionamento impacta diretamente no processo, e no alcance da zero parada, zero quebra e zero defeito de qualidade, empregado no TPM. Na próxima etapa, serão seguidas as etapas do ciclo CAPDo com a análise de causa do fenômeno identificado.

4.5 ANÁLISE DE CAUSA (ACTION 3)

Nesta etapa, é realizado um *brainstorming* com os integrantes do grupo, para que se possa gerar hipóteses relacionadas ao fenômeno identificado, através da ferramenta de

qualidade 5 porquês, onde o primeiro porquê é direcionado a ocorrência do fenômeno, e assim sucessivamente, até que chegue à causa raiz da ocorrência do fenômeno. A construção da análise de causa aconteceu de forma gradativa e viva, ou seja, à medida que se avançou nas possíveis hipóteses foi verificado em campo se cada hipótese era válida, junto a observação do sistema como um todo.

Vale salientar que, por se tratar de um SKU 1 que é produzido em uma janela de tempo muito curta, impossibilitando que observações fossem realizadas de forma corriqueira, e sim, em menos de uma semana por mês, com isso as observações em campo acabavam gastando mais tempo que o comum, tornando a etapa 3 uma das mais longas do estudo de caso. A análise foi realizada em um formulário pré-pronto fornecido pelo coordenador da área, funcionando da seguinte forma: à medida que as hipóteses são levantadas, e se tiver procedência, é marcada de preto e segue-se para o próximo porquê. Para melhor entendimento, o exemplo da análise de causa realizada no estudo de caso é apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Análise de causa do fenômeno

Análise dos Por Ques				
Descrição do Fenômeno: Tombamento de garrafa SKU1 de 900 ml durante a transferência da mesa de agrupamento para o separador na encaixotadora linha 1, próximo ao dedo seletor, com tendência aléatoria, onde não depende de uma habilidade técnica ou operacional.				
1º Por Quê	2º Por Quê	3º Por Quê	4º Por Quê	5º Por Quê
<input checked="" type="checkbox"/> Deslocamento do Centro de gravidade da garrafa	<input checked="" type="checkbox"/> Folga no conjunto dos dedos	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste dos componentes inerente ao processo	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de inspeção	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto de difícil acesso
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Tamanho do conjunto de dedos inadequado para o tamanho da garrafa		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Ponto não contemplado no plano de inspeção
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> setup incorreto		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Pressão do transporte de garrafas no conjunto dos dedos seletores	<input type="checkbox"/> Excesso de garrafas no transporte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Alta velocidade do transporte, precionando constantemente as garrafas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Transporte com resíduo de produto, causando aumento de atrito entre a garrafa e o transporte	<input type="checkbox"/> quebra de garrafas no transporte	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de lubrificação do transporte	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Aumento de número de garrafas por canal, pós troca de IHM do divisor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Autora (2021)

A dificuldade encontrada na realização da análise de causa, primeiramente, foi conseguir reunir todos os integrantes do grupo para execução dessa etapa, pois, por se tratar de uma equipe enxuta, era inviável a retirada de dois operadores no mesmo momento da linha de envase, com isso foram buscadas janelas de tempo em que a linha apresentasse estabilidade; como também, a falta de percepção ao não óbvio do fenômeno para criação das hipóteses possíveis. Segue-se agora para definição de ações que serão geradas através da análise dos 5 Por quês.

4.6 PLANEJAMENTO DAS AÇÕES (PLAN 4)

Nesta etapa do ciclo CAPDo, foi criado um plano a partir das ações originadas na etapa anterior, com o objetivo de eliminar a causa raiz. As ações geradas do plano utilizam a ferramenta de 5W2H, pois esta auxilia a definir os prazos, responsáveis e recursos necessários para cada ação. Em algumas operações, é possível que, após sua finalização, seja necessária a geração de outras ações, como por exemplo, identificação de desgaste, que caso exista será necessário a compra e troca de componente.

No Quadro 8 são apresentadas as ações criadas ao fim da análise de causa, e que foram coordenadas pelo programador de manutenção, para sua execução, devido a limitação de mão-de-obra toda atividade de manutenção é realizada através de programação.

Quadro 8 - Plano de ações da análise de causa

WHAT?	WHERE?	WHO?	HOW?	WHEN?
Braço de fixação com folga	Encaixotadora	MEC	Identificar desgaste e folga do braço que fixa a régua	OUT
Conjunto de corrente e engrenagem sem inspeção	Encaixotadora	MEC	Identificar desgaste e folga nas correntes de movimentação da régua	OUT
Divisor com contagem de garrafas erradas por canal	Encaixotadora	TC1	Verificar parâmetros de divisão de garrafas por canal de entrada da encaixotadora	OUT
Transporte sem lubrificação	Encaixotadora	MEC1	Ativar sistema de lubrificação em todo transporte de entrada da encaixotadora	SET
Transporte com diferentes modulações de velocidades	Encaixotadora	TC1	Verificar velocidade entre os trechos dos transportes	SET

Fonte: Autora (2021)

4.7 IMPLEMENTAÇÕES DO RESULTADOS (DO 5)

Após as condutas da etapa anterior as ações foram executadas, restando apenas um processo a ser concluído até o fim deste trabalho. É possível identificar que, todas as ações estão relacionadas à falta de condição base de funcionamento do equipamento, mas não foi possível identificar no plano de visão e ação, por se tratar de pontos de difícil acesso para verificação.

A primeira e segunda ação, exibidas no Quadro 8, estão correlacionadas, pois se trata do conjunto responsável por executar a separação de garrafas para em seguida receber a caixa, e nelas foram identificadas folgas de componentes, sendo então realizada a compra e troca dos elementos com maiores desgastes, que acarretou em um gasto por troca de componente de treze mil reais, por se tratar de um componente original de máquina, que impossibilita negociação de preço com outros fornecedores.

Na terceira ação do Quadro 8, foi realizado um estudo de velocidades das esteiras, identificou-se uma oportunidade de redução de velocidade do transporte da mesa que agrupa garrafas, pois esta estava com uma velocidade superior a velocidade da garrafa no transporte, acarretando uma pressão das garrafas nos dedos seletores e, conseqüentemente, o tombamento de garrafas. Da quarta ação do Quadro 8, até o fim deste trabalho continuou em aberto, por falta de suporte técnico da máquina.

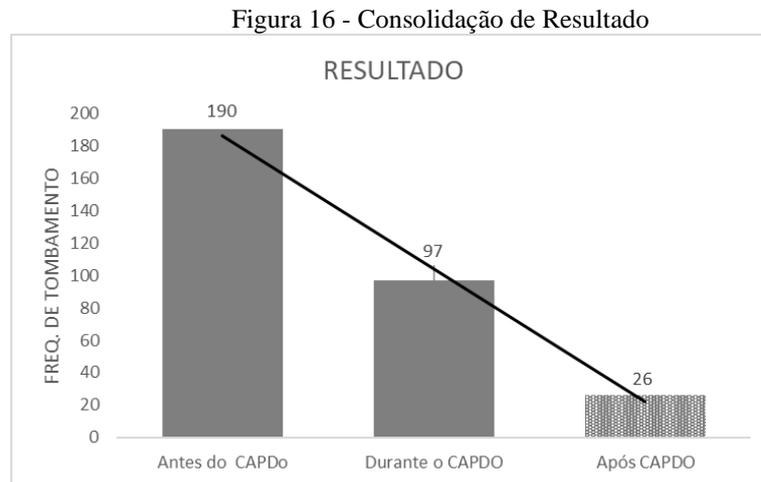
4.8 VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS (DO 6)

Após execução de cada uma das ações, a verificação dos impactos era observada pelo operador dos equipamentos em fechamento de produção mensal. Os resultados foram verificados através da planilha de OEE, com o objetivo de consolidar os dados e obter informações sobre a ocorrência do fenômeno, tombamento de garrafas do SKU 1, durante a transferência da mesa de agrupamento de garrafas para mesa de separação, que é o fenômeno do estudo de caso.

4.9 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS (DO 7)

Na última etapa de execução (*DO*), foram comparados os resultados com o início do estudo de caso, a fim de se conseguir visualizar o impacto das ações realizadas neste trabalho. Os resultados foram observados durante toda a execução do estudo. Foi constatado que, uma pequena parada é uma perda crônica do processo, e que muitas vezes é negligenciada, mas quando é observada mais profundamente tem grande relevância no processo. E por muitas

vezes, esta parada está associada a uma falta de condição base, como é possível ver nesta pesquisa. Como também é observado que a falta de inspeção de pontos de difícil acesso gera um desgaste forçado de componentes que, conseqüentemente, acaba gerando pequenas paradas. Como pode-se ver na Figura 16.



Fonte: Autora (2021)

A Figura 16 mostra a consolidação de dados, de quando não existia nenhuma ação para o motivo de tombamento de garrafa, dentro do intervalo de tempo analisado (2019 até junho de 2020), que está identificado com a legenda antes do CAPDO. Em seguida, na Figura 16, é mostrado o resultado identificado durante a aplicação do CAPDO, que corresponde ao início ao fim das ações compreendido ao segundo semestre de 2020 (Julho 2020 ao final de e Dezembro de 2020). Por fim, a Figura 16, faz referência ao Após CAPDO, que significa, após finalização das ações compreendido ao primeiro semestre de 2021 (Janeiro 2021 até Junho 2021).

Durante o estudo de caso, compreendido no segundo semestre do ano de 2020, é possível visualizar uma diminuição significativa de 48% em relação ao início do estudo, resultado das ações do check inicial, traçada no plano de ver e agir do quadro 7, com a ativação de lubrificação, criação da LUP (Lição de Um Ponto) junto com a troca da régua de passagem. As ações propostas após a análise de cinco porquês, mesmo estando compreendido na duração e execução do CAPDO, as trocas de componentes realizadas, tiveram grande impacto após sua conclusão, por se tratar de ações tomadas em outubro e concluídas em dezembro, devido ao alto lead time de entrega dos componentes necessários para troca. Com isso, após a conclusão das ações, foi possível observar uma redução de 86% quando comparado ao início do estudo.

A frequência de tombamento, exposta na Figura 16, foi reduzida gradativamente durante a execução do projeto até a aplicação de troca de componente. O resultado do estudo é considerado satisfatório dado que conseguiu-se atingir a meta de um tombamento a cada dia de processo produtivo, onde inicialmente existia uma média de cinco tombamentos por dia, onde os custos relacionados as ações tomadas durante o projeto teve uma média de dezesseis mil reais, relacionados a compra de componentes necessários para as ações, sem considerar os custos por hora trabalhada dos colaboradores envolvidos no estudo de caso.

Foi possível visualizar também que a contribuição do operador e do mecânico para construção do estudo foram essenciais durante toda as etapas do ciclo CAPDo, como também para o empoderamento das pessoas envolvidas, com a construção de visão voltada a resolução de problemas.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou de forma singular todos os pilares de sustentação do TPM, onde juntos possuem objetivo de alcançar zero acidentes, zero quebras e zero defeitos. uma das características do TPM, é encorajar toda a organização a buscar a zero-orientação, ou seja, reduzir todos os tipos de perdas a zero.

Foi possível observar também a implementação da ferramenta CAPDO, que é uma das ferramentas de redução de perdas do pilar de melhoria específica dentro do TPM. Assim, a partir da ferramenta, foi possível identificar a falta de condições básicas funcionamento de que estavam interferindo na performance dos equipamentos e, conseqüentemente, em todo o processo de envase de bebida.

O estudo mostrou que a utilização do ciclo CAPDO, para a redução de pequenas paradas na linha, trouxe benefícios tangíveis, como a redução de pequenas paradas por tombamento de garrafas durante envase o SKU 1, saindo de uma média de cinco tombamentos por produção para uma média de um tombamento, com redução de 86% na comparação entre o início e a finalização da aplicação do estudo aqui referido. Além disso, também foi possível observar ganhos intangível, como o engajamento da equipe de manutenção e produção, mostrando que as visões das duas áreas são importantes para a redução de desperdício e resolução de problemas.

Por fim, é perceptível que, através da aplicação das ferramentas aqui descritas, novas oportunidades para o aumento da performance tornam-se abertas para uma replicação horizontal na área de envase, possibilitando a resolução de novos desafios e objetivos a serem solucionados.

Vale ressaltar a dificuldade de materiais disponíveis com abordagem específica do ciclo CAPDO, em livros e artigos, pois se trata de uma ferramenta pouco conhecida, geralmente encontrada em empresas que tem ou já tiveram contato com o TPM, seja com implementação ou por pessoas que tiveram a vivência da metodologia. Mas que não diminui sua eficiência na busca de redução de perda ou melhoria de processos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Marina Fernandes et al. Interações entre Manutenção Produtiva Total e Gestão da Qualidade Total: Estudo de Caso em Uma Empresa do Setor Alimentício. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 14, n. 3, p. 122, 2019.
- AGUSTIADY, Tina Kanti; CUDNEY, Elizabeth A. **Total Productive Maintenance: strategies and implementation guide**. New York: Crc Press, 2016. 318p.
- BOCHNIA, André Luís. **UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA ANÁLISE PM PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMA**. 2012. 62f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão Industrial Produção e Manutenção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.
- BORMIO, Marcos Roberto *et al.* O levantamento de perdas utilizando CAPDO do TPM numa linha de acabamento de agendas e cadernos em uma indústria gráfica. **XII SIMPEP**. Bauru, SP, p. 1-11. nov. 2005.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total no estilo japonês**. 9. ed. Nova Lima: Editora Falconi, 2014. 286p.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2012.
- CARRIJO, José Ricardo Scareli; LIMA, Carlos Roberto Camello. DISSEMINAÇÃO TPM: manutenção produtiva total nas indústrias brasileiras e no mundo: uma abordagem construtiva. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**. Rio de Janeiro, p. 3-7. out. 2008.
- CARRIJO, José Ricardo Scareli; TOLEDO, José Carlos de. Implementação da metodologia de Total Productive Maintenance: TPM em ambientes administrativos: um estudo de caso em um departamento de uma indústria gráfica. **XII SIMPEP**. São Paulo, p. 2-3. 7 nov. 2005.
- CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora LTDA, 2012. 437p
- CONEGLIAN, Braulher de Oliveira *et al.* TPM – “Total Productive Maintenance”: estruturação da manutenção planejada para a zero quebra. **Linguagem Acadêmica**, Batatais, v. 7, n. 2, p. 107-124, jan./jun. 2017
- DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 190 p. Tradução: Rosália Angelita Neumann Garcia.
- FILIPPINI, R. Operations management research: some reflections on evolution, model sand empirical studies in OM. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 17, n. 7, p. 655-70, 1997.
- HOWELL, M.T. *Actionable Performance Measurement*, Milwaukee, Quality Press, 2006.
- LOPES, Leonardo Campos. **IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM UMA FÁBRICA DE EQUIPAMENTOS ODONTOLÓGICOS E**

MÉDICOS. 2019. 58f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba – MG, 2019.

MARINHEIRO, José Bonifácio Morais. **A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E A PRODUTIVIDADE**: estudo de caso em uma indústria. 2013. 147f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, CTG, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

MARTINS, Roberto Antônio. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, Cap. 10. p. 57-73. 2012.

MIGUEL, Paulo A. Cauchick; SOUSA, Rui. O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção. In: MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, Cap. 10. p. 131-148. 2012

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM**: total productive maintenance. Portland: Productivity Press, 1988. 125p.

OHNO, Taiichi. **Toyota Production System**: beyond large-scale production. Portland: Productivity Press, 1988.

RIBEIRO, Celso Ricardo. **Processo de implementação da Manutenção Produtiva Total (T.P.M.) na Indústria Brasileira**. 2003. 68f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de MBA em Gerência de Produção e Tecnologia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2003

RIBEIRO, Haroldo. **A bíblia do TPM**: como maximizar a produtividade na empresa. Santa Cruz do Rio Pardo - SP: Editora Viena, 2014.

ROSA, Francisco Reginaldo da *et al.* MELHORIA CONTÍNUA NO PROCESSO PRODUTIVO ATRAVÉS DA METODOLOGIA TPM: otimização de processos na gestão da produção. **3º e 4º Congresso Científico da Produção da Universidade do Vale do Sapucaí**. Pouso Alegre - MG, p. 206. 2016.

SAAVEDRA, Marcel Alex. **O uso da ferramenta da qualidade ciclo CAPDO em uma empresa de bebidas**. 2010. 63f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, CTG, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SLACK, Nigel *et al.* **ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018. 833 p. Tradução de: Daniel Vieira.

SUZUKI, Tokutaro. **TPM em processos industriais**. New York: Productivity Press, 1994. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/64214543/tpm-em-industrias-de-processo-livro-inteiro-traduzido>. Acesso em: 10 mar. 2021.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: Editora Dg, 1998. 297 p.